



**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA
TEZİ**

**GELİŞMİŞ VE GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDE
FAKTÖRLER ARASI İKAME ESNEKLİK KATSAYISI:
COBB-DOUGLAS, CES VE VES
ÜRETİM FONKSİYONU TAHMİNİ**

MEHMET SONGUR

İKTİSAT ANABİLİM DALI

MART 2018



**GELİŞMİŞ VE GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDE FAKTÖRLER ARASI
İKAME ESNEKLİK KATSAYISI: COBB-DOUGLAS, CES VE VES
ÜRETİM FONKSİYONU TAHMİNİ**

Mehmet SONGUR

**DOKTORA TEZİ
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

MART 2018

Mehmet SONGUR tarafından hazırlanan “Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Faktörler Arası İkame Esneklik Katsayısı: Cobb-Douglas, CES ve VES Üretim Fonksiyonu Tahmini” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / ~~OY ÇOKLUĞU~~ ile Gazi Üniversitesi İktisat Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Filiz ELMAS SARAÇ

İktisat / Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum
.....

Başkan (Üye) : Prof. Dr. Müslüme NARİN

İktisat / Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum
.....

Üye : Prof. Dr. İbrahim TOKATLIOĞLU

İktisat / Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum
.....

Üye : Prof. Dr. Lütfi ERDEN

İktisat / Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum
.....

Üye : Doç. Dr. Özgür TEOMAN

İktisat / Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum
.....

Tez Savunma Tarihi: 12/03/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Hilmi ÜNSAL

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Mehmet SONGUR

12/03/2018

GELİŞMİŞ VE GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDE FAKTÖRLER ARASI İKAME
ESNEKLİK KATSAYISI: COBB-DOUGLAS, CES VE VES ÜRETİM FONKSİYONU
TAHMINİ
(Doktora Tezi)

Mehmet SONGUR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
Mart 2018

ÖZET

Üretim fonksiyonu üzerine tartışmalar iktisatçıların daima ilgisini çekmiştir. Üretim fonksiyonu girdilerle çıktılar arasındaki ilişkiyi gösteren matematiksel ifadelerdir. Bu ilişkiyi gösterebileceği özellikler üç farklı kavram ile ifade edilebilir. Bunlar sırasıyla ölçek esnekliği, çıktı esnekliği ve ikame esnekliğidir. Bu çalışmanın amacı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, Cobb-Douglas, CES ve VES üretim fonksiyonlarından hareketle, ölçek esnekliği, çıktı esnekliği ve ikame esnekliğini tahmin etmektir. Amaç doğrultusunda, iki (emek ve sermaye) ve dört girdili (emek, sermaye, doğalgaz ve petrol) olacak şekilde iki farklı model oluşturulmuştur. Çalışmada 1982-2014 dönemine ait verilerle 22 gelişmiş, 12 gelişmekte olan ülke için doğrusal ve doğrusal olmayan panel veri analiz tekniklerinden yararlanılmıştır. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu'ndan elde edilen bulgular, sermayenin çıktı esnekliğinin gelişmiş ülkelerde, emeğin çıktı esnekliğinin ise gelişmekte olan ülkelerde daha düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca doğalgaz tüketimi çıktı esnekliği, gelişmekte olan ülke grubunda istatistiksel olarak anlamsız iken, petrol tüketimi çıktı esnekliğinin gelişmiş ülkelerde daha yüksek olduğu görülmüştür. CES üretim fonksiyonundan elde edilen bulgulara göre, emek ve sermaye arasındaki ikame esnekliği gelişmiş ülkelerde birden büyük (1.5), gelişmekte olan ülkelerde ise birden küçük (0.727) olarak tahmin edilmiştir. Ayrıca dört girdili modelde ikame ilişkisinden ziyade tamamlayıcılık ilişkisinden söz edilebilir. VES üretim fonksiyonundan elde edilen bulgular ise ikame parametresi arttıkça ikame esnekliğinin de her iki ülke grubunda arttığını göstermektedir. Bununla birlikte bu artış gelişmiş ülkelerde gelişmekte olan ülkelere göre daha hızlı olmaktadır. Tüm bu bulgular neticesinde, gelişmiş ülkelerde emek ile sermaye arasındaki ikamenin gelişmekte olan ülkelere göre daha fazla olduğu ifade edilebilir.

Bilim Kodu : 112112
Anahtar Kelimeler : Üretim Fonksiyonu, İkame Esnekliği, Çıktı Esnekliği, Panel Veri Analizi
Sayfa Adedi : 200
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Filiz Elmas SARAÇ

THE SUBSTITUTION ELASTICITY COEFFICIENT BETWEEN FACTORS IN
DEVELOPED AND DEVELOPING COUNTRIES: THE ESTIMATION OF COBB-
DOUGLAS, CES AND VES PRODUCTION FUNCTION

(Ph. D. Thesis)

Mehmet SONGUR

GAZI UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES

March 2018

ABSTRACT

Discussions on the production function have always attracted the attention of economists. The production function is a mathematical expression that shows the relationship between input and output. The characteristics that this relation can show can be expressed by three different concepts. These are scale elasticity, output elasticity and elasticity of substitution, respectively. The aim of this study is to predict scale elasticity, output elasticity and elasticity of substitution for developed and developing countries, based on Cobb-Douglas, CES and VES production functions. Two different models have been created for two (labor and capital) and four inputs (labor, capital, natural gas and oil). In the study, linear and nonlinear panel data analysis techniques were used for 22 developed and 12 developing countries by data for the period 1982-2014. Findings obtained from the Cobb-Douglas production function show that output elasticity of capital is higher in developed countries and output elasticity of capital is lower in developing countries. Moreover, while the output elasticity of natural gas consumption was statistically insignificant in the developing country group, the output elasticity of oil consumption was seen to be higher in developed countries. According to the CES production function, the elasticity of substitution between labor and capital was estimated to be greater than one in developed countries (1.5). Similarly, the elasticity of substitution between labor and capital was estimated to be smaller than one in developing countries (0.727). Moreover, in the four-input model, complementarity relation can be referred more than the substitution relation. Findings from the VES production function show that as the substitution parameter increases, elasticity of substitution increases in both groups of countries. However, this increase is faster in the developed countries than in the developing countries. Depending on these findings, it can be concluded that in the developed countries the substitution between labor and capital is more than the developing countries.

Science Code : 112112
Key Words : Production Function, Elasticity of Substitution, Output Elasticity,
Panel Data Analysis
Page Number : 200
Supervisor : Prof. Dr. Filiz Elmas SARAÇ

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanması sırasında öncelikle bana yol gösteren ve akademik bilgi birikimini benimle paylaşan değerli danışmanım Prof. Dr. Filiz ELMAS SARAÇ'a teşekkürü bir borç bilirim. Tez jürisinde yer alan ve Tez'in şekillenmesinde çok önemli katkıları bulunan Prof. Dr. Müslüme NARİN'e, Prof. Dr. İbrahim TOKATLIOĞLU'na, Prof. Dr. Lütü ERDEN'e ve Doç. Dr. Özgür TEOMAN'a teşekkür ederim. Bu süreçte bana destek veren Prof. Dr. Zeynel Abidin ÖZDEMİR'e ayrıca teşekkür ederim.

Doktora tezi yazmak zahmetli ve bir o kadar da yorucu bir süreçtir. Özellikle yazan kişinin yakınında olan kişiler için bu süreç bazen çekilir bir hal olmaktan çıkar. Bu süreçte her koşulda yanımda olan sevgili eşim Demet'e ve ailemize katıllı henüz bir yıl olan ve varlığı ile bana güç veren kızım Defne'ye tezimi ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. ÜRETİM FONKSİYONLARI.....	7
2.1. Üretim Fonksiyonu.....	7
2.2. Üretim Fonksiyonu İle İlgili Kavramlar ve İkame Esnekliği.....	22
2.3. Üretim Fonksiyonlarının Tarihçesi	34
2.4. Başlıca Üretim Fonksiyonları	45
2.4.1. Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu.....	46
2.4.2. Doğrusal Üretim Fonksiyonu	52
2.4.3. Sabit Katsayılı (Leontief) Üretim Fonksiyonu	55
2.4.4. Sabit İkame Esneklikli (CES) Üretim Fonksiyonu	56
2.4.5. Değişken İkame Esneklikli (VES) Üretim Fonksiyonu	63
2.4.6. Translog Üretim Fonksiyonu.....	67
3. ÜRETİM FONKSİYONLARININ TAHMİNİNE İLİŞKİN YAZIN	73
3.1. Üretim Fonksiyonlarının Tahmininde Karşılaşılan Problemlere İlişkin Yazın	74
3.2. Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu'na İlişkin Ampirik Yazın.....	77
3.3. CES Üretim Fonksiyonu'na İlişkin Ampirik Yazın.....	82
3.4. VES Üretim Fonksiyonu'na İlişkin Ampirik Yazın.....	87
3.5. Translog Üretim Fonksiyonu'na İlişkin Ampirik Yazın	89
3.6. Türkiye Üzerine Yapılan Üretim Fonksiyonlarına İlişkin Yazın.....	94

4. AMPİRİK MODELLER, METODOLOJİ VE BULGULAR	99
4.1. Veri Seti	99
4.2. Ampirik Modeller.....	101
4.3. Metodoloji	104
4.3.1. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun tahmini için kullanılan yöntemler.....	105
4.3.1.1. Yatay kesit bağımlılığı testleri.....	105
4.3.1.2. Pesaran'ın CADF panel birim kök testi.....	107
4.3.1.3. Delta (Homojenlik) Testi.....	108
4.3.1.4. Westerlund-Edgerton panel eşbütünleşme testi.....	108
4.3.1.5. Arttırılmış ortalama grup tahmincisi (AMG)	109
4.3.2. CES üretim fonksiyonunun tahmini için kullanılan yöntemler.....	110
4.3.3. VES üretim fonksiyonunun tahmini için kullanılan yöntemler.....	113
4.4. Bulgular.....	115
4.4.1. Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna ilişkin bulgular	115
4.4.2. CES üretim fonksiyonuna ilişkin bulgular	121
4.4.3. VES üretim fonksiyonuna ilişkin bulgular	128
5. SONUÇ	133
KAYNAKLAR	145
EKLER.....	157
EK-1. Üretim Fonksiyonundaki Her Girdinin Gerekli Olması Olduğunun İspatlanması	158
EK-2. Tam Rekabet Varsayımının Olmadığı Durumda CES Üretim Fonksiyonu'nun Elde Edilmesi	160
EK-3. CES Üretim Fonksiyonlarının Özel Formları.....	162
EK-4. Gelişmiş Ülkeler için Model 1'e ait AMG Tahmincisi Bireysel Sonuçları	165
EK-5. Gelişmekte Olan Ülkeler için Model 1'e ait AMG Tahmincisi Bireysel Sonuçları	166
EK-6. Gelişmiş Ülkeler için Model 2'ye ait AMG Tahmincisi Bireysel Sonuçları	167

EK-7. Gelişmekte Olan Ülkeler için Model 2'ye ait AMG Tahmincisi Bireysel Sonuçları	168
EK-8. Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin VES Üretim Fonksiyonundan Elde Edilen Bireysel İkame Esnekliği Değerleri	169
ÖZGEÇMİŞ	197



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonuna İlişkin Yazın	78
Çizelge 3.2. CES Üretim Fonksiyonuna İlişkin Yazın	83
Çizelge 3.3. VES Üretim Fonksiyonuna İlişkin Yazın	88
Çizelge 3.4. Translog Üretim Fonksiyonuna İlişkin Yazın	90
Çizelge 3.5. Türkiye Üzerine Yapılan Çalışmalar	96
Çizelge 4.1. Ampirik Analizde Yer Alan Ülkeler.....	100
Çizelge 4.2. Değişkenlere Ait Betimleyici İstatistikler	101
Çizelge 4.3. Değişkenlerde Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları.....	115
Çizelge 4.4. Modellerde Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları	116
Çizelge 4.5. CIPS Birim Kök Sınaması Sonuçları.....	117
Çizelge 4.6. Delta (Homojenlik) Testi	118
Çizelge 4.7. Westerlund-Edgerton (2007) Panel Eşbütünleşme Testi	118
Çizelge 4.8. AMG Tahmin Sonuçları	120
Çizelge 4.9. Değişkenlerde Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları.....	122
Çizelge 4.10. Gelişmiş Ülkeler İçin Model 1'e ait CES Üretim Fonksiyonu Tahmin Sonuçları	124
Çizelge 4.11. Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Model 1'e ait CES Üretim Fonksiyonu Tahmin Sonuçları.....	125
Çizelge 4.12. Gelişmiş Ülkeler İçin Model 2'ye ait CES Üretim Fonksiyonu Tahmin Sonuçları	126
Çizelge 4.13. Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Model 2'ye ait CES Üretim Fonksiyonu Tahmin Sonuçları.....	127
Çizelge 4.14. VES Üretim Fonksiyonu Parametre Değerleri	129
Çizelge 4.15. VES Üretim Fonksiyonu'ndan Hesaplanan Ortalama İkame Esneklikleri	130
Çizelge 4.16. İkame Esnekliği ve Sermaye Emek Oranı İlişkisi AMG Tahmin Sonuçları	131

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Üretim Seti ve Dönüşüm Sınırı.....	17
Şekil 2.2. Özellik (iii) geçersiz iken üretim seti.....	19
Şekil 2.3. Özellik (iii) geçerli iken üretim seti.....	19
Şekil 2.4. Serbest elden çıkarma özelliği	20
Şekil 2.5. Ölçeğe göre artmayan getiri (Dışbükey).....	20
Şekil 2.6. Ölçeğe göre artmayan getiri geçerli değil (Dışbükey değil).....	21
Şekil 2.7. İkame Bölgesi ve İkame Sınır Çizgileri.....	26
Şekil 2.8. İkame Esnekliğinin Sıfır ve Sonsuz Olduğu Eş Ürün Eğrileri	31
Şekil 3.1. 08.12.2017 tarihi itibari ile her bir üretim fonksiyonunu referans alan yayınlar için Google Scholar taraması.....	73

1. GİRİŞ

Mal ve hizmetlerin miktarını ya da faydasını arttırmaya yönelik faaliyetler olarak adlandırabileceğimiz üretim, iktisadi analiz içerisinde yer alan önemli konulardan birisidir. Bununla birlikte üretim, üretim faktörlerini kullanarak çıktı elde etme sürecinde fayda yaratma olarak da ifade edilebilir. Üretim faktörleri ise üretime katılan temel girdiler olarak ifade edilebilir. Üretim faktörlerinin çıktılarına dönüştürülmesi Neoklasik gelenekte üretim fonksiyonu adı verilen matematiksel ifadelerle gösterilmektedir. Üretim fonksiyonunun iktisadi yazında birbirine benzer birçok tanımı olmakla beraber en genel tanımı şu şekilde verilebilir: Üretim fonksiyonu, mevcut en iyi üretim teknikleri kullanıldığında alternatif faktör bileşimlerinin zaman birimi başına üretilebilecek maksimum çıktı miktarını gösteren eşitliktir. Üretim fonksiyonlarının üretimde kullanılan tüm girdileri içerecek şekilde oluşturulması zordur, ancak bu derece detaylandırılmış bu fonksiyonun oluşturulması gereksizdir. Bu nedenle girdiler, üretim fonksiyonlarında –genellikle- “emek” ve “sermaye” olarak toplulaştırılmaktadır.

Üretim fonksiyonu hem iktisadi çerçevede hem de mühendislik bakımından incelenebilir. Teknolojik olarak uygulanabilir olan girdi ve çıktı kombinasyonlarının teknoloji setinin üretilmesi mühendislerin ilgi alanına girmektedir. İktisatçılar ise üretilen bu setin etkin sınırını tanımlamakta ve mevcut girdi-çıkıtı kombinasyonlarının en iyi uygulamasının kullanımı ile ilgilenmektedir.

Üretim fonksiyonlarını mikro ve makro düzeyde ikiye ayırmak mümkündür. Buna göre, bir firma, sektör ya da endüstri için incelendiğinde, söz konusu üretim fonksiyonu mikro üretim fonksiyonu olarak adlandırılır. Bir ülke ekonomisinin tamamı için toplulaştırılmış üretim fonksiyonları incelendiğinde ise söz konusu üretim fonksiyonu makro üretim fonksiyonu olarak ifade edilir.

Üretim fonksiyonu kendi içerisinde önemli olan birçok kavramı da beraberinde getirmektedir. Kavramların en önemlilerinden birisi fonksiyonun homojenlik derecesi ile belirlenen *ölçeğe göre getiri* kavramıdır. İktisadi olarak üretim fonksiyonunun homojenlik derecesi, bütün faktörlerin belli bir miktar arttırılması durumunda toplam üretimde gerçekleşen artışı belirlemektedir. Bu kavramlardan bir diğeri, *çıkıtı esnekliği* olup, kullanılan diğer üretim faktörlerinin miktarları sabit iken üretim faktörlerinden birindeki oransal

değişmenin üretimde meydana getirdiği oransal değişime oranı olarak tanımlanabilir. Bir başka önemli kavram ise bu çalışmanın ana odak noktası olan ve girdiler arasındaki ikame ilişkilerini ifade eden *ikame esnekliği* kavramıdır. İkame esnekliği, faktör oranlarındaki oransal/yüzdesel değişimin faktörlerin marjinal verimlilik oranlarındaki oransal/yüzdesel değişmeye oranı olarak ifade edilmektedir. Başka bir ifade ile ikame esnekliği, faktör oranlarındaki yüzde değişimin, marjinal teknik ikame oranındaki yüzde değişime oranıdır.

İster bir firma için mikro düzeyde bir üretim fonksiyonu, isterse de bir ülke ekonomisi için makro düzeyde bir üretim fonksiyonu kullanılsın, ikame esnekliğinin önemi büyüktür. Bir firma için ya da bir ülke ekonomisi için bir üretim faktörü yerine diğer üretim faktörünün kullanılabilirliğinin ya da aralarındaki tamamlayıcılık ilişkisinin bilinmesi gerekir. Bu bağlamda, üretimde kullanılan faktörlerin birbiri yerine kullanılabilirlik ya da tamamlayıcılık ölçüsü ikame esnekliğini vermektedir. Örneğin, bir ülke ekonomisi için, Neoklasik Büyüme Modeli çerçevesinde ve teknolojinin sabit olduğu varsayımı altında uzun vadeli büyümenin sürdürülebilirliği, esas olarak ikame esnekliğinin birden büyük ya da küçük olmasına bağlıdır.

Sıfır ile artı sonsuz arasında bir değer alan ikame esnekliğinin tahmini için üretim fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Yazında matematiksel olarak birçok üretim fonksiyonu formu bulunmaktadır. Bunlardan birincisi ve en çok bilineni, 1928 yılında Cobb ve Douglas tarafından geliştirilen ve ikame esnekliğinin daima bire eşit olduğu ve dolayısıyla da girdiler arasındaki ikamenin sınırlı olduğu *Cobb-Douglas üretim fonksiyonudur*. İkincisi, *doğrusal üretim fonksiyonu* olup, bu üretim fonksiyonunun en önemli özelliği girdiler arasındaki ikamenin sınırlı değil tam olması koşulunda ikame esnekliğinin sonsuz olmasıdır. Üçüncüsü, 1951 yılında Leontief tarafından geliştirilen *sabit katsayılı (Leontief) üretim fonksiyonudur*. Bu fonksiyonda girdiler arasında ikame yoktur ve tam tamamlayıcılık ilişkisi varsayımıyla ikame esnekliğinin sıfıra eşit olması söz konusudur. Dördüncüsü, 1961 yılında Arrow-Chenery-Minhas-Solow tarafından geliştirilen *Sabit İkame Esneklikli* ya da kısaca *CES (Constant Elasticity of Substitution) üretim fonksiyonudur*, CES üretim fonksiyonunun en önemli özelliği, ikame esnekliğinin her bir üretim düzeyi için sabit yani bir değerinden farklı değer alabilmesine olanak sağlamasıdır. Beşinci üretim fonksiyonu 1971 yılında Revankar tarafından geliştirilen *Değişken İkame Esneklikli* ya da kısaca *VES (Variable Elasticity of Substitution) üretim fonksiyonu* olup, VES üretim fonksiyonunun en önemli özelliği de ikame esnekliğinin her bir üretim düzeyi için –üretim

seviyesine ve girdi kullanım oranlarına bağılı olarak- değişken olmasıdır. Sonuncu ve altıncısı, Christensen, Jorgensen ve Lau (1973) tarafından geliştirilen *Translog üretim fonksiyonu*dur. Bu üretim fonksiyonunun en önemli özelliği, farklı üretim düzeylerinde ve farklı zamanlarda birbirinden farklı ikame esnekliği katsayısı hesaplamaya olanak tanımasıdır.

İktisat yazınında yukarıda yer alan üretim fonksiyonlarına ait parametrelerin tahmini için – özellikle Cobb-Douglas, CES, VES ve Translog- çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların çoğu Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun tahmini üzerindedir. Fakat Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu tahmin eden çalışmalarda ikame esnekliği fonksiyonda yer alan kısıtlar nedeni ile tahmin edilememekte ve bir olarak alınmaktadır. Bununla birlikte Cobb-Douglas üretim fonksiyonu tahmini çıktı esneklikleri ve ölçeğe göre getiri hakkında oldukça faydalı bilgiler vermektedir. Diğer taraftan, diğer üç üretim fonksiyonunda ikame esnekliği tahmin edilebilmektedir. Ancak bu üç üretim fonksiyonundan ikisi, yani CES ve Translog üretim fonksiyonları üzerine yapılan çalışmalar, VES üretim fonksiyonu üzerine yapılan çalışmalardan fazladır. VES üretim fonksiyonu üzerine yapılan tahminlerin az olmasının en önemli nedeni söz konusu üretim fonksiyonunun tahmin edilmesi için faktör fiyatlarının bilinmesinin gerekli olmasıdır. Faktör fiyatlarına ulaşmak oldukça zor olduğu için çalışmalarda genellikle bazı kısıtlar konularak VES üretim fonksiyonları tahmin edilebilmektedir. Bununla birlikte yazında VES üretim fonksiyonu’ndan elde edilen ikame esneklik katsayısı tahminleri, farklı üretim fonksiyonlarından elde edilen ikame esneklik katsayısı tahminleriyle de karşılaştırılmamıştır.

Yazında yer alan çalışmalar topluca değerlendirilecek olduğunda karşımıza iki önemli eksiklik çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, VES üretim fonksiyonu üzerine çok az sayıda çalışmanın yapılmış olmasıdır. İkincisi ise üretim fonksiyonları arasında başta ikame esnekliği olmak üzere, ölçek esnekliği ve çıktı esneklikleri çerçevesinde bir karşılaştırmanın yapılmamış olmasıdır. Ayrıca gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde başta emek ve sermaye gibi iki önemli üretim faktörü olmak üzere, faktörler arasındaki ikame esnekliklerinin alacağı değerler tahmin edilerek karşılaştırma yapılmamış olmasıdır. Bu konuda genel görüş emek ve sermaye arasındaki ikame esnekliğinin gelişmekte olan ülkelerde daha yüksek olduğu yönündedir. Bu görüş, araştırılması ve incelenmesi gereken önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde, toplulaştırılmış/makro Cobb-Douglas, CES ve VES üretim fonksiyonlarından hareketle, ikame esnekliklerini, çıktı esnekliklerini ve ölçek esnekliklerini son yıllarda geliştirilen ekonometrik yöntemlerle tahmin etmek ve dolayısıyla girdiler arasındaki ilişkileri ve çıktı üzerine katkılarını araştırmak ve bu bağlamda hem ülkeler bazında hem de üretim fonksiyonları bazında karşılaştırmalar yapmak olarak belirlenmiştir. Yukarıda da ifade edildiği gibi tahminler gerçekleştirilirken yazındaki çalışmalardan farklı olarak yeni ekonometrik yöntemler tercih edilmiştir. Ayrıca yazındaki diğer çalışmalardan farklı olarak hem ikame esnekliğine odaklanılmış, hem de farklı üretim fonksiyonlarına ilişkin parametre tahminleri karşılaştırılmıştır. Bu çerçevede çalışmamız yazında yer alan diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır.

Bu kapsamda, çalışmada ampirik analiz için, 1982-2014 dönemini kapsayacak şekilde 22'si gelişmiş, 12'si gelişmekte olan toplam 34 ülkeye ait veriler kullanılmıştır. Tezde ülke ve dönem bağlamında yapılan kısıtlamanın temel gerekçesi, veri setinin oluşturulmasında ülkelerin çalışmada kullanılan ilgili verilerine ulaşılabilirlik ölçüsünde seçim yapılmıştır. Bu çerçevede ele alınan ülkeler ve dönem itibari ile en kapsamlı veri seti oluşturulmuştur. Ülkelerin ayrımında Birleşmiş Milletler tarafından yıllık olarak yayınlanan İnsani Gelişme Endeksi kullanılmıştır. Çalışmada üretim fonksiyonlarında 4 farklı girdi tanımlanmıştır. Bunlardan ikisi bir üretim fonksiyonunda mutlaka yer alması gereken sermaye (K) ve emek (L) girdileridir. Diğer ikisi ise doğalgaz tüketimi (GAS) ve petrol tüketimi (PET)'dir. Bu iki enerji girdisini seçimi önemlidir. Sırasıyla gidecek olursak, doğalgaz, sanayiden ısınmaya, elektrik üretiminden ulaşım kadar birçok alanda kullanılması nedeniyle üretimin önemli bir girdisidir. Petrol ise günümüzde bir ekonominin çıktı artışı için en önemli girdilerinden birisi olmuştur. Çıktıyı temsilen ülkelerin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GDP) değerleri kullanılmıştır. Çalışmada ampirik analiz, doğrusal ve doğrusal olmayan panel veri analiz teknikleri yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Tezin amacı ve kapsamı bağlamında, çalışma giriş ve sonuç bölümleri dâhil olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır. Girişi izleyen ikinci bölümde, üretim fonksiyonları üzerinde durulmuştur. Üretim fonksiyonları verilmeden önce üretim fonksiyonlarına ilişkin teknik etkinlik-dağıtım etkinliği, mikro-makro üretim fonksiyonları ve kısa dönem-uzun dönem ayrımlarından bahsedilmiştir. Daha sonra mikro üretim fonksiyonları çerçevesinde firmanın üretim teknolojisi sunulmuştur. Neoklasik İktisat Teorisi'nin sunduğu metodoloji

çerçevesinde üretim fonksiyonlarına ilişkin kavramlar (toplam, ortalama ve marjinal verimlilikler, çıktı esnekliği, homojenlik derecesi, marjinal teknik ikame oranı ve özellikle de ikame esnekliği) tanıtılmıştır. Daha sonra Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun geliştirilmesinden önceki dönemde üretim ve üretim fonksiyonlarına ilişkin görüşler aktarılmıştır. Devamında başlıca üretim fonksiyonları (Cobb-Douglas, Doğrusal, Sabit Katsayılı, CES, VES ve Translog üretim fonksiyonları) daha önce tanıtılan kavramlar çerçevesinde detaylı bir şekilde irdelenmiştir.

Üçüncü bölümde, üretim fonksiyonlarının tahminine ilişkin ampirik yazın sunulmuştur. Öncelikle üretim fonksiyonlarının tahminlerinde karşılaşılan problemler detaylı bir şekilde incelenmiştir. Daha sonra, üretim fonksiyonlarının tahminine ilişkin çalışmalar öncelikle üretim fonksiyonları bağlamında ayrı başlıklar altında sınıflandırılmıştır. Yayınlandığı tarihte ilk defa yeni bir ekonometrik tahmin yöntemi kullanan/geliştiren çalışmalar özellikle metin içerisinde verilmiş, yazında önem arz eden diğer çalışmalar ise çizelgeler halinde özetlenmiştir. Bu bölümün son başlığında ise üretim fonksiyonlarının tahminine ilişkin Türkiye ekonomisini ya da alt sektörlerini dikkate alan çalışmalar özetlenmiştir.

Dördüncü bölümde, çalışmada kullanılan ampirik modeller, metodoloji ve bulgular verilmiştir. İlk olarak çalışmada kullanılan veri seti tanıtılmıştır. Daha sonra üretim fonksiyonlarının tahmininde kullanılan modeller sunulmuştur. Bu çerçevede çalışmada iki ve dört girdili olacak şekilde iki farklı model oluşturulmuştur. İlk modelde emek ve sermaye girdi olarak yer alırken, ikinci modelde emek ve sermayeye ek olarak doğalgaz ve petrol tüketimleri de yer almaktadır. Çalışmada bu modellerden ilki Cobb-Douglas, CES ve VES üretim fonksiyonları çerçevesinde tahmin edilirken, ikinci model sadece Cobb-Douglas ve CES üretim fonksiyonları çerçevesinde tahmin edilmiştir. Bu durumun temel nedeni, VES üretim fonksiyonunun iki girdiden fazla olacak şekilde fonksiyonel formunun geliştirilmemiş olmasından kaynaklanmaktadır.

Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun tahmininde doğrusal panel veri analiz tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu bağlamda, ülkeler arasındaki bağımlılığın tespiti, Breusch-Pagan (1980), Pesaran (2004) ve Pesaran, Ullah ve Yagamata (2008) tarafından geliştirilen yatay kesit bağımlılığı testleri ile araştırılmıştır. Çalışmada ele alınan değişkenlerin durağanlığı Pesaran (2007) tarafından geliştirilen, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan CIPS panel birim kök testi çerçevesinde incelenmiştir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli

eşbütünleşme ilişkisi yine yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Westerlund ve Edgerton (2007) tarafından geliştirilen Bootstrap panel eşbütünleşme testi ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca değişkenlere ait eşbütünleşme katsayılarının homojen mi yoksa heterojen mi olduğunun tespiti Pesaran ve Yagamata (2008) tarafından geliştirilen Delta testi kullanılmıştır. Son olarak, eşbütünleşme katsayılarının tahmini, Eberhardt ve Bond (2009) tarafından geliştirilen ve yatay kesit bağımlılığını dikkate alan AMG tahmincisi (Augmented Mean Group Estimator – Arttırılmış Ortalama Grup Tahmincisi) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

CES üretim fonksiyonunun tahmini için, doğrusal olmayan tahmin yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu çerçevede son yıllarda Henningsen ve Henningsen (2011) tarafından R-forge üzerinde “micEcon” projesinin bir parçası olarak geliştirilen “micEconCES” paketi kullanılmıştır. Dört farklı Optimizasyon Algoritmasından da (Newton-type, BFGS, L-BFGS-B ve Nelder-Mead) yararlanarak doğrusal olmayan havuzlanmış panel EKK tahmincisi ile CES üretim fonksiyonuna ait parametreler tahmin edilmiştir.

VES üretim fonksiyonunu doğrudan tahmin edebilmek için faktör fiyatlarının bilimesi gerekmektedir. Fakat faktör fiyatlarına çalışmada ele alınan ülkeler ve dönem için ulaşmak maalesef mümkün değildir. Bu nedenle VES üretim fonksiyonundan elde edilecek olan ikame esnekliği katsayılarının hesaplanabilmesi için VES üretim fonksiyonu belirli kısıtlar altında Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna dönüştürülmüş ve Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan elde edilen parametre tahminlerinden yararlanılmıştır. İkame esnekliği katsayısı ülke grupları için ikame parametresinin aldığı farklı değerler ve VES üretim fonksiyonunun kısıtları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Ayrıca ikame esneklik katsayısı her bir ülke ve ele alınan döneme ait her bir yıl için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Çalışmanın sonuç bölümü olan beşinci bölümünde, öncelikle çalışma genel hatları ile özetlenmiştir. Daha sonra çalışmadan elde edilen bulgular neticesinde farklı ülke gruplarından ve farklı üretim fonksiyonlarından elde edilen ikame esneklik katsayısı karşılaştırılmıştır.

2. ÜRETİM FONKSİYONLARI

Neoklasik gelenekte iktisadi analizin önemli bir parçası olan üretim fonksiyonu, girdiler ile çıktılar arasındaki temel teknik ilişkiyi açıklamaktadır. Başka bir deyişle üretim fonksiyonu, üretim ile üretim faktörleri arasındaki ilişkiyi gösteren matematiksel ifadedir.

Üretim fonksiyonunun temel amacı, üretim teknolojisi sabit iken belirli bir girdi miktarı ile çıktı düzeyini maksimize etmek ya da belirli bir çıktı miktarını minimum girdi miktarı ile üretmektir. Sadece böyle bir durum gerçekleştiğinde, üretim fonksiyonu teknik açıdan etkin olabilecektir. Dolayısıyla girdilerin en etkin şekilde kullanılması ile tek ve maksimum üretim olacağından, üretim fonksiyonu da matematiksel olarak tek değerli olacaktır. Böylece üretim fonksiyonu ile üretimin maksimizasyon probleminin çözümü sağlanacaktır. Bunun yanı sıra üretim fonksiyonu bir firmanın, bir endüstrinin ya da tüm ekonominin teknolojisini temsil edebilir.

Bu bölümde öncelikle üretim fonksiyonu ve üretim fonksiyonuna ilişkin teknik etkinlik-dağıtım etkinliği, mikro-makro üretim fonksiyonları ve kısa dönem-uzun dönem ayrımları üzerinde durulacaktır. Devamında Neoklasik İktisat Teorisi'nin sunduğu metodoloji çerçevesinde üretim fonksiyonlarına ilişkin kavramlar (toplam, ortalama ve marjinal verimlilikler, çıktı esnekliği, homojenlik derecesi, marjinal teknik ikame oranı ve özellikle de ikame esnekliği) tanıtılacaktır. üretim setleri ve üretim faktörleri üzerinde durulduktan sonra, üretim fonksiyonuna ilişkin kavramlara yer verilecektir. Daha sonra Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu öncesi üretim, üretim fonksiyonları ve üretim faktörleri üzerine görüş ve düşüncelerin gelişimine ilişkin kısa bir tarihçe sunulacaktır. Son olarak, başlıca üretim fonksiyonları (Cobb-Douglas, Doğrusal, Sabit Katsayılı, CES, VES ve Translog üretim fonksiyonları) üretim fonksiyonlarına ait kavramlar yardımıyla irdelenecektir.

2.1. Üretim Fonksiyonu

İktisadın temel konularından birisi üretim faktörleri ile üretim arasındaki ilişkidir. Üretim fonksiyonunda yer alan üretim faktörleri ya da girdiler, genellikle emek, sermaye ve doğal kaynak olarak geniş bir biçimde sınıflandırılabilir. Bu kavramlar içerisinde emek ve doğal kaynak oldukça açık olmasına karşılık, sermaye kavramını tanımlamak gerekir. Sermaye, bir mal veya hizmeti üretmek için kullanılan makine ve teçhizat gibi fiziksel araçlar olup,

aynı zamanda fiziksel sermaye olarak da adlandırılmaktadır. Üretim faktörleri kendi içerisinde heterojen yapıya sahiptirler. Fakat heterojenliğin ayrımını yapmak oldukça güçtür. Bu nedenle Neoklasik gelenekte üretim faktörleri, üretim fonksiyonları ile ilgili yapılan analizlerde homojen kabul edilmiştir.

Üretim fonksiyonu çıktı ile girdiler arasındaki ilişkiyi ifade etse de, uygulamada üretim sürecine giren bütün girdilerin fonksiyonda yer alması gereksizdir. Buna ek olarak tüm girdileri kapsayacak şekilde bir fonksiyonun oluşturulması ve tahmin edilmesi çok zor olacaktır. Bu nedenle uygulamalarda izlenen yol girdilerin bir sınıflandırmaya tabi tutularak çok daha genel kategorilerde toplulaştırılması ve üretim fonksiyonunda bu şekilde yer almasıdır. Özellikle makro düzeydeki çalışmalarda bütün girdiler “sermaye” ve “emek” olarak iki genel kategoriye ayrılarak toplulaştırılabilir (Taşdemir, 2006: 23).

Üretim fonksiyonu, verilen girdilerin “etkin” bir şekilde kullanılması durumunda elde edilebilecek maksimum çıktı seviyesini tanımlar (Fisher, 1969: 555). Bir üretim sistemi içerisinde etkinlik kavramı içinde iki kavram özellikle öne çıkmakta olup, bunlardan birincisi “teknik etkinlik”, ikincisi “dağıtım etkinliği”dir. Üretim fonksiyonlarının formülasyonunda “teknik etkinlik” mühendislik sorunu olarak ele alınmış ve çözümlenmiştir. İktisadi analizler özellikle “dağıtım etkinliği”ne odaklanmaktadır (Mishra, 2007: 2). Dolayısıyla, mühendislik teknolojik olarak uygulanabilir olan girdi ve çıktı kombinasyonlarının teknoloji setini üretirken, iktisadi anlamda üretim fonksiyonu bu setin etkin sınırını tanımlar ve mevcut girdi-çıkıtı kombinasyonlarının en iyi uygulamasının kullanımını kapsar (Felipe ve Fisher, 2013: 212-213). Bu nedenle, üretim fonksiyonu, olası en çok çıktı ile bu çıktıyı üretmek için gerekli olan girdiler arasındaki fonksiyonel ilişkiyi göstermektedir.

Girdiler arasındaki fonksiyonel ilişki ekonomik teoriden ve daha önceki ekonometrik uygulamalardan yararlanılarak belirlenir. Fonksiyonel ilişkinin belirlediği üç önemli parametre vardır. Bunlar (i) girdiler arasındaki ikame ilişkileri, (ii) ölçeğe göre getiri ve (iii) faktör oranları’dır. Bunlar aynı zamanda modellenmeye çalışılan teknolojiyi de belirleyen ana unsurlardır. Büyüme teorisinde ya da diğer bir ifade ile makro düzeydeki çalışmalarda önemli olan “etkinlik parametresi”nin fonksiyona nasıl dâhil edildiğidir (Taşdemir, 2006: 23).

Üretim fonksiyonları kârını maksimize etmeye çalışan bir firma için ya da bir sektör için mikro düzeyde incelenebileceği gibi, bir ekonominin geneli için makro düzeyde de incelenebilir. Mikro üretim fonksiyonları bir firmanın girdi-çıkı ilişkilerini tanımlarken, makro ya da diğer adı ile toplulaştırılmış üretim fonksiyonları bir bütün olarak bir sektör, bir endüstri ya da bir ekonomideki girdi-çıkı ilişkilerini tanımlamaktadır.

Neoklasik gelenekte mikro üretim fonksiyonuna ilişkin geleneksel yaklaşıma göre teknik bilginin düzeyi ve girdi-çıkı ilişkileri veri iken, teknik olarak bir araya getirilebilir bütün fiziksel girdi bileşimlerinden elde edilebilecek maksimum çıktıyı ifade eden bir fonksiyonun belirlenmesi her zaman için mümkündür. Bununla birlikte, mikro üretim fonksiyonunda yer alan homojenlik, pozitif ikame edilebilirlik gibi özellikleri barındıran bir mikro iktisadi üretim fonksiyonları kümesi toplulaştırıldığında basitçe aynı özelliklere sahip bir makro iktisadi bir üretim fonksiyonuna dönüşmesi beklenir.

Çoğu iktisatçı –özellikle Neoklasik düşüncede- makro üretim fonksiyonunu makroekonomik modeller inşaa ederken kullanılmıştır. Makroekonomik analizde - özellikle de büyüme analizlerinde - makro ya da toplulaştırılmış üretim fonksiyonları vazgeçilmez bir analiz aracıdır. Gerçekten de her ne kadar matematiksel olarak ifade edilmemiş olsa da makro üretim fonksiyonu Klasik İktisat döneminde bile gerçekleştirilen makroekonomik herhangi bir tartışma ile örtüşmektedir (Sato, 1975: XX). Whitaker 1975 yılında yayımladığı çalışmasında, Alfred Marshall'ın bazı yayınlanmamış çalışmalarını ortaya çıkartmış ve $Q = f(L, E, K, A, F)$ (bu foksiyonda (L) emeği, (E) etkinliği, (K) sermayeyi, (A) teknoloji düzeyini ve (F) toprak verimliliğini göstermektedir) şeklinde formüle ettiği makro üretim fonksiyonuna dikkat çekmiştir. Bu fonksiyonda Marshall değişkenlerin zamansal türevini kullanmıştır. Bu nedenle bu fonksiyon ilk Neoklasik büyüme modeli olarak dikkate alınmalıdır. Hatta bu model daha sonra Tinbergen ve Solow büyüme modeline de öncülük etmiştir (Mishra, 2007: 15).

Kunt Wicksell, firmalar için homojen olmayan üretim fonksiyonlarının, endüstriye giriş için bir doğrusal homojen üretim fonksiyonu ile çok uygun olduğunu göstererek önemli katkılar yapmıştır. Endüstri çıktısının genişlediği, aynı tür firmaların girdi-çıkı sözleşmeleri yaptığı, her bir firmanın minimum birim maliyetlerinin aynı olduğu varsayılmıştır. Bunun sonucunda, ölçeğe göre sabit getiriye sahip yatay olarak çizilen bir uzun dönem endüstri arz eğrisi ile karşılaşılır. Böylece Wicksell'in toplulaştırılmış doğrusal homojen üretim

fonksiyonları, Cobb-Douglas üretim fonksiyonları gibi kullanılabilmektedir (Mishra, 2007: 15).

Cobb-Douglas üretim fonksiyonu; rekabetçi dengede tüm girdilere, girdilerin marjinal ürünleri kadar ödeme yapıldığı, ürünlerin tamamının tüketildiği (ürünün girdi esneklikleri toplamı bire eşit oldukça), ölçeğe göre sabit getirinin olduğu, uzun dönemde üretim faktörlerinin göreceli paylarının deneysel olarak tamamen açıklanabildiği konularında ikna edici bir kanıt sağlamaktadır. Bu bulgular, Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun makroekonomik düzeyde toplam üretim fonksiyonu olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Mishra, 2007: 15).

İkinci Dünya Savaşı'nın sonuna kadar Büyük Bunalım döneminde iktisatçılar, dalgalanmalar olmaksızın büyümenin yollarını araştırmışlardır. Bu araştırmalar sonucunda, toplulaştırılmış üretim fonksiyonunun oldukça yararlı olduğu kanıtlanmıştır (Mishra, 2007: 16). Üretim fonksiyonlarının toplulaştırılmasında geçerli olan bazı kurallar, 1940'larda *Econometrica*'nın sayfalarında toplulaştırma üzerine yapılan kapsamlı tartışmalarda geliştirilmiştir. Bu kurallar büyük ölçüde Leontief'in "ayrılabilir fonksiyon teoremi" ne dayanmaktadır. İki kez türevi alınabilen üç değişkenli bir fonksiyon yalnızca ve yalnızca herhangi iki değişkenin marjinal ikame oranının birinci türevlerinin oranı üçüncü değişkeninkinden bağımsızsa yazılabilir. O halde geçerli bir toplulaştırılmış üretim fonksiyonu emek ve sermaye cinsinden "toplamsal olarak ayrılabilir" olmak zorundadır. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu logaritmik olarak yazıldığında bu koşulu sağlar. Bu durumda emek teriminin logaritması sermaye teriminin logaritması ile toplanabilir ve ondan ayrılabilir (Blaug, 2014: 562). Dolayısıyla Cobb-Douglas üretim fonksiyonu, faktör paylarını değiştirmeksizin zaman zaman üretim sürecine teknik değişikliği dahil ederek gerekli ve yeterli çözümü sunmuştur. Neumann'ın büyüme modeli, Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan hareketle elde edilmiştir. Koopmans'ın etkinlik analizi, Leontief'in girdi-çıktı analizi, Georgescu-Roegen (1951)'in toplulaştırılmış üretim fonksiyonu, ayırma teoremleri ve Gale tarafından von Neumann'ın büyüme modelinin genelleştirilmesi ile ekonomik analizlerde toplulaştırılmış üretim fonksiyonu güçlendirilmiştir (Mishra, 2007: 16).

Üretim fonksiyonlarının iktisatçıların asıl ilgisini çektiği dönem iktisadi büyümenin gündemde olduğu 1950 ile 1970'lerin sonu olarak belirtilebilir. Bahsi geçen dönemde, girdi

ve çıktıları ile ilgili bir dizi spesifik form veya cebirsel form önerilmiş ve analiz edilmiştir. Özellikle Cambridge Sermaye Tartışması (*Cambridge Capital Controversy*)¹ sırasında ve sonrasında üretim fonksiyonlarının yeni formlarının araştırılması önemli ölçüde yavaşlamış ve üretim fonksiyonlarına ait yeni formlar önermek/geliştirmek yerine iktisatçılar artık mevcut/önerilen üretim fonksiyonlarının tahminine yönelmiştir.

Dolayısıyla üretim fonksiyonlarının matematiksel formlarının ortaya atılması ile beraber - özellikle 1950'lerden sonra- makro üretim fonksiyonları büyüme teorisinde merkezi bir konuma gelerek büyük önem kazanmıştır². Bu gelişmeler neticesinde, iktisatçılar büyüme muhasebesini, büyüme teorisini ve ekonometrik analizleri bir araya getirdiler ve toplulaştırılmış üretim fonksiyonunu kullanmaya başladılar (Sato, 1975: XX). Özellikle Solow'un 1956'da yaptığı ufuk açıcı çalışmadan sonra iktisadi büyümenin kaynaklarını ölçmek ve teknik değişimin doğası hakkında sonuçlar çıkarmak üzere makro üretim fonksiyonlarının tahmin edilmesi, teknik araştırmaların yaygın bir uygulamasına dönüştürmüştür (Blaug, 2014: 557).

Mikro üretim fonksiyonunun aksine makro ya da toplulaştırılmış üretim fonksiyonları sadece tanımsal düzeyde kalmaktadır. Kaynakları optimal bir şekilde tahsis eden veya üretim fonksiyonunu temel alarak kârları en üst düzeye çıkarmaya çalışan tek bir makroekonomik karar verici bulunmamaktadır. Aksine makro üretim fonksiyonu, rasyonel davranan mikro birimlerin mikro üretim fonksiyonlarından oluşmaktadır. Dolayısıyla, makroekonomik bir davranışı benzetme yoluyla yani yalnızca mikroekonomik davranıştan çıkarmanın uygun olup olmadığı önem kazanmaktadır. Sato (1975) toplulaştırılmış üretim fonksiyonunu, mikro ekonomik üretim fonksiyonunun niceliksel bir temsili olarak ifade etmiştir (Sato, 1975: XX). Mankiw (1997) ise toplulaştırılmış üretim fonksiyonunu "ekonominin üretim teknolojisi" olarak adlandırmıştır (Mankiw, 1997: 103).

1950'li yıllarda makro ya da toplulaştırılmış üretim fonksiyonları geliştirilirken, diğer taraftan sorgulanmaya başlanmıştır. Bu bağlamda toplulaştırmanın ya da makro üretim fonksiyonlarının bazı sorunlar içerebileceği belirtilmiştir. Sorunları iki ana başlıkta toplamak

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

² Özellikle Solow (1956)'un "A Contribution to the Theory of Economic Growth" isimli makalesi bu konuda bir başlangıç olarak kabul edilebilir.

mümkündür: (i) mikro düzeydeki bir üretim fonksiyonunun makro seviyeye toplanması ile ilgilidir. (ii) Cambridge Sermaye Tartışmaları'nda İngiltere'de yer alan Cambridge Okulu temsilcileri ve aynı zamanda Post Keynesyen olan Juan Robinson öncülüğündeki iktisatçıların yönelttikleri eleştiri yani sermayenin toplulaştırılmasındaki ölçüm sorunudur.

Üretim fonksiyonlarında toplulaştırma sorununu sistematik bir biçimde ele alan ilk iktisatçılardan birisi Klein (1946a, 1946b)'dir. Klein her mikro Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun logaritmik formda toplamsal olarak ayrılabilir olsa da, mikro fonksiyonların aritmetik toplamından, logaritmik olarak toplama işlemi gerçekleştirilemeyeceği için, makro üretim fonksiyonu elde edilemeyeceğini belirtmiştir. Doğal sayılarının logaritmalarının toplanması, sayıları kendileriyle çarpmakla aynı anlama gelir. Buradan toplulaştırılmış bir Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna mikro üretim fonksiyonları üzerinden açık iktisadi bir yorum getirilemeyeceği sonucu çıkmaktadır. Aslında mikro iktisadi Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ile benzer şekilde marjinal koşullarının uygulanabileceği toplulaştırılmış bir Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna ulaşmak için makro fonksiyonun üslerini, bu fonksiyonu oluşturan mikro fonksiyonların üslerinin ağırlıklandırılmış aritmetik değil, geometrik ortalaması olarak yorumlanması, ağırlıklarında her bir firmanın üretim fonksiyonlarının ilgili üsleriyle olmasının sağlanması gerekir³. Firmalar arasında tekil üslerin dağılımı konusunda bir değişiklik olduğu takdirde toplulaştırılmış üretim fonksiyonunun üslerinin de değişmesi gerektiği açıktır. Toplulaştırılmış üretim fonksiyonunu tahmin ederek firmalar arasında üslerin dağılımı konusunda hiçbirşey öğrenilemediği için tahmin edilen makro üretim fonksiyonunun emek teriminin üssüyle ücretlerin milli gelirden aldıkları pay arasında yakın bir bağlantı olması, tekil emek piyasalarında rekabete dayalı bir faktör fiyatlandırması olup olmadığını sınanmasını sağlamaz. Geometrik ortalama bir seriye uç değerler eklenmesine göreli olarak duyarsız olduğundan çoğu firmanın emeğe marjinal ürün değerinin altında bir ödeme yaparken,

³ L. R. Klein tarafından ortaya atılan bu toplulaştırma kuramı hayli açıktır. Genel olarak eğer bütün mikro fonksiyonlar aşağıdaki biçimi alırsa ve $\alpha = a = A$ ve $\beta = b = B$ ise firmaların marjinal ürünleri her yerde aynı olsa bile n firma içerisinde üsler farklı olduğunda, toplulaştırılmış üretim fonksiyonu doğrusal olarak homojen bir Cobb-Douglas fonksiyonu olan $X = (N_1^a K_1^b) + (N_2^a K_2^b) + \dots + (N_n^a K_n^b)$ olur:

$$X_1 = N_1^a K_1^b; \alpha + \beta = 1$$

$$X_2 = N_2^a K_2^b; a + b = 1$$

$$X_n = N_n^a K_n^b; A + B = 1$$

Cobb-Douglas mikro fonksiyonları aritmetik olarak toplayarak Cobb-Douglas makro fonksiyona ulaşamadığımız için mikro fonksiyonları çarpmamız daha doğru olacaktır. Bu da $X_n = (N_1^a K_1^b) + (N_2^a K_2^b) + \dots + (N_n^a K_n^b)$ fonksiyonunu verir. X 'in n 'inci kökünü aldığımızda sağ taraf bütün mikro fonksiyonların geometrik ortalaması haline gelerek Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun çarpımsal biçimini korur (Blaug, 2014: 563).

birkaç büyük firmanın emeğe bundan daha fazla ödeme yaptığı bir durum, tekil firmaların emek terimindeki üslerinin geometrik ortalamasının emeğin, ekonominin bütününde aldığı görece paya yakın çıkmasına neden olabilir (Blaug, 2014: 562-563).

Klein'den yıllar sonra toplulaştırma sorununu Fisher (1969) yeniden ele almıştır. Bu noktada gözlemlenemeyen mikro üretim fonksiyonlarından gözlemlenebilen bir makro üretim fonksiyonu türetmenin kabul edilemez olduğu argümanına F. M. Fisher'in ulaştığı dikkat çekici sonuçlardan bazılarına atıfta bulunarak değinmek faydalı olacaktır. Fisher (1969), firmaların sahip oldukları sermayenin yalnızca ve yalnızca mikro üretim fonksiyonları, farklı firmaların farklı sermaye mallarının az çok aynı şeyler gibi temsil edilebilmesi anlamında, birbirlerinden “sermayeyi arttıran teknik farklılıklarla” ayrılıyor ise toplulaştırılabileceğini göstermiştir. Ancak bütün firmalar tam olarak aynı teçhizatı kullansalar bile, en az “sermayeyle” ilişkili olan toplulaştırma sorunları kadar ciddi olan emek ve hasılanın toplulaştırılmasıyla ilgili sorunlar açığa çıkar: Firmalar arasında farklı emek türlerinin oranlarının ve hasıla bileşiminin zaman içerisinde kabaca sabit kalması gerekir. Fisher bunları söyledikten sonra, “sermayeyi arttıran teknik farklılıkları” ihmal edebilmek üzere farklı firmalar tarafından kullanılan teknikler arasında kasıtlı farklılıkların tanımlandığı bir ekonomi simülasyonu için toplulaştırılmış bir Cobb-Douglas üretim fonksiyonu tahmin ederek mikro fonksiyonların anlamlı bir şekilde toplulaştırılmasının tanım gereği olanaksız olduğunu ifade etmiştir. Buna karşın Fisher toplulaştırılmış Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun simülasyon egzersizi boyunca emeğin toplam hasıladan aldığı pay kabaca sabit tutulduğu sürece emeğin payını hayli başarılı bir şekilde tahmin ettiğini keşfetmiştir. O halde geçmişte daima en küçük kareler yöntemi ile elde edilen toplulaştırılmış Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun olağanüstü istatistiki uygunluğu, her ne kadar hasılayı ve ücretleri ortaya çıkaran mekanizmalar rekabetçi piyasalarda faktör arzlarıyla etkileşim içinde bulunan mikroiktisadi Cobb-Douglas üretim fonksiyonlarının varlığının ima ettiklerinden çok farklı da olsalar, kayda değer uzunluktaki tarihsel dönemler boyunca emeğin payının görece olarak sabit kalmasından kaynaklanmaktadır (Blaug, 2014: 563-564).

Walters (1963) üretim ve maliyet konusundaki araştırmasında toplulaştırma sorunlarını inceledikten sonra, böyle bir kavramın varlığını ve kullanılmasını sorgulamıştır. Ayrıca Walters modern ekonomilerde bulunan rekabetçi ve teknolojik konuların çeşitliliği nedeniyle belki de aynı endüstrideki firmalar veya ekonominin dar kesimleri haricinde mantıklı toplulaştırmanın temel gereksinimlerinin karşılayamayacağını belirtmiştir.

Burmeister (1980) ise ilgili yazını inceledikten sonra, birçok makroekonomik sorunun cevabını vermek için –özellikle enflasyon ve işsizlik gibi- makroekonomik üretim fonksiyonunun ihmal edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Buna ek olarak toplulaştırma konusunda uygun bir yöntem bulan iktisatçının ise gelecekteki bir Nobel Ödülü için başlıca bir aday olacağını ifade etmiştir.

Diğer taraftan 1950’li yıllarda Robinson toplulaştırılmış üretim fonksiyonu üzerine çalışmış ve üretim fonksiyonunda sermayenin hangi birimle ölçüldüğünü sorgulamıştır. Bu dönemde sermayenin ölçülmesine ilişkin iki farklı grup ortaya çıkmıştır (*Cambridge Capital Controversy*). Birinci grupta yer alan Sraffa, Robinson, Pasinetti ve Garegnani toplulaştırılmış üretim fonksiyonunun kullanılmasına karşı çıkarken; ikinci grupta yer alan Samuelson, Solow, Hahn ve Biliss görelî faktör paylarını açıklamak için toplulaştırılmış üretim fonksiyonunu kullanmaya devam etmişlerdir. Birinci grup iktisatçılar, faiz oranı ve ücretlerden bağımsız olarak, soyut sermaye miktarını düşünmenin olanaksız olduğunu vurgulamışlardır. Ancak bu bağımsızlık, bir eş-ürün eğrisi ya da üretim fonksiyonu oluşturmak için önkoşuldur. Fiyatlar bilinmedikçe, bir eş ürün eğrisinin oluşturulamayacağını ve eş-ürün eğrisinin eğiminin ölçülemeyeceğini belirtmişlerdir (Mishra, 2007: 16).

1953 yılında başlayan bu tartışmalar, 1970’li yılların ortalarına kadar sürmüştür. Bu tartışmaların bir tarafında Robinson’u destekleyen Harcourt, diğer tarafında ise Stiglitz çalışmalarıyla yer almıştır. Bu tartışmalar kısmen Cobb-Douglas üretim fonksiyonları üzerine olsa da ağırlıklı olarak toplulaştırılmış üretim fonksiyonu konusuna odaklanmıştır. Samuelson (1966), termodinamik yasalar yürütülmediği sürece üretim fonksiyonuna inanmak için girdi çıktı analizine bağlı kalmayı sürdüreceğini, faktör gelirleri yarı rekabetçi piyasalar tarafından belirlenmedikçe, Neoklasik iktisadın açıklamalarının geçerli olacağını ifade etmiştir. Solow (1957) toplulaştırılmış üretim fonksiyonunun 1909-1949 dönemine ait ABD verileri ile nasıl uyumlu olduğunu göstermek için ampirik bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmadaki bulgular nötr teknolojik değişmeyi, üretim fonksiyonundaki kaymayı ve güçlü bir analiz aracı olarak toplulaştırılmış üretim fonksiyonunun geçerliliğini ortaya koymuştur. Samuelson (1962) kişi başına toplam çıktının kişi başına toplam sermaye ile ilgili “*Surrogate üretim fonksiyonu*” olarak adlandırılan üretim fonksiyonunu türetmiştir. Bu fonksiyon yardımıyla farklı uzun dönem dengelerinde geçerli olan ücret ve kâr oranları davranışlarındaki değişimler öngörülebilmektedir (Mishra, 2007: 17).

Neoklasik iktisatçılar eleştiri alan toplulaştırılmış üretim fonksiyonunu bir yandan kullanırken diğer taraftan var olan eleştirileri görmezden gelmekte ve bu bağlamda da bazı varsayımlar yapmaktadırlar. İlk olarak Neoklasik İktisatçılar araçsalcılık (*instrumentalism*) olarak bilinen metodolojik konuma dayanarak, toplulaştırılmış üretim fonksiyonlarının mikro üretim fonksiyonlarına ait analoji ile inşa edildiğini ve geçerliliğinin tamamen ampirik bir konu olduğunu ileri sürmüşlerdir (Ferguson, 1971). Bununla birlikte Felipe ve Fisher (2003) göre, toplulaştırılmış üretim fonksiyonlarının ampirik olarak makul sonuçlar verdiği sürece kullanılması sorun değildir. İkincisi, Samuelson (1961-1962)'u takiben toplulaştırılmış üretim fonksiyonları birer benzetme olarak görülmüş olup, ona göre bir ekonominin bütününe ait üretim ilişkilerini araştırmak için toplulaştırılmış üretim fonksiyonlarının kullanılması gerekmektedir. Son olarak, toplulaştırılmış üretim fonksiyonunun kullanıldığı ampirik uygulamalar için (örneğin, büyüme muhasebesi, ekonometrik tahmin) başka bir seçenek bulunmamasıdır (Felipe ve Fisher, 2003: 213). Benzer şekilde, Sato (1975) genel denge teorisinin makro değişkenler arasındaki geniş ilişkileri bizlere sunacak kadar kusursuz olmadığını ve bu bağlamda da toplulaştırılmış fonksiyonlara ihtiyacımız olduğunu ifade etmiş ve ekonominin tüm mikro modellerinin oluşturulabileceği kadar bol miktarda ekonomik veri olmadığını belirtmiştir. Ayrıca sadece bilgisayar kapasitesinin değil aynı zamanda zekamızında bu karmaşık modelleri işlemek için sınırlı olduğunu iddia etmiştir. Bu çerçevede, Samuelson (1961-1962)'un, Ferguson (1971)'un, Sato (1975)'nin ve Felipe ile Fisher (2003)'in geçmişte ifade ettikleri bu gerekçelerin günümüzde de hala geçerli olduğunu söylemek pek yanlış olmayacaktır.

Üretim fonksiyonları ile ilgili mikro ve makro ayırımından bahsettikten sonra, üretim fonksiyonları için *planlanan (ex-ante)* ve *gerçekleşen (ex-post)* ayırımı ile *kısa dönem (short run)* ve *uzun dönem (long run)* ayırımı üzerinde durmakta yarar vardır. Neoklasik teoride üretim fonksiyonları ile ilgili, sermaye ve emek arasındaki ikame edilebilirliğin ex-ante ve ex-post olduğu varsayımı geçerlidir. Burada ex-ante “tesis ve makinenin (yani sermayenin) ne zaman kararlaştırılacağı” anlamını taşımaktadır. Salter (1960)'ın ifadesi ile bu dönem zamanın kesin bir noktasında ilgili teknolojik bilginin özetlenmesi olup “tüm olası tasarımları içeren bir üretim fonksiyonu” için geçerlidir. Diğer taraftan ex-post ise “tesis tasarlandıktan sonra ya da kurulduktan sonra” anlamı taşımaktadır. Neoklasik teoride tesisin firmaya yapımı ve kurulumundan sonra faktör girdi oranının nispi faktör fiyatındaki bir değişime –yani ikame esnekliğinin- tam olarak ayarlanabileceği varsayımı yapılır. Diğer taraftan kısa dönem, üretim seviyesinin arttırılabilmesi için yeni tesis veya makine

kurulumunun mümkün olmadığı yani sermayenin değiştirilemediği sadece emek biriminin değiştirilebildiği zamanı ifade etmektedir. Buna karşılık uzun dönem, üretim seviyesinin artırılması için emek miktarının artırılması yerine firmaların yeni tesis ve makine kurulumunun yani sermaye kullanımının artırılmasının mümkün olduğu zamanı ifade etmektedir.

Çalışmanın bu noktasına kadar üretim fonksiyonlarına ait birçok ayırmadan (teknik etkinlik-dağıtım etkinliği, mikro-makro üretim fonksiyonları, kısa dönem-uzun dönem) bahsettik. Bu noktadan itibaren mikro üretim fonksiyonları çerçevesinde firmanın üretim teknolojisi üzerinde durmakta yarar vardır. Bir firmanın üretim teknolojisi genellikle üretim fonksiyonları aracılığı ile tanımlanır. Fakat bu üretim fonksiyonlarına ait kavramlardan bu fonksiyonların tarihçesinden ve fonksiyonel formlarından bahsetmeden önce, firmanın teknolojisini tanımlamanın farklı yolları üzerinde durmak daha doğru olacaktır.

Bir firma çeşitli girdi kombinasyonlarından çıktı üretmektedir. Firmanın seçimlerini anlamak için firmanın üretim olanaklarını özetlemek gerekir. Örneğin girdi ve çıktıların hangi kombinasyonları teknolojik olarak ulaşılabilir (*feasible*) (Donduran, 2013: 93)?

Bir firmanın üretim seti, firma için uygulanabilir olan üretim faaliyetlerini ya da üretim planlarını temsil eder. Bir üretim vektörü –ki bu bir girdi-çıkıtı ya da bir üretim planı olarak da bilinir- bir üretim sürecinde kullanılan emtianın (L) net çıktısı ile tanımlanan $y = (y_1, \dots, y_L) \in R^L$ vektörüdür. Bir üretim vektörünün bazı elementleri sıfır olabilir. Bu durum sadece üretim sürecinde emtianın net çıktısı olmadığını gösterir (Mas-Colell, Whinston ve Green, 1995: 127-128).

Bir firmanın davranışını analiz etmek için, teknolojik olarak mümkün olan üretim vektörünü tanımlayarak başlamamız gerekmektedir. Uygun planları oluşturan tüm üretim vektörlerinin seti firmanın üretim seti olarak bilinir ve $Y \subset R^L$ şeklinde gösterilir. Mümkün olan üretim planları en başta teknolojik kısıtlamalarla sınırlandırılmıştır (Mas-Colell, Whinston ve Green, 1995: 128). Firmanın eylemleri üzerine teknolojik kısıtlar üretim olanakları eğrisi ile tanımlanmaktadır. Firmanın üretim olanakları eğrisi teknolojik bilginin ve fiziksel kanunların durumunu belirlemektedir (Donduran, 2013: 94).

ayırmak daha uygundur. Örneğin, $q = (q_1, \dots, q_M) \geq 0$ firmanın M kadarlık çıktısının üretim seviyelerini ifade etmekte iken $z = (z_1, \dots, z_{L-M}) \geq 0$ ise firmanın L girdisi miktarını ifade etmektedir (Mas-Colell, Whinston ve Green, 1995: 129).

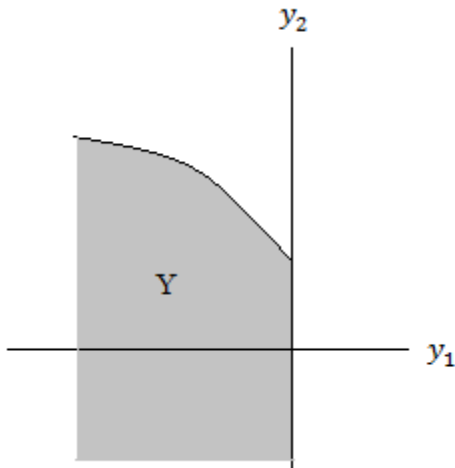
En çok karşılaşılan üretim modellerinden birisi tek çıktının olduğu modellerdir. Tek çıktılı bir teknoloji genel olarak, girdi miktarı $(z_1, \dots, z_{L-M}) \geq 0$ kullanılarak üretilebilecek maksimum çıktı miktarı q 'yu alan $f(z)$ üretim fonksiyonu vasıtasıyla tanımlanmaktadır. Örneğin eğer çıktı L 'ye eşit ise üretim fonksiyonu çıktının hiçbir maliyet olmadan meydana geldiği varsayımı altında, üretim seti ortaya çıkacaktır (Mas-Colell, Whinston ve Green, 1995: 129).

$$Y = \{(-z_1, \dots, -z_{L-1}, q) : q - f(z_1, \dots, z_{L-1}) \leq 0 \text{ ve } (z_1, \dots, z_{L-1}) \geq 0\} \quad (2.1)$$

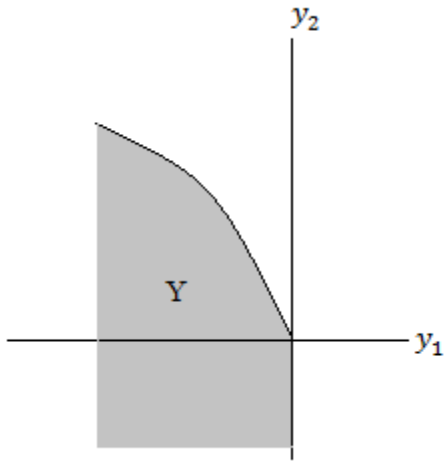
Üretim setinin geometrik ve topolojik özellikleri önce K. Menger (1936), J. Von Neumann (1937) ve T. C. Koopmans (1951) tarafından ortaya konulmuştur. Varsayımları olabildiğince genel tutma gayretinden kaynaklanan ve birbiri ile yakından ilişkili özellik vardır (Rader, 1972: 85). Üretim setinin özelliklerini Mas-Colell, Whinston ve Green (1995) oldukça kapsamlı bir şekilde sunmuşlardır. Söz konusu özelliklerin her birinin uygunluğu özel koşullara bağlı olup aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- (i) *Y boş olmayandır (nonempty)*. Bu özellik firmanın yapacağı bazı şeyleri planladığını söylemektedir. Aksi takdirde, söz konusu firmanın davranışlarını incelemeye gerek yoktur.
- (ii) *Y kapalıdır (closed)*. Y üretim seti sınırını içerir. Bu nedenle teknolojik olarak uygulanabilir girdi-çıkıtı vektörlerinin ardışık limiti ulaşılabilir. Bu durum öncelikle teknik olarak düşünülmelidir.
- (iii) *Bedavacılık yoktur (No free lunch)⁴*. Farz edelim ki $y \in Y$ ve $y \geq 0$ olsun, dolayısıyla y vektörü herhangi bir girdi kullanmamaktadır. Yani herhangi bir girdi olmadığında herhangi bir şey üretmek mümkün değildir. Şekil 2.2'de bu özellik ihlal edildiğinde üretim setinin alacağı durum, Şekil 2.3'de ise özelliğin ihlal edilmediği durumda üretim setinin alacağı durum gösterilmiştir.

⁴ Bu iktisat kuralına göre, sınırsız istekler ve sınırlı kaynaklar olduğu için her isteğin yerine getirilmesi bir bedele dayanmaktadır. Çünkü istek bu sınırlı sayıdaki kaynakların kullanılmasına dayanmaktadır ve bununla bir bedeli vardır.



Şekil 2.2. Özellik (iii) geçersiz iken üretim seti



Şekil 2.3. Özellik (iii) geçerli iken üretim seti

- (iv) *Eylemsizlik olanağı (Possibility of inaction)*. Bu özellik $0 \in Y$ durumunu ifade etmektedir. Bu özellik Şekil 2.2 ve Şekil 2.3’de yer alan her iki grafikte de mevcuttur. Üretim seti incelenirken bu varsayımın geçerliliği önemlidir. Bir dizi teknolojik imkâna erişebilen ancak henüz organize olmamış bir firmayı düşünersek, eylemsizlik açıkça mümkündür. Ancak bazı üretim kararları önceden alındıysa, ya da bazı girdilerin nakliyesi için geri dönülmez sözleşmeler yapıldıysa, eylemsizlik olanaklı değildir. Bu durumda firmanın batık maliyetlere sahip olduğu belirtilmektedir. Eylemsizlik olanağının olduğu üretim seti orijinal üretim setinden farklı olarak firmanın kalan seçeneklerini yansıtan sınırlı bir üretim setidir.
- (v) *Serbest elden çıkarma (Free Disposal)*. Herhangi bir ekstra girdinin ortadan kaldırılması çıktıda bir azalma olmadan yapılıyor ise serbest elden çıkarma özelliği söz konusudur. Yani eğer $y \in Y$ ise ve $y' \leq y$ (böylece y' en az aynı miktarda girdi

kullanımı, (iii) bu faktörlerin kullanımıyla ve zamanla fiziksel olarak bozulması ve (iv) doğrudan faktör birikimi yoluyla faktör miktarlarının büyümesidir (Rader, 1972: 80).

Üretim normalde tekniklere dayanarak devam eder ve mevcut malların miktarıyla öngörülen “sermaye” kısıtlamasına tabidir. Üretimde hem sermaye hem de güncel faktörler vardır ve bunla ekonomik olanakları sınırlayan fiziksel yasalar tarafından sınırlanır. Belirli bir süre boyunca girdiler ve çıktılar ne olursa olsun, belirli bir sermaye stokundaki dönüşümün bir sınırı vardır. Yani normal olarak sermaye üretim oranı sınırlandırılmıştır. Dolayısıyla sınırsız bir üretim söz konusu değildir (Rader, 1972: 81-82).

Buraya kadar öncelikle üretim fonksiyonu kavramı üzerinde durulmuştur. Bu çerçevede teknik etkinlik ve dağıtım etkinliği, mikro ve makro üretim fonksiyonları ile kısa ve uzun dönemde üretim fonksiyonları irdelenmiştir. Daha sonra üretim setleri tanımlanmış ve üretim setlerine ilişkin özelliklerden bahsedilmiştir.

2.2. Üretim Fonksiyonu İle İlgili Kavramlar ve İkame Esnekliği

Bu bölümde üretim fonksiyonlarına ilişkin kavramlardan ve özellikle de ikame esnekliğinden bahsedilecektir. Üretim fonksiyonuna ilişkin kavramlar verilirken Neoklasik İktisat Teorisi’nin sunduğu metodoloji kullanılacaktır. Neoklasik bir üretim fonksiyonunu $F(K, L, A)$ şeklinde ifade edebiliriz. Üretim fonksiyonunda K , sermayeyi; L , emeği; A , teknolojiyi ifade etmektedir. Ancak bu çalışmada üretim fonksiyonuna ilişkin kavramları anlatırken $q = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ şeklindeki n faktörlü bir üretim fonksiyonundan yararlanarak kavramları sunmayı tercih ediyoruz. Bu durumun temel nedeni, çalışmanın ampirik kısmında sadece emek ve sermaye girdilerinden oluşan iki girdili üretim fonksiyonuna ek olarak enerji tüketim değerlerini de dikkate alan dört girdili bir üretim fonksiyonu da kullanılacaktır. Bu nedenle üretim fonksiyonunu genelleştirebilmek için n faktörlü bir üretim fonksiyonu tanımlanmıştır.

Herhangi bir üretim faktörünün (x_i) ortalama verimliliği, toplam ürünün kullanılan değişken girdi miktarına oranı olarak ifade edilebilir $\left[AP_i = \frac{q}{x_i}\right]$. Marjinal verimlilikler ise kullanılan diğer üretim faktörlerinin miktarları sabit iken faktörlerden birinin kullanılan miktarı değiştirildiğinde üretim miktarındaki değişimin, söz konusu üretim faktörünün miktarındaki değişmeye oranıdır. Marjinal verimlilikler, kullanılan girdi miktarı

arttırıldığında toplam üründe görülen artış ya da azalışı ölçmektedir. Geometrik açıdan bakıldığında, marjinal verimlilikler üretim fonksiyonunun eğimini temsil etmektedir (Doll ve Orazem, 2005: 55). Dolayısıyla bir üretim faktörünün marjinal verimliliği, üretim fonksiyonunun bu üretim faktörüne göre birinci dereceden kısmi türevidir.

$$MP_i = \frac{\partial q}{\partial x_i} \quad (2.2)$$

Bu durum, üretim fonksiyonunun (i) tek değerli ve sürekli olup üretim değerlerinin pozitif olduğu, (ii) birinci ve ikinci kısmi türevlerinin de sürekli olduğu ve (iii) üretim faktörlerinin sürekli değişkenler olduğu varsayımı altında geçerlidir (Ferguson, 1969: 68). Üretimin gerçekleştirildiği bölgede üretim faktörlerinin marjinal verimlilikleri pozitifdir.

Çıktı esnekliği⁵, kullanılan diğer üretim faktörlerinin miktarları sabit iken üretim faktörlerinden birindeki oransal değişimin üretimde meydana getirdiği oransal değişmeye oranı olarak tanımlanabilir. Hem marjinal verimlilikler hem de çıktı esnekliği üretim faktörlerinde meydana gelen değişmelerin çıktı üzerindeki etkisini göstermektedir. Fakat marjinal verimlilikler değişmeyi mutlak değerler olarak ifade ederken, çıktı esnekliği aynı değişmeyi nispi değerler olarak ifade etmektedirler. Bu nedenle çıktı esnekliği, üretim faktörünün ölçü biriminden bağımsız bir gösterge olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla çıktı esnekliği, üretim fonksiyonunun söz konusu üretim faktörüne göre kısmi esnekliği olarak ifade edilebilir (Ferguson, 1969: 76).

Buna göre , $q = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ üretim fonksiyonunun herhangi bir faktöre göre kısmi esnekliği denklem (2.3)'de verilmiştir:

$$\varepsilon_i = \frac{\partial q}{q} \div \frac{\partial x_i}{x_i} \quad (2.3)$$

⁵ Çıktı esnekliği, Cassels (1951) tarafından geliştirilmiş olup “çıktı esnekliği” (output elasticity) kavramı Ferguson (1969) tarafından kullanılmıştır. Frisch (1965) çıktı esnekliği için “marjinal esneklik” (marginal elasticity) kavramını kullanmıştır.

Yukarıdaki (2.3) numaralı denklemi aşağıdaki gibi yeniden düzenlersek:

$$\varepsilon_i = \frac{\partial q}{\partial x_i} \div \frac{q}{x_i} \quad (2.4)$$

çıktı esnekliğinin pay kısmı söz konusu üretim faktörünün marjinal verimliliğini $\left[MP_i = \frac{\partial q}{\partial x_i}\right]$, payda kısmı ise söz konusu üretim faktörünün ortalama verimliliğini $\left[AP_i = \frac{q}{x_i}\right]$ vermektedir. Bu durumda, çıktı esnekliği söz konusu üretim faktörü için marjinal verimliliğin, ortalama verimliliğe oranı $\left[\varepsilon_i = \frac{MP_i}{AP_i}\right]$ olarak ifade edilebilir. Buna göre, çıktı esnekliği 1'den büyük ise $MP_i > AP_i$; 1'den küçük ise $MP_i < AP_i$ ve 1'e eşit ise $MP_i = AP_i$ olacaktır. Diğer taraftan söz konusu üretim faktörünün çıktı esnekliğinin 1 olduğu nokta azalan verimlerin başladığı nokta olup, üretimde etkinliğin sağlanması için kullanılması gereken asgari üretim faktörü miktarını göstermektedir. Dolayısıyla üretim faktörü miktarı ve ürün fiyatları bilinmese dahi üretim faktörü kullanımının her zaman en az azalan verimlerin başlangıç noktasına götürülmesi gerekmektedir. Çünkü bu nokta üretimde etkinliğin başladığı noktadır. Bu noktadan itibaren üretim faktörü kullanımı arttıkça marjinal fiziksel ürün gittikçe azalacak ve azalan verimlerin son bulduğu noktada sıfır olacaktır. Bu nedenle kullanılan üretim faktörü için olması gereken çıktı esnekliği aralığı sıfırla bir arasındır. Çıktı esnekliğinin 1'den büyük olduğu durumda, üretim azalan verimler bölgesinde olmayacaktır. Dolayısıyla azalan verimler bölgesine gelinmesi ve üretimde etkinliğin sağlanabilmesi için söz konusu üretim faktörünün kullanımının arttırılması, marjinal verimlerin ve çıktı esnekliklerinin düşürülmesi gerekmektedir.

$q = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ şeklindeki bir üretim fonksiyonu için $f(\lambda x_1, \lambda x_2, \dots, \lambda x_n) = \lambda^r f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ eşitliği geçerli ise $q = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ üretim fonksiyonu r 'inci dereceden homojen bir fonksiyondur. Burada λ rastgele bir pozitif sabit ve r de fonksiyonun derecesidir (Allen, 1938: 316). Bir fonksiyonun ayrı ayrı bütün terimlerindeki değişkenlerin üslerinin toplamı eşit ise homojendir; eğer üslerin toplamı bire eşit ise fonksiyon birinci dereceden homojen olur. Homojen olmayan fonksiyonlar tipik olarak toplanan değişkenler içerirler; denklemin bir değişkenindeki üssü bir derece artarken, diğer değişkenin üssü başka bir derecede artar. O halde homojen olmayan üretim fonksiyonları bir ya da daha fazla çıktının bazı girdiler kullanılmaksızın üretildiği, hatta bazı çıktıların hiçbir girdi

kullanılmaksın üretildiği anlamına gelecektir. Bu durum iktisadi olarak tamamen anlamsızdır. Hatırlanacağı üzere üretim setlerine ait özelliklerden üçüncüsü *Bedavacılık Yoktur (No Free Lunch)* özelliğinde de ifade edildiği gibi herhangi bir girdi olmadığında herhangi bir şey üretmek mümkün değildir. Fakat homojen üretim fonksiyonlarının doğrusal olarak homojen olmalarının bir garantisi olmayacaktır. Dolayısıyla r 'nin değeri özgül bir homojen üretim fonksiyonundan elde edilen ölçeğe göre getiriyi tayin eder. $r = 1$ ise hasıla, faktör girdileri oranlarının doğrusal bir fonksiyonudur. $r > 1$ ise ölçeğe göre artan getiri, $r < 1$ ise ölçeğe göre azalan getiri söz konusudur (Blaug, 2014: 525-526).

Homojen fonksiyonları Euler teoremi ile göstermek mümkündür. Buna göre, $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ fonksiyonu r 'inci dereceden homojen bir fonksiyonu ise

$$rq = x_1 \frac{\partial q}{\partial x_1} + x_2 \frac{\partial q}{\partial x_2} + \dots + x_n \frac{\partial q}{\partial x_n} \quad (2.5)$$

eşitliği Euler Teoremi'ni göstermektedir.

Bazen bir üretim faktörü, çıktı seviyesini etkilemeksizin diğer üretim faktörünün yerini alabilir. Başka bir ifade ile dışbükey bir eşürün eğrisi üzerinde üretim seviyesi aynı iken bir üretim faktörü azaltılırken diğeri artırılabilir. Yani çıktı düzeyi sabitken üretim faktörlerinin oranları değişebilir. Üretim faktörlerinden birinin kullanılan miktarı bir birim arttırıldığında, aynı üretim düzeyinde kalmak için, diğer üretim faktörünün kullanılan miktarının ne kadar azaltılacağını gösteren oran bize “*marjinal teknik ikame oranını*” vermektedir. Dolayısıyla, i üretim faktörü için, j üretim faktörünün marjinal teknik ikame oranı ($MRTS_{ji}$), çıktı sabit bir düzeyde muhafaza edilecek şekilde, i üretim faktörünün kullanılan miktarı bir birim arttırıldığında, j üretim faktörünün kullanılan miktarının ne kadar azaltılacağını gösteren değerdir (Ferguson, 1969: 84).

$q = f(x_i, x_j)$ gibi bir üretim fonksiyonu tanımlarsak ve çıktının değişmediğini varsaydığımızda, üretim fonksiyonunun tam diferansiyeli aşağıdaki gibi olacaktır:

$$dq = f_i dx_i + f_j dx_j = 0 \quad (2.6)$$

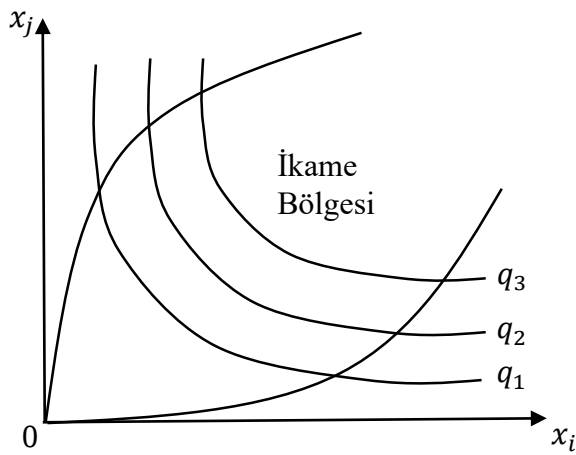
(2.6) numaradaki diferansiyel denklem, eş ürün eğrisinin eğimi olup aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\frac{dx_j}{dx_i} = -\frac{f_i}{f_j} \quad (2.7)$$

Bu sonuçları kullanırsak:

$$MRTS_{ji} = -\frac{dx_j}{dx_i} = \frac{f_i}{f_j} \quad (2.8)$$

(2.8) numaralı eşitlikteki marjinal teknik ikame oranını elde ederiz. Dolayısıyla, i için j 'nin marjinal teknik ikame oranı, j 'nin marjinal ürününün, i 'nin marjinal ürününe oranı olarak ifade edilebilir.



Şekil 2.7. İkame Bölgesi ve İkame Sınır Çizgileri

Bununla birlikte, eşürün eğrilerinin eğimlerinin negatif ve orijine göre dışbükey oldukları bölgeye ikame bölgesi (*substitution region*) denilmektedir. Eşürün eğrileri üzerinde üretim faktörlerinin sıfır marjinal verimlilik değerine sahip olduğu noktalar ikame sınır eğrilerini (*substitution ridge lines*) oluştururlar. Bu durum Şekil 2.7’de gösterilmekle beraber, üst ikame sınır çizgisi x_j ’nin marjinal verimliliğinin sıfıra, alt ikame sınır çizgisi ise x_i ’nin marjinal verimliliğinin sıfıra eşit olduğunu ima etmektedir. Üretim yöntemleri ancak sınır çizgileri içinde yer almaları durumunda teknik olarak etkindirler. Sınır çizgilerinin dışında faktörlerin marjinal verimlilikleri negatiftir ve bu durumda üretim yöntemleri belirli bir üretim düzeyine ulaşmak için her iki üretim faktöründen de daha fazla kullanmayı gerektirdiklerinden etkin değildirler. Bu gibi etkin olmayan durumlar üretimi gerçekleştirenlerin irrasyonel davrandıklarını gösterdiğinden üretim teorisinde dikkate alınmayacaktır. Dolayısıyla pozitif ancak azalan marjinal verimlilik koşulu, etkin üretim aralığını tanımlamaktadır (Koutsoyiannis, 1997: 85-86).

Azalan marjinal teknik ikame oranı matematiksel olarak eşürün eğrisinin birinci türevinin negatif, ikinci türevinin pozitif olması demektir. Dolayısı ile (2.7) numaralı eşitlikten eşürün eğrisinin ikinci türevini alırsak:

$$\frac{d^2 x_j}{dx_i^2} = \frac{d\left(-\frac{f_i}{f_j}\right)}{dx_i} = \frac{f_j \left(f_{ii} + f_{ij} \frac{dx_j}{dx_i}\right) - f_i \left(f_{ij} + f_{jj} \frac{dx_j}{dx_i}\right)}{f_j^2} \quad (2.9)$$

ve (2.7) numaralı denklemdeki verimlilikleri yerine koyarsak,

$$\frac{d^2 x_j}{dx_i^2} = -\frac{1}{f_j^3} (f_j^2 f_{ii} - 2f_i f_j f_{ij} + f_i^2 f_{jj}) \quad (2.10)$$

(2.10) numaralı denklemi elde ederiz. (2.10) numaralı denklemin sağ tarafı eğer pozitif ise eşürün eğrisi yukarıdan; negatif ise aşağıdan içbükeydir. Üretimin yapıldığı bölgede $f_i > 0$, $f_{ii} < 0$ ve $f_{ij} > 0$ olmalıdır. Dolayısıyla, eşürün eğrisinin ikinci türevi pozitif olmalıdır. Bu

bağlamda, ikame bölgesi boyunca azalan marjinal teknik ikame oranı geçerlidir (Ferguson, 1969: 88-89).

Marjinal teknik ikame oranı, girdiler arasındaki ikame edilebilirlik derecesinin bir ölçümü olmakla birlikte, girdilerin ölçüm birimlerine bağlı olduğu için sakıncalıdır. Bu sakınca görece daha iyi bir ölçüm olan ikame esnekliği kavramı ile giderilir. İkame esnekliği, girdilerin birbirine oranındaki nispi değişikliğin, marjinal teknik ikame oranındaki değişmeye olan duyarlılığıdır. İkame esnekliğinin, ikame edilebilirlik derecesinin bir ölçümü olarak marjinal teknik ikame oranından üstün olmasının nedeni, pay ve paydasının aynı ölçü birimi ile ifade edilmesi neticesinde girdilerin ölçüm birimlerinden bağımsız olmasıdır.

İkame esnekliği kavramını ilk defa 1932 yılında Hicks ortaya atmış ve kesin bir tanım vermemekle beraber, ikame esnekliğini, “değişen faktörün diğerleri ile ikamesindeki kolaylığın ölçüsü” olarak ifade etmiştir. İkame esnekliğinin daha açık bir tanımını Robinson yapmış ve ikame esnekliğini, faktör oranlarındaki oransal/yüzdesel değişimin, faktörlerin marjinal verimlilikleri oranlarındaki oransal/yüzdesel değişmeye oranı olarak ifade etmiştir (Ferguson, 1969: 90).

(2.8) numaralı eşitlikteki marjinal teknik ikame oranını yeniden ifade edersek ve s , marjinal teknik ikame oranını temsil ederse (2.11) numaralı eşitliği yazılabilir (Ferguson, 1969: 91-92):

$$s = -\frac{dx_j}{dx_i} = \frac{f_i}{f_j} \quad (2.11)$$

Aynı şekilde y 'nin, $\frac{x_j}{x_i}$ girdi oranını temsil ettiğini varsayalım. x_i için x_j 'nin ikame esnekliği (σ) (2.12) numaralı eşitlikteki gibi ifade edilebilir:

$$\sigma = \frac{dy}{y} \div \frac{ds}{s} \quad (2.12)$$

İkame esnekliğini, üretim fonksiyonunun kısmi türevleri yoluyla doğrudan yazabiliriz:

$$dy = \frac{x_i dx_j - x_j dx_i}{x_i^2} \quad (2.13)$$

$$ds = \frac{\partial s}{\partial x_i} dx_i + \frac{\partial s}{\partial x_j} dx_j \quad (2.14)$$

$$dx_j = -\frac{f_i}{f_j} dx_i = -s dx_i \quad (2.15)$$

Denklem (2.13) ve (2.14)'de dx_j 'yi yerine dahil edersek,

$$dy = -\frac{s x_i - x_j}{x_i^2} dx_i \quad (2.16)$$

$$ds = -\left(s \frac{\partial s}{\partial x_j} - \frac{\partial s}{\partial x_i}\right) dx_i \quad (2.17)$$

Ayrıca,

$$\frac{\partial s}{\partial x_j} = \frac{\partial(f_i/f_j)}{\partial x_j} = \frac{f_j f_{ij} - f_i f_{jj}}{f_j^2} \quad (2.18)$$

$$\frac{\partial s}{\partial x_i} = \frac{\partial(f_i/f_j)}{\partial x_i} = \frac{f_j f_{ii} - f_i f_{ji}}{f_j^2} \quad (2.19)$$

(2.12) numaralı eşitlikte, (2.16-2.19) arası denklemler yerine konulursa ve düzenlenirse, üretim fonksiyonuna doğrudan ikame esnekliği elde edilir:

$$\sigma = - \frac{f_i f_j (x_i f_i + x_j f_j)}{x_i x_j (f_{ii} f_j^2 - 2 f_{ij} f_i f_j + f_{jj} f_i^2)} \quad (2.20)$$

Bu formda herhangi bir simetri sorunu (*problem of symmetry*) olmadığı görülür. x_j için x_i 'nin ikame esnekliği, x_i için x_j 'nin ikame esnekliğinin aynısıdır.

İkame esnekliği için alternatif bir ek bilgi sunarsak, (2.12) numaralı ikame denkleminde, (2.16) ve (2.17) numaralı denklemleri yerine koyalım:

$$\sigma = \frac{x_i s + x_j}{s(\partial s / \partial x_j) - (\partial s / \partial x_i)} \quad (2.21)$$

elde edilir. Bir eşürün eğrisinin eğimindeki değişim, aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\frac{d^2 x_j}{dx_i^2} = - \frac{ds}{dx_i} = s \frac{\partial s}{\partial x_j} - \frac{\partial s}{\partial x_i} \quad (2.22)$$

Dolayısıyla ikame esnekliğini yeniden yazabiliriz:

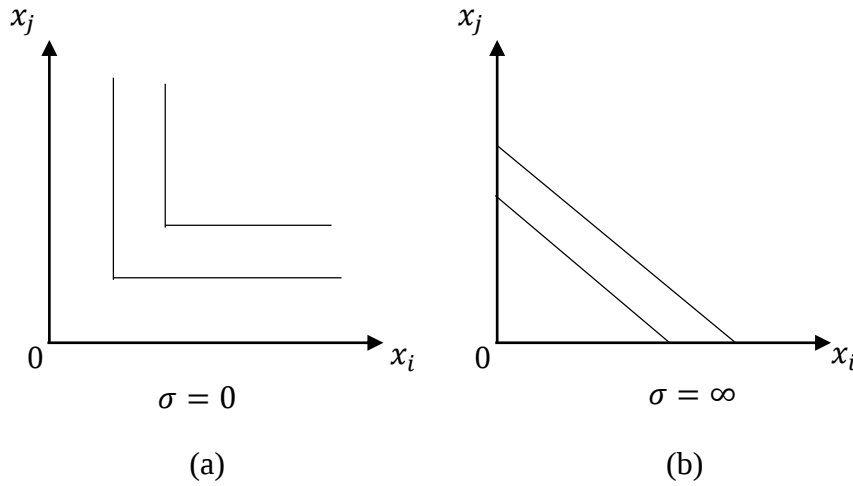
$$\sigma = \frac{s}{x_i x_j} \frac{x_i s + x_j}{(d^2 x_j / dx_i^2)} \quad (2.23)$$

s , x_i ve x_j pozitif olduğundan, ikame esnekliği eşürün eğrisinin eğimindeki değişimle ters orantılıdır. Ayrıca ikame bölgesinde $[d^2 x_j / dx_i^2 > 0]$ olduğundan, ikame esnekliği sıfır ile sonsuz arasında pozitif bir değer olacaktır.

Öte yandan ikame esnekliğini, mikro iktisat kitaplarındaki bilinen hali ile ikame esnekliği tanımından hareketle, denklem (2.24)'deki gibi de ifade edebiliriz. Buna göre pay kısmındaki ifade faktör oranlarındaki yüzde değişme, payda kısmındaki ifade ise marjinal teknik ikame oranındaki yüzde değişmedir. Denge noktasında marjinal teknik ikame oranı faktör fiyatları oranına eşit olacağından ikame esnekliğini denklem (2.25)'deki gibi ifade edebiliriz.

$$\sigma_{x_i, x_j} = \frac{\Delta(x_i/x_j) / (x_i/x_j)}{\Delta(MRTS) / (MRTS)} \quad (2.24)$$

$$\sigma_{x_i, x_j} = \frac{\Delta(x_i/x_j) / (x_i/x_j)}{\Delta(P_{x_j}/P_{x_i}) / (P_{x_j}/P_{x_i})} \quad (2.25)$$



Şekil 2.8. İkame Esnekliğinin Sıfır ve Sonsuz Olduğu Eş Ürün Eğrileri

İkame esnekliğinin sıfır olması üretim faktörleri arasında ikame imkânının olmadığını göstermektedir. Bu durumda, eş ürün eğrileri kenarları eksenlere paralel olan bir dik açığa sahiptir (Şekil 2.8a). İkame esnekliğinin sonsuz olması, üretim faktörlerinin birbirinin tam ikamesi olmasıdır. Bu durumda eş ürün eğrileri negatif eğimli ve doğrusal bir hal almaktadır (Şekil 2.8b).

İkame esnekliği sıfırsa, bu durum üretim fonksiyonunun tamamen sabit katsayılı olduğunu gösterir: İşçi başına, ne fazla ne eksik, tam olarak bir birim sermaye düşmektedir. Eğer bu durumda her işçiye ek bir sermaye verilse, ilave sermayenin marjinal verimliliği sıfır olur. Tam tersi durumda, mevcut sermayenin ihtiyaç duyduğu sayıdan bir fazla işçi verilirse, o işçiden alınan verimde sıfır olacaktır. Buna karşılık, ikame esnekliğinin sonsuz olması, sermaye ve emeğin marjinal verimliliğinin, sermaye ve emek miktarından tamamen bağımsız olduğu anlamına gelir. Sermaye ilave etmek suretiyle üretimin artırılabilirdiği tamamen robotlaşmış bir ekonomi bu duruma örnek oluşturabilir. Bu iki aşırı durum da gerçekte bir anlam ifade etmez. Emek ve sermaye arasındaki ikame esnekliği 1 'den düşük müdür yoksa yüksek midir, sorulması gereken asıl soru budur (Piketty, 2013: 232).

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. Eşitlik (2.25)'den hareketle, faktörlerden birinin fiyatı sabit tutulduğunda faktör fiyatları oranını %1 arttıracak şekilde diğer faktör fiyatında meydana gelen bir değişme, ikame esnekliği 1'den küçük olduğu durumda faktör oranlarında %1'den daha az bir artış yaratırken; ikame esnekliği 1'den büyük olduğunda faktör oranlarında %1'den daha fazla bir artış yaratacaktır. Buna göre, faktör fiyatlarındaki bir değişme ikame esnekliğinin 1'den küçük olduğu durumda, faktörler arasında kısıtlı bir ikame söz konusu iken, ikame esnekliğinin 1'den büyük olduğu durumda faktörler arasında güçlü bir ikame söz konusu olacaktır.

Örneğin, -ceteris paribus- x_i faktörünün fiyatı sabit iken faktör fiyatları oranının %1 arttıracak kadar x_j faktörünün fiyatının artması sonucunda, x_j faktörüne olan talep düşecek, görece olarak fiyatı ucuzlayan x_i faktörüne olan talep artacaktır. Fakat ikame esnekliği 1'den küçük ise x_i faktörüne olan talep artışı ve x_j faktörüne olan talep düşüşü ikame esnekliğinin 1'den büyük olduğu duruma göre daha az olacaktır. Dolayısıyla faktör oranlarındaki yüzde değişme daha az olacaktır. Böyle bir durumu, firma/sektör/bir ülke ekonomisi bağlamında düşünürsek, faktör fiyat değişimlerine karşı ikame esnekliğinin 1'den büyük olması görece olarak daha avantajlı bir durum olarak değerlendirilebilir.

Ayrıca üretim faktörlerinden birini sabit tutup ve diğerini arttırdığımızda, ikame esnekliği birden küçük ise sabit üretim faktörü giderek çıktı miktarını sınırlamaktadır. Değişen üretim

faktörü sabit üretim faktörü ile kolaylıkla ikame edilemediği için, hem bu faktörün marjinal katkısı sıfıra inmekte hem de çıktı artışı kısıtlanmaktadır. Fakat ikame esnekliği birden büyük ise faktörler birbiri yerine kolaylıkla ikame edilebildiği için, değişen faktörün marjinal ürünü belli bir değerin altına inmemekte ve bu nedenle çıktı kısıtlanmamaktadır (Akyüz, 2009: 369).

Arrow vd. (1961) üretim faktörlerinde emek ve sermayenin yer aldığını varsaydıkları çalışmalarında ikame esnekliğinin birden küçük olduğu durumla ilgili olarak, emeğin sabit bir miktarda sermaye ile tamamlanacağını böylece emeğin birim başına düşen çıktı miktarını da en üst seviyeye ulaştıracağını ifade etmişlerdir. Dolayısıyla, üretimde her iki faktöründe kullanımının önemli olduğu ve her iki faktörün birbirine bağımlı olduğu durumda ikame esnekliğinin sıfıra yakın bir değer alması önem arz etmektedir.

Benzer şekilde toplulaştırılmış bir üretim fonksiyonu bağlamında bir ülke ekonomisi için düşünüldüğünde ikame esnekliğinin önemi yine büyüktür. İlk olarak Solow (1956) büyüme sürecinde ikame esnekliğinin önemli bir rol oynadığını ifade etmiştir. Neoklasik Büyüme Modeli çerçevesinde, teknolojik değişimin olmaması durumunda uzun vadeli büyümenin sürdürülebilirliği, esas olarak ikame esnekliğinin birden büyük veya küçük olmasına bağlıdır (Antras, 2004: 1). Klump ve La Grandville (2000)'ye göre, ikame esnekliği birden büyük ise içsel büyümenin ortaya çıkması söz konusu olabilir. Yani emek üzerinde beşeri sermayenin önemli bir rolü olacaktır. Böylece yüksek bir ikame esnekliği yüksek uzun dönem büyüme oranlarına neden olabilir. Bu yüzden iki ülke eşit koşullarda başladığında ikame esnekliği yüksek olan ülkede kişi başına gelir artacaktır.

İkame esnekliği üzerine yapılan son dönem tartışmalarda Piketty (2013), çok uzun dönemde, emek ve sermaye arasındaki ikame esnekliğinin ileri ve sermaye kullanımı çeşitlenmiş bir ekonomide 1'den büyük olduğunu ileri sürmüştür. Hatta 21. Yüzyıl'da ikame esnekliğinin 1.3-1.6 aralığında olabileceğini tahmin etmiştir. Ancak teknolojik gelişmeler dikkate alındığında da bu tahminin değişebileceğini de belirtmiştir. Diğer taraftan tarıma dayalı, sermayenin esas olarak tarım arazisi biçimini aldığı geleneksel ekonomilerde ise Piketty (2013)'e göre durum tamamen farklıdır. Piketty'e göre, ikame esnekliği geleneksel toplumlarda 1'in biraz altında olmaktadır. Fakat Rowtorn (2014), Barbosa-Filho (2015) ve Semieniuk (2017) Piketty'nin sermaye-çıktı oranını yanlış ölçtüğünü, özellikle bu yanlışın

varlıkların piyasa değerindeki orantısız artışından kaynaklandığını ve bu nedenle de ikame esnekliği ile ilgili görüşlerine kuşku ile yaklaşılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Bu kısımda üretim fonksiyonlarına ait kavramlar tanıtılmıştır. Kavramlar çerçevesinde yazında yer alan başlıca üretim fonksiyonlarını da ele almak gerekmektedir. Çalışmanın bundan sonraki başlığında Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu geliştirilmeden önceki dönemde üretim, üretim faktörleri ve üretim fonksiyonları üzerine yapılan çalışmalar çerçevesinde üretim fonksiyonlarının gelişim tarihi anlatılacaktır.

2.3. Üretim Fonksiyonlarının Tarihçesi

Neoklasik iktisat geleneğinde, üretim fonksiyonları iktisadi analizin önemli bir aracı olarak sık sık kullanılmaktadır. Her ne kadar C. Cobb ve P. Douglas'ın 1928'de geliştirdikleri üretim fonksiyonu ilk üretim fonksiyonu formu olarak alınsa da, aslında üretim ve üretimle ilgili kavramlarla birlikte üretim fonksiyonlarının tarihi oldukça eskilere dayanmaktadır. Öyle ki bilimsel olarak iktisat yazını Adam Smith'in *Ulusların Zenginliği* kitabı ile başlamış olsa da üretim ve üretim fonksiyonlarına ilişkin birçok kavramla Adam Smith'den önce yaşayan iktisatçılar da ilgilenmişlerdir. Hatta çeşitli Roman ve Yunan yazarlar bile üretim ve dağılıma dikkat çekilmesini de içerecek biçimde, ekonomideki birçok konuyu ele almışlardır. Bunun yanı sıra, özellikle de Merkantilist ve Fizyokrat iktisatçılar da üretimle ilgili konular üzerinde durmuşlardır (Gordon ve Vaughan, 2011: 26).

Örneğin, Fransız Fizyokrat iktisatçı A. R. J. Turgot, 1767 yılında birinci dereceden pozitif kısmı türevleri, ikinci dereceden pozitif ve negatif kısmi türevleri ve pozitif çapraz kısmi türevleri içeren toplam ürün çizelgelerini tanımlamıştır (Humprey, 1997: 53). Turgot bu çizelgelerde, faktör oranlarındaki değişikliklerin marjinal verimlilikleri nasıl etkilediğini tartışmaktadır. Özellikle de tarımda meydana gelen azalan verimler kavramıyla ilgili ilk bulgular, hemen hemen eş zamanlı olarak Turgot, J. Steuart ve G. Montes'e kadar dayandığına inanılmaktadır. Bu üç iktisatçıdan Turgot'un ortaya attığı varsayımlar hem daha kapsamlı olmasından, hem de Ricardocu terminolojiyi kullanmasından ötürü daha dikkat çekici bulunmaktadır (Lloyd, 1969: 22). Turgot'a göre, sabit bir araziye değişken bir faktör sermayesinin uygulanması sonucunda, ard arda gelen her artış, sermayenin marjinal verimliliğinin artmasıyla çıktıyı arttıracaktır. Fakat sermayenin marjinal verimliliğinin artışı bir yerde maksimum olacak ve o noktadan sonra sıfır olana kadar sürekli düşecektir. Bu son

noktada, sermayenin marjinal verimlilikler toplamı olan sermayenin toplam ürünü en yüksek noktasına ulaşacaktır. Diğer taraftan, sermayeye ek olarak işgücünün bir girdi olduğunu fark eden Turgot, sermayeye yapılan her eklemenin sermayenin marjinal verimliliğini azaltırken, emeğin ve arazinin marjinal verimliliklerini arttırdığını ifade etmiştir (Humprey, 1997: 55).

Turgot'tan 30 yıl sonra P. T. Malthus, logaritmik bir üretim fonksiyonunu ima eden onun aritmetik ve geometrik oranlarını sunan ünlü varsayımında şunu ifade eder: “nüfus kontrol edilmediğinde geometrik bir oranda artarken, kaynaklar aritmetik bir oranda artmaktadır”. Bu ünlü varsayımının yanında Malthus kendisinin Geçimlik Ücret Kuramı’nı mantıklı kılmak için azalan getirili üretim fonksiyonunu kullanmıştır. Ona göre, nüfus arttıkça -yani işgücü arttıkça- azalan getiriler nedeniyle, ekstra işçiler emeğin marjinal verimliliğini düşürecek ve dolayısıyla ücretler, sadece biyolojik olarak var olmasını sağlaması amacıyla işçinin gereksinim duyduğu asgari düzeye düşecektir (Humprey, 1997: 57).

Malthus’la beraber aynı zamanlarda E. West’de emeğin ve sermayenin aynı anda arttırılmasının, tarımsal üretimi arttırdığını, fakat bu artışların azalan miktarlarda olduğunu keşfetmiştir (Gordon ve Vaughan, 2011: 26). West, homojen bir sermaye ve emeğin sabit bir oranla birleştirildiğini ve toprağa eşit bir miktarda uygulandığını düşünmekteydi. Üç üretim faktörüne –toprak, emek ve sermaye- yapılan atıflara rağmen argümanı iki faktörlü bir model üzerine geliştirilmişti. Dahası sermaye ve emeğin azaldığını söylediği ürün marjinal ürün değil, her zaman ortalama üründür⁶ (Blaug, 2014: 94).

D. Ricardo 1817 yılında yayınladığı *Siyasal İktisadın ve Vergilendirmenin İlkeleri* isimli kitabında, arazi kıtlığının nihayetinde büyümeyi durduracağını öngörmek için Malthus’un geliştirdiği Geçimlik Ücret Kuramı’nı kendi özel üretim fonksiyonu ile birleştirmiştir. Ricardo kendi üretim fonksiyonunu oluştururken emeğin ve sermayenin sabit oranlarda birleştiğini varsaymıştır. Çünkü Ricardo’ya göre, her işçi kendisine ait bir kürek ile işe gelmektedir. Bu nedenle, her işçi kendisine ait sermaye ile donatılmıştır. Diğer taraftan Ricardo, ard arda arttırılan sermayenin getirisinin giderek düşeceğinin –yani azalan verimlerin- de farkındaydı (Ricardo, 2008: 56). Ricardo tarımda azalan verimlerin daha güçlü olduğuna inanıyordu. Ona göre imalat sanayinde teknolojik ilerleme ve emeğin bölünmesi sonucu uzmanlaşması, artan verimleri etkilemektedir. Tarım sektörüne

⁶ Marjinal ürün ile ortalama ürün arasındaki söz konusu bu karışıklık aslında çok da önemli bir sorun değildir. Çünkü azalan verimlerin geçerli olduğu bölgede hem marjinal ürün hem de ortalama ürün zaten azalmaktadır.

yoğunlaştığı için de üretim fonksiyonunda teknolojik ilerlemeyi temsil eden değişkeni ihmal etmiştir. Aynı şekilde araziye de sabit bir değişken olduğu için ihmal etmiştir. Böylece toplulaştırılmış bir üretim fonksiyonu elde etmiş ve tüm ekonomiyi tek bir çiftlik olarak algılamıştır (Humprey, 1997: 57). Ricardo, azalan verimlere tabi sabit bir toprak arzına homojen miktarlarda “sermaye-emek” uygulayarak bütün ekonominin buğday üreten dev bir çiftlikten ibaret olduğunu varsaymıştır. Ricardo’ya göre rantın büyüklüğü sadece ortalama ve marjinal ürün arasındaki fark, yani azalan verimleri yaratan güçlerin kuvveti tarafından belirlenmektedir (Blaug, 2014: 105).

Johann Von Thünen, değişken oranlı üretim fonksiyonunu geliştiren, sermaye-emek oranının değişmesine izin veren, iki üretim faktörlü üretim fonksiyonuna azalan verimleri dahil eden ilk kişidir (Gordon ve Vaughan, 2011: 26). Bu nedenle Von Thünen marjinal analizin kurucusu olarak kabul edilebilir (Humprey, 1997: 61; Gordon ve Vaughan, 2011: 26; Blaug, 1985: 384). Von Thünen üstsel üretim fonksiyonunu örtük olarak formüle eden ilk ekonomisttir. Onun sunduğu üstsel üretim fonksiyonun genelleştirilmiş hali Lloyd (1969)’da (2.26) numaralı eşitlikteki gibi sunulmuştur.

$$y = A(1 - e^{-k_1x_1})(1 - e^{-k_2x_2}) \dots (1 - e^{-k_nx_n}) \quad (2.26)$$

Yukarıdaki denklemde, y ; çıktı miktarını, x ; üretim faktörlerini, k ; ise parametreleri göstermektedir. Lloyd (1969), Von Thünen’in üstsel üretim fonksiyonlarının ve bunların türetilmesinin tam bir hesabını yapmaktadır. *Yalıtılmış Devlet (The Isolated State)* isimli yapıtında Von Thünen kendi cebirsel üretim fonksiyonunu ise (2.27) numaralı eşitlikteki gibi ifade etmiştir.

$$p = hq^n \quad (2.27)$$

Buna göre, p ; işçi başına çıktı (Q/L), q ; işçi başına sermaye (K/L), h ; toprağın verimliliğini ve emeğin etkinliğini temsil eden parametre, n ; 0 ile 1 arasında değer alan bir diğer parametredir. Von Thünen’in yukarıdaki fonksiyonunun her iki tarafını (2.28) numaralı eşitlikteki gibi L –yani emek- ile çarparsak (2.29) numaralı eşitliği elde ederiz.

$$Lp = Lhq^n \quad (2.28)$$

$$p = hK^n L^{1-n} \quad (2.29)$$

Böylece Von Thünen'in üretim fonksiyonu Cobb-Douglas⁷ üretim fonksiyonuna dönüşür. Her ne kadar 1928'de geliştirilen Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ilgili yazında öncü olarak kabul edilse de, 1840'ların sonunda Von Thünen'in sunduğu bu fonksiyonel forma kadar geri gitmek daha doğru olacaktır (Mishra, 2007: 2).

Von Thünen, sabit faktör oranlarını varsayan Ricardo'nun aksine, emeğin ve sermayenin birbiri yerine geçtiğini ve değişken oranlarda birleştirilebileceğini vurgulamıştır. Ayrıca, marjinal verimliliklerin, faktör fiyatları oranına eşit olana kadar faktör istihdamının yapılması gerektiğini vurgulamıştır (Humprey, 1997: 61). Diğer taraftan Von Thünen marjinal verimlilikleri üretim fonksiyonlarının kısmı türevleri olarak yorumlayan ilk kişidir (Mishra, 2007: 2). Ayrıca sabit ve değişken faktörler ile bir faktörün ortalama ve marjinal verimlilikleri arasındaki ayrımı kesin bir şekilde kavramasının yanı sıra sermaye, emek ve toprak girdilerini tamamen homojen birimlerle tanımlamaya büyük özen göstermiş, bu koşulun pratikte nadiren sağlanabildiğini ifade etmiştir (Blaug, 2014: 387).

Tüm bu orijinalliğine rağmen Von Thünen'in üretim üzerine görüşleri, fazla teorik ve matematiksel olması ve Alman Tarihçi Okulu'nun kuramsal önyargısına ters düşmesi nedeniyle çağdaşları tarafından göz ardı edilmesine neden olmuştur. Fakat Alfred Marshall, Von Thünen'in söz konusu görüşlerinden büyük oranda etkilenmiştir (Humprey, 1997: 65).

Marshall'ın geliştirdiği üretim fonksiyonu, Neoklasik Büyüme Modeli'nin oldukça iyi bir prototipidir⁸. Marshall, üretim fonksiyonunda dört faktörün bir fonksiyonu olarak toplam yıllık çıktıyı veya gerçek ulusal ürünü, yani P 'yi ifade eder.

⁷ 2.4.1. başlıklı kısımda Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ayrıntılı olarak incelenmiştir.

⁸ Neoklasik Büyüme Modeli'nin öncüllerinin genellikle J. Tinbergen ve R. Solow olduğu kabul edilmektedir. Fakat, A. Marshall onlardan en az 60 yıl önce –her ne kadar kaba taslak olsa da- toplulaştırılmış bir üretim fonksiyonu geliştirmiştir.

$$P = f(L, E, C, A, F) \quad (2.30)$$

(2.30) numaralı fonksiyonda sırasıyla, L ; E ; çalışan nüfus (E) ile ortalama verimliliğin (L) çarpımını yani toplam verimliliği ifade etmektedir. C ; kümülatif sermaye stokunu, A ; teknoloji seviyesini ve F ; Marshall'ın bir sabit olarak kabul ettiği toprağın verimliliğini ifade etmektedir. Birlikte ele alındığında, Marshall'ın fonksiyonunda yer alan faktörlerin büyüme oranları, toplam çıktı büyüme oranını belirlemektedir. Bununla birlikte Marshall kurduğu modeli, toplulaştırılmış büyümeden, bireysel optimizasyon ve tahsise doğru kaydırmıştır (Humprey, 1997: 65). Bu nedenle 1890'lı yılların iktisat yazınında giderek artan bir sıklıkla kullanılan üretim fonksiyonları makro değil, mikro üretim fonksiyonları olmuştur. Bu noktada yolu açanlar, 1870'li yılların başında W.S. Jevons, C. Menger ve L. Walras gibi I. Kuşak Marjinalistlerin tüketicinin fayda fonksiyonuna kısıtlı optimizasyon hesabı uyguladıkları Marjinal Devrimdir. J. B. Clark, K. Wicksell ve P. H. Wicksteed gibi II. Kuşak Marjinalistler aynı optimizasyon tekniklerinin bir firmanın üretim fonksiyonuna kârı maksimize etmek için uygulanabileceğini keşfetmişler ve böylece de Von Thünen'in marjinal verimlilik üzerine görüşleri yeniden gündeme getirmişlerdir.

Bu bağlamda L. Walras'ın katkıları da önemlidir. 1877'de, L. Walras'ın faktör kiralama işleminin düşük maliyet koşullarını matematiksel olarak formüle edilmesi konusunda Herman Amstein'den yardım istemiştir. Amstein, Walras'a gönderdiği cevabında marjinal verimliliği matematiksel formda incelemiş ve Walras'a kısıtlanmış bir üretim fonksiyonunun maliyet minimizasyonu için kısmi türev ve Lagrange Çarpanı ile tamamlanmış bir analiz ile yanıtını sunmuştur. Buna göre Amstein, rekabetçi bir firmanın kısıtlı maliyet fonksiyonundan en uygun faktör kiralama koşullarını türetmiş ve üretim fonksiyonunun bir kısıt olarak girildiği bir maliyet minimizasyonu problemini çözmüştür. Amstein, Lagrange Çarpanı tekniğini üretim fonksiyonlarında ilk kullanan kişi olduğu için, üretim fonksiyonları tarihinde önemli kabul edilebilir⁹ (Humprey, 1997: 66-68).

⁹ Amstein'in bu katkıları Amstein'in ekonomist olmamasından dolayı ve Walras tarafından dikkate alınmadığı için 1964 yılında Lozan Arşivleri'nde William Jaffe tarafından keşfedilene kadar fark edilmedi. 1920'li yıllara kadar da üretim fonksiyonlarında Lagrange Çarpanı yöntemi kullanılmadı. Diğer taraftan, üretim fonksiyonlarında olmasa da iktisat yazınında Lagrange yöntemini kullanan ilk iktisatçı F. Y. Edgeworth'dür. 1881 yılında yayınladığı *Mathematical Psychics* başlıklı eserinde, diğer tüccarın fayda oranının sabit kaldığı

I. Kuşak Marjinalistlere göre, II. Kuşak Marjinalistler üretim fonksiyonlarına daha fazla yoğunlaşmışlardır. Bu isimlerin en önemlilerinden birisi olan Wicksteed'dir. 1894 yılında yayınladığı, *Bölüşüm Yasalarının Eşgüdümü Hakkında Deneme (Essay on the Coordination of the Laws of Distribution)* başlıklı eserinde, -tam rekabetin ve ölçeğe göre sabit getirinin olduğu, doğrusal olarak homojen üretim fonksiyonları varsayımı altında- bütün faktörlerin marjinal verimliliklerine göre ödüllendirildiklerinde toplam ürünün tamamı ile tüketileceğini ispat etmeye çalışmıştır. A. W. Flux, Wicksteed'den kısa bir süre sonra bu önermenin ispatını sunmuştur.

Wicksteed'e göre, üretim fonksiyonu $P = f(L, C, \dots)$ doğrusal homojen olduğu durumda, aşağıdaki gibi yazılabilir (Humprey, 1997: 71-72):

$$P = \left(\frac{\partial f}{\partial L}\right)L + \left(\frac{\partial f}{\partial C}\right)C + \dots, \quad (2.31)$$

Sağ taraftaki terimler marjinal ürün tarafından belirlenen faktör gelirleridir. Wicksteed tüm üretim faktörlerinin marjinal verimliliklere bağlı olarak ücretlendirilmesi durumunda tüm ürünün tüketilmiş olacağını ifade etmektedir. Söz konusu önermesini ispat etmek için Wicksteed öncelikle, toprağın dönümü başına emeğin $\left(\frac{L}{T}\right)$ artan bir fonksiyonu olarak, dönüm başına çıktıyı $\left(\frac{P}{T}\right)$ ifade etmiştir. Bu durumdan,

$$\frac{P}{T} = f\left(\frac{L}{T}\right) \quad (2.32)$$

ya da

şarta göre her tüccarın fayda oranını maksimize ettiği Pareto etkinliğinin sözleşme eğrisini türetmek için Lagrange Çarpanı yöntemini kullanmıştır (Creedy, 1980: 371).

$$P = Tf\left(\frac{L}{T}\right) \quad (2.33)$$

elde edilir. İkinci olarak, her birim emek (L) ücretini marjinal ürün olarak $\left(\frac{\partial P}{\partial L}\right)$ aldıktan sonra, geriye kalan toplam ürün kalıntısı toprağın kirasını¹⁰ (R) ifade etmektedir.

$$R = P - \left(\frac{\partial P}{\partial L}\right)L \quad (2.34)$$

$$R = Tf\left(\frac{L}{T}\right) - T\left[\frac{\partial f\left(\frac{L}{T}\right)}{\partial L}\right]L \quad (2.35)$$

$$R = Tf\left(\frac{L}{T}\right) - T\left\{f'\left(\frac{L}{T}\right)\left[\frac{\partial f\left(\frac{L}{T}\right)}{\partial L}\right]\right\}L \quad (2.36)$$

$$R = Tf\left(\frac{L}{T}\right) - T\left[f'\left(\frac{L}{T}\right)\left(\frac{1}{T}\right)\right]L \quad (2.37)$$

$$R = Tf\left(\frac{L}{T}\right) - f'\left(\frac{L}{T}\right)L \quad (2.38)$$

Üçüncü olarak, Wicksteed toprağın marjinal verimliliğini kısmi türevini alarak tanımladı ve bunu toprağın kirasına gittiğini ifade etti:

¹⁰ Toprağın kirası olarak verilen değer aslında Ricardocu kalıntıya (Ricardian residual) eşittir.

$$\frac{\partial P}{\partial T} = \frac{\partial \left[T f \left(\frac{L}{T} \right) \right]}{\partial T} \quad (2.39)$$

(2.39) numaralı eşitlik kullanılan son dönümün marjinal verimliliğini ifade etmektedir ve onu kullanılan ekili arazi sayısı (T) ile çarparsak:

$$\left[f \left(\frac{L}{T} \right) + T f' \left(\frac{L}{T} \right) \left(\frac{-L}{T^2} \right) \right] T \quad (2.40)$$

ve (2.40) numaralı denklemi düzenlersek,

$$T f \left(\frac{L}{T} \right) - L f' \left(\frac{L}{T} \right) \quad (2.41)$$

(2.41) numaralı denklem tam olarak kalan kira artığı ile aynı olur. Bu durum Ricardocu kalıntının marjinal ürün olarak toprağın kirasına eşit olduğunun kanıtıdır.

Dördüncü olarak, emeğe karşılık gelen marjinal verimlilik ödemesine (2.42) numaralı denklemde yer alan toprağın marjinal ürününü dahil ederek hesaplayacak olursak,

$$L f' \left(\frac{L}{T} \right) + T f \left(\frac{L}{T} \right) - L f' \left(\frac{L}{T} \right) \quad (2.42)$$

ve düzenlersek,

$$T f \left(\frac{L}{T} \right) \quad (2.43)$$

kalır ki bu da toplam ürüne (P) eşittir. Bu her iki faktöre marjinal ürün kadar ödeme yapıldığında ürün tükenmesinin tamamen gerçekleşeceğinin kanıtıdır¹¹.

Wicksteed ürünün tüketilmesi teoremini keşfettiğinde bunun genel anlamda geçerli olduğunu ileri sürmüştür. Wicksteed'e göre, bu teorem aslında "bir bölüşüm yasası değil, Robinson Crusoe'nun adasında da, geleneklerle yönetilen bir Kızılderili köyünde de, tipik modern sanayinin en rekabetçi merkezlerinde de aynı şekilde geçerli olan, analitik ve bileşimsel bir kompozisyon yasasıdır". Fakat Knut Wicksell ürünün tamamen tüketilmesinin bütün koşullar altında geçerli olduğu görüşünün iyi tanımlanmamış olduğunu ifade etmiştir. Ürünün tamamen tüketilmesi, üretim fonksiyonunun doğrusal olarak homojen bir fonksiyona teğet hale geldiği noktaya karşılık gelen bir denge koşuludur. Wicksell'e göre piyasa mekanizması uzun dönemde bu koşulu otomatik olarak ortaya çıkartacaktır. Eğer faktör satın alan biri¹², satın aldığı bütün karar birimlerine marjinal ürünleri kadar ödeme yaparsa, kendi üretken hizmetlerinin marjinal ürünü üzerinden bir artık elde eder. Bu durumda satın alınan karar birimlerinin kendilerinin satın alan konumuna geçmelerini teşvik eder ve bu da artığı ortadan kaldırır. Diğer taraftan artığın negatif olduğu durumda satın alan kişi, arta kalan gelirin sahibi olmaktan çıkar ve kendi hizmetlerini marjinal ürünü kadar bir değere başkalarına satmaya karar verir. Bahsedilen sürecin sonunda, tam rekabet koşulları altında ve faktörlerin serbestçe alınıp satılabildiği bir ortamda firmaların uzun dönem ortalama maliyet eğrilerinin en düşük noktasında, doğrusal olarak homojen bir üretim fonksiyonuyla sonuçlanabilecek bir kaynak bileşimiyle ve bunların geçerli olduğu hasıla düzeylerinde faaliyette bulunma eğilimi göstereceklerdir¹³ (Blaug, 2014: 540-542).

Wicksell, Thünen'in ortaya attığı örtük Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu kesin ve nihai hale getiren kişiydi. Wicksell bunu Cobb-Douglas'tan 27 yıl önce gerçekleştirdi. Wicksell, 1896 yılında *Finanztheoretische Untersuchungen*'de fonksiyonun işçi başına versiyonunu sundu. Kendisinin fonksiyonu (Humprey, 1997: 75-77):

¹¹ Ürünün tükenmesi problemini Euler'in homojen fonksiyonlarla ilgili matematik teoremi ile açık bir şekilde ilişkilendiren Wicksteed değil, Flux olmuştur.

¹² Satın alan kişi, aslında bir girişimcidir. Fakat Wicksell girişimciliğin kendisinin bir üretim faktörü olmadığını varsaymıştır; girişimcinin işlevi herhangi bir faktör tarafından, diyelim ki maaşlı bir yönetici tarafından da üstlenilebilir.

¹³ Aslında tam rekabet varsayımı üretimin ölçeğe göre sabit getiri ile gerçekleştirilmesi anlamına gelir ki, zaten ölçeğe göre sabit getirinin olmadığı durumda tam rekabet varsayımından bahsedilemez.

$$p = ch^m t^k b^v \quad (2.44)$$

şeklinde ifade edilebilir. p , işçi başına çıktıyı; c , bir sabit; h , toprak-işçi oranını; t ve b sırasıyla işçi ve toprak yatırım sürelerinin uzunluğunu ifade ederken, m , k ve v fraksiyonlardır. Her iki tarafı emek (L) ile çarparsak;

$$pL = P = cL \left(\frac{T}{L}\right)^m t^k b^v = cL^{1-m} T^m t^k b^v \quad (2.45)$$

yukarıdaki fonksiyon elde edilir ve bu fonksiyon işçi ve toprak da Cobb-Douglas'a uyar. Fakat yatırım sürelerinin uzunluğunda Cobb-Douglas'a uymaz. Ayrıca bu süreler işçi ve toprağa paralel olarak faktör girdileri olarak tanımlanamaz. Bu nedenle mantıksal olarak zaten modelde olmamalıdır.

Dört yıl sonra 1900'de yayınlanan *Ekonomisk Tidskrift*'de “*Marginal Productivity as the Basis for Distribution in Economics*” başlıklı çalışmasında fonksiyonun tam bir kopyasını sunmuştur. Wicksell, işgücü ve toprak için, Wicksteed'in ürün tükenme formülünün genel çözüme sahip olan kısmi bir diferansiyel denklemi olduğunu ifade eder.

$$P = \left(\frac{\partial P}{\partial L}\right) L + \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right) T \quad (2.46)$$

$$P = Lf\left(\frac{T}{L}\right) \quad (2.47)$$

Daha sonra, Cobb-Douglas fonksiyonunun benzerini elde etti:

$$P = L^{\alpha} T^{\beta} \quad (2.48)$$

Bu fonksiyonda α ve β üslerinin toplamı 1'e eşittir.

Wicksell'in 1901'de yayınladığı *Lectures on Political Economy*'nin birinci cildinde Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu yeniden yazmıştır. Burada α ve β 'nin toplamlarının 1'den fazla ya da az olduğu durumda sırasıyla ürünün aşırı veya az tükeneceğini de eklemiştir.

1902'de David Davidson ile emeğin, sermayenin ve toprağın ayrı ayrı marjinal ürünlerinin toplamının, onların birlikte marjinal ürünlerinin toplamına eşit olduğunu, ölçeğe göre sabit getirilerle ispatlamak için Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu kullandı. Sonrasında, onun 1916 yılında yayınlanan "*The 'Critical Point' in the Law of Decreasing Agricultural Productivity*" başlıklı eserinde, Cobb-Douglas fonksiyonunu azalan getirilerle ölçeğe göre sabit getirileri dengelemek için kullanmıştır (Humprey, 1997: 76-77):

$$P = L^{\alpha} T^{\beta} C^{\gamma} \quad (2.49)$$

Tüm girdiler %10 arttırıldığında ölçeğe göre sabit getiriler altında üretim de %10 artacaktır:

$$10(\alpha + \beta + \gamma) = 10(1) = \%10 \quad (2.50)$$

Toprak sabit iken işgücü ve sermaye %10 arttırıldığında üretim %10'dan daha az artacaktır. Bu durum ölçeğe göre azalan getirilerdir.

$$10(\alpha + \gamma) < \%10 \quad (2.51)$$

Bu durumda emek ve sermayenin ortalama ürünü azalacaktır. Çünkü sabit bir toprak için işgücü ve sermayenin %10 artması, işgücü ve sermayenin başına düşen ürün miktarını azaltacaktır.

Son olarak, 1923 yılında Gustaf Akerman'ın doktora tezi olan *Realkapital und Kapitalzins*'in incelemesinde Wicksell, Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu şu şekilde yazmıştır:

$$P = cL^{\alpha}C^{\beta} \quad (2.52)$$

$\alpha + \beta = 1$ 'dir.

Ancak Wicksell'in bu çalışması herhangi bir akademik dergide basılmamış ve böylece Wicksell'in üretim fonksiyonu, 1928 yılında Cobb ve Douglas tarafından yeniden keşfedildiği için genel kabul görmemiştir (Narin, 2011: 374).

Turgot, Thünen ve Wicksell'in çalışmaları Paul Douglas tarafından belki bilinmeyebilir, ancak ilginç olan taraf Cobb ile karşılaşmadan önce 1926 yılında Douglas'ın araştırma asistanı Sidney Wilcox'un $\left[Q = (L^2 + K^2)^{\frac{1}{2\epsilon}} L^k K^h\right]$ biçiminde bir üretim fonksiyonu formüle etmiş olmasıdır. Bu fonksiyonda yer alan üslerin toplamı bire eşittir ($\epsilon + k + h = 1$). Wilcox'un üretim fonksiyonundaki $\epsilon = 0$ olduğunda, bu fonksiyon Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun özel bir durumunu göstermektedir. Wilcox'un üretim fonksiyonu Douglas tarafından belki de önemsenmemiş ve daha sonra keşfedilene kadar bilinmezlik içinde kalmıştır. Benzer şekilde günümüzde Leontief üretim fonksiyonu olarak da bilinen üretim fonksiyonu da Jevons, Menger ve Leon Walras tarafından formüle edilmiştir. Walras'ın genel denge modelinde girdi-çıktı oranları sabittir ve girdiler arasında ikame bulunmamaktadır (Narin, 2011: 375).

2.4. Başlıca Üretim Fonksiyonları

İktisat yazınında genellikle ikame esnekliği kriterleri çerçevesinde beş farklı üretim fonksiyonu bilinmektedir. Bunlardan birincisi, 1928 yılında iki Amerikalı iktisatçı olan

Cobb ve Douglas tarafından geliştirilen ve ikame esnekliğinin daima bire eşit olduğu *Cobb-Douglas üretim fonksiyonu*'dur. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda girdiler arasındaki ikame sınırlıdır. İkincisi, *Doğrusal üretim fonksiyonu* olup, bu üretim fonksiyonunun en önemli özelliği girdiler arasındaki ikamenin sınırlı değil tam olmasıdır. Yani girdiler birbirinin tam ikamesi iken, ikame esnekliği de sonsuzdur. Üçüncüsü, 1951 yılında Leontief tarafından geliştirilen *Sabit Katsayılı (Leontief) üretim fonksiyonudur*. Leontief üretim fonksiyonunda girdiler arasındaki ikame yoktur ve ikame esnekliği sıfıra eşittir. Dördüncüsü, 1961 yılında Stanford Grubu çerçevesinde yer alan Amerikalı iktisatçılar Arrow-Chenery-Minhas-Solow tarafından geliştirilen *Sabit İkame Esneklikli* ya da kısaca *CES (Constant Elasticity of Substitution) üretim fonksiyonudur*. CES üretim fonksiyonunun en önemli özelliği, ikame esnekliğinin her bir üretim düzeyi için sabit yani bir değerinden farklı değer almasına olanak sağlamasıdır. Bu çerçevede değerlendirildiğinde ilk üç üretim fonksiyonu CES üretim fonksiyonunun özel bir durumu olarak karşımıza çıkmaktadır. Beşinci üretim fonksiyonu 1971 yılında Revankar tarafından geliştirilen *Değişken İkame Esneklikli* ya da kısaca *VES (Variable Elasticity of Substitution) üretim fonksiyonudur*. VES üretim fonksiyonunun en önemli özelliği, ikame esnekliğinin her bir üretim düzeyi için – üretim seviyesine ve girdi kullanım oranlarına bağlı olarak- değişken olmasıdır. Dolayısıyla eşürün eğrileri üzerindeki her bir noktada ikame esnekliği farklı olmaktadır.

Son olarak, Christensen, Jorgensen ve Lau (1973) tarafından geliştirilen *Translog üretim fonksiyonudur*. Translog üretim fonksiyonu, farklı üretim düzeylerinde ve farklı zamanlarda birbirinden farklı ikame esnekliği katsayısı hesaplamaya imkan sağlamaktadır.

2.4.1. Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu

Paul Douglas, Charles W. Cobb'dan 1889-1922 dönemi için ABD imalat sanayine ait toplam sermaye stoku, işgücü ve fiziksel üretim verileri arasındaki ilişkiyi anlatan bir denklem önermesini istedi. Söz konusu istek ünlü Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun ortaya çıkmasını sağladı (Mishra, 2007: 2).

Cobb ve Douglas tarafından önerilen üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir¹⁴:

¹⁴ Cobb ve Douglas (1928)'ın önerdikleri üretim fonksiyonunun orijinali şu şekildedir: $P = bL^kC^{1-k}$. Dikkat edilirse üslerin toplamının bir olması kısıtı vardır. Fakat bu kısıtın kullanılması zorunlu değildir. Bu nedenle Cobb-Douglas üretim fonksiyonu anlatılırken bu kısıt ortadan kaldırmak daha faydalı olacaktır. Ayrıca söz

$$Q = AK^\alpha L^\beta \quad (2.53)$$

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. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu orijine göre dışbükey olup, bu herhangi bir Q_0 üretim düzeyinde yer alan eş ürün eğrisi denkleminde gösterebiliriz:

$$K = \left(\frac{Q_0}{A}\right)^{\frac{1}{\alpha}} L^{-\frac{\beta}{\alpha}} \quad (2.54)$$

Yukarıdaki denklemde, sermayenin emeğe göre birinci ve ikinci dereceden türevlerini aldığımızda:

$$\frac{\partial K}{\partial L} = -\frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{Q_0}{A}\right)^{\frac{1}{\alpha}} L^{-\frac{\beta}{\alpha}-1} < 0 \quad (2.55)$$

$$\frac{\partial^2 K}{\partial L^2} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{\beta}{\alpha} + 1\right) \left(\frac{Q_0}{A}\right)^{\frac{1}{\alpha}} L^{-\frac{\beta}{\alpha}-2} > 0 \quad (2.56)$$

ve A , α ve β pozitiftir. Dolayısıyla Q_0 ve L' de pozitif olacağı için Q_0 üretim düzeyine ait eş ürün eğrisi orijine göre dış bükey olacaktır.

konusu kısıt nedeniyle Cobb ve Douglas (1928)'ın geliştirdikleri fonksiyon birinci dereceden homojen bir fonksiyon olup, Cobb ve Douglas (1928) söz konusu durumun emek, sermaye ve çıktı için kendilerinden önce J. B. Clark, Wicksteed vd. tarafından bahsedildiğini ifade ettiler.

- *Marjinal verimlilikler*

Bir üretim fonksiyonunda üretim faktörlerinin marjinal verimlilikleri üretim fonksiyonunun faktörlere göre kısmi türevidir. Dolayısıyla Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda sermaye ve emeğin marjinal verimlilikleri sırasıyla (2.57) ve (2.58) numaralı eşitliklerdeki gibi olacaktır.

$$\frac{\partial Q}{\partial K} = \alpha AK^{\alpha-1}L^{\beta} = \frac{\alpha AK^{\alpha}L^{\beta}}{K} = \alpha \frac{Q}{K} \quad (2.57)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial L} = \beta AK^{\alpha}L^{\beta-1} = \frac{\beta AK^{\alpha}L^{\beta}}{L} = \beta \frac{Q}{L} \quad (2.58)$$

α ve β pozitif olacağı için faktörlerin marjinal verimlilikleri de pozitif olacaktır. Dikkat edilirse, üretim faktörlerinin kullanım miktarları arttığında diğer değişkenler sabit iken marjinal verimlilikler azalmaktadır. Bu durum bize azalan verimleri vermektedir.

- *Hızlandıran katsayıları*

Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun ikinci dereceden kısmi türevlerini alarak hızlandıran katsayılarına ulaşmak mümkündür. Buna göre sermayenin ve emeğin doğrudan hızlandıran katsayıları (2.59) ve (2.60) numaralı eşitliklerde sunulmuştur:

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial K^2} = \alpha(\alpha - 1)AK^{\alpha-2}L^{\beta} = \frac{\alpha(\alpha - 1)AK^{\alpha}L^{\beta}}{K^2} = \alpha(\alpha - 1) \frac{Q}{K^2} \quad (2.59)$$

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial L^2} = \beta(\beta - 1)AK^{\alpha}L^{\beta-2} = \frac{\beta(\beta - 1)AK^{\alpha}L^{\beta}}{L^2} = \beta(\beta - 1) \frac{Q}{L^2} \quad (2.60)$$

Buna göre, $\alpha < 1$ ise sermayenin doğrudan hızlandırıcı katsayısı negatif olacaktır. Dolayısıyla diğer üretim faktörünün kullanılan miktarı sabit iken, sermayenin kullanılan miktarı arttığında, sermayenin marjinal verimi gittikçe azalacaktır. Eğer $\alpha > 1$ ise, sermayenin doğrudan hızlandırıcı katsayısı pozitif olacağından, sermayenin kullanılan miktarı arttığında, sermayenin marjinal verimliliği artacaktır. Azalan verimlerin geçerli olduğu bir durumda, $\alpha < 1$ olacaktır. Ayrıca benzer bir durum β 'nın alacağı değere göre emek faktörü içinde geçerli olacaktır.

Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna ait çapraz hızlandırıcı katsayısı ise (2.61) numaralı eşitlikte sunulmuştur:

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial K \partial L} = \alpha \beta A K^{\alpha-1} L^{\beta-1} = \frac{\alpha \beta A K^{\alpha} L^{\beta}}{KL} = \alpha \beta \frac{Q}{KL} \quad (2.61)$$

Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda α ve β daima pozitif olacağı için çapraz hızlandırıcı katsayısı da daima pozitif olacaktır. Dolayısı ile faktörlerden birinin kullanılan miktarı arttığında, diğer faktörün marjinal verimliliği de artmaktadır. Bu nedenle faktörler birbirini tamamlar niteliktedir.

- *Çıktı esnekliği*

Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda sermaye ve emeğe ait çıktı esneklikleri sırasıyla (2.62) ve (2.63) numaralı eşitliklerde verilmiştir. Buna göre çıktı esneklikleri üretim faktörlerinin üzerindeki parametrelere eşit olmaktadır.

$$\varepsilon_K = \frac{\partial Q}{Q} \div \frac{\partial K}{K} = \frac{\partial Q}{\partial K} \frac{K}{Q} = \alpha \frac{Q}{K} \frac{K}{Q} = \alpha \quad (2.62)$$

$$\varepsilon_L = \frac{\partial Q}{Q} \div \frac{\partial L}{L} = \frac{\partial Q}{\partial L} \frac{L}{Q} = \beta \frac{Q}{L} \frac{L}{Q} = \beta \quad (2.63)$$

Dolayısıyla $\alpha < 1$ ya da $\beta < 1$ olduğu durumda azalan verimler geçerli olacaktır.

- *Fonksiyon katsayısı*

Fonksiyon katsayısı, üretim faktörlerinin çıktı esnekliklerinin toplamıdır. Bu durumda, Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun fonksiyon katsayısı üretim faktörlerinin üzerindeki parametrelerin toplamına eşit olmaktadır.

$$\varepsilon = \varepsilon_K + \varepsilon_L = \alpha + \beta \quad (2.64)$$

- *Homojenlik derecesi*

Hem fonksiyon katsayısı hem de homojenlik derecesi ölçeğe göre getiri durumunu vermektedir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun fonksiyon katsayısının $(\alpha + \beta)$ olduğu dikkate alınırsa, Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun $(\alpha + \beta)$ dereceden homojen bir fonksiyon olduğu söylenebilir. Zira, $[A(\lambda K)^\alpha (\lambda L)^\beta = \lambda^{\alpha+\beta} A K^\alpha L^\beta = \lambda^{\alpha+\beta} Q]$ olacaktır. Dolayısıyla, $\alpha + \beta > 1$ ise ölçeğe göre artan getiri; $\alpha + \beta < 1$ ise ölçeğe göre azalan getiri; $\alpha + \beta = 1$ ise ölçeğe göre sabit getiri söz konusudur.

- *İkame esnekliği*

Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda ikame esnekliği daima birdir. Söz konusu varsayım (2.20) numaralı ikame esnekliği formülü aşağıdaki gibi Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna uyarlanarak ispatlanabilir:

$$\sigma = - \frac{\frac{\partial Q}{\partial K} \frac{\partial Q}{\partial L} \left(K \frac{\partial Q}{\partial K} + L \frac{\partial Q}{\partial L} \right)}{KL \left[\left(\frac{\partial^2 Q}{\partial K^2} \right) \left(\frac{\partial Q}{\partial L} \right)^2 - 2 \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial K \partial L} \right) \left(\frac{\partial Q}{\partial K} \right) \left(\frac{\partial Q}{\partial L} \right) + \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial L^2} \right) \left(\frac{\partial Q}{\partial K} \right)^2 \right]} \quad (2.65)$$

Yukarıdaki eşitlikte $\frac{\partial Q}{\partial K} = \alpha \frac{Q}{K}$; $\frac{\partial Q}{\partial L} = \beta \frac{Q}{L}$; $\frac{\partial^2 Q}{\partial K^2} = \alpha(\alpha - 1) \frac{Q}{K^2}$; $\frac{\partial^2 Q}{\partial L^2} = \beta(\beta - 1) \frac{Q}{L^2}$ ve $\frac{\partial^2 Q}{\partial K \partial L} = \alpha\beta \frac{Q}{KL}$ yazılır ve aşağıdaki sıralama ile gerekli sadeleştirmeler yapılırsa;

$$\sigma = - \frac{\alpha \frac{Q}{K} \beta \frac{Q}{L} \left(K \alpha \frac{Q}{K} + L \beta \frac{Q}{L} \right)}{KL \left[\left(\alpha(\alpha - 1) \frac{Q}{K^2} \right) \left(\beta \frac{Q}{L} \right)^2 - 2 \left(\alpha\beta \frac{Q}{KL} \right) \left(\alpha \frac{Q}{K} \right) \left(\beta \frac{Q}{L} \right) + \left(\beta(\beta - 1) \frac{Q}{L^2} \right) \left(\alpha \frac{Q}{K} \right)^2 \right]} \quad (2.66)$$

$$\sigma = - \frac{\frac{\alpha\beta Q^2}{KL} (\alpha Q + \beta Q)}{KL \left[\left(\frac{\alpha(\alpha - 1)\beta^2 Q^3}{K^2 L^2} \right) - \left(\frac{2\alpha^2 \beta^2 Q^3}{K^2 L^2} \right) + \left(\frac{\beta(\beta - 1)\alpha^2 Q^3}{K^2 L^2} \right) \right]} \quad (2.67)$$

$$\sigma = - \frac{\frac{\alpha\beta Q^3 (\alpha + \beta)}{KL}}{KL \left[\frac{[(\alpha^2 - \alpha)\beta^2 Q^3] - [2\alpha^2 \beta^2 Q^3] + [(\beta^2 - \beta)\alpha^2 Q^3]}{K^2 L^2} \right]} \quad (2.68)$$

$$\sigma = - \frac{\alpha\beta Q^3 (\alpha + \beta)}{Q^3 (\alpha^2 \beta^2 - \alpha\beta^2 - 2\alpha^2 \beta^2 + \beta^2 \alpha^2 - \beta\alpha^2)} \quad (2.69)$$

$$\sigma = - \frac{\alpha^2 \beta + \alpha\beta^2}{(2\alpha^2 \beta^2 - \alpha\beta^2 - 2\alpha^2 \beta^2 - \beta\alpha^2)} \quad (2.70)$$

$$\sigma = \frac{-\alpha^2 \beta - \alpha\beta^2}{-\alpha\beta^2 - \beta\alpha^2} = 1 \quad (2.71)$$

İkame esnekliğinin bire eşit olması, faktör fiyatları oranındaki yüzde değişimin, faktör oranlarındaki yüzde değişmeye eşit olduğunu gösterir. Yani sermayenin fiyatı faizler sabit iken, faktör fiyatları oranını %1 arttıracak şekilde ücretlerde meydana gelen bir değişme, ikame esnekliği 1, iken faktör oranlarında %1'lik bir artış yaratacaktır. Buna göre; faktör oranlarını %1 arttıracak şekilde ücretlerin artması, emek ve sermaye arasında birebir bir

değişim olabileceğini göstermektedir. Çünkü ücretlerde bir artış emek talebini azaltırken, sermaye talebini arttıracak ve bu değişim ikame esnekliği 1 olduğu için birebir olacaktır. Bu bağlamda, Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda ikame esnekliğinin bir olması fonksiyonun en önemli özelliği olmasının yanı sıra aynı zamanda bu özellik, fonksiyonun en zayıf yönüdür. Çünkü faktör fiyatları oranındaki yüzde değişme faktör oranlarındaki yüzde değişmeye eşit olmak zorunda değildir. Bu nedenle çalışmada ikame esnekliğinin birden farklı olabileceğini ifade eden diğer üretim fonksiyonları üzerinde de durulacaktır.

2.4.2. Doğrusal Üretim Fonksiyonu

Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda ikame esneklik katsayısının daima 1'e eşit olduğunun kabul edilmesi, girdiler arasındaki ikamenin sınırlı olduğunu göstermektedir. Fakat girdiler birbirleri yerine tam olarak kullanılabilirler. Yani bir makinanın gerçekleştirdiği çıktı miktarını daha fazla sayıda emek de gerçekleştirebilir. Dolayısı ile girdilerin birbiri yerine tam ikame oldukları durum da mevcuttur. Böyle bir durumda, ikame esnekliği sonsuz olacak ve eş ürün eğrileri negatif eğimli ve doğrusal olacaktır (Bknz: Şekil 2.8b). Ayrıca düz bir eğri söz konusu olacağı için marjinal teknik ikame oranı da eğri boyunca sabit bir sayı olacaktır. doğrusal üretim fonksiyonunu (2.72) numaralı eşitlik yardımıyla ifade edebiliriz:

$$Q = A[\delta K + (1 - \delta)L] \quad (2.72)$$

Yukarıdaki denklemde A , bir etkinlik parametresi iken, sıfır ile bir arasında değer alan δ notasyonu, dağıtım parametresini göstermektedir.

- *Marjinal verimlilikler*

Doğrusal üretim fonksiyonunda sermaye ve emeğin marjinal verimlilikleri sırasıyla (2.73) ve (2.74) numaralı eşitliklerde verilmiştir.

$$\frac{\partial Q}{\partial K} = A\delta \quad (2.73)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial L} = A(1 - \delta) \quad (2.74)$$

A , pozitif olacağı ve δ , sıfır ile bir arasında değer alacağı için faktörlerin marjinal verimlilikleri de pozitif olacaktır. Dikkat edilirse üretim faktörlerinin kullanım miktarlarının marjinal verimlilikler üzerinde etkisi bulunmamaktadır. Hangi miktarda kullanılırsa kullanılsın marjinal verimlilikler sabit olacaktır.

- *Hızlandırıcı katsayıları*

Hızlandırıcı katsayılarına ulaşmak için fonksiyonun ikinci dereceden kısmi türevinin alınması gerekmektedir. Fakat doğrusal üretim fonksiyonunda ikinci dereceden kısmi türevler sıfır olacağı için $\left[\frac{\partial^2 Q}{\partial K^2} = 0, \frac{\partial^2 Q}{\partial L^2} = 0 \right]$ hızlandırıcı katsayıları da sıfır olacaktır. Bu aslında faktörlerin değişim miktarlarının marjinal verimlilikleri etkilememesinden dolayı beklenen bir durumdur. Aynı şekilde bir faktörün miktarı değiştiğinde diğer faktöründe marjinal verimliliği etkilenmemektedir. Bu nedenle çapraz hızlandırıcı katsayıları da sıfıra eşit olmaktadır $\left[\frac{\partial^2 Q}{\partial K \partial L} = 0 \right]$.

- *Çıktı esnekliği*

Doğrusal üretim fonksiyonunda sermaye ve emeğe ait çıktı esneklikleri sırasıyla (2.75) ve (2.76) numaralı eşitliklerde verilmiştir.

$$\varepsilon_K = \frac{\partial Q}{Q} \div \frac{\partial K}{K} = \frac{\partial Q}{\partial K} \frac{K}{Q} = A\delta \frac{K}{Q} = \frac{\delta K}{[\delta K + (1 - \delta)L]} \quad (2.75)$$

$$\varepsilon_L = \frac{\partial Q}{Q} \div \frac{\partial L}{L} = \frac{\partial Q}{\partial L} \frac{L}{Q} = A(1 - \delta) \frac{L}{Q} = \frac{(1 - \delta)L}{[\delta K + (1 - \delta)L]} \quad (2.76)$$

Eşitliklerden de anlaşılacağı üzere çıktı esneklikleri her iki üretim faktörü için her iki üretim faktörünün kullanılan miktarına ve dağıtım parametresine bağlıdır.

- *Fonksiyon katsayısı*

Fonksiyon katsayısı, üretim faktörlerinin çıktı esnekliklerinin toplamıdır. Bu durumda doğrusal üretim fonksiyonunun fonksiyon katsayısı (2.77) numaralı eşitlikten de anlaşılacağı üzere bire eşittir.

$$\varepsilon = \varepsilon_K + \varepsilon_L = \frac{\delta K}{[\delta K + (1 - \delta)L]} + \frac{(1 - \delta)L}{[\delta K + (1 - \delta)L]} = \frac{[\delta K + (1 - \delta)L]}{[\delta K + (1 - \delta)L]} = 1 \quad (2.77)$$

- *Homojenlik derecesi*

Fonksiyon katsayısının 1 olması doğrusal üretim fonksiyonunun hem birinci dereceden homojen üretim fonksiyonu olduğunu $[\lambda Q = \lambda A[\delta K + (1 - \delta)L]]$, hem de doğrusal üretim fonksiyonunda ölçeğe göre sabit getiri koşullarının geçerli olduğunu göstermektedir.

- *İkame esnekliği*

Doğrusal üretim fonksiyonunda ikame esnekliği daima sonsuzdur. Bu genel varsayım (2.20) numaralı ikame esnekliği formülünde payda kısmında yer alan ikinci dereceden kısmi türevler vasıtası ile açıklanabilir. Hızlandırıcı katsayılarında da görüldüğü üzere ikinci dereceden kısmi türevler Doğrusal üretim fonksiyonunda sıfırdır. Bu durum (2.20) numaralı ikame esnekliği formülünde paydanın sıfır olmasına neden olur. Dolayısıyla payda sıfır iken ikame esnekliği de sonsuza yaklaşmaktadır.

Tüm bu bilgilere ek olarak şunu belirtmekte fayda vardır. Doğrusal üretim fonksiyonu gerçek hayatta gerçekleşmesi oldukça zor olan, uç bir durumdur. Çünkü emek ile sermaye arasında birebir yani tam ikame söz konusu olamaz. Öyle ki her ne kadar sadece makina kullanmak isterseniz de, o makinayı kuracak, çalıştıracak ve bozulduğunda tamir edecek insan gücüne yani emeğe ihtiyacınız olacaktır. Diğer taraftan, düşük düzeyde de olsa emeğin

bir sermaye ile donatılması söz konusudur. Ricardo'nun da örnek verdiği gibi, en iyi ihtimalle her işçi kendisine ait bir kürek ile işe gelmek zorundadır (Ricardo, 2008: 56).

2.4.3. Sabit Katsayılı (Leontief) Üretim Fonksiyonu

1951 yılında Rus asıllı Amerikalı İktisatçı W. Leontief tarafından geliştirilen sabit katsayılı (Leontief) üretim fonksiyonunda emek ile sermaye arasında hiçbir şekilde ikamenin söz konusu olmadığı aksine sabit bir oranda birbirlerini tamamladıkları varsayılmıştır. Bu nedenle eş ürün eğrileri sabit emek-sermaye birleşiminden dolayı köşeli yani “L” biçiminde çizilmektedir (bknz Şekil 2.8a). Söz konusu sabit katsayılı (Leontief) üretim fonksiyonunu (2.78) numaralı eşitlikteki gibi göstermek mümkündür.

$$Q = \min \left[\frac{K}{a_1}, \frac{L}{a_2} \right] \quad (2.78)$$

Bu eşitlikte *min* ifadesi, çıktıyı parantez içindeki iki değerden küçük olanının belirlediği anlamına gelmektedir. Örneğin, Q_1 çıktı düzeyi için 5 birim sermaye, 10 birim emek kullanıldığını varsayalım. Eğer elinizde 5 birim sermaye 25 birim emek varsa, çıktı düzeyi emek sayısı fazla olmasına rağmen yine Q_1 olacaktır. Çünkü arta kalan 15 birimlik emeği tamamlayacak olan 7.5 birimlik sermaye üreticinin elinde bulunmamaktadır. Dolayısı ile Q_1 çıktı düzeyinden daha fazla çıktı elde etmek mümkün değildir. Böyle bir durumda fazla olan emeğin marjinal verimliliği sıfır olacaktır. Benzer şekilde emeğin daha az olduğu durumda çıktı düzeyini belirleyen emek miktarı olacak ve fazla olan sermayenin marjinal verimliliği sıfır olacaktır.

Sabit katsayılı (Leontief) üretim fonksiyonu birinci dereceden homojen bir fonksiyondur. Çünkü girdi miktarları aynı oranda arttırıldığında, çıktı da girdi artış oranları ile aynı miktarda artacaktır. Diğer taraftan, sabit katsayılı (Leontief) üretim fonksiyonunda girdilerin birbirine oranları sabittir. Dolayısıyla girdilerin birbirine oranındaki nispi değişiklik sıfır olacaktır. Bu durum (2.20) numaralı ikame esnekliği formülünde pay kısmının sıfır olması anlamına gelmektedir. Bu nedenle sabit katsayılı (Leontief) üretim fonksiyonunda ikame esnekliği sıfırdır.

Doğrusal üretim fonksiyonunda olduğu gibi, sabit katsayılı (Leontief) üretim fonksiyonuyla da gerçek hayatta karşılaşmak pek mümkün değildir. Çünkü üretilen malların çoğunda sınırlı da olsa sermaye-emek girdileri birbirleri yerine ikame edilebilmektedir.

2.4.4. Sabit İkame Esneklikli (CES) Üretim Fonksiyonu

Kısaca CES olarak adlandırılan sabit ikame esneklikli (Constant Elasticity of Substitution) üretim fonksiyonu, Arrow, Chenery, Minhas ve Solow tarafından geliştirilmiş olup, 1961 yılında yayınladıkları “*Capital-Labour Substitution and Economic Efficiency?*” isimli makalede sunulmuştur. CES üretim fonksiyonunda, Cobb-Douglas üretim fonksiyonundaki gibi ikame esnekliği sabittir. Fakat Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda olduğu gibi daima bir olmak zorunda değildir. CES üretim fonksiyonunda ikame esnekliği sıfır ile artı sonsuz arasında bir değer alacaktır. Emek ve sermaye girdisine sahip üretim fonksiyonu aşağıdaki eşitlikte ifade edilebilir¹⁵:

$$Q = \gamma[\delta K^{-\rho} + (1 - \delta)L^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (2.79)$$

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), çalışmalarında (2.80) numaralı eşitlikten hareket ederek CES üretim fonksiyonunu geliştirmişlerdir.

$$\log \frac{Q}{L} = \log a + b \log W \quad (2.80)$$

¹⁵ Aslında CES üretim fonksiyonuna 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:

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

Yukarıdaki eşitlikte W , nominal ücretleri göstermektedir. Söz konusu iktisatçılar yukarıdaki modeli ABD’de 24 sektör için regresyon yardımıyla tahmin etmişler ve 20 sektörde işgücü verimliliğindeki değişimin %85’in üzerinde parasal ücretler tarafından açıklandığını tespit etmişlerdir. Özel bir endüstride $Q = f(K, L)$ şeklinde yazılan bir üretim fonksiyonunun birinci dereceden homojen olduğu varsayımı altında $\frac{Q}{L} = f\left(\frac{K}{L}, 1\right)$ yazılır ve $\frac{Q}{L} = y$ ve $\frac{K}{L} = x$ olarak ifade edilirse üretim fonksiyonu $y = f(x)$ şeklinde yazılabilir. Buna göre sermaye ve emeğin marjinal verimlilikleri sırasıyla $\frac{dQ}{dK} = f'(x)$ ve $\frac{dQ}{dL} = f(x) - xf'(x)$ şeklinde ifade edilebilir. Mal ve faktör piyasalarında tam rekabet koşullarının geçerli olduğu varsayımı altında¹⁶, üretim faktörlerinin marjinal verimlilikleri üretim faktörlerinin fiyatlarına eşit olacağı için $w = f(x) - xf'(x)$ veya $w = y - x \frac{dy}{dx}$ olacaktır.

(2.80) numaralı eşitlikte yer alan model $\frac{Q}{L} = aw^b$ şeklinde yeniden ifade edilebilir. Bu eşitlikte w yerine $y - x \frac{dy}{dx}$ yazılırsa, $y = a \left(y - x \frac{dy}{dx}\right)^b$ elde edilir. Eşitlikte $\frac{dy}{dx}$ ’i çekersek (2.81) numaralı eşitlikte yer alan diferansiyel denkleme ulaşırız:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{a^{1/b}y - y^{1/b}}{a^{1/b}x} \quad (2.81)$$

$\alpha = a^{1/b}$ ve $\rho = \frac{1}{b} - 1$ ile ifade edilirse (2.81) numaralı eşitlik (2.82) numaralı eşitlikle yeniden ifade edilebilir ve yeniden düzenlenirse:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y(1 - \alpha y^\rho)}{x} \quad (2.82)$$

¹⁶ Paroush (1964) çalışmasında CES üretim fonksiyonunun geliştirilmesi için mal ve faktör piyasalarında tam rekabet varsayımının yapılmasına gerek olmadığını göstermiştir. Bu bağlamda birinci dereceden homojen fonksiyonların ikame esnekliği formülünden yola çıkarak gösterdiği bu durum EK-2’de yer almaktadır.

$$\frac{dx}{x} = \frac{dy}{y(1 - \alpha y^\rho)} \quad (2.83)$$

$$\frac{dx}{x} = \frac{dy}{y} + \frac{\alpha y^{\rho-1} dy}{1 - \alpha y^\rho} \quad (2.84)$$

yazılabilir. x ve y 'ye göre integraller alınır;

$$\log x = \log y - \frac{1}{\rho} \log(1 - \alpha y^\rho) + \frac{1}{\rho} \log \beta \quad (2.85)$$

Burada β integral sabitidir. Yukarıdaki eşitlik (2.86) numaralı eşitlikteki gibi tekrar ifade edilebilir:

$$x^\rho = \frac{\beta y^\rho}{1 - \alpha y^\rho} \quad (2.86)$$

Bu eşitliği y^ρ için çözüp y 'yi çekersek:

$$y = x(\beta - \alpha x^\rho)^{-\frac{1}{\rho}} = (\beta x^{-\rho} + \alpha)^{-\frac{1}{\rho}} \quad (2.87)$$

ve x yerine $\frac{K}{L}$, y yerine $\frac{Q}{L}$ yazılırsa,

$$Q = L(\beta K^{-\rho} L^\rho + \alpha)^{-\frac{1}{\rho}} \quad (2.88)$$

$$Q = (\beta K^{-\rho} + \alpha L^{-\rho})^{-\frac{1}{\rho}} \quad (2.89)$$

elde edilir. $\alpha + \beta = \gamma^{-\rho}$ ve $\beta\gamma^{\rho} = \delta$ olarak alınır;

$$Q = \gamma[\delta K^{-\rho} + (1 - \delta)L^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (2.90)$$

Şeklindeki CES üretim fonksiyonu elde edilir (Arrow, vd. 1961: 227-230).

- *Marjinal verimlilikler*

CES üretim fonksiyonunda sermaye ve emeğin marjinal verimlilikleri sırasıyla (2.91) ve (2.92) numaralı eşitliklerde verilmiştir.

$$\frac{\partial Q}{\partial K} = \gamma\delta[\delta K^{-\rho} + (1 - \delta)L^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}-1} K^{-\rho-1} = \frac{\delta}{\gamma^{\rho}} \left(\frac{Q}{K}\right)^{\rho+1} \quad (2.91)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial L} = \gamma(1 - \delta)[\delta K^{-\rho} + (1 - \delta)L^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}-1} L^{-\rho-1} = \frac{(1 - \delta)}{\gamma^{\rho}} \left(\frac{Q}{L}\right)^{\rho+1} \quad (2.92)$$

ρ 'nın pozitif olduğu varsayımı altında ve γ ve δ pozitif iken üretim faktörlerinin marjinal verimlilikleri pozitif olacaktır. Dikkat edilirse, üretim faktörlerinin kullanım miktarlarının artması durumunda marjinal verimlilikler azalmakta olup, bu durum bize azalan marjinal verimlilikleri vermektedir.

- *Hızlandırıcı katsayıları*

Üretim faktörlerinin ikinci dereceden kısmi türevleri alınır, sermayenin ve emeğin hızlandırıcı katsayıları sırasıyla (2.93) ve (2.94) numaralı eşitliklerdeki gibi elde edilecektir.

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial K^2} = \frac{\delta}{\gamma \rho} (\rho + 1) \left(\frac{Q}{K} \right)^{\rho+1} \frac{1}{K} \left[\frac{\delta}{\gamma \rho} \left(\frac{Q}{K} \right)^{\rho} - 1 \right] \quad (2.93)$$

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial L^2} = \frac{(1 - \delta)}{\gamma \rho} (\rho + 1) \left(\frac{Q}{L} \right)^{\rho+1} \frac{1}{L} \left[\frac{1 - \delta}{\gamma \rho} \left(\frac{Q}{L} \right)^{\rho} - 1 \right] \quad (2.94)$$

$0 < \delta < 1$ olduğu için hızlandırıcı katsayıları negatif olacaktır $\left[\frac{\partial^2 Q}{\partial K^2} < 0, \frac{\partial^2 Q}{\partial L^2} < 0 \right]$. Bu durum kullanılan faktörün miktarı arttıkça söz konusu faktörün marjinal verimliliğinin azaldığını göstermektedir.

CES üretim fonksiyonuna ait çapraz hızlandırıcı katsayısı (2.95) numaralı eşitlikte sunulmuştur.

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial K \partial L} = (\rho + 1) \frac{\delta}{\gamma \rho} \left(\frac{Q}{K} \right)^{\rho} \frac{1 - \delta}{\gamma \rho} \left(\frac{Q}{L} \right)^{\rho} \frac{Q}{KL} \quad (2.95)$$

Burada kullanılan parametreler ve kullanım değerleri pozitif olduğundan çapraz hızlandırıcı katsayısı da pozitif olacaktır $\left[\frac{\partial^2 Q}{\partial K \partial L} > 0 \right]$.

- *Çıktı esnekliği*

CES üretim fonksiyonunda sermaye ve emeğe ait çıktı esneklikleri sırasıyla (2.96) ve (2.97) numaralı eşitliklerde verilmiştir.

$$\varepsilon_K = \frac{\partial Q}{Q} \div \frac{\partial K}{K} = \frac{\partial Q}{\partial K} \frac{K}{Q} = \frac{\delta}{\gamma \rho} \left(\frac{Q}{K} \right)^{\rho+1} \frac{K}{Q} = \frac{\delta}{\gamma \rho} \left(\frac{Q}{K} \right)^{\rho} \quad (2.96)$$

$$\varepsilon_L = \frac{\partial Q}{Q} \div \frac{\partial L}{L} = \frac{\partial Q}{\partial L} \frac{L}{Q} = \frac{(1-\delta)}{\gamma^\rho} \left(\frac{Q}{L}\right)^{\rho+1} \frac{L}{Q} = \frac{(1-\delta)}{\gamma^\rho} \left(\frac{Q}{L}\right)^\rho \quad (2.97)$$

elde edilir. CES üretim fonksiyonunda çıktı esneklikleri dağıtım parametresine, etkinlik parametresine, ikame parametresine ve üretim faktörlerinin kullanılan miktarlarına bağlıdır.

- *Fonksiyon katsayısı*

Fonksiyon katsayısı, üretim faktörlerinin çıktı esnekliğinin toplamıdır. Bu durumda CES üretim fonksiyonunun fonksiyon katsayısı (2.98) numaralı eşitlik ve sonrasında gerçekleştirilen genişletmeler ve sadeleştirmelerden de anlaşılacağı üzere bire eşittir.

$$\varepsilon = \varepsilon_K + \varepsilon_L = \frac{\delta}{\gamma^\rho} \left(\frac{Q}{K}\right)^\rho + \frac{(1-\delta)}{\gamma^\rho} \left(\frac{Q}{L}\right)^\rho \quad (2.98)$$

$$\varepsilon = \frac{\delta Q^\rho K^{-\rho} + (1-\delta) Q^\rho L^{-\rho}}{\gamma^\rho} \quad (2.99)$$

$$\varepsilon = \frac{Q^\rho [\delta K^{-\rho} + (1-\delta) L^{-\rho}]}{\gamma^\rho} \quad (2.100)$$

$$\varepsilon = \frac{\gamma^\rho \left[[\delta K^{-\rho} + (1-\delta) L^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} \right]^\rho [\delta K^{-\rho} + (1-\delta) L^{-\rho}]}{\gamma^\rho} = 1 \quad (2.101)$$

- *Homojenlik derecesi*

Arrow vd. (1961) geliştirdikleri CES üretim fonksiyonunun birinci dereceden homojen olduğunu ifade etmişlerdir. Paroush (1966) alışmasında, CES üretim fonksiyonunun h 'inci dereceden homojen olduğu durumu incelemiş ve bunu kanıtlamıştır. Bu durumda üretim fonksiyonunu (2.102) numaralı eşitlikteki gibi tanımlamıştır.

$$Q = (\beta K^{-\rho} + \alpha L^{-\rho})^{-\frac{h}{\rho}} \quad (2.102)$$

1967 yılında ise Kmenta CES üretim fonksiyonuna v değişkenini eklemiş ve günümüzde daha genel formla kullanılan CES üretim fonksiyonuna ulaşmıştır. Kmenta'nın ifade ettiği CES üretim fonksiyonu (2.103) numaralı eşitlikteki gibi ifade edilmiştir:

$$Q = \gamma [\delta K^{-\rho} + (1 - \delta)L^{-\rho}]^{-\frac{v}{\rho}} \quad (2.103)$$

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.

- *İkame esnekliği*

Birinci dereceden homojen olan üretim fonksiyonlarının ikame esnekliği formülü (2.104) numaralı eşitlikteki gibi gösterilebilir:

$$\sigma = \frac{\frac{\partial Q}{\partial K} \frac{\partial Q}{\partial L}}{Q \frac{\partial^2 Q}{\partial K \partial L}} \quad (2.104)$$

Formölde gerekli olan kısmi türevler (2.91), (2.92) ve (2.95) numaralı eşitliklerden çekilirse (2.104) numaralı eşitlik (2.105) numaralı eşitlikteki gibi yeniden ifade edilebilir:

$$\sigma = \frac{\frac{\delta}{\gamma^\rho} \left(\frac{Q}{K}\right)^{\rho+1} \frac{(1-\delta)}{\gamma^\rho} \left(\frac{Q}{L}\right)^{\rho+1}}{Q(\rho+1) \frac{\delta}{\gamma^\rho} \left(\frac{Q}{K}\right)^\rho \frac{1-\delta}{\gamma^\rho} \left(\frac{Q}{L}\right)^\rho \frac{Q}{KL}} \quad (2.105)$$

Gerekli sadeleştirmeler yapıldığında ikame esnekliğinin, ikame parametresine bağlı olarak sabit bir değer aldığı görülmektedir.

$$\sigma = \frac{1}{(1 + \rho)} \quad (2.106)$$

İkame esnekliği formülünden yararlanarak, Cobb-Douglas, doğrusal ve sabit katsayılı üretim fonksiyonlarının, CES üretim fonksiyonunun özel bir durumu olduğu gösterilebilir. CES üretim fonksiyonunun birinci dereceden homojen olduğu varsayımı altında ikame parametresi (ρ) -1 olduğunda ikame esnekliği sonsuza gider ve CES üretim fonksiyonu doğrusal üretim fonksiyonuna dönüşür. İkame parametresi (ρ) sıfır olduğunda ikame esnekliği 1 olur ve CES üretim fonksiyonu Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna dönüşür. İkame parametresi (ρ) sonsuza giderken ikame esnekliği sıfıra yaklaşır ki bu durumda CES üretim fonksiyonu sabit katsayılı (Leontief) üretim fonksiyonuna dönüşür. Bu özel durumların ispatları EK-3’de sunulmuştur.

2.4.5. Değişken İkame Esneklikli (VES) Üretim Fonksiyonu

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 ele alınmıştır. VES üretim fonksiyonunda ikame esnekliği, CES üretim fonksiyonundan farklı olarak sabit olmayıp, girdi kullanım oranlarına bağlı olarak değişmektedir. Revankar’ın geliştirdiği emek ve sermaye üretim faktörlerini içeren VES üretim fonksiyonu (2.107) numaralı eşitlikte sunulmuştur:

$$V = \gamma K^{\alpha(1-\delta\rho)} [L + (\rho - 1)K]^{\alpha\delta\rho} \quad (2.107)$$

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 ($0 \leq \delta\rho \leq 1$).

- *Marjinal verimlilikler*

VES üretim fonksiyonunda sermaye ve emeğin marjinal verimlilikleri sırasıyla (2.108) ve (2.109) numaralı eşitliklerde verilmiştir.

$$\frac{\partial Q}{\partial K} = \alpha(1 - \alpha) \frac{Q}{K} + \alpha\delta\rho(\rho - 1) \frac{Q}{L + (\rho - 1)K} \quad (2.108)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial L} = \alpha\delta\rho \frac{Q}{L + (\rho - 1)K} \quad (2.109)$$

δ ve $\delta\rho$ 'nın sıfır ile bir arasında olduğu varsayımı altında ve α pozitif iken üretim faktörlerinin marjinal verimlilikleri pozitif olacaktır. Dikkat edilirse, üretim faktörlerinin kullanım miktarlarının artması durumunda marjinal verimlilikler azalmakta olup bu durum bize azalan marjinal verimlilikleri vermektedir. Diğer taraftan ikinci dereceden türevler alındığında hızlandıran katsayılarının negatif, çapraz hızlandıran katsayısının ise pozitif olduğu görülecektir.

- *Çıktı esnekliği*

VES üretim fonksiyonunda sermaye ve emeğe ait çıktı esneklikleri sırasıyla (2.110) ve (2.111) numaralı eşitliklerde verilmiştir.

$$\varepsilon_K = \frac{\partial Q}{Q} \div \frac{\partial K}{K} = \frac{\partial Q}{\partial K} \frac{K}{Q} = \alpha(1 - \delta\rho) + \alpha\delta\rho(\rho - 1) \frac{K}{L + (\rho - 1)K} \quad (2.110)$$

$$\varepsilon_L = \frac{\partial Q}{Q} \div \frac{\partial L}{L} = \frac{\partial Q}{\partial L} \frac{L}{Q} = \alpha\delta\rho \frac{L}{L + (\rho - 1)K} \quad (2.111)$$

VES üretim fonksiyonunda çıktı esneklikleri dağıtım parametresine, getiri parametresine, ikame parametresine ve üretim faktörlerinin kullanılan miktarlarına bağlıdır.

- *Fonksiyon katsayısı*

Fonksiyon katsayısı, üretim faktörlerinin çıktı esnekliğinin toplamıdır. Bu durumda VES üretim fonksiyonunun fonksiyon katsayısı (2.112) numaralı eşitlik ve sonrasında gerçekleştirilen genişletmeler ve sadeleştirmelerden de anlaşılacağı üzere α parametresine eşittir.

$$\varepsilon = \varepsilon_K + \varepsilon_L = \alpha(1 - \delta\rho) + \alpha\delta\rho(\rho - 1) \frac{K}{L + (\rho - 1)K} + \alpha\delta\rho \frac{L}{L + (\rho - 1)K} \quad (2.112)$$

$$\varepsilon = \alpha\delta\rho \frac{L + (\rho - 1)K}{L + (\rho - 1)K} + \alpha(1 - \delta\rho) \quad (2.113)$$

$$\varepsilon = \alpha(\delta\rho + 1 - \delta\rho) = \alpha \quad (2.114)$$

- *Homojenlik derecesi*

VES üretim fonksiyonu α dereceden homojen bir fonksiyondur. VES üretim fonksiyonunda $f(\lambda K, \lambda L) = \lambda^\alpha f(K, L)$ 'dir. VES üretim fonksiyonunda K yerine λK_1 ve L yerine λL_1 yazılırsa (2.115) numaralı eşitlik yazılabilir.

$$Q = \gamma \lambda^{\alpha(1-\delta\rho)} K_1^{\alpha(1-\delta\rho)} [L_1 + (\rho - 1)K_1]^{\alpha\delta\rho} \lambda^{\alpha\delta\rho} \quad (2.115)$$

$$Q = \lambda^\alpha \gamma K_1^{\alpha(1-\alpha\rho)} [L_1 + (\rho - 1)K_1]^{\alpha\delta\rho} \quad (2.116)$$

$$Q = \lambda^\alpha Q_1 \quad (2.117)$$

α getiri durumunu göstermekle beraber $\alpha < 1$ ise ölçeğe göre azalan getiri; $\alpha > 1$ ise ölçeğe göre artan getiri; $\alpha = 1$ ise ölçeğe göre sabit getiri söz konusudur.

- *İkame esnekliği*

Revankar (1971)'a göre ikame esnekliği CES üretim fonksiyonunda olduğu gibi üretim faktörlerinden bağımsız bir sabit olarak kabul edilmesinin doğru değildir. Revankar'a göre ikame esnekliği faktör oranlarının (K/L) bir fonksiyonudur. Buna göre Revankar ikame esnekliğini (2.118) numaralı eşitlikteki gibi tanımlamıştır.

$$\sigma = 1 + \frac{(p - 1) K}{(1 - \delta\rho) L} \quad (2.118)$$

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 ikame

esnekliği azalmaktadır. Bununla birlikte ikame parametresinin alabileceği farklı değerlere göre ikame esnekliğinin değerlerini bulmak önem arz etmektedir.

İkame esnekliğinin bir olduğu Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ve ikame esnekliğinin sabit olduğu CES üretim fonksiyonu özel durumlardır. Dolayısıyla VES üretim fonksiyonu Cobb-Douglas ve CES üretim fonksiyonlarına nazaran daha geneldir. Bununla birlikte VES üretim fonksiyonu CES üretim fonksiyonunu özel bir durum olarak içermez ama Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu özel bir durum olarak içerir. Gerçekten de ikame parametresi bire eşit ise ($\rho = 1$), VES üretim fonksiyonu (2.119) numaralı eşitlikteki gibi yeniden yazılabilir:

$$V = \gamma K^{\alpha(1-\delta)} L^{\alpha\delta} \quad (2.119)$$

(2.119) numaralı fonksiyon da α 'ıncı dereceden homojen bir Cobb-Douglas üretim fonksiyonudur. (2.118) numaralı eşitlikte yer alan ikame esnekliği formülünde ($\rho = 1$) olarak alınırsa ikame esnekliği bir olarak elde edilir. Öte yandan ($\rho = 0$) ise VES üretim fonksiyonu Harrod-Domar sabit katsayılı modele dönüşür. Eğer ($\rho = \frac{1}{\delta}$) ise VES üretim fonksiyonu Doğrusal üretim fonksiyonuna dönüşür.

2.4.6. Translog Üretim Fonksiyonu

Christensen, Jorgensen ve Lau (1973), tarafından geliştirilen¹⁷ Translog üretim fonksiyonu¹⁸ 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

¹⁷ Translog üretim fonksiyonu, yeni esnek üretim fonksiyonlarının keşfi ve tanımlanması ve CES üretim fonksiyonunun tahmin edilmesi ile ilgili araştırmalar bağlamında olmuştur. Aslında Translog üretim fonksiyonlarının ilk biçimi, 1967 yılında J. Kmenta tarafından, ikame esnekliğinin ikinci dereceden Taylor Serisi ile CES üretim fonksiyonunun tahmin edilmesi için önerilmiştir. 1971 yılında Sargant Log-Kuadratik fonksiyon olarak adlandırdığı ve Translog üretim fonksiyonu ile benzer bir üretim fonksiyonu geliştirmiştir (Pavelescu, 2011: 131-132).

¹⁸ Asıl ismi "Transandantal Logaritmik Üretim Fonksiyonu (*Transcendental Logarithmic Production Function*)" olup, Translog üretim fonksiyonu kısaltılmış halidir.

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 (2.120) numaralı eşitlikteki gibi yazılabilir:

$$\ln Q = \alpha_K \ln K + \alpha_L \ln L + \alpha_{KL} \ln K \ln L + \alpha_{KK} (\ln K)^2 + \alpha_{LL} (\ln L)^2 \quad (2.120)$$

Yukarıdaki fonksiyonda α_i bilinmeyen parametrelerdir¹⁹. Translog üretim fonksiyonunda marjinal verimlilikleri bulmak için öncelikle çıktı esnekliklerini bulmak daha doğru olacaktır (Krishnapillai ve Thompson, 2012: 51):

- *Çıktı esnekliği*

Translog üretim fonksiyonunda semaye ve emeğe ait çıktı esneklikleri sırasıyla (2.121) ve (2.122) numaralı eşitliklerde gösterilmiştir.

$$\varepsilon_K = \frac{dQ}{Q} \div \frac{dK}{K} = \frac{d \ln Q}{d \ln K} = \alpha_K + \alpha_{KL} \ln L + 2\alpha_{KK} \ln K \quad (2.121)$$

$$\varepsilon_L = \frac{dQ}{Q} \div \frac{dL}{L} = \frac{d \ln Q}{d \ln L} = \alpha_L + \alpha_{KL} \ln K + 2\alpha_{LL} \ln L \quad (2.122)$$

Dikkat edilirse çıktı esneklikleri bilinmeyen parametrelere ve üretim faktörlerine bağlıdır. Çıktı esnekliklerinin söz konusu üretim faktörünün marjinal verimliliğinin ortalama verimliliğine oranına eşit olduğunu daha önce görmüştük. O halde marjinal verimlilikler

¹⁹ 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.

$\ln Q_t = \alpha_K \ln K_t + \alpha_L \ln L_t + \alpha_{KL} \ln K_t \ln L_t + \alpha_{KK} (\ln K_t)^2 + \alpha_{LL} (\ln L_t)^2 + \varepsilon_t$
Bu modelde ε_t , hata terimidir.

(2.121) ve (2.122) numaralı çıktı esnekliklerinden yararlanarak sermaye ve emek için sırasıyla (2.123) ve (2.124) numaralı denklemlerdeki gibi ifade edilebilir:

$$MP_K = \frac{Y(\alpha_K + \alpha_{KL} \ln L + 2\alpha_{KK} \ln K)}{K} \quad (2.123)$$

$$MP_L = \frac{Y(\alpha_L + \alpha_{KL} \ln K + 2\alpha_{LL} \ln L)}{L} \quad (2.124)$$

Burada elde edilen marjinal verimliliklerin toplamı bize ölçeğe göre getirileri vermektedir. Eğer toplam birden büyük ise ölçeğe göre artan getiri, birden küçük ise ölçeğe göre azalan getiri, bire eşit ise ölçeğe göre sabit getiri söz konusudur.

- *Fonksiyon katsayısı*

Fonksiyon katsayısı, çıktı esneklikleri toplamı olduğuna göre Translog üretim fonksiyonu Fonksiyon Katsayısı (2.125) numaralı eşitlikteki gibi ifade edilebilir:

$$\varepsilon = \varepsilon_K + \varepsilon_L = (\alpha_K + \alpha_L) + \alpha_{KL}(\ln L + \ln K) + (2\alpha_{KK} \ln K + 2\alpha_{LL} \ln L) \quad (2.125)$$

- *İkame Esnekliği*

İkame esnekliği, (2.126) numaralı eşitlikteki gibi tanımlanabilir:

$$\sigma_{KL} = \frac{\frac{d\left(\frac{K}{L}\right)}{\frac{K}{L}}}{\frac{d\left(\frac{MP_L}{MP_K}\right)}{\frac{MP_L}{MP_K}}} = \frac{d\left(\frac{K}{L}\right)}{d\left(\frac{MP_L}{MP_K}\right)} \cdot \frac{\frac{MP_L}{MP_K}}{\frac{K}{L}} \quad (2.126)$$

Marjinal fiziksel ürünler aşağıdaki gibi gösterilirse:

$$\frac{MP_L}{MP_K} = \frac{\frac{\partial Q}{\partial L}}{\frac{\partial Q}{\partial K}} = \frac{\varphi L}{\varphi K} \cdot \frac{K}{H} \quad (2.127)$$

(2.126) ve (2.127) numaralı denklemleri bir araya getirirsek:

$$\sigma_{KL} = \frac{d\left(\frac{K}{L}\right)}{d\left(\frac{MP_L}{MP_K}\right)} \frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K} = \frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K} \left[\frac{d\left(\frac{\varepsilon_L K}{\varepsilon_K L}\right)}{d\left(\frac{K}{L}\right)} \right]^{-1} \quad (2.128)$$

Dolayısıyla:

$$\frac{d\left(\frac{\varepsilon_L K}{\varepsilon_K L}\right)}{d\left(\frac{K}{L}\right)} = \frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K} + \frac{K}{L} \frac{d\left(\frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K}\right)}{d\left(\frac{K}{L}\right)} \quad (2.129)$$

$$d\left(\frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K}\right) = -\frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_K} d\varepsilon_K + \frac{1}{\varepsilon_K} d\varepsilon_L \quad (2.130)$$

$$d\left(\frac{K}{L}\right) = \frac{K}{L^2} dL + \frac{1}{L} dK \quad (2.131)$$

(2.128) numaralı denklemle beraber (2.129), (2.130) ve (2.131) numaralı denklemler bir araya getirilirse, ikame esnekliğini (2.132) numaralı eşitlikteki gibi elde edebiliriz:

$$\sigma_{KL} = \left[1 + \left[-\alpha_{KL} + \left(\frac{\varepsilon_K}{\varepsilon_L} \right) \cdot \alpha_{LL} \right] \cdot (-\varepsilon_K + \varepsilon_L)^{-1} \right]^{-1} \quad (2.132)$$

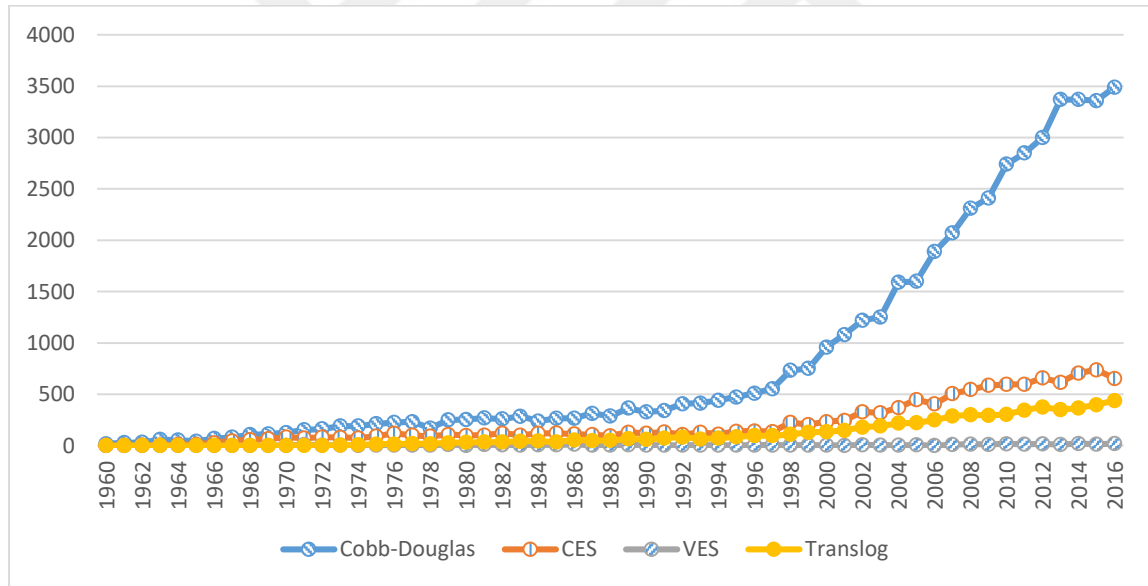
Dolayısı ile α_i parametreleri tahmin edilir ve söz konusu parametreler aracılığı ile çıktı esneklikleri elde edilirse ikame esnekliği bulunabilir.

Görüldüğü üzere farklı üretim fonksiyonlarından ikame esnekliğinin tahmin edilmesi ya da hesaplanması farklılaşmaktadır. Bu durum dikkate alındığında, farklı üretim fonksiyonları çerçevesinde, ikame esnekliğini ve buna ek olarak çıktı esneklikleri ile ölçeğe göre getirileri tahmin etmek önem arz etmektedir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu her ne kadar ikame esnekliğine ilişkin, sahip olduğu temel varsayım çerçevesinde bir tahmin gerçekleştirilemese de, çıktı esneklikleri ve ölçeğe göre getiri hakkında bizlere önemli bilgiler sunmaktadır. Ek olarak girdiler arasındaki ikame esnekliğinin sabit olduğu durum dikkate alındığında CES üretim fonksiyonu çerçevesinde tahminler gerçekleştirilebilir. Ancak girdi oranlarını dikkate alarak farklı ikame esnekliğinin değişebileceği düşünüldüğünde ise hem VES hem de Translog üretim fonksiyonları yararlanılabilecek fonksiyonlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çerçevede çalışmanın ilerleyen kısımlarında farklı üretim fonksiyonları dikkate alınarak ikame esneklikleri tahmin edilecektir. Fakat söz konusu tahminlere geçmeden önce, yazında ilgili üretim fonksiyonlar konusunda yapılan ampirik çalışmaları incelemekte fayda vardır.



3. ÜRETİM FONKSİYONLARININ TAHMİNİNE İLİŞKİN YAZIN

Üretim fonksiyonlarına yönelik farklı girdi bileşimlerini bir araya getirecek şekilde ve bazı varsayımları değiştirerek çok fazla sayıda tahmin yapılmıştır. Şekil 3.1’de Google Scholar’da yer alan ve farklı üretim fonksiyonlarına referans veren çalışmaların yıllara göre seyri yer almaktadır. Şekil 3.1’den de anlaşılacağı üzere en fazla referans alan üretim fonksiyonu Cobb-Douglas üretim fonksiyonu iken, en az referans alan üretim fonksiyonu ise VES üretim fonksiyonu olmuştur. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun en fazla referans alan fonksiyon olmasının temel nedeni, söz konusu üretim fonksiyonunun hem en eski ve dolayısıyla da en tanınmış üretim fonksiyonu olması hem de diğer üretim fonksiyonlarına kıyasla tahmin edilmesinin daha kolay olmasıdır. VES üretim fonksiyonunun en az referans alan üretim fonksiyonu olmasının temel nedeni ise söz konusu üretim fonksiyonunun tahmin edilmesi için faktör fiyatlarının bilinmesi gerektiği için oldukça zor olmasıdır.



Şekil 3.1. 08.12.2017 tarihi itibarı ile her bir üretim fonksiyonunu referans alan yayınlar için Google Scholar taraması²⁰

Burada öncelikle belirtilmesi gereken üretim fonksiyonunda yer alan esnekliklere ilişkin yazında parametrik ve parametrik olmayan tahmin yöntemlerinin kullanılmasıdır.

²⁰ Bu tarama yapılırken üretim fonksiyonları Google Scholar’da İngilizce olarak tek tek yıllara göre taranmış ve ilgili yayın sayısına göre şekil oluşturulmuştur. Elbetteki bu şekil üretim fonksiyonlarına yapılan referanslara ilişkin kesin bir bilgi vermemektedir. Bu yayınların dışında birçok yayının olduğu rahatlıkla söylenebilir. Fakat söz konusu şekil, üretim fonksiyonlarının aldığı referanslara ilişkin yazın hakkında genel bir durum değerlendirmesi yapmak için oluşturulmuştur. Bununla birlikte, bu yayınların dışındaki diğer çalışmalarında benzer bir seyir izlediğini söylemek herhalde yanlış olmayacaktır.

Parametrik yaklaşımda, üretim fonksiyonunun belirli bir matematiksel kalıba uyduğu varsayımı altında değişkenlerin düzey ya da fark değerleri ile tahmin gerçekleştirilmektedir. Parametrik olmayan yaklaşımda ise faktör piyasalarının tam rekabet piyasaları oldukları varsayımı altında, gerekli denge koşullarından hareketle çözümler yapılmıştır (Açıkgöz ve Çatalbaş, 2010: 2). Özellikle parametrik olmayan yöntemlerde büyüme muhasebesi çerçevesinde, emek ve sermayenin çıktı esneklikleri tahmin edilerek, büyümenin kaynakları araştırılmaktadır. Bununla birlikte her iki yöntem de kendi içinde çeşitli sorunlar ve kısıtlamalar barındırmaktadır. Bu çalışmada belirli matematiksel formları olan üretim fonksiyonları aracılığı ile çıktı esnekliklerini ve özellikle de ikame esneklikleri tahmin edilmiş ve bu nedenle çalışmada parametrik tahmin yöntemleri seçilmiş olup, yazın taraması yapılırken de –özellikle- parametrik tahmin yöntemlerini kullanan çalışmalar ele alınmıştır.

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 sorunlar üzerinde durulmuştur. Daha sonra her bir üretim fonksiyonuna (sırasıyla Cobb-Douglas, CES, VES ve Translog üretim fonksiyonları) ilişkin ampirik yazın ayrı başlıklar altında incelenmiştir. Çalışmada yazın incelenirken seçilen çalışmaların tamamı çizelgelerde özetlenmiştir. Bununla birlikte bazı önemli çalışmalar -özellikle de- ekonometrik olarak üretim fonksiyonlarında kendi dönemi için yeni tahmin yöntemini ilk defa kullanan çalışmalar metin içerisinde sunulmuştur. Böyle bir seçim yapılmasının temel nedeni, çalışmada üretim fonksiyonlarına ait parametrelerin tahmininde yeni ekonometrik tahmin yöntemlerinin kullanılacak olmasıdır. Bu bölümün son başlığında ise Türkiye için yapılan farklı üretim fonksiyonu tahminlerine ilişkin çalışmalara yer verilmiştir.

3.1. Üretim Fonksiyonlarının Tahmininde Karşılaşılan Problemlere İlişkin Yazın

Üretim fonksiyonlarına ilişkin yazın araştırılırken aslında en doğru başlangıç noktası yine Cobb ve Douglas'ın geliştirmiş oldukları üretim fonksiyonunu tanıttıkları ve 1928 yılında yayınladıkları çalışmadır. Cobb ve Douglas çalışmalarında, 1889-1922 dönemi için ABD imalat sanayine 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- üretim fonksiyonlarının tahminleri ile ilgili çok sayıda çalışma söz konusudur. Bu çalışmaların bir kısmı üretim fonksiyonunun tahmininde karşılaşılan problemlere yöneliktir. Buradan özellikle Marschak ve Andrews (1944)'in çalışmasından bahsetmekte yarar vardır. Çünkü bahsi geçen çalışma, üretim fonksiyonlarının tahmininde karşılaşılan sorunlara yönelik ilk ciddi eleştiriyi içermektedir. Marschak ve Andrews (1944) çalışmalarında, ABD, Avustralya ve Kanada'ya ait verileri kullanmıştır ve bireysel firmaları tek ve aynı sanayiye ait kabul etmiş 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 girdiler hem de üretim aynı anda birlikte belirlenmektedir. Bu nedenle çalışmalarında 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 önermiş ve 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 yansız olacağı yönündedir. Kmenta (1964) ise çalışmasında, Hoch'un geliştirdiği Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu 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 fonksiyonuna ait parametrelerin tahmininde, rekabet ve kâr 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 yanlış olması durumunun ortadan kaldırılamasa bile en küçük kareler tahmincisi ile tutarlı tahminler elde edilebileceğini ifade etmişlerdir. Çünkü onlara göre hata terimine dâhil edilen her durum sadece üretim ilişkileri çerçevesinde girişimci tarafından belirlenmemektedir. Bu nedenle iklim gibi dışsal faktörler nedeniyle tahminler yanlış 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 yanlış 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), eşanlı denklemleri (Maddala ve Kadane, 1966; Nerlove, 1967), serisel korelasyonu (Griliches, 1967) ve gecikmeleri (Griliches, 1967; Jorgenson, 1972) içerecek şekilde çeşitli hipotezler geliştirilmiştir.

Goldberger (1968) ise ABD için 1869-1963 verileri yardımıyla Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu tahmin etmiş ve koşullu medyan ve koşullu ortalamayı dikkate alarak en küçük kareler tahmincisi alternatif tahminciler türetmiştir. Elde edilen bulgular koşullu medyan ve koşullu ortalamanın minimum varyanslı yansız tahmincisi en iyi yöntem olarak elde edilmiştir.

2000’li yıllara girerken Blundell ve Bond (2000) çalışmalarında, 1982-1989 yılları arasında gözlemlenen ABD imalat sanayinde yer alan 509 AR-GE performanslı firmanın verilerinden yararlanarak Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu 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 ölçeğe 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 kullanılması gerektiğini ifade etmiştir.

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

Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda yer alan parametrelerin tahminine ilişkin ampirik yazında yer alan ve bu tezde incelenen çalışmalar Çizelge 3.1'de özetlenmiştir. Bu çizelgede özellikle ekonometrik tahmin yöntemlerine baktığımızda öncelikle en küçük kareler tahmincisinin ağırlıklı olarak kullanıldığı söylenebilir. Bununla birlikte son yıllarda panel veri analiz tekniklerindeki gelişmelerle birlikte panel veri analizinin de kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Aşağı kısımda, Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun tahmininde önemli olan ve kendisinden önceki çalışmalara kıyasla farklı ekonometrik tahminci kullanan çalışmalar özetlenmiştir.

Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun 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.

Çizelge 3.1. 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 Sanayi	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 (1943)	Kanada sanayi sektörü	1923, 1927, 1935 ve 1937	Regresyon analizi	Emek ve sermaye ^a
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 sanayi	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 sanayinde yer alan	1982-1989	Genelleştirilmiş Momentler Methodu	Emek ve sermaye ^{ab}

	509 AR-GE performanslı firma			
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 içi 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 ve Mudzingiri (2017)	Güney Afrika Kalkınma Topluluğu'na üye 9 ülke için imalat sektörü	2000-2013	Panel veri analizi sabit etkiler tahmincisi	Emek, sermaye, 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 fonksiyonunu 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 endüstrisi için verilerden yararlanmışlardır. Tahmin için en küçük karelerin yanı sıra Cobb Douglas üretim fonksiyonunun tahmininde ilk defa iki aşamalı en küçük kareler tahmincisini, doğrusal programlamayı, tek denklemlili quadratik programlama ve çok denklemlili quadratik 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 quadratik programlama da 0.11 olarak elde edilmiştir.

Wickens (1970), 1900-1960 dönemi itibari ile ABD için Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu tahmin etmiştir. Analiz için en küçük kareler tahmincisini kullanmıştır. Çalışmanın temel amacı, yazındaki diğer çalışmalardan farklı olarak Cobb-Douglas üretim fonksiyonundaki 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 fonksiyonunu 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 fonksiyonunu tahmin etmişlerdir. Yazında yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak panel veri analiz teknikleri aracılığıyla, sabit etkiler tahmincisi 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 fonksiyonunu 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 olabilirlik yöntemini kullanmışlardır. Bulgular Çin Ekonomisi'nin beşeri sermaye birikiminin 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 fonksiyonunu 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.

Inglesi-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 yazında 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.

Yazına genel olarak baktığımızda, Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun ağırlıklı olarak EKK tahmincisi kullanılarak tahmin edildiği görülmektedir. Bununla birlikte son yıllarda ülke grupları dikkate alınarak Panel Veri Analiz Teknikleri ile Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun tahmin edildiği söylenebilir. Ancak söz konusu tahminler gerçekleştirilirken girdiler arasındaki uzun dönemli ilişkinin araştırılmadığı ve Homojen ve Heterojen Panel Veri Teknikleri'nin dikkate alınmadığı görülmektedir. Bu durum ampirik analizler gerçekleştirilirken dikkate alınacaktır.

3.3. CES Üretim Fonksiyonu'na İlişkin Ampirik Yazın

Arrow vd. (1961) geliştirdikleri CES üretim fonksiyonunu 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 fonksiyonuna ilişkin çok sayıda tahmin yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı Çizelge 3.2'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 Kemfert (1998) CES üretim fonksiyonunu farklı ülke, farklı dönem ve farklı sektörler için tahmin etmişlerdir.

Çizelge 3.2. 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
Brockway vd. (2017)	İngiltere, ABD ve Çin	1980-2010	Heningsen ve Henningsen Süreci	Emek, sermaye ve enerji ^b	0.001 ile sonsuz 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.

Bahsi geçen çalışmalardan yeni tahmin yöntemi veya yeni CES üretim fonksiyonu spesifikasyonu ile ilgili yapılan çalışmalarda aşağıda özetlenmiştir. Bu bağlamda Kmenta (1967)'nin çalışması önemli bir yapı taşı oluşturmaktadır. Kmenta (1967) Arrow vd. (1961)'nin oluşturdıkları CES üretim fonksiyonunda yer alan ölçeğe göre sabit getiri varsayımının değiştirilmesi gerektiğini ifade ederek, üretim fonksiyonuna ölçek parametresini eklemiştir²¹. Söz konusu parametrenin tahminine göre üretim fonksiyonunun ölçeğe göre sabit, artan veya azalan getirilere sahip olduğuna karar verilebilmektedir. Ayrıca Kmenta CES üretim fonksiyonunun 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 fonksiyonunu 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

²¹ Ölçek parametresi ile oluşturulan CES üretim fonksiyonu 2. Bölümde yer alan Sabit İkame Esneklikli (CES) üretim fonksiyonu başlığı altında anlatılmıştır.

fonksiyonunun 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.

$$Q = \gamma [\delta CES_1 + (1 - \delta) CES_2]^{-\frac{v}{p}} \quad (3.1)$$

$$Q = \gamma \left[\delta (\delta_1 x_1^{-\rho_1} + (1 - \delta_1) x_2^{-\rho_1})^{\rho/\rho_1} + (1 - \delta) (\delta_2 x_3^{-\rho_2} + (1 - \delta_2) x_4^{-\rho_2})^{\rho/\rho_2} \right]^{-v/\rho} \quad (3.2)$$

(3.1) numaralı fonksiyonda yer alan düşük seviyeli CES fonksiyonunda yer alacak katsayıların normalleştirilmiş olduğunu varsaymak zorundayız. Çünkü bu normalleştirme olmaksızın yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun tüm katsayıları tahmin edilemez. Bu çerçevede yuvalanmış dört girdili CES fonksiyonu (3.2) 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 (3.3) numaralı eşitlikteki gibi sunulabilmektedir:

$$Q = \gamma \left[\delta (\delta_1 x_1^{-\rho_1} + (1 - \delta_1) x_2^{-\rho_1})^{\rho/\rho_1} + (1 - \delta) x_3^{-\rho} \right]^{-v/\rho} \quad (3.3)$$

CES fonksiyonunun yuvalanması ampirik çalışmalar ve iktisat teorisinde bir çok uygulama için alternatif bir seçim yaratır ve esnekliği artırır. Ancak 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 fonksiyonuna 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 fonksiyonuna 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 fonksiyonunu 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 fonksiyonunun tahmini için ilk defa optimizasyon algoritmalarına dayanarak doğrusal olmayan en küçük kareler tahmincisini kullanmışlardır. Bu çerçevede, dört girdiye kadar yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun tahminine imkân tanımakla beraber söz konusu tahminlerle CES üretim fonksiyonunda 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) ve Brockway vd. (2017) çalışmalarında Henningsen ve Henningsen (2011)'in CES üretim fonksiyonunun tahmini için geliştirdikleri tahmin sürecini kullanmışlar ve farklı dönem ve farklı ülke ve sektör grupları için farklı girdiler aracılığı ile ikame esnekliklerini tahmin etmişlerdir.

Yazın incelendiğinde özellikle Henningsen ve Henningsen (2011)'in CES üretim fonksiyonunun tahmini için geliştirdikleri ve optimizasyon algoritmalarına dayanarak doğrusal olmayan tahmin yöntemi oldukça yeni olmakla birlikte, CES üretim fonksiyonunun parametrelerine ilişkin önemli bilgiler sunmaktadır. Bununla birlikte, Henningsen ve Henningsen (2011) tarafından geliştirilen bu yöntem yazındaki çalışmalarda ülke bazında yani zaman serisi teknikleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Bu çalışmada, bu yöntem yazındaki diğer çalışmalardan farklı olarak, panel veri analiz teknikleri kullanılarak gerçekleştirilecektir.

3.4. VES Üretim Fonksiyonu'na İlişkin Ampirik Yazın

Revankar'ın geliştirdiği VES üretim fonksiyonuna ilişkin ampirik yazında çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu durumun birkaç nedeni vardır. İlk olarak oluşturulan üretim fonksiyonunun karmaşık yapısı söz konusu üretim fonksiyonuna 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 fonksiyonuna 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 yazındaki 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 fonksiyonunun tahminine ilişkin yazın gelişmeye devam etmekle birlikte, tahminlerin bazı varsayımlar geliştirilerek gerçekleştirilmesi söz konusudur. Bu bölümde Revankar'ın geliştirdiği VES üretim fonksiyonuna ilişkin birkaç çalışma üzerinde durulacaktır. Bu çalışmalar Çizelge 3.3'te özetlenmiştir.

Çizelge 3.3. 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 Sanayi	1958	EKK	Emek ve Sermaye ^b	0.57 ile 0.86 arasında
Lovell (1973b)	ABD İmalat Sanayi	1947-1968	EKK	Emek ve Sermaye ^a	0.47
Kazi (1980)	Hindistan İmalat Sanayi	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 19 sektör	Polonya için 1970-1979, Batı Almanya için 1950-1974	Doğrusal ve Doğrusal Olmayan EKK	Emek ve Sermaye ^b	İkame esnekliğinin değişken olduğu ifade edilmiştir
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)	Botswana	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 etmişlerdir. Daha sonra bu ikame parametresinden

yararlanarak üretim fonksiyonunda yer alan diğer parametreleri tahminini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada 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. Normal şartlarda ilk aşamada üretim fonksiyonunu, ikinci aşamada ise ikame esnekliğini tahmin edilmektedir. Fakat Chmielarz ve Stachurski üretim fonksiyonları tahminlerine yönelik yeni formlar oluşturmuşlar ve ilk olarak ikame esnekliğinin değiştirilmesi varsayımından hareketle yeni bi 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. Görüldüğü üzere yazında VES üretim fonksiyonu ile ilgili çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Gerçekleştirilen çalışmalar ise VES üretim fonksiyonunun karmaşık yapısı nedeni ile belirli kısıtlar altında yapılmıştır. Bu çalışmada da benzer şekilde belirli kısıtlar altında VES üretim fonksiyonundan elde edilen ikame esnekliği katsayısı tahmin edilecektir.

3.5. Translog Üretim Fonksiyonu'na İlişkin Ampirik Yazın

Christensen, Jorgenson ve Lau (1973) tarafından geliştirilen Translog üretim fonksiyonuna ilişkin çalışma aynı zamanda ilk ampirik analizlerden biridir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında yaptıkları incelemede 1929-1969 dönemine ait ABD İmalat Sanayi verilerini kullanmışlardır. Geliştirilen Translog üretim fonksiyonunu tahmin etmek için en küçük kareler tahmincisini kullanmışlardır. Yazında Translog üretim fonksiyonunu 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 Çizelge 3.4'de özetlenmiştir.

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

Çizelge 3.4. 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 Sanayi	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 Sanayi	1963	Üç aşamalı EKK	Emek ve sermaye ^a	-5.63 ile 2.18 arasında
Woodland (1975)	Kanada'da yer alan 10 sektör	1946-1969	EKK	Bina, teçhizat ve emek ^a	-0.005 ile 0.144 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 Sanayi	25 yıllık, 19 yıllık ve 109 elektrik üretim bölgesinden 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 Sanayi	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 (2000)	Yunanistan 125 zeytinyağı üreticisi	1987-1993	Panel Uygulanabilir Genelleştirilmiş EKK	Sermaye, emek, gübre ve toprak ^b	1.001 ile 1.745 arasında
Evans, Green ve Murinde (2002)	82 ülke	1972-1992	Panel Veri Analizi Rassal Etkiler Tahmincisi	Emek, fiziksel sermaye, para arzı, 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 olasılık tahmini	Emek, sermaye ve beşeri sermaye ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
Krishnapillai ve Thompson (2012)	İngiltere İmalat Sanayi	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 (2016)	Pakistan taşımacılık sektörü	1980-2013	Ridge regresyon yöntemi	Emek, sermaye ve enerji ^b	0.995 ile 1.02 arasında
Lin ve Ahmad (2016)	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 kullanmıştır. Aynı şekilde Zellner (SUR) tahmincisini Khalil (2005) ve Krishnapillai ve Thompson (2012) da çalışmalarında Translog üretim fonksiyonunu tahmin etmek için kullanmışlardır.

White (1980) çalışmasında kendi simülasyon yöntemi ile oluşturduğu 200 gözlem yardımıyla Cobb-Douglas ve Translog üretim fonksiyonunun 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 fonksiyonunu 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 fonksiyonundan 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 fonksiyonunu yazındaki diğer çalışmalardan farklı olarak GMM tahmincisini kullanarak tahmin etmişlerdir. Diğer taraftan, Li ve Liu (2011) Translog üretim fonksiyonunu panel veri analiz teknikleri çerçevesinde, stokastik sınır analizi ve en yüksek olabilirlik tahmincisini kullanarak tahmin etmişlerdir.

Smyht, Narayan ve Shi (2011) çalışmalarında, Çin demir çelik sektörü için 1978-2007 dönemine ait veriler aracılığıyla Translog üretim fonksiyonunu 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 fonksiyonunun 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. Yazındaki çalışmalar incelendiğinde son yıllarda Ridge Regresyon yöntemi Translog üretim fonksiyonunun tahmininde yaygın olarak kullanılması dikkat çekicidir.

3.6. Türkiye Üzerine Yapılan Üretim Fonksiyonlarına İlişkin Yazın

Çalışmada son yıllarda Türkiye üzerine yapılan ampirik çalışmalara ayrı olarak yer verilmiş ve bu başlık altında yer alan çalışmalar Çizelge 3.5’de özetlenmiştir. Bu çalışmalardan ilki Akan (2002) tarafından Türkiye imalat sanayine yönelik yapılan çalışmadır. Çalışmada 1979-1999 dönemine ait veriler yardımıyla CES üretim fonksiyonunu tahmin etmişlerdir. Çalışmada en küçük kareler tahmincisinden yararlanılmışlardır. Tahmin edilen ikame esnekliğinin 1 olduğunu belirtmiş ve bu nedenle Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun Türkiye İmalat Sanayi’ni açıklamakta daha iyi bir üretim fonksiyonu olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca ele alınan dönemde Türkiye imalat sanayinde ölçeğe göre artan getirilerin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

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 fonksiyonundan 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 sanayi 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 sanayi olsun, gerekse de tekstil sektörü olsun her ikisinde de ölçeğe göre artan getiri koşulları geçerlidir. CES üretim fonksiyonunda ikame esnekliği yaklaşık olarak 1 olarak tahmin edilmiştir. Sonuçlar Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun, 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 sanayi kuruluşunun etkinlik yapısını belirlemek için Stokastik sınır analizinden yararlanmışlardır. 1993-2000 dönemine ait verilerden yararlanılan çalışmada 243 firma analize dâhil edilmiş olup, Translog ve Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan 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 fonksiyonunu kullanarak araştırmıştır. Çalışmada Johansen Eşbütünleşme Tekniği ve FM-OLS tahmincisini kullanmıştır. Çalışmada ele alınan dönemde Türkiye Ekonomisi’nin 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 fonksiyonundan 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 ulaşp ulaşmadığını 1986-2000 dönemine ait 57 il verileri aracılığıyla Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu 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.

Çizelge 3.5. 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 Sanayi	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 Sanayi ve Tekstil Sektörü	1985-2001	Johansen Eşbütünleşme ve	Çevirici güç kapasitesi ve emek ^b	1
Kök ve Yeşilyurt (2006)	Cobb-Douglas ve Translog	Türkiye İmalat Sanayinde yer alan 243 firma	1993-2000	Stokastik Sınır Analizi	Emek ve sermaye ^b	İkame esnekliği hesaplanmamıştır
İsmihan (2009)	Cobb-Douglas	Türkiye	1960-2006	Johansen Eşbütünleşme Tekniği ve FM-OLS tahmincisini	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 Sanayi 57 il	1986-2000	Panel veri analizi, sabit etkiler tahmincisi	Özel ve kamu sabit 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 Ayırıştırması	Emek, sermaye ve elektrik tüketimi ^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.

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 etkinsiz 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 fonksiyonundan 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 fonksiyonunu 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 fonksiyonundan 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.

Görüldüğü üzere Türkiye'de üretim fonksiyonlarının tahmininde en çok kullanılan fonksiyon Cobb-Douglas üretim fonksiyonudur. Bu çalışmada yer verilen on üç çalışmadan sadece birinde VES üretim fonksiyonuna ilişkin tahmin gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sadece üç çalışmada ikame esnekliği katsayısı tahmin edilmiştir. Buradan da anlaşılabacağı üzere ülkemizde üretim fonksiyonları tahmin edilmekle beraber, girdiler arasındaki ikame ilişkileri dolayısıyla da ikame esnekliği hakkında çok az sayıda çalışma yapılmıştır. Bu durum söz konusu ikame ilişkilerinin araştırılmasının önemini ortaya koymaktadır.

4. AMPİRİK MODELLER, METODOLOJİ VE BULGULAR

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde üretim fonksiyonlarına ait parametrelerin ve ikame esnekliği katsayılarının tahmini için öncelikli olarak çalışmada ampirik analizde kullanılan veri seti tanıtılacaktır. Daha sonra tahmin edilecek üretim fonksiyonlarına temel oluşturacak modellerden bahsedilecek ve bu modellerin tahmini için kullanılacak olan ekonometrik yöntemlere ait metodoloji sunulacaktır. Son olarak da, gerçekleştirilen ampirik analizlerden elde edilen bulgulara yer verilecektir.

4.1. Veri Seti

Çalışmada ampirik analiz için, 1982-2014 dönemini kapsayacak şekilde 22'si gelişmiş, 12'si gelişmekte olan toplam 34 ülkeye ait verilerden yararlanılmıştır. Tezde ülke ve dönem bağlamında yapılan kısıtlamanın temel gerekçesi, veri setinin oluşturulmasında ülkelerin çalışmada kullanılan ilgili verilerine ulaşılabilirlik ölçüsünde seçim yapılmıştır. Bu çerçevede ele alınan ülkeler ve dönem itibari ile en kapsamlı veri seti oluşturulmuştur.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ayrımında ampirik çalışmalarda genellikle iki sınıflama önplana çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, Dünya Bankası'nın yapmış olduğu Atlas Metodu'na dayanan gelir sınıflamasıdır. İkincisi ise Birleşmiş Milletler tarafından ilan edilen İnsani Gelişme Endeksi'dir. İnsani Gelişme Endeksi, Dünya Bankası gelir sınıflamasından farklı olarak ülkeleri sınıflandırırken, sadece milli gelire bakmayıp insanların refahının da kısa bir tanımını içerecek şekilde insani gelişmenin bir ölçümünü de yapmaktadır. Bu ölçümü yaparken uzun ve sağlıklı yaşamı (yaşam ömrü ile ölçülür), eğitim durumunu (yetişkin okur-yazarlığı ve ilkökul, ortaokul ve liseye kayıt sayısı) ve saygın/iyi şekilde yaşam standardına sahip olmayı (satın alma gücü paritesi ve kişi başına düşen gelir ile ölçülür) içeren üç farklı temele dayanmaktadır. Bu nedenle, Birleşmiş Milletler tarafından sunulan İnsani Gelişme Endeksi, Dünya Bankası Gelir Sınıflaması'ndan daha kapsamlı olup, bu çalışma da İnsani Gelişme Endeksi'ne göre ülkelerin ayrımı yapılmıştır.

İnsani Gelişme Endeksi'nde, Çok Yüksek İnsani Gelişme, Yüksek İnsani Gelişme, Orta İnsani Gelişme ve Düşük İnsani Gelişme olacak şekilde dört farklı sınıflama vardır. Çalışmada bu sınıflamalardan ilk ikisinde yer alan ülkelere verilerine ulaşılabilen ülkeler tercih edilmiştir. Diğer iki sınıflamanın çalışma dışında bırakılmasının iki nedeni vardır.

Bunlardan birincisi, veri setine ulaşma zorlukları, ikincisi ise söz konusu ülkelerin üretim fonksiyonlarının tahmininde yeterli sermaye birikimine sahip olmamasıdır. Tüm bu çerçevede analize dâhil edilen toplam 34 ülke Çizelge 4.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Ampirik Analizde Yer Alan Ülkeler

<i>Gelişmiş Ülkeler</i>		<i>Gelişmekte Olan Ülkeler</i>
<i>Arjantin</i>	<i>İsrail</i>	<i>Arnavutluk</i>
<i>Avustralya</i>	<i>İtalya</i>	<i>Cezayir</i>
<i>Avusturya</i>	<i>Japonya</i>	<i>Brezilya</i>
<i>Belçika</i>	<i>Lüksemburg</i>	<i>Bulgaristan</i>
<i>Kanada</i>	<i>Yeni Zelanda</i>	<i>Çin</i>
<i>Şili</i>	<i>Norveç</i>	<i>Kolombiya</i>
<i>Finlandiya</i>	<i>Polonya</i>	<i>Malezya</i>
<i>Fransa</i>	<i>Romanya</i>	<i>Meksika</i>
<i>Yunanistan</i>	<i>İspanya</i>	<i>Peru</i>
<i>Macaristan</i>	<i>İsviçre</i>	<i>Tayland</i>
<i>İrlanda</i>	<i>ABD</i>	<i>Türkiye</i>
		<i>Venezuela</i>

Çalışmada üretim fonksiyonlarında 4 farklı girdi tanımlanmış olup bunlar sırasıyla sermaye (*K*), emek (*L*), doğalgaz tüketimi (*GAS*) ve petrol tüketimi (*PET*)'dir. Çıktıyı temsilen ülkelerin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (*GDP*) değerleri kullanılmıştır. Ampirik analizde kullanılan değişkenlere ait tanımlamalar ve veri kaynakları aşağıda belirtilmiştir.

- *Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GDP) ve Sermaye (K)* değişkeni 2011 yılı Dolar fiyatları (2011=100) ile reelleştirilmiştir. Söz konusu değişkenler Penn World Table (PWT) 9.0'dan elde edilmiştir.
- *Emek (L)*, söz konusu ülkede istidam edilen emek miktarının sayısal değeri olup PWT 9.0'dan elde edilmiştir. Ülkeler arasındaki emeğin nitelik farklılığını azaltmak için söz konusu değişken yine PWT 9.0'da yer alan Beşeri Sermaye Endeksi ile çarpılmıştır. PWT 9.0 veri setinde Beşeri Sermaye Endeksi, Barro-Lee (2013) beşeri sermaye endeksine dayanmaktadır. Barro-Lee (2013) beşeri sermaye endeksi, eğitimin getirisini, eğitimin özel/sosyal faydalarını ve işgücünün verimliliğini içermektedir. Bu bağlamda, beşeri sermayeyi hem nicelik hem de nitelik olarak ölçen önemli bir endekstir.
- *Doğalgaz Tüketimi (GAS) ve Petrol Tüketimi (PET)*, değişkenlerine ait veriler The U.S. Energy Information Administrations (ABD Enerji Bilgi İdaresi) tarafından sunulan International Energy Statistics (Uluslararası Enerji İstatistikleri)'den derlenmiş olup, her iki değişken de petrol eşdeğeri milyon metrik ton olarak alınmıştır.

Hem gelişmiş ülkeler için hem de gelişmekte olan ülkeler için panel veri setine ait betimleyici istatistikler Çizelge 4.2.'de sunulmuştur. Söz konusu her iki veri setinde de dengesiz bir panel olduğu açıktır. Bu dengesizliğin temel nedeni kullanılan değişkenlerin birim değerlerinin farklı olmasıdır. Bu durum ikame esnekliği katsayısı tahminlerinde bir sorun oluşturmamaktadır. Çünkü ikame esnekliği, kullanılan girdilerin ölçüm birimlerinden bağımsızdır (Koutsoyiannis, 1997: 87).

Çizelge 4.2. Değişkenlere Ait Betimleyici İstatistikler

<i>Gelişmiş Ülkeler</i>					
Değişken	Birim	Ortalama	Maksimum	Minimum	Standart Sapma
GDP	Milyon \$	1196647.00	16490192.00	7956.32	2573580.00
K	Milyon \$	4119166.00	51190644.00	60931.61	8164232.00
L	Milyon	52.81	552.70	0.42	101.58
GAS	Milyon Metrik Ton	42.93	690.57	0.01	114.81
PET	Milyon Metrik Ton	79.54	1018.55	1.08	186.52
<i>Gelişmekte Olan Ülkeler</i>					
Değişken	Tanım	Ortalama	Maksimum	Minimum	Standart Sapma
GDP	Milyon \$	1076660.00	17150538.00	9037.93	2165563.00
K	Milyon \$	3421642.00	67590072.00	31248.24	7473213.00
L	Milyon	162.47	1971.51	2.13	405.77
GAS	Milyon Metrik Ton	16.94	168.59	0.01	20.205
PET	Milyon Metrik Ton	50.41	571.31	0.63	82.325

4.2. Ampirik Modeller

Çalışmada ampirik analiz gerçekleştirilirken ele alınacak olan üretim fonksiyonunun tahmin edilmesine ilişkin yazında sunulan temel özellikler dikkate alınmıştır. Buna göre Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu iki ya da daha fazla girdi içerecek şekilde tahmin etmek mümkündür. Bununla birlikte CES üretim fonksiyonu her ne kadar Arrow vd. (1961)'de iki girdili olarak verilmiş olsa da, Sato (1967) tarafından CES üretim fonksiyonu üç ya da dört girdili olacak şekilde yeniden düzenlemiştir. Yuvalanmış (*Nested*) CES üretim fonksiyonu adını verdiği bu üretim fonksiyonu yardımıyla üç ya da dört girdili olacak şekilde CES üretim fonksiyonunu tahmin etmek mümkündür. Bununla birlikte Revankar (1971) tarafından geliştirilen VES üretim fonksiyonu iki girdili olacak şekilde sunulmuş olup üç ya da dört girdili olacak şekilde VES üretim fonksiyonu geliştirilmemiştir.

Bu bağlamda, çalışmada ampirik analiz gerçekleştirilirken üretim fonksiyonlarına ilişkin yukarıda belirtilen durumlar dikkate alınmış olup, kullanılacak olan 4 girdi (emek, sermaye, doğalgaz tüketimi ve petrol tüketimi) için iki farklı üretim fonksiyonu oluşturulmuştur. Bu üretim fonksiyonlarından birincisi, girdi olarak emek ve sermayenin kullanıldığı klasik üretim fonksiyonudur $Q = f(K, L)$. İkincisi ise emek ve sermayeye ek olarak doğalgaz ve petrol tüketim miktarlarını da içeren dört girdili üretim fonksiyonudur $Q = f(K, L, GAS, PET)$.

Cobb-Douglas üretim fonksiyonu için oluşturulan iki farklı üretim fonksiyonu (4.1) ve (4.2) numaralı denklemlerde sunulmuştur.

$$GDP = AK^{\alpha}L^{\beta} \quad (4.1)$$

$$GDP = AK^{\alpha}L^{\beta}GAS^{\gamma}PET^{\delta} \quad (4.2)$$

Yukarıdaki iki üretim fonksiyonunu doğrusal formda ifade etmek istersek, her iki tarafın doğal logaritması alınır. Çalışmada iki farklı ülke grubuna ait Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu tahmin etmek için doğrusal panel veri analiz tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu çerçevede (4.1) ve (4.2) numaralı denklemleri tahmin edilecek olan panel veri modeli haline getirecek olursak sırasıyla (4.3) ve (4.4) numaralı modellere ulaşırız:

$$\ln GDP_{it} = \varphi + \alpha \ln K_{it} + \beta \ln L_{it} + u_{it} \quad (4.3)$$

$$\ln GDP_{it} = \varphi + \alpha \ln K_{it} + \beta \ln L_{it} + \gamma \ln GAS_{it} + \delta \ln PET_{it} + u_{it} \quad (4.4)$$

Bu modellerde değişkenlerin tanımları bir önceki bölümde verilmiştir. α , β , γ , δ ve φ tahmin edilecek olan parametreleri vermektedir. u_{it} ise hata terimidir.

Çalışmada CES Üretim fonksiyonunu tahmin etmek için doğrusal olmayan panel EKK tahmincisiinden yararlanılmış olup, optimizasyon algoritmaları kullanılmıştır. Söz konusu tahminlerin gerçekleştirilebilmesi için eşitlik (4.5) ve (4.6)'da olduğu gibi iki farklı CES modeli oluşturulmuştur.

$$GDP_{it} = \gamma e^{\lambda t} [\delta K_{it}^{-\rho} + (1 - \delta) L_{it}^{-\rho}]^{-\frac{v}{\rho}} \quad (4.5)$$

$$GDP_{it} = \gamma e^{\lambda t} \left[\delta (\delta_1 K_{it}^{-\rho_1} + (1 - \delta_1) L_{it}^{-\rho_1})^{\frac{\rho}{\rho_1}} + (1 - \delta) (\delta_2 GAS_{it}^{-\rho_2} + (1 - \delta_2) PET_{it}^{-\rho_2})^{\frac{\rho}{\rho_2}} \right]^{-\frac{v}{\rho}} \quad (4.6)$$

γ , δ , v 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. v , ölçek parametresi olup, pozitif bir değer almakla birlikte, birden küçük ise ölçeğe göre değişken getiri, birden büyük ise ölçeğe göre artan getiri ve bire eşit ise ölçeğe göre sabit getiri söz konusudur. ρ , ikame esnekliğinin bir dönüşümü olan ikame parametresi olup -1 ile artı sonsuz arasında bir değer alacaktır. Her iki modele, panel veri gruplarında yer alan her bir ülke için Hicks-yansız teknolojik gelişme modeline dayanan bir trend serisi ($e^{\lambda t}$) eklenmiştir. Bu değişkende yer alan λ teknolojik değişim oranını, t ise zaman değişkenini ifade etmektedir.

VES üretim fonksiyonunun dört girdi olacak şekilde tahmin etmek yuvalanmış (nested) VES yapısı geliştirilmediği için mümkün değildir. Bu nedenle sadece emek ve sermaye girdilerinden oluşan VES üretim fonksiyonu tahmin edilecektir. Revankar (1971)'in geliştirdiği emek ve sermaye üretim faktörlerini içeren ve tahmin edilecek olan VES üretim fonksiyonu (4.7) numaralı eşitlikte sunulmuştur:

$$GDP = \gamma K^{v(1-\delta\rho)} [L + (\rho - 1)K]^{v\delta\rho} \quad (4.7)$$

Eşitlikte yer alan parametreler, CES üretim fonksiyonunda yer alan parametrelerle aynıdır. Bununla birlikte, ikame parametresi ile dağıtım parametresinin çarpımı sıfır ile bir arasında olmalıdır ($0 \leq \delta\rho \leq 1$). Ayrıca ($0 \leq \delta\rho \leq 1$) olması şartıyla ρ , ikame parametresi arttıkça formül gereği ikame esnekliği de sonsuza doğru artmaktadır.

VES üretim fonksiyonunun tahmininden önce, bazı varsayımların ön kabulü söz konusudur. Firmalar kârın beklenen değerini maksimize ettiği ve hem mal hem de faktör piyasalarında tam rekabet şartları geçerli olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayımlar altında yukarıdaki VES üretim fonksiyonu logaritmik olarak ifade edilirse, (4.8) numaralı modele ulaşılır.

$$\ln GDP_{it} = \ln \gamma + v(1 - \delta\rho) \ln K_{it} + v\delta\rho \ln [L_{it} + (1 - \rho)K_{it}] \quad (4.8)$$

Bu modelde,

$$\ln \gamma = b_0$$

$$v(1 - \delta\rho) = b_1$$

$$v\delta\rho = b_2$$

olarak ifade edilir ve VES üretim fonksiyonu tekrar yazılırsa (4.9) numaralı model elde edilir.

$$\ln GDP_{it} = b_0 + b_1 \ln K_{it} + b_2 \ln [L_{it} + (1 - \rho)K_{it}] \quad (4.9)$$

4.3. Metodoloji

Bu bölümde çalışmada kullanılan tahmin yöntemlerine ilişkin bilgi verilecektir. Burada Cobb-Douglas, CES ve VES üretim fonksiyonlarına ilişkin kullanılan ekonometrik teknikler ise ayrı başlıklar halinde sunulacaktır.

4.3.1. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun tahmini için kullanılan yöntemler

Çalışmada Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu tahmin etmek için doğrusal panel veri analiz tekniklerinden yararlanılmış olmakla birlikte yazında yer alan ekonometrik tekniklerden farklı yöntemler tercih edilmiştir. Bu bağlamda, ülkeler arasındaki bağımlılığın tespiti, Breusch-Pagan (1980), Pesaran (2004) ve Pesaran, Ullah ve Yagamata (2008) tarafından geliştirilen yatay kesit bağımlılığı testleri ile araştırılmıştır. Çalışmada ele alınan değişkenlerin durağanlığı Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS panel birim kök testi çerçevesinde incelenmiştir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi Westerlund ve Edgerton (2007) tarafından geliştirilen Bootstrap Panel Eşbütünleşme testi ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca değişkenlere ait eşbütünleşme katsayılarının homojen mi yoksa heterojen mi olduğunun tespiti Pesaran ve Yagamata (2008) tarafından geliştirilen Delta testi kullanılmıştır. Son olarak, eşbütünleşme katsayılarının tahmini Eberhardt ve Bond (2009) tarafından geliştirilen AMG tahmincisi (Augmented Mean Group Estimator – Arttırılmış Ortalama Grup Tahmincisi) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.3.1.1. Yatay kesit bağımlılığı testleri

Yatay kesit bağımlılığını test etmek için yazında genellikle 4 farklı test kullanılmaktadır. Birincisi, Breusch-Pagan (1980) tarafından geliştirilen CD_{BP} testidir. Bu test kesit boyutu sabit, zaman boyutu sonsuza giderken geçerli olup (4.10) numaralı denklem ile tahmin edilmektedir:

$$CD_{BP} = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{i,j}^2 \quad (4.10)$$

(4.10) numaralı denklemde $\hat{\rho}$ kesitlere ait en küçük kareler (EKK) tahminlerinden elde edilen artıklar arasındaki yatay kesit korelasyonlarının tahminlerini göstermektedir. “Yatay kesit bağımlılığı yoktur” yokluk hipotezi altında geliştirilen CD_{BP} testi $N(N-1)/2$ serbestlik derecesi ile χ^2 dağılımına sahiptir.

Çalışmada kullanılan yatay kesit bağımlılığı testlerinden ikincisi, Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD_{LM1} testi olup, bu test zaman ve kesit boyutu sonsuza giderken geçerlidir. Testte “Yatay kesit bağımlılığı yoktur” yokluk hipotezi geçerlidir. Bu hipotez standart normal dağılıma sahip olup CD_{LM1} testi (4.11) numaralı denklem ile test istatistiği tahmin edilmektedir.

$$CD_{LM1} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T\hat{\rho}_{i,j}^2 - 1) \quad (4.11)$$

Çalışmada kullanılan üçüncü yatay kesit bağımlılığı testi, yine Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD_{LM} testidir. Diğer testlerle benzer şekilde, “Yatay kesit bağımlılığı yoktur” yokluk hipotezi geçerli olan bu test standart normal dağılıma sahiptir. Test zaman boyutu sabit ve kesit boyutu sonsuza giderken kullanılmakta olup, (4.12) numaralı denklem ile test istatistiği tahmin edilmektedir.

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{i,j} \right) \quad (4.12)$$

Çalışmada son olarak, Pesaran, Ullah ve Yagamata (2008) tarafından geliştirilen $CDLM_{adj}$ testi kullanılmıştır. Bu test, Breusch ve Pagan (1980) tarafından geliştirilen testin düzeltilmiş halidir. Breusch ve Pagan (1980) tarafından geliştirilen CD_{BP} testi grup ortalaması sıfır ancak bireysel ortalamalar sıfırdan farklı iken sapmalı olmaktadır. Pesaran, Ullah ve Yagamata (2008) söz konusu sapmayı, test istatistiğine varyans ve ortalama dahil ederek düzeltilmiş ve aşağıdaki gibi ifade etmişlerdir.

$$CDLM_{adj} = \left(\frac{2}{N(N-1)} \right)^{1/2} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \frac{(T-K-1)\hat{\rho}_{ij} - \hat{\mu}_{Tij}}{v_{Tij}} \sim N(0,1) \quad (4.13)$$

Bu testte, $\hat{\rho}_{ij}$ ortalamayı ve $\hat{\mu}_{Tij}$ varyansı temsil etmektedir. “Yatay kesit bağımlılığı yoktur” sıfır hipotezi altında test istatistiği, asimptotik olarak standart normal dağılıma sahiptir.

4.3.1.2. Pesaran’ın CADF panel birim kök testi

Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF birim kök testi (4.14) numaralı modelin sinamasına dayanmaktadır.

$$\Delta y_{it} = a_i + b_i y_{it-1} + c_i \bar{y}_{t-1} + d_i \Delta \bar{y}_t + \varepsilon_{it} \quad (4.14)$$

Yukarıdaki modelde, birim kök sinaması yapılacak seri için $\bar{y}_t$, yatay kesit ortalamasını; $(\bar{y}_{t-1}, \bar{y}_{t-2}, \dots)$, yatay kesit ortalamasının gecikmeli değerlerini ve $\Delta \bar{y}_t$, genel faktör yapısına bağılı olarak yatay kesit bağımlılığının dikkate alınmasını sağlayan bir kukla (proxy) olarak regresyon modeline dâhil edilmiştir (Pesaran, 2007: 269). Pesaran (2007)’ın CADF panel birim kök testinde yokluk hipotezi, “paneli oluşturan her bir yatay kesite ait serinin birim kök içerdiği” önermesini, alternatif hipotez ise “paneli oluşturan yatay kesitlerin belirli bir bölümünün birim kök içermediği” önermesini sinamaktadır (Pesaran, 2007: 267-269). (4.16) numaralı modelde yer alan b_i katsayıları CADF istatistiğidir. Buradan elde edilen t-istatistikleri Pesaran (2007) tarafından sunulan mevcut kritik değerleri ile karşılaştırılarak her bir yatay kesite ait serinin birim kök içerip içermediğine karar verilir. Panel veri setinin durağan olup olmadığını test etmek için CADF istatistiklerinin ortalaması (4.15)’da ki eşitlik gibi alınır. Elde edilen değer kesit açısından genişletilmiş IPS (Cross-sectionally augmented IPS-CIPS) test istatistiğidir.

$$CIPS = N^{-1} \sum_{i=1}^N CADF_i \sim N(0,1) \quad (4.15)$$

Elde edilen bu CIPS değerleri Pesaran (2007)’de verilen kritik değerlerle karşılaştırılarak panel veri setinde durağanlık sinaması yapılmaktadır.

4.3.1.3. Delta (Homojenlik) Testi

Delta (Homojenlik) Testi, Pesaran ve Yagamata (2008) tarafından geliştirilmiştir. Buna göre (4.16) numaralı modelde verilen β_i eğim katsayılarının, yatay kesitlerin tamamı için geçerli –yani homojen- olup olmadığı sınanmaktadır.

$$Y_{it} = \beta + \beta_i X'_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.16)$$

Delta (Homojenlik) Testi'nde yokluk hipotezi “eğim katsayıları homojendir ($H_0: \beta_i = \beta$)” önermesini, alternatif hipotez ise “eğim katsayıları homojen değildir ($H_0: \beta_i \neq \beta$)” önermesini sınamaktadır. Pesaran ve Yagamata (2008), Delta (Homojenlik) Testi'nde büyük örneklem ($\hat{\Delta}$ testi) ve küçük örneklem için ($\hat{\Delta}_{adj}$ testi) olmak üzere iki farklı test geliştirmiş olup bu testler sırasıyla (4.17) ve (4.18)'de verilmiştir.

$$\hat{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}S - k}{2k} \right) \sim \chi_k^2 \quad (4.17)$$

$$\hat{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}S - k}{v(T, k)} \right) \sim N(0,1) \quad (4.18)$$

(4.17) ve (4.18)'de yer alan N yatay kesit sayısını; S , Swamy (1970) test istatistiğini; k , modelde yer alan açıklayıcı değişken sayısını ve $v(T, k)$ standart hatayı ifade etmektedir.

4.3.1.4. Westerlund-Edgerton panel eşbütünleşme testi

Westerlund ve Edgerton (2007) tarafından geliştirilen panel eşbütünleşme testi, McCoskey ve Kao (1998) tarafından geliştirilen Lagrange Çarpanı (LM) testine dayanmaktadır. Westerlund-Edgerton panel eşbütünleşme testinin ilk aşamasında, (4.19)'de yer alan eşbütünleşme modelinin tam uyarlanmış EKK (FMOLS) tahmincisinden hata terimleri (z_{it}) elde edilmektedir.

$$y_{it} = \alpha_i + x'_{it}\beta_i + z_{it} \quad ; \quad z_{it} = u_{i,t} + v_{it} \quad (4.19)$$

İkinci aşamada LM istatistiği (4.20)'deki gibi hesaplanmaktadır:

$$LM_N^+ = \frac{1}{NT^2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{\omega}_i^{-2} S_{it}^2 \quad (4.20)$$

(4.20)'de S_{it} , FMOLS tahmincisiinden elde edilen z_{it} 'nin kısmi toplam sürecini; $\hat{\omega}_i^2$, Δx_{it} üzerine koşullu u_{it} 'nin uzun dönem varyansıdır. Yokluk hipotezi “bütün yatay kesitler için eşbütünleşme vardır ($H_0: \sigma_i^2 = 0$)” önermesini, alternatif hipotez ise “bazı yatay kesitler için eşbütünleşme yoktur ($H_1: \sigma_i^2 > 0$)” önermesini sınamaktadır (Westerlund ve Edgerton, 2007: 168-187).

Westerlund-Edgerton panel eşbütünleşme testinden elde edilen LM istatistiği panel veri setinin yatay kesit bağımlılığı göstermediği durumda standart normal dağılım özelliği göstermektedir. Ancak yatay kesit bağımlılığı panel veri setinin en önemli özelliği olduğu durumda LM testi standart normal dağılım özelliği göstermemektedir. Westerlund ve Edgerton (2007) böyle bir durumda Sieve yaklaşımı doğrultusunda “bootstrap” yönteminden elde edilen kritik değerlerin kullanılmasını önermişlerdir.

4.3.1.5. Arttırılmış ortalama grup tahmincisi (AMG)

Eşbütünleşme ilişkisine ait uzun dönemli katsayılarının tahmin edilmesi önem arz etmektedir. Çalışmada Bond ve Eberhardt (2009) tarafından geliştirilen Arttırılmış Ortalama Grup (AMG) Tahmincisi (Augmented Mean Group Estimator) kullanılmıştır. Bu tahmincinin seçilmesinin nedenlerinden birincisi söz konusu tahmincinin yatay kesit bağımlılığını göz önünde bulundurmasıdır. İkincisi AMG tahmincisi, çalışmada kullanılan serilerin birinci dereceden farkı alındığında durağan hale geldikleri durumlarda da kullanılabilir. Üçüncü olarak hata teriminden kaynaklı içsellik problemi söz konusu olduğunda da etkin bir tahmincidir. Ayrıca eşbütünleşme katsayılarının heterojen olduğu

durum için bireysel yani her bir kesite ait katsayıların yanı sıra, eşbütünleşme katsayılarının homojen olduğu durum için panele ait katsayıları da sunmaktadır. Bireysel eşbütünleşme katsayılarının aritmetik ortalamasını ağırlıklandırarak tahmin ettiği için yazında yer alan diğer tahmincilerden de üstündür.

Bond ve Eberhardt (2009) AMG tahmin sürecini Monte Carlo simülasyonu kullanılarak iki aşamada tartışmış ve test etmiştir. İlk aşama (4.21)' de gösterilmiş olup, buna göre durağan olmayan ve gözlemlenemeyen değişkenlerin sonuçlarda sapmaya yol açmaması için EKK modeli birinci farklar alınarak kurulmaktadır. Yine birinci farklarda (T-1) adet zaman kukla değişkeni eklenerek model tahmin edilmekte ve zaman kukla değişkenine ait katsayı bu şekilde elde edilmektedir.

$$\Delta y_{it} = b' \Delta x_{it} + \sum_{t=2}^T c_t \Delta D_t + e_{it} \rightarrow \hat{c}_t \equiv \hat{\mu}_t \quad (4.21)$$

$$y_{it} = \alpha_i + b' x_{it} + c_i t + d_i \hat{\mu}_t + e_{it} \quad \hat{b}_{AMG} = N^{-1} \sum_i b_i \quad (4.22)$$

Elde edilen kukla katsayıları (4.23)'de yer alan modelde yatay kesit bağımlılıklarını içerecek şekilde bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır. Daha sonra her bir yatay kesit için ayrı ayrı tahmin edilen katsayıların ağırlıklandırılmış ortalaması alınarak AMG tahmincisine ait katsayılar elde edilmektedir.

4.3.2. CES üretim fonksiyonunun tahmini için kullanılan yöntemler

Hem iki girdili klasik CES üretim fonksiyonunun hem de ikiden fazla girdi kullanılabilen yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun yapısına bakıldığında tahmin edilecek olan parametrelerin doğrusal olmadığı rahatlıkla görülmektedir. Bu nedenle CES üretim fonksiyonunu doğrusal hale getirerek tahmin etmek bazı sorunları beraberinde getirebilir. Örneğin Kmenta (1967) yazında “Kmenta Yaklaşımı” olarak bilinen yöntemle CES üretim fonksiyonunu doğrusallaştırarak tahmin etmiştir. Ancak Kmenta (1967) girdi oranı ve ikame esnekliğinin çok yüksek ya da çok düşük olduğu durumda O'nun yönteminin iyi sonuç

vermeyeceğini ifade etmiştir. Ayrıca Maddala ve Kadane (1967) ve Thrusby ve Lovell (1978) bu sorunu doğrulamışlar ve “Kmenta Yaklaşımı” ile CES üretim fonksiyonuna ait parametrelerin tahminlerinin güvenilir sonuçlar vermediğini belirtmişlerdir.

Fonksiyonel bir form olarak CES üretim fonksiyonu programlama modellerinde (genel denge modelleri gibi) fazla kullanılmasına rağmen, buradan elde edilen parametreler ekonometrik tahminden daha ziyade çoğunlukla tahmin ve sezgiye dayalı bir kalibrasyondur (Henningsen ve Henningsen, 2011: 1). Son yıllarda CES üretim fonksiyonunun tahmini için doğrusal olmayan tahmin yöntemleri geliştirildi. Bu yöntemlerden en önemlisi Henningsen ve Henningsen (2011) tarafından R-forge üzerinde “micEcon” projesinin²² bir parçası olarak geliştirilen “micEconCES” paketi olup, söz konusu paket doğrusal olmayan tahmin yöntemleri için önemli olanaklar sağlamıştır. Çalışmada bu söz konusu paket kullanılmış ve hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için optimizasyon algoritmalarından da yararlanarak doğrusal olmayan panel EKK tahmincisi ile CES üretim fonksiyonuna ait parametreler tahmin edilmiştir.

Söz konusu tahmini gerçekleştirmeden önce değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının varlığı Breusch-Pagan (1980), Pesaran (2004) ve Pesaran, Ullah ve Yagamata (2008) tarafından geliştirilen yatay kesit bağımlılığı testleri ile araştırılmıştır. Seriler arasında bir yatay kesit bağımlılığının tespit edilmesi durumunda bu sorunun giderilmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada, yatay kesit bağımlılığı $\bar{q}_t = \frac{\sum_{i=1}^N q_{it}}{N}$ hesaplanır ve t noktasındaki her bir yatay kesit gözleminden çıkartılır. Diğer bir ifade ile her bir kesit zaman ortalamalarından arındırılarak analize dahil edilir. Böylece yapılan bu dönüşüm Erhat (2009)’a göre seriler arasındaki korelasyonu ortadan kaldırmasada önemli bir şekilde azaltmaktadır.

Çalışmada, 4 farklı optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Bu bağlamda çalışmada kısıtsız optimizasyon için gradyan tabanlı algoritmalarından Newton-type ve Broyden (1970), Fletcher (1970), Goldfarb (1970) ve Shanno (1970) tarafından geliştirilen BFGS Algoritması; kısıtlı optimizasyon için gradyan tabanlı algoritmalarından Byrd vd. (1995) tarafından önerilen BFGS algoritmasının modifiye edilmiş hali olan L-BFGS-B Algoritması; global optimizasyon algoritmalarında da Nelder-Mead (NM) Algoritması

²² <http://r-forge.r-project.org/projects/micecon/>

(Nelder ve Mead, 1965) kullanılmıştır. Yukarıda sıralanan optimizasyon algoritmalarından kısaca bahsetmekte yarar vardır.

Newton-type adı verilen yöntem geleneksel Newton optimizasyon yönteminin bir varyasyonuna dayanmaktadır. Geleneksel Newton yöntemi, amaç fonksiyonun ikinci türevleri neredeyse sıfır olduğunda durağan bir nokta bulunana kadar bir sonraki optimal tahmini ve iteratifleri temsil eden bir kaydırma vektörünün yönünü belirlemek için amaç fonksiyonunun birinci ve ikinci türevlerini test eder. Ancak geleneksel Newton yönteminin aksine *Newton-type* Algoritması, Dennis ve Schnabel (1983) ile Schnabel, Koontz ve Weiss (1985) de tarif edildiği gibi kaydırma vektörünün optimal genişliğini belirlemek için her tekrarda araştırma yapar (Henningsen ve Henningsen, 2011: 15).

Broyden (1970), Fletcher (1970), Goldfarb (1970) ve Shanno (1970) tarafından geliştirilen BFGS Algoritması Newton yaklaşımının bir varyasyonudur. Bu algoritmada gradyanların neredeyse sıfır olduğu amaç fonksiyonunun bir sabit noktası için birinci ve ikinci türevi kullanır. Geleneksel Newton yönteminin tersine, BFGS her yenilemede amaç fonksiyonunun Hessian matrisini yaklaştırmak ve güncellemek için özel bir prosedür kullanır. BFGS ile ilgili sorun, mevcut parametreler minimuma yakın olmasına rağmen algoritma yakınsamıyor olabilir. Çünkü mevcut parametrelerdeki Hessian matrisi minimumda Hessian Matrisine yakın değildir. Bununla birlikte uygulamada BFGS sağlam yakınsamayı kanıtlamaktadır (Henningsen ve Henningsen, 2011: 16).

Byrd vd. (1995) tarafından önerilen BFGS algoritmasının yeniden düzenlenmiş hali olan L-BFGS-B Algoritması yukarıda açıklanan BFGS yönteminin bir varyasyonudur. L-BFGS-B algoritması optimizasyon parametreleri üzerinde kısıtlamalara izin verir. BFGS algoritmasının aksine, L-BFGS-B Algoritması parametreler için kutu kısıtlamaları (*box-constraints*) sağlar ve açıkça Hessian matrisini oluşturmaz ve depolamaz. Bunun yerine geçmiş parametre değerlerine (genellikle 10'dan daha az) ve gradyan vektörüne dayanır. Bu nedenle L-BFGS-B algoritması yüksek boyutlu optimizasyon problemleri için daha uygundur ve tabi ki optimizasyon problemleri için sadece birkaç parametre (CES fonksiyonu olarak) için de kullanılabilir (Henningsen ve Henningsen, 2011: 23).

Yukarıda açıklanan gradyan temelli optimizasyon algoritmaları en küçük yerel minimumu bulmak için tasarlanmasına rağmen, doğrudan arama yöntemleri olarak bilinen global

optimizasyon algoritmaları küresel minimumu bulmak için tasarlanmıştır. Genellikle gradyan tabanlı yöntemlere göre daha yavaş yakınsanmasına rağmen, bu algoritmalar iyi davranışlı olmayan amaç fonksiyonları için daha toleranslıdır. Ancak artan işlem gücü ile bu algoritmaların kullanımı günden güne daha mümkün hale gelmiştir. Bu global optimizasyon algoritmalarından biri tek yönlü algoritma olan Nelder-Mead algoritmalarıdır. Her tekrarda $n+1$ tepe noktaları n boyutlu bir parametre alanında tanımlanır. Algoritma arka arkaya çok boyutlu parametre uzayında yeni bir köşe ile “en kötü” noktasını değiştirerek yakınsar. Nelder-Mead algoritması basit ve sağlam bir algoritma avantajına sahiptir ve türevlenemeyen amaç fonksiyonları ile arta kalan sorunlar için özellikle uygundur. Ancak algoritmanın sezgisel doğası minimuma özellikle sıkı bir şekilde yakınsar ve durağan olmayan noktalara yakınsamaya yol açabilir. CES üretim fonksiyonu kolayca iki kez türevlenebilir olduğu gibi Nelder-Mead algoritmasının avantajı sadece kendi dayanıklılığıdır. Sezgisel optimizasyon tekniğinin bir sonucu olarak, sonuçlar dikkatele ele alınmalıdır. Ancak Nelder-Mead algoritması diğer global optimizasyon algoritmalarından (Benzetilmiş Tavlama-Simulated Annealing ya da Diferansiyel Gelişim-Differential Evolution gibi) çok daha hızlıdır.

4.3.3. VES üretim fonksiyonunun tahmini için kullanılan yöntemler

Çalışmada kullanılacak olan VES üretim fonksiyonuna ait (4.9) numaralı model aşağıdaki gibi yeniden yazalım.

$$\ln GDP_{it} = b_0 + b_1 \ln K_{it} + b_2 \ln [L_{it} + (1 - \rho) K_{it}] \quad (4.23)$$

Bu modelde yer alan b_i ’lerin tahmin edilmesi için $[L + (1 - \rho)K]$ değerinin bilinmesi gerekir. Ancak bunun bilinmesi için de ρ ’nun bilinmesi gerekir. Fakat ρ ’nun bilinmesi Revankar (1971)’a göre faktör fiyatlarına bağlıdır²³. Maalesef faktör fiyatlarına çalışmada ele alınan ülkeler ve dönem için ulaşmak mümkün değildir. Bu nedenle VES üretim

²³ Revankar (1971)’a göre $F_1 = \frac{1}{\alpha(1-\alpha\rho)}$, $F_2 = \frac{1-\rho}{\alpha(1-\alpha\rho)}$, $G_1 = \frac{1-\rho}{1-\delta\rho}$ ve $G_2 = \frac{\delta\rho}{1-\delta\rho}$ eşitlikleri söz konusudur. Bununla birlikte $\frac{GDP}{K} = F_1 r + F_2 w$ ve $\frac{L}{K} = G_1 + G_2 \frac{w}{r}$ eşitlikleri de mevcuttur. Bu eşitliklerde yer alan emek faktörü fiyatı (w) ve sermaye faktörü fiyatı (r) kullanılarak F_1, F_2, G_1 ve G_2 elde edilerek $\rho = 1 - \frac{G_1}{1+G_2}$ formülü yardımıyla ikame parametresi elde edilebilir.

fonksiyonuna bağlı olarak ikame esnekliklerini elde etmek için farklı bir yol izlenmiştir. Buna göre Revankar (1971)'ın ifade ettiği gibi ve Sato ve Hoffman (1968)'ın VES üretim fonksiyonunun Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ile tahmin edilmesine yönelik bir form olarak önerdiğine benzer şekilde, öncelikle ikame parametresi ρ bire eşit olarak alınmış ve VES üretim fonksiyonu Cobb-Douglas üretim fonksiyonu formuna dönüştürülmüştür.

$$\ln GDP_{it} = b_0 + b_1 \ln K_{it} + b_2 \ln L_{it} \quad (4.24)$$

Buradaki b_i katsayıları Cobb-Douglas fonksiyonunun tahmininde yer alan katsayılardır. Tahmin edilen bu katsayılardan yararlanarak α ve δ parametrelerine ulaşmak mümkündür. Daha sonra parametrelere ait elde edilen α ve δ parametreleri sabit kabul edilerek -VES üretim fonksiyonu varsayımları çerçevesinde- ikame parametresi olan ρ 'nin değiştiği varsayılarak (0.25, 0.50, 0.75, 1, 1.25, 1.50, 1.75, 2, 2.25, 2.50, 2.75, 3 gibi) ikame esneklikleri ülkelere ve yıllara göre tek tek elde edilebilir. Tabi bu noktada ($0 \leq \delta \rho \leq 1$) kısıtını ve ikame esnekliğinin sıfırdan büyük bir değer alması gerektiğini unutmamakta fayda vardır. Ayrıca $\rho = \frac{1}{\delta}$ olduğunda VES üretim fonksiyonu doğrusal üretim fonksiyonuna dönüşeceğinden $\rho > \frac{1}{\delta}$ olduğunda ikame esnekliği negatif olacak, dolayısı ile iktisadi açıdan anlamlı olmayacaktır.

Diğer taraftan, Revankar (1971) VES üretim fonksiyonuna ait ikame esnekliğinin K ve L'ye bağımlı olduğunu ifade etmiştir. İkame esnekliğinin faktör bileşimi olan $\frac{K}{L}$ 'nin bir fonksiyonu olduğunu ileri sürmektedir. Revankar'a göre ikame esnekliği aşağıdaki gibidir:

$$\sigma = 1 + \beta \frac{K}{L} \quad (4.25)$$

Buna göre ikame esnekliği $\frac{K}{L}$ 'nin doğrusal bir fonksiyonudur. VES üretim fonksiyonu bu düşünceden hareketle türetilmiştir. β ile fonksiyonun parametreleri arasında $\beta = \frac{(p-1)}{(1-\delta\rho)}$ ilişkisi mevcuttur. Sato ve Hoffman (1968) ikame esnekliğini $\sigma = a + b \frac{K}{L}$ şeklinde ifade

ederek VES üretim fonksiyonunu elde etmişlerdir. Revankar'da bu ilişkiyi $\sigma = \beta_0 + \beta_1 \frac{K}{L}$ şeklinde daha genel bir doğrusal formla ifade etmiş ve β_0 'ın 1'e eşit olacağını belirtmiştir. Diğer taraftan Revankar Wise ve Yeah (1966) ikame esnekliği ile sermaye-emek oranı arasında güçlü bir korelasyon olduğunu ifade etmişlerdir.

4.4. Bulgular

4.4.1. Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna ilişkin bulgular

Çalışmada analize dâhil edilen 22 gelişmiş, 12 gelişmekte olan ülke için, Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna ait parametrelerin tahminini gerçekleştirmeden önce çalışmada kullanılan değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının varlığı araştırılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.3'de sunulmuştur. Elde edilen bulgulara göre her iki ülke grubunda da tüm değişkenler için çalışmada kullanılan dört testte de “yatay kesit bağımlılığı yoktur” yokluk hipotezi istatistiksel olarak en az %10 düzeyinde anlamlı bir şekilde reddedilmektedir. Bu durumda tüm değişkenler için yatay kesit bağımlılığının olduğu sonucuna ulaşabiliriz. Dolayısıyla değişkenlere ait durağanlık sınaması yapılırken yatay kesit bağımlılığını dikkate alan testlerin tercih edilmesi daha uygun olacaktır.

Çizelge 4.3. Değişkenlerde Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

<i>Gelişmiş Ülkeler</i>				
	<i>CD_{BP}</i>	<i>CD_{LM1}</i>	<i>CD_{LM}</i>	<i>CD_{adj}</i>
<i>lnGDP</i>	517.166 (0.000)***	13.314 (0.000)***	-1.391 (0.082)*	3.632 (0.000)***
<i>lnK</i>	368.283 (0.000)***	6.387 (0.000)***	-2.085 (0.019)**	1.885 (0.030)**
<i>lnL</i>	348.366 (0.000)***	5.460 (0.000)***	-1.423 (0.077)*	6.264 (0.000)***
<i>lnGAS</i>	385.178 (0.000)***	7.173 (0.000)***	2.984 (0.001)***	10.233 (0.000)***
<i>lnPET</i>	363.821 (0.000)***	6.179 (0.000)***	-2.551 (0.005)***	2.486 (0.006)***
<i>Gelişmekte Olan Ülkeler</i>				
	<i>CD_{BP}</i>	<i>CD_{LM1}</i>	<i>CD_{LM}</i>	<i>CD_{adj}</i>
<i>lnGDP</i>	116.991 (0.000)***	4.438 (0.000)***	-3.620 (0.000)***	6.956 (0.000)***
<i>lnK</i>	150.332 (0.000)***	7.340 (0.000)***	-3.176 (0.001)***	10.832 (0.000)***
<i>lnL</i>	121.249 (0.000)***	4.809 (0.000)***	-3.162 (0.001)***	2.238 (0.009)***
<i>lnGAS</i>	124.541 (0.000)***	5.095 (0.000)***	-1.894 (0.029)**	3.093 (0.001)***
<i>lnPET</i>	105.878 (0.001)***	3.471 (0.000)***	-3.070 (0.001)***	4.173 (0.000)***

Not: Parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

Diğer taraftan (4.3) ve (4.4)'de verilen modellerde yatay kesit bağımlılığının varlığı araştırılmış ve elde edilen bulgular Çizelge 4.4'de sunulmuştur. Elde edilen bulgulara göre, “yatay kesit bağımlılığı yoktur” yokluk hipotezi her iki ülke grubunda ve her iki modelde de istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı bir şekilde reddedilmektedir. Buna göre değişkenler arasındaki eşbütünleşmenin araştırılmasında ve uzun dönem eşbütünleşme katsayılarının tahmininde yatay kesit bağımlılığını dikkate alan testler tercih edilmiştir.

Çizelge 4.4. Modellerde Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

<i>Gelişmiş Ülkeler</i>				
	<i>CD_{BP}</i>	<i>CD_{LM1}</i>	<i>CD_{LM}</i>	<i>CD_{adj}</i>
Model 1	1921.792 (0.000)***	78.663 (0.000)***	16.342 (0.000)***	269.379 (0.000)***
Model 2	1921.792 (0.000)***	78.663 (0.000)***	16.342 (0.000)***	203.662 (0.000)***
<i>Gelişmekte Olan Ülkeler</i>				
	<i>CD_{BP}</i>	<i>CD_{LM1}</i>	<i>CD_{LM}</i>	<i>CD_{adj}</i>
Model 1	353.950 (0.000)***	25.063 (0.000)***	10.103 (0.000)***	72.984 (0.000)***
Model 2	353.950 (0.000)***	25.063 (0.000)***	10.103 (0.000)***	49.828 (0.000)***

Not: Parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

Çalışmada değişkenlerin durağanlık özellikleri incelenirken yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS (yani CADF) panel birim kök testi kullanılmış olup, hem sabit hem de trend ve sabit içeren modeller için elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5'de özetlenmiştir. Buna göre gelişmiş ülkelerde *lnL* değişkeni sabitli modelde %1 anlamlılık düzeyinde, *lnPET* ise sabitli ve trendli modelde %10 anlamlılık düzeyinde düzeyde durağan olmasına rağmen, *lnL* sabitli ve trendli modelde, *lnPET* ise sabitli modelde düzeyde durağan değildir. Bununla birlikte diğer değişkenler birinci dereceden farkı alındığında durağan hale gelmektedir. Her ne kadar tüm değişkenlerde düzeyde bir tutarlılık olmasa da gelişmiş ülkelerde tüm değişkenler birinci dereceden farkı alındığında hem sabitli hem de sabitli ve trendli modelde durağan hale gelmektedir. Bu nedenle tüm değişkenleri *I*(1) olarak kabul etmek yanlış olmayacaktır. Gelişmekte olan ülkelerde ise tüm değişkenler birinci dereceden farkı alındığında durağan hale gelmektedir. Dolayısıyla gelişmekte olan ülkelerde tüm değişkenler *I*(1) özelliği sergilemektedir. Bu sonuçlar bize eşbütünleşme testi ve uzun dönemli katsayıların tahmini için tahminci seçiminde yol gösterici olacaktır. Dolayısıyla eşbütünleşme testi ve tahminci, hem yatay kesit bağımlılığını hem de değişkenlerin birinci dereceden farkı alındığında durağan hale gelmesi özelliğini dikkate almalıdır.

Çizelge 4.5. CIPS Birim Kök Sınaması Sonuçları

<i>Gelişmiş Ülkeler</i>				
	<i>Sabitli</i>		<i>Sabitli ve Trendli</i>	
	<i>Düzy</i>	<i>Fark</i>	<i>Düzy</i>	<i>Fark</i>
<i>lnGDP</i>	-1.515	-3.194***	-1.593	-3.600***
<i>lnK</i>	-1.929	-2.899***	-2.221	-2.875***
<i>lnL</i>	-2.303***	-2.679***	-2.001	-2.747***
<i>lnGAS</i>	-1.486	-4.644***	-1.870	-5.313***
<i>lnPET</i>	-1.759	-5.132***	-2.584*	-5.413***
<i>Gelişmekte Olan Ülkeler</i>				
	<i>Sabitli</i>		<i>Sabitli ve Trendli</i>	
	<i>Düzy</i>	<i>Fark</i>	<i>Düzy</i>	<i>Fark</i>
<i>lnGDP</i>	-1.548	-4.319***	-1.933	-4.340***
<i>lnK</i>	-1.799	-2.382***	-2.025	-2.709**
<i>lnL</i>	-1.839	-4.621***	-1.787	-4.847***
<i>lnGAS</i>	-1.400	-4.958***	-2.336	-5.547***
<i>lnPET</i>	-1.243	-4.898***	-2.396	-4.992***

Not: Gecikme uzunlukları maksimum 4 olarak alınmıştır. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. CIPS testi için kritik değerler: Gelişmiş Ülke grubunda sabitli modelde %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri için sırası ile -2.04; -2.11 ve -2.23, sabitli ve trendli modelde %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri için sırası ile -2.54; -2.61 ve -2.73'dür. Gelişmekte Olan Ülkeler grubunda sabitli modelde %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri için sırası ile -2.03; -2.11 ve -2.26, sabitli ve trendli modelde %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri için sırası ile -2.56; -2.64 ve -2.81'dir.

Çalışmada eşbütünleşme katsayılarının homojenliği Pesaran ve Yagamata (2008) tarafından geliştirilen Delta (Homojenlik) Testi ile araştırılmış olup bulgular Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Her iki ülke grubu ve her iki modelde hem büyük örneklem ($\hat{\Delta}$ testi) hem de küçük örneklem ($\hat{\Delta}_{adj}$ testi) verilen test istatistiklerine ait olasılık değerlerine baktığımızda “eğim katsayıları homojendir” yokluk hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla eşbütünleşme katsayıları homojen olup panel için yorum yapılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.6. Delta (Homojenlik) Testi

<i>Gelişmiş Ülkeler</i>		
	$\hat{\Delta}$	$\hat{\Delta}_{adj}$
Model 1	-0.538 (0.705)	-0.572 (0.716)
Model 2	-2.364 (0.991)	-2.488 (0.994)
<i>Gelişmekte Olan Ülkeler</i>		
	$\hat{\Delta}$	$\hat{\Delta}_{adj}$
Model 1	-1.401 (0.919)	-1.492 (0.932)
Model 2	0.059 (0.477)	0.064 (0.475)

Not: Parantez içerisindeki değerler test istatistiğine ait olasılık değerleridir.

Çalışmada kullanılan modellerde yatay kesit bağımlılığının söz konusu olması ve ele alınan değişkenlerin birinci dereceden farkı alındığında durağan hale gelmesi nedeniyle Westerlund-Edgerton Panel Eşbütünleşme Testi ile değişkenler arasındaki uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi araştırılmıştır. Westerlund-Edgerton Panel Eşbütünleşme testi yatay kesit bağımlılığının olmadığı durumlarda standart normal dağılım kriterlerini kullanırken, yatay kesit bağımlılığının olduğu durumlarda bootstrap yönteminden elde edilen kritik değerleri kullanmaktadır. Bu çerçevede Westerlund-Edgerton Panel Eşbütünleşme Testi'nden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde, hem Model 1 hem de Model 2 için “bütün yatay kesitler için eşbütünleşme vardır” yokluk hipotezi istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde reddedilememektedir. Buna göre, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde Model 1 için GSYH ile emek ve sermaye arasında; Model 2 için GSYH ile emek, sermaye, doğal gaz tüketimi ve petrol tüketimi arasında uzun dönemli bir ilişki söz konusudur.

Çizelge 4.7. Westerlund-Edgerton (2007) Panel Eşbütünleşme Testi

	<i>Gelişmiş Ülkeler</i>		<i>Gelişmekte Olan Ülkeler</i>	
	Model 1	Model 2	Model 1	Model 2
LM_N^+	1.235 (0.827)	1.771 (0.999)	0.435 (0.690)	1.249 (0.999)

Not: Parantez içerisindeki rakamlar bootstrap dağılımından elde edilen olasılık değerlerini göstermekte olup, rapor edilen olasılık değerleri 10000 tekrarlı bootstrap dağılımından elde edilmiştir.

Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin tahmininden sonra hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan elde edilen, Model 1 ve Model 2'ye ait katsayıların tahmini için kullanılan Arttırılmış Ortalama Grup (AMG) tahmincisiinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8'de sunulmuştur.

Model 1'e baktığımızda, sermayenin çıktı esnekliği gelişmiş ülke grubunda 0.518 olarak, gelişmekte olan ülke grubunda ise 0.695 olarak tahmin edilmiştir. Bu durum beklentilerimizle paralellik arz etmektedir. Çünkü gelişmiş ülkelerde sermaye kullanım yoğunluğu gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksektir. Bu nedenle marjinal verimlilikler düşük, ortalama verimlilikler daha yüksektir. Emegın çıktı esnekliği ise gelişmiş ülke grubunda 0.556, gelişmekte olan ülke grubunda ise 0.392 olarak tahmin edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar üzerinde biraz durmakta yarar vardır. Çalışmada analizi gerçekleştirirken ülkeler arasındaki emegın verimlilik farklılığını gidermek için beşeri sermaye endeksi ile çarpılmıştır. Bu nedenle gelişmiş ülkelerde beşeri sermaye endeksi büyük olacağı için emek kullanım miktarının daha fazla olması sebebiyle, çıktı esnekliğinin gelişmiş ülkelere daha az olacağı düşünülebilir. Fakat burada ülke grupları oluşturulurken ele alınan ülkelerin özelliklerine de dikkat etmek gerekmektedir. Gelişmekte olan ülke grubunda yer alan 12 ülkeden biri de Çin olup, Çin'de emek kullanımının oldukça yoğun olması gelişmekte olan ülke grubunda çıktı esnekliğinin daha düşük çıkmasına neden olmuş olabilir. Ayrıca betimleyici istatistiklerin sunulduğu Çizelge 4.2'ye bakıldığında emegın kullanımı gelişmiş ülke grubunda ortalama 52.81 milyon iken, gelişmekte olan ülke grubunda 162.47 milyon olduğu görülebilir. Ayrıca her iki ülke grubu içinde sabit terim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bununla birlikte çıktı esneklikleri toplamı bize ölçeğe göre getiri durumunu vermektedir. Gelişmiş ülke grubunda çıktı esneklikleri toplamı 1.074 olarak elde edilmiş olup ölçeğe göre artan getiri söz konusudur. Diğer taraftan gelişmekte olan ülke grubunda çıktı esneklikleri toplamı 1.087 olarak elde edilmiş olup ölçeğe göre artan getiri gelişmekte olan ülkeler için de söz konusudur.

Çizelge 4.8. AMG Tahmin Sonuçları

	<i>Gelişmiş Ülkeler</i>		<i>Gelişmekte Olan Ülkeler</i>	
	<i>Model 1</i>	<i>Model 2</i>	<i>Model 1</i>	<i>Model 2</i>
<i>lnK</i>	0.518*** [0.075]	0.377*** [0.078]	0.695*** [0.106]	0.537*** [0.073]
<i>lnL</i>	0.556*** [0.148]	0.535*** [0.090]	0.392*** [0.111]	0.399*** [0.133]
<i>lnGAS</i>		0.063*** [0.023]		0.019 [0.021]
<i>lnPET</i>		0.231*** [0.054]		0.169** [0.080]
<i>Sabit Terim</i>	1.343 [1.385]	3.728** [1.588]	0.593 [2.005]	1.311 [1.338]
Artık Durağanlığı	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)
Pesaran CADF	-2.721***	-3.329***	-2.540***	-3.400***
Birim Kök Testi				
RMSE	0.0399	0.0232	0.0484	0.0415
Wald χ^2	61.30 (0.000)	84.67 (0.000)	55.34 (0.000)	68.32 (0.000)
Gözlem Sayısı	726	726	396	396
Zaman Boyutu	33	33	33	33
Kesit Boyutu	22	22	12	12

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Köşeli parantez içindeki değerler standart hataları, parantez içindeki değerler ise olasılık değerlerini göstermektedir. RMSE; Root Mean Squared Error. CIPS testi için kritik değerler: Gelişmiş Ülkeler grubunda %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri için sırası ile -2.04; -2.11 ve -2.23, Gelişmekte Olan Ülkeler grubunda %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri için sırası ile -2.03; -2.11 ve -2.26 olarak belirlenmiştir.

Model 2 sonuçlarına baktığımızda ise sermaye ve emek çıktı esneklikleri için Model 1’de elde edilen bulgular -katsayıların tahmin edilen değerlerinde değişimler olsa da- Model 2’de de her iki ülke grubu için geçerliliğini korumaktadır. Bununla birlikte, doğal gaz tüketimine ilişkin çıktı esneklik katsayısı gelişmiş ülke grubunda 0.063 olarak elde edilmiştir. Tahmin edilen bu katsayıyı gelişmekte olan ülke grubu ile karşılaştırmak istediğimizde, doğal gaz tüketiminin çıktı esnekliği her ne kadar 0.019 olarak elde edilmiş olsa da, istatistiksel olarak anlamlı olmadığı söylenebilir. Bu nedenle doğal gaz tüketimine ait çıktı esnekliğini gelişmekte olan ülkelerde sıfır olarak kabul edebiliriz. Dolayısıyla gelişmiş ülkelerde doğal gaz tüketim çıktı esnekliği gelişmekte olan ülkelere daha fazladır. Diğer taraftan petrol tüketimi için elde edilen çıktı esneklikleri gelişmiş ülke grubunda 0.231, gelişmekte olan ülke grubunda ise 0.169 olarak tahmin edilmiştir. Elde edilen bu tahmin beklentilerimizin dışında bir sonuç göstermektedir. Çünkü petrol tüketimi gelişmiş ülkelerde daha yoğun

olduğundan (bu Çizelge 4.2'deki betimleyici istatistiklerde de görülebilir) petrol tüketimi çıktı esnekliğinin gelişmekte olan ülke grubunda daha düşük çıkması beklenmektedir. Ancak gelişmiş ülkelerde yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarına ilişkin araştırma ve yatırımların da daha fazla olduğunu dikkate almak gerekir. Gelişmekte olan ülkelerde ise tam tersine bu yatırımlar yeni görülmekle beraber hala geleneksel enerji kaynakları yoğun bir şekilde kullanılmakta olup bu kaynakların başında da petrol gelmektedir. Ayrıca ele aldığımız gelişmekte olan ülkelere bazıları (Meksika, Çin, Brezilya ve Venezuela gibi) dünyanın en önemli petrol üreticisi ülkeleridir. Dolayısıyla bu ülkelerde petrol tüketimi de yüksektir. Üretimde enerji kullanımındaki bu yoğunluk nedeniyle gelişmekte olan ülkelere gelişmiş ülkelere nazaran petrol çıktı esnekliği daha düşük çıkmış olabilir. Her iki ülke grubunda da Model 1'de olduğu gibi –sadece anlamlı katsayılar bakacak olsak bile- Model 2'de de ölçeğe göre artan getiri geçerlidir. Ayrıca sabit terim gelişmiş ülke grubunda 3.728 ile istatistiksel olarak anlamlı tahmin edilmiştir. Bununla birlikte gelişmekte olan ülke grubunda sabit terim istatistiksel olarak anlamlı tahmin edilememiştir.

Diğer taraftan her iki ülke grubunda ve her iki modelde de çıktı esnekliklerinin pozitif ve birden küçük olarak elde edilmesi azalan marjinal verimler yasasının geçerli olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde çıktı esnekliklerinden birisinin sıfır değerini almaması girdiler arasında işlevsel olarak bir tamamlayıcılık ilişkisi olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla girdilerden birinin kullanım miktarında meydana gelen bir artış, diğer girdinin marjinal verimliliğini arttırmaktadır. Bu hali ile tahmin edilen Cobb-Douglas üretim fonksiyonları teorisi ile uyumludur.

AMG tahmincisinde panele ilişkin tahminler elde etmekle beraber bireysel ülke sonuçlarına ulaşmak da mümkündür. Çalışmanın bu kısmında Delta testinden elde edilen sonuç bağlamında sadece panele ilişkin tahminler yorumlanmıştır. Bununla birlikte bireysel ülke sonuçları çalışmanın sonunda EK 4-5-6 ve 7'de sırasıyla verilmiştir.

4.4.2. CES üretim fonksiyonuna ilişkin bulgular

Çalışmada (4.5) ve (4.6)'da verilen CES üretim fonksiyonu modellerini tahmin etmeden önce değişkenlerde yatay kesit bağımlılığı her iki ülke grubu için de araştırılmıştır²⁴. Elde

²⁴ Modelde yatay kesit bağımlılığına ilişkin yazına baktığımızda sadece doğrusal modeller için yatay kesit bağımlılığı araştırılmaktadır. Fakat çalışmada CES üretim fonksiyonu tahmini için doğrusal olmayan tahmin

edilen sonuçlar Çizelge 4.9’da verilmiştir. Bulgulara göre, gelişmiş ülke grubunda tüm değişkenler için CD_{BP} , CD_{LM1} ve CD_{LM} testlerinde “yatay kesit bağımlılığı yoktur” yokluk hipotezini istatistiksel olarak en az %5 düzeyinde anlamlı bir şekilde reddedilmektedir. CD_{adj} testinde yokluk hipotezi K ve GAS değişkenleri için reddedilememektedir. Ancak diğer üç testte yokluk hipotezinin reddedilmiş olmasına dayanılarak gelişmiş ülke grubunda yer alan değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının olduğu söylenebilir. Gelişmekte olan ülke grubuna baktığımızda ise CD_{BP} , CD_{LM1} ve CD_{adj} testlerinde “yatay kesit bağımlılığı yoktur” yokluk hipotezini istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı bir şekilde reddedilmektedir. CD_{LM} testinde yokluk hipotezi K ve L değişkenleri için reddedilememektedir. Ancak diğer üç testte yokluk hipotezinin reddedilmiş olmasına dayanılarak gelişmekte olan ülke grubunda yer alan değişkenlerde de yatay kesit bağımlılığının olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.9. Değişkenlerde Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

<i>Gelişmiş Ülkeler</i>				
	CD_{BP}	CD_{LM1}	CD_{LM}	CD_{adj}
GDP	399.238 (0.000)***	7.827 (0.000)***	1.689 (0.046)**	9.677 (0.000)***
K	433.678 (0.000)***	9.429 (0.000)***	4.815 (0.000)***	-2.795 (0.997)
L	390.993 (0.000)***	7.441 (0.000)***	3.065 (0.001)***	2.992 (0.001)***
GAS	554.818 (0.000)***	15.065 (0.000)***	3.665 (0.000)***	-1.142 (0.873)
PET	376.735 (0.000)***	6.780 (0.000)***	2.363 (0.009)***	4.280 (0.000)***
<i>Gelişmekte Olan Ülkeler</i>				
	CD_{BP}	CD_{LM1}	CD_{LM}	CD_{adj}
GDP	125.039 (0.000)***	5.139 (0.000)***	-1.480 (0.069)*	51.245 (0.000)***
K	137.202 (0.000)***	6.197 (0.000)***	0.701 (0.242)	4.974 (0.000)***
L	97.831 (0.000)***	2.771 (0.003)***	-0.124 (0.451)	56.357 (0.000)***
GAS	125.201 (0.000)***	5.153 (0.000)***	-2.245 (0.012)**	8.221 (0.000)***
PET	98.630 (0.006)***	2.840 (0.002)***	-2.714 (0.003)***	3.049 (0.001)***

Not. Parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

Değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının tespit edilmesinden dolayı bu sorunun giderilmesi gerekmektedir. Metodoloji kısmında anlatıldığı gibi yatay kesit bağımlılığı, $\bar{q}_t = \frac{\sum_{i=1}^N q_{it}}{N}$

yöntemleri kullanılmıştır. Bu nedenle değişkenlerde yatay kesit bağımlılığı araştırılırken CES üretim fonksiyonu modellerinde yatay kesit bağımlılığının varlığı araştırılamamıştır.

formülü ile her bir yatay kesitin zaman ortalaması alınır ve t noktasındaki her bir yatay kesit gözleminde çıkartılır. Böylece Erhat (2009)'ın da ifade ettiği gibi seriler arasındaki korelasyon ortadan kaldırılamasa da yatay kesit bağımlılığı önemli bir şekilde azaltılmıştır. Dolayısıyla CES üretim fonksiyonunun tahmininde bu söz konusu dönüşüm sonucunda elde edilen değişkenler kullanılmıştır.

Bu çerçevede (4.5)'de verilen emek ve sermaye girdili gelişmiş ülke grubu için CES üretim fonksiyonuna ait Model 1 için elde edilen tahmin sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. CES üretim fonksiyonunun tahmininde elde edilen parametrelerin yorumlanmasında istatistiksel olarak anlamlılık önemli olduğu kadar iktisat teorisi açısından anlamlılık da önem arz etmektedir. Yeniden hatırlatmak gerekirse δ , gelirin fonksiyonel dağılımını belirleyen dağıtım parametresi olup sıfırla bir arasında bir değer almaktadır. ν , ölçek parametresi olup, pozitif bir değer almakla birlikte, birden küçük ise ölçeğe göre değişken getiri, birden büyük ise ölçeğe göre artan getiri ve bire eşit ise ölçeğe göre sabit getiri söz konusudur. ρ , ikame esnekliğinin bir dönüşümü olan ikame parametresi olup -1 ile artı sonsuz arasında bir değer alacaktır. Ayrıca λ teknolojik değişim oranını ifade etmektedir. Çalışmada bu parametrelerin tahmininden ziyade ikame esnekliğinin tahminine ilişkin elde edilen bulgular bizim için daha önemlidir. Dolayısı ile ikame esnekliği σ sıfır ile artı sonsuz arasında yer alması gerekmektedir.

Gelişmiş ülkelerde ikame esnekliği ($\sigma_{K,L}$) dört farklı optimizasyon algoritmasında da yaklaşık 1.5 olarak tahmin edilmiştir. İkame esnekliğinin girdi oranlarındaki yüzde değişimin, göreceli

girdi fiyatları oranındaki yüzde değişim oranı $\left[\sigma_{K,L} = \frac{\Delta(K/L)/\frac{(K/L)}{(w/r)}}{\Delta(w/r)/\frac{(w/r)}} \right]$ olduğunu hatırlarsak,

genel olarak gelişmiş ülkelerde girdi oranlarındaki yüzde değişimin, göreceli girdi fiyatlarındaki yüzde değişimden büyük olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca göreceli girdi fiyatları oranında meydana gelebilecek %1'lik bir değişim girdi oranlarını %1.5 arttırmaktadır. Dolayısıyla faizleri sabit tuttuğumuzda göreceli girdi fiyatları oranını %1 arttıracak kadar ücretlerde meydana gelebilecek bir artış, girdi oranlarını da %1.5 arttıracaktır. Çünkü emeğin maliyetinin artması bir yandan emek kullanımını azaltırken diğer yandan sermaye kullanımını arttıracaktır. Benzer şekilde ücretleri sabit tuttuğumuzda göreceli girdi fiyatları oranını %1 arttıracak kadar faizlerde meydana gelebilecek bir azalış, girdi oranlarını da %1.5 arttıracaktır. Çünkü sermayenin maliyetinin azalması bir yandan emek kullanımını azaltırken diğer yandan sermaye kullanımını arttıracaktır.

Çizelge 4.10. Gelişmiş Ülkeler İçin Model 1'e ait CES Üretim Fonksiyonu Tahmin Sonuçları

	<i>Newton-type</i>	<i>BFGS</i>	<i>L-BFGS-B</i>	<i>Nelder-Mead</i>
γ	1354 (0.182)	1126.000 (0.250)	1354 (0.182)	1436.000 (0.159)
λ	0.003 (0.000)***	0.003 (0.000)***	0.003 (0.000)***	0.003 (0.000)***
δ	0.022 (0.511)	0.031 (0.508)	0.022 (0.511)	0.019 (0.511)
ρ	-0.335 (0.016)**	-0.303 (0.031)**	-0.335 (0.016)**	-0.347 (0.013)**
ν	1.110 (0.000)***	1.109 (0.000)***	1.110 (0.000)***	1.110 (0.000)***
$\sigma_{K,L}$	1.505 (0.000)***	1.434 (0.000)***	1.505 (0.000)***	1.531(0.000)***
R^2	0.99	0.99	0.99	0.99
RSE	175932.0	176524.7	175932.0	175727.3

Not: Parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. RSE, kalıntı standart hatalarıdır.

CES üretim fonksiyonu tahmininden elde edilen önemli bulgulardan bir tanesi de ölçek parametresi (ν)'ne ait tahminin 1.110 olmasıdır. Bu durum bize gelişmiş ülkelerde ölçeğe göre artan getiri olduğunu göstermektedir. Ayrıca ikame esnekliğinin tahmin edilmesini sağlayan ikame parametresi de -0.335 olarak tahmin edilmiştir. Öte yandan dört optimizasyon algoritması içinde kalıntı standart hatalarının yüksek olduğu Çizelge 4.10'da görülmektedir. Teorik olarak, yüksek standart hatalar genellikle tahminlerin yüksek varyanslara sahip olabileceğini veya küçük örneklem büyüklüğünden kaynaklanabileceğini ima eder (Heij vd., 2004: 120). Ancak unutulmamalıdır ki CES üretim fonksiyonları tahmin edilirken verilere herhangi bir logaritmik dönüşüm yapılmamakta, veriler ham hali ile analizlere dâhil edilmektedir. Kullanılan veri setlerinde değişkenlerin büyük hacimlere sahip olması kalıntı standart hatalarının yüksek olmasına neden olmaktadır.

Gelişmekte olan ülke grubuna ait CES üretim fonksiyonu tahmin sonuçlarına Çizelge 4.11'de baktığımızda, gelişmiş ülke grubunda elde edilen tutarlı sonuçlar bu grupta görülememektedir. Üç optimizasyon algoritmasında (Newton-type, L-BFGS-B ve Nelder-Mead) birbirine yakın tutarlı sonuçlar elde edilmesine rağmen, BFGS optimizasyon algoritmasında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bizim burada tercihimiz BFGS optimizasyon algoritmasından elde edilen tahmin sonuçlarının yorumlanmasından yanadır. Bu durumun iki temel sebebi vardır. Birincisi, kalıntı standart hatalarının BFGS optimizasyon algoritmasında diğer algoritmalara göre daha düşük çıkmasıdır. İkincisi ise, BFGS optimizasyon algoritmasından elde edilen parametrelere ait tahmin sonuçlarının hem istatistiksel olarak hem de iktisadi açıdan daha anlamlı olmasıdır. Dolayısıyla her ne kadar

üç optimizasyon algoritması tutarlı sonuçlar verse de yukarıdaki nedenlerden dolayı BFGS optimizasyon algoritmasına ait bulgular yorumlanmıştır.

Çizelge 4.11. Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Model 1'e ait CES Üretim Fonksiyonu Tahmin Sonuçları

	<i>Newton-type</i>	<i>BFGS</i>	<i>L-BFGS-B</i>	<i>Nelder-Mead</i>
γ	433.381 (0.170)	2.996 (0.000)***	433.381 (0.170)	451.508 (0.161)
λ	0.006 (0.000)***	0.002 (0.037)**	0.006 (0.000)***	0.006 (0.000)***
δ	0.081 (0.297)	0.990 (0.000)***	0.081 (0.297)	0.076 (0.300)
ρ	-0.333 (0.002)***	0.375 (0.003)***	-0.333 (0.002)***	-0.339 (0.001)***
ν	0.915 (0.000)***	0.911 (0.007)***	0.915 (0.000)***	0.915 (0.000)***
$\sigma_{K,L}$	1.499 (0.000)***	0.727 (0.000)***	1.499 (0.000)***	1.514 (0.000)***
R^2	0.99	0.99	0.99	0.99
RSE	157242.2	150295.2	157242.2	157368.3

Not: Parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. RSE, kalıntı standart hatalarıdır.

BFGS tahmininden elde edilen sonuçlara göre gelişmekte olan ülke grubu için ikame esnekliği ($\sigma_{K,L}$) 0.727 olarak tahmin edilmiştir. Genel olarak gelişmekte olan ülke grubunda girdi oranlarındaki yüzde değişimin, göreceli girdi fiyatlarındaki yüzde değişimden küçük olduğu söylenebilir. Ayrıca göreceli girdi fiyatları oranında meydana gelebilecek %1'lik bir değişim girdi oranlarını %0.7 arttırmaktadır. Dolayısı ile faizleri sabit tuttuğumuzda göreceli girdi fiyatları oranını %1 arttıracak kadar ücretlerde meydana gelebilecek bir artış, girdi oranlarını da %0.7 arttıracaktır. Buna göre ücretlerde meydana gelen bir artış emeğin kullanımını gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelerde olduğu kadar azaltmamakta yerine sermaye ikame edilmesini gelişmiş ülkelerdeki kadar hızlı arttırmamaktadır. Bu durum beklenen bir sonuç olup, gelişmekte olan ülkelerin emek yerine sermaye kullanım oranı gelişmiş ülkelerdeki kadar yüksek olmayacaktır. Benzer şekilde ücretleri sabit tuttuğumuzda göreceli girdi fiyatları oranını %1 arttıracak kadar faizlerde meydana gelebilecek bir azalış, girdi oranlarını da %0.7 arttıracaktır. Bu durum bize gelişmekte olan ülkelerde sermayenin maliyetinin azalmasının sermaye kullanımı artışının ve emek kullanımı azalışının gelişmiş ülkelerdeki kadar olmadığını göstermektedir.

Öte yandan gelişmekte olan ülke grubunda ölçek parametresi (ν) tahmini 0.911 olarak elde edilmiş olup, bu durum bize gelişmekte olan ülkelerde ölçeğe göre azalan getiri olduğunu göstermektedir. Ayrıca ikame esnekliğinin tahmin edilmesini sağlayan ikame parametresi de

-0.335 olarak tahmin edilmiştir. Gelişmekte olan ülke grubunda da kalıntı standart hataları yüksek çıkmış olup, en düşük kalıntı standart hatasına sahip optimizasyon algoritması tahmin sonuçları yorumlanmıştır.

Diğer taraftan (4.6)'da verilen emek, sermaye, doğalgaz ve petrol girdili gelişmiş ülke grubu için CES üretim fonksiyonuna ait Model 2 için elde edilen tahmin sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Bu model de dört farklı optimizasyon algoritması ile tahmin edilmiş olup, elde edilen tahminlerden yorumlanmaya en uygun yöntem L-BFGS-B optimizasyon algoritmasıdır. Bunun temel nedeni, diğer optimizasyon algoritmalarında istatistiksel olarak anlamlı bulgular olsa dahi iktisat teorisi açısından anlamsız sonuçların bulunmuş olmasıdır. Buna göre Newton-type yönteminde δ_2 parametresinin negatif, BFGS yönteminde ρ_1 ve ρ_2 parametrelerinin -1'den küçük ve Nelder-Mead yönteminde ise ρ_2 parametresinin -1'den küçük tahmin edilmesi CES üretim fonksiyonunun parametre kısıtlarının dışındadır. Bu nedenle tahminler istatistiksel olarak anlamlı olsalar da iktisadi açıdan anlamlı değildirler.

Çizelge 4.12. Gelişmiş Ülkeler İçin Model 2'ye ait CES Üretim Fonksiyonu Tahmin Sonuçları

	<i>Newton-type</i>	<i>BFGS</i>	<i>L-BFGS-B</i>	<i>Nelder-Mead</i>
γ	5805.0 (0.000)***	10730.0 (0.000)***	5805.0 (0.000)***	5799.0 (0.038)**
λ	0.010 (0.000)***	0.008 (0.000)***	0.011 (0.000)***	0.014 (0.000)***
δ_1	0.001 (0.637)	0.001 (0.666)	0.002 (0.633)	0.812 (0.115)
δ_2	-0.133 (0.000)***	0.090 (0.159)	0.001 (0.999)	0.178 (0.108)
δ	0.660 (0.000)***	0.710 (0.000)***	0.632 (0.073)***	0.008 (0.804)
ρ_1	-0.919 (0.000)***	-2.096 (0.000)***	-0.597 (0.002)***	0.138 (0.645)
ρ_2	0.102 (0.287)	-1.417 (0.414)	0.106 (0.999)	-2.190 (0.200)
ρ	0.030 (0.891)	1.544 (0.000)***	0.011 (0.966)	-0.667 (0.061)*
ν	1.047 (0.000)***	1.031 (0.000)***	1.021 (0.000)***	0.971 (0.000)***
$\sigma_{K,L}$	12.332 (0.671)	NA	2.484 (0.033)**	0.878 (0.000)***
$\sigma_{G,P}$	0.908 (0.000)***	NA	0.904 (0.999)	NA
$\sigma_{(K,L)(G,P)}$	0.971 (0.000)***	0.393 (0.035)**	0.989 (0.000)***	3.003 (3.207)
R^2	0.99	0.99	0.99	0.99
RSE	127147.5	108390.0	131193.2	148948.8

Not: Parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. RSE, kalıntı standart hatalarıdır.

CES üretim fonksiyonu tahmin edilirken kurulan modelde iki farklı yuvalanma yapısı olduğundan üç adet ikame esnekliği tahmin edilmektedir. Bunlardan birincisi emek ve

sermaye arasındaki ikame esnekliğini ($\sigma_{K,L}$) tahmin eden alt düzey ikame esnekliği olup, 2.484 olarak tahmin edilmiştir. Bu durum Model 1’de elde edilen tahmin ile 1’den büyük olması nedeniyle tutarlıdır. İkincisi doğalgaz tüketimi ile petrol tüketimi arasındaki ikame esnekliği ($\sigma_{G,P}$) olup, 0.904 olarak tahmin edilse de istatistiksel olarak anlamlı değildir. Dolayısıyla gaz tüketimi ile petrol tüketimi arasında ikame esnekliği olmadığı söylenebilir. Yuvalanmış yapılar arasındaki ikame esnekliğine ($\sigma_{(K,L)(G,P)}$) baktığımızda ise 0.989 olarak tahmin edilmiş olup, bu tahmin istatistiksel olarak anlamlıdır. Dolayısıyla gelişmiş ülke grubunda yuvalanmış yapılar için ikame esnekliğinin 1’e yakın olması, Yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun Cobb-Douglas üretim fonksiyonu formuna dönüşebileceğini ifade edebiliriz. Öte yandan ölçek parametresi (v)’nin tahmininin 1.021 olması sabit getirilere yakın olmakla beraber ölçeğe göre artan getirileri göstermektedir.

(4.6)’da verilen Yuvalanmış CES üretim fonksiyonunun geliştirmekte olan ülke grubu için tahmin sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Geliştirmekte olan ülkeler için de dört farklı optimizasyon algoritması ile tahmin gerçekleştirilmiş olup, elde edilen tahminlerden yorumlanmaya en uygun yöntem L-BFGS-B optimizasyon algoritmasıdır. Bunun temel nedeni, diğer optimizasyon algoritmalarında iktisat teorisi açısından anlamsız sonuçların bulunmuş olmasıdır. Buna göre Newton-type yönteminde δ parametresinin 1, ρ_1 ve ρ_2 parametrelerinin -1’den küçük; BFGS yönteminde pozitif olması gereken λ parametresinin negatif ve Nelder-Mead yönteminde ise ρ_2 parametresinin -1’den küçük tahmin edilmesi CES üretim fonksiyonunun parametre kısıtlarının dışındadır. Bu nedenle tahminler istatistiksel olarak anlamlı olsalar da iktisadi açıdan anlamlı olmadığından L-BFGS-B algoritması tahmin sonuçları yorumlanmıştır.

Çizelge 4.13. Geliştirmekte Olan Ülkeler İçin Model 2’ye ait CES Üretim Fonksiyonu Tahmin Sonuçları

	<i>Newton-type</i>	<i>BFGS</i>	<i>L-BFGS-B</i>	<i>Nelder-Mead</i>
γ	7278 (0.000)***	1231.000 (0.674)	7278.000 (0.997)	7438.000 (0.999)
λ	0.006 (0.000)***	-0.007 (0.000)***	0.001 (0.847)	0.009 (0.002)***
δ_1	0.001 (0.900)	0.992 (0.000)***	0.182 (0.999)	0.833 (0.999)
δ_2	0.984 (0.000)***	0.756 (0.000)***	0.394 (0.001)***	0.921 (0.000)***
δ	1.000 (0.000)***	0.041 (0.751)	0.914 (0.986)	0.520 (0.999)
ρ_1	-1.776 (0.021)**	0.690 (0.000)***	0.475 (0.996)	2.032 (0.999)
ρ_2	-2.200 (0.056)*	-0.748 (0.129)	-0.791 (0.014)**	-6.549 (0.044)**
ρ	5.990 (0.000)***	-0.394 (0.193)	2.375 (0.000)***	0.966 (0.001)***
v	0.928 (0.000)***	0.996 (0.000)***	1.107 (0.000)***	1.120 (0.000)***

$\sigma_{K,L}$	NA	0.592 (0.000)***	0.678 (0.988)	0.330 (0.999)
$\sigma_{G,P}$	NA	3.960 (0.608)	4.776 (0.514)	NA
$\sigma_{(K,L)(G,P)}$	0.143 (0.031)**	1.651 (0.045)**	0.296 (0.029)**	0.509 (0.000)***
R^2	0.99	0.99	0.99	0.99
RSE	159263.9	119148.6	184288.9	193688.4

Not: Parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. RSE, kalıntı standart hatalarıdır.

Emek ve sermaye arasındaki ikame esnekliği ($\sigma_{K,L}$) 0.678 olarak tahmin edilmiş olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildir. Benzer şekilde ikincisi doğalgaz tüketimi ile petrol tüketimi arasındaki ikame esnekliği ($\sigma_{G,P}$) olup, 4.776 olarak tahmin edilse de istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yuvalanmış yapılar arasındaki ikame esnekliğine ($\sigma_{(K,L)(G,P)}$) baktığımızda ise 0.296 olarak tahmin edilmiş olup, bu tahmin istatistiksel olarak anlamlıdır. Dolayısıyla gelişmekte ülke grubunda yuvalanmış yapılar için ikame esnekliğinin sıfıra yakın olması yuvalanmış yapılar arasında ikame edilebilirliğin zayıf olduğunu göstermektedir. Öte yandan ölçek parametresi (ν)'nin tahmininin 1.107 olması ölçeğe göre artan getirileri göstermektedir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülke grupları için Model 2 tahmin sonuçlarını karşılaştıracak olursak, yuvalanmış yapılar arasındaki ikame esnekliği ($\sigma_{(K,L)(G,P)}$)'nin gelişmiş ülkelerde daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna göre her iki ülke grubunda da emek ve sermaye kıtlığı durumunda gaz ve petrol tüketiminin ikame edilmesi şansı daha düşüktür. Başka bir ifade ile emek ve sermaye kıtlığını, doğalgaz ve petrol tüketimini arttırarak gidermek zordur. Bununla birlikte gelişmekte olan ülke grubunda bu ikamenin olabilirliği gelişmiş ülke grubuna göre daha zordur. Dolayısıyla bu yuvalanmış yapılar arasında bir ikame ilişkisinden ziyade bir tamamlayıcılık ilişkisi söz konusudur.

4.4.3. VES üretim fonksiyonuna ilişkin bulgular

VES üretim fonksiyonu aracılığı ile ikame esnekliğini hesaplamak için Cobb-Douglas tahmininden elde edilen sonuçlardan yararlanılmıştır. (4.26)'da verilen Cobb-Douglas formu daha önce tahmin edilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.8'de verilmiştir.

$$\ln GDP_{it} = b_0 + b_1 \ln K_{it} + b_2 \ln L_{it} \quad (4.26)$$

Bu modelde yer alan b_1 katsayısı VES üretim fonksiyonunda yer alan $v(1 - \delta\rho)$ ifadesine eşittir. Aynı şekilde b_2 katsayısı da $v\delta\rho$ ifadesine eşittir. Dolayısı ile gelişmiş ülke grubu için Cobb-Douglas üretim fonksiyonu tahmin sonuçları hatırlanırsa b_1 katsayısı 0.518; b_2 katsayısı ise 0.556 olarak tahmin edilmişti. Benzer şekilde gelişmekte olan ülke grubunda b_1 katsayısı 0.695; b_2 katsayısı ise 0.392 olarak tahmin edilmişti. Bu tahminlerden yararlanarak ve $\rho = 1$ olduğu varsayılarak aşağıdaki süreç izlenirse ölçek parametresi olan v ve dağıtım parametresi olan δ değerlerine ulaşılabilir²⁵. Dolayısıyla gelişmiş ülkelerde ölçek parametresi $v = 1.074$, dağıtım parametresi ise $\delta = 0.518$ olarak elde edilirken, gelişmekte olan ülkelere ölçek parametresi $v = 1.087$, dağıtım parametresi ise $\delta = 0.361$ olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.14. VES Üretim Fonksiyonu Parametre Değerleri

	<i>Gelişmiş Ülkeler</i>	<i>Gelişmekte Olan Ülkeler</i>
δ	0.518	0.361
v	1.074	1.087
ρ	1	1
$\frac{1}{\delta}$	1.93	2.77

Elde edilen bu parametre değerlerinden ölçek parametresinin ve dağıtım parametresinin sabit olduğu kabul edilir²⁶ ve VES üretim fonksiyonu varsayımları çerçevesinde ikame parametresinin farklı değerleri ile ülkelere ve yıllara göre ikame esnekliği (4.27)'de yer alan formül aracılığı ile hesaplanabilir.

$$\sigma = 1 + \frac{(p - 1) K}{(1 - \delta\rho) L} \quad (4.27)$$

²⁵ **Gelişmiş Ülkelerde** $\rho = 1$ iken, $b_2 = \alpha\delta\rho = 0.556 \Rightarrow \alpha\delta = 0.556$ olduğuna göre, $b_1 = \alpha(1 - \delta\rho) = 0.518 \Rightarrow \alpha - \alpha\delta = 0.518 \Rightarrow \alpha - 0.556 = 0.518 \Rightarrow \alpha = 1.074$ olarak elde edileceği için $\alpha\delta = 0.556 \Rightarrow 1.074\delta = 0.556 \Rightarrow \delta = 0.518$ olacaktır.

Gelişmekte olan ülkelere ise $\rho = 1$ iken, $b_2 = \alpha\delta\rho = 0.392 \Rightarrow \alpha\delta = 0.392$ olduğuna göre, $b_1 = \alpha(1 - \delta\rho) = 0.695 \Rightarrow \alpha - \alpha\delta = 0.695 \Rightarrow \alpha - 0.392 = 0.695 \Rightarrow \alpha = 1.087$ olarak elde edileceği için $\alpha\delta = 0.392 \Rightarrow 1.087\delta = 0.392 \Rightarrow \delta = 0.361$ olacaktır.

²⁶ Revankar (1971) ikame parametresi dışında diğer parametreleri sabit tutarak farklı ikame parametreleri durumunda eş ürün eğrilerinin alacağı şekli göstermiştir. Dolayısı ile ikame parametresi ne olursa olsun elde edilen diğer parametrelerin sabit varsayılması Revankar (1971)'a dayanmaktadır.

Bu noktada unutulmaması gereken $(0 \leq \delta\rho \leq 1)$ kısıtı ile $\rho = \frac{1}{\delta}$ olduğunda VES Üretim Fonksiyonu'nun doğrusal üretim fonksiyonuna dönüşeceğinden $\rho > \frac{1}{\delta}$ olduğunda ikame esnekliğinin negatif olacağıdır. Dolayısı ile gelişmiş ülke grubunda ikame parametresi 1.93 olduğunda, gelişmekte olan ülke grubunda ise ikame parametresi 2.77 olduğunda VES üretim fonksiyonu doğrusal üretim fonksiyonuna dönüşmektedir. Dahası gelişmiş ülke grubunda 1.93'ün üzerinde ve gelişmekte olan ülke grubunda 2.77'nin üzerindeki ikame parametreleri ikame esnekliği değerini negatif yapacağı için iktisadi olarak anlamlı olmayacaktır. Bu durumda ikame parametresinin 1'den farklı olarak alacağı 0.25-0.50-0.75-1.25- 1.50-1.75 değerleri için ikame esneklikleri hesaplanmak istenmiştir²⁷. Fakat ikame parametresinin 0.25 ve 0.50 değerleri için bazı ülkelerde negatif ikame esneklikleri gözlemlendiği için hesaplamalar yapılmamıştır. Farklı ikame parametreleri için elde edilen ortalama ikame esneklikleri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Ayrıca her bir ülke için yıllara ve farklı ikame parametrelerine göre hesaplanan ikame esnekliği değerleri EK-8'de verilmiştir²⁸.

Çizelge 4.15. VES Üretim Fonksiyonu'ndan Hesaplanan Ortalama İkame Esneklikleri

		$\rho = 0.75$	$\rho = 1.25$	$\rho = 1.50$	$\rho = 1.75$
Gelişmiş Ülkeler	$\bar{\sigma}_{(K,L)}$	0.317	2.186	4.748	14.408
Gelişmekte Olan Ülkeler	$\bar{\sigma}_{(K,L)}$	0.451	1.730	2.746	4.262

İkame esnekliği, ikame parametresi birden büyük olduğunda gelişmiş ülke grubunda, gelişmekte olan ülke grubundan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum CES üretim fonksiyonundan elde edilen sonuçlarla tutarlıdır. Dolayısı ile gelişmiş ülkelerde sermayenin maliyeti azaldığında sermaye kullanım oranında meydana gelebilecek bir artış ve emek kullanımındaki azalış gelişmiş ülkelere daha fazladır. Diğer bir ifade ile gelişmiş ülkelere sermaye kıtlığı durumunda yerine emeğin ikame edilme şansı gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksektir. Bu beklenen bir durum olup, gelişmiş ülkelere emek gelişmekte olan

²⁷ Gelişmekte olan ülke grubu için ikame parametresinin 2-2.25-2.50-2.75 olduğu değerler için ikame esnekliğini hesaplamak mümkün olmakla beraber gelişmiş ülke grubu ile karşılaştırma imkânı olmadığı için hesaplamalar gerçekleştirilmemiştir.

²⁸ EK-8'de verilen bireysel ikame esneklikleri incelendiğinde ülkelerin ikame esnekliklerinin ülkeler arasında birbirine yakın olarak hesaplandığı görülmektedir. Bunun temel nedeni, panel tahmininden elde edilen parametrelerin her bir ülke için aynı olduğu kabul edilerek hesaplamaların yapılmış olmasıdır.

ülkelere göre beşeri sermaye yönünden daha iyi durumda olup geliştirmekte olan ülkelere göre daha vasıflıdır.

Dikkat edilirse gelişmiş ülke grubunda ikame parametresi arttıkça ikame esnekliğinde meydana gelen artış geliştirmekte olan ülkelere göre daha yüksektir. Bunun temelde iki nedeni olup bunlardan birincisi sermaye emek oranının gelişmiş ülke grubunda daha yüksek olmasıdır. İkinci ve farkın bu kadar yüksek olmasına sebep olan en önemli neden ise dağıtım parametresinin gelişmiş ülke grubunda geliştirmekte olan ülke grubuna göre daha yüksek çıkmasıdır.

Son olarak Wise ve Yeah (1966) ikame esnekliği ile sermaye-emek oranı arasında güçlü bir ilişki olduğunu ifade etmişlerdir. Buradan hareketle Revankar (1971) bu ilişkiyi (4.28)'deki gibi daha genel bir doğrusal formla ifade etmiş ve β_0 'ın 1'e eşit olacağını belirtmiştir. Elimizde hem ikame esnekliğine ait hesaplanmış veri hem de esermaye emek oranı olduğu için (4.28)'de verilen model AMG tahmincisi ile tahmin edilmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 4.16'da verilmiştir.

$$\sigma_{K,L} = \beta_0 + \beta_1 \frac{K}{L} \quad (4.28)$$

Çizelge 4.16. İkame Esnekliği ve Sermaye Emek Oranı İlişkisi AMG Tahmin Sonuçları

<i>Gelişmiş Ülkeler</i>				
	$\rho = 0.75$	$\rho = 1.25$	$\rho = 1.50$	$\rho = 1.75$
β_0	0.999*** (0.000)	1.000*** (0.000)	1.000*** (0.000)	1.000*** (0.000)
β_1	-0.409*** (0.000)	0.709*** (0.000)	2.242*** (0.000)	8.021*** (0.000)
<i>Gelişmekte Olan Ülkeler</i>				
	$\rho = 0.75$	$\rho = 1.25$	$\rho = 1.50$	$\rho = 1.75$
β_0	1.000*** (0.000)	1.000*** (0.000)	0.999*** (0.000)	1.000*** (0.000)
β_1	-0.343*** (0.000)	0.456*** (0.000)	1.091*** (0.000)	2.037*** (0.000)

Not. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

Bulgular her iki ülke grubunda da β_0 katsayısının 1 olduğunu ve ikame parametresi arttıkça ikame esnekliği ile sermaye-emek oranı arasında istatistiksel olarak anlamlı ve gittikçe artan güçlü bir ilişki olduğunu göstermekte olup beklenen sonuçlarla tutarlıdır.



5. SONUÇ

Üretim fonksiyonu üzerine tartışmalar uzun yıllar öncesine kadar dayanmakta olup, bu konu iktisatçıların daima ilgisini çekmiştir. Üretim fonksiyonu, belirli bir dönemde belirli bir malın üretimine katılan üretim faktörleri ile çıktılar arasındaki ilişkilerin ifadesidir. Bu ilişkilerin gösterebileceği özellikler üç farklı kavram ile ifade edilebilir. Bunlardan birincisi, fonksiyonun homojenlik derecesi ile belirlenen *ölçeğe göre getiri* kavramıdır. İktisadi olarak üretim fonksiyonunun homojenlik derecesi, bütün faktörlerin belli bir miktar arttırılması durumunda toplam üretimde gerçekleşen artışı belirlemektedir. İkincisi *çıktı esnekliği* olup, kullanılan diğer üretim faktörlerinin miktarları sabit iken üretim faktörlerinden birindeki oransal değişimin üretimde meydana getirdiği oransal değişmeye oranı olarak tanımlanabilir. Üçüncüsü ise bu çalışmanın ana odak noktası olan ve girdiler arasındaki ikame ilişkilerini ifade eden *ikame esnekliği* kavramıdır. İkame esnekliği, faktör oranlarındaki oransal/yüzdesel değişimin faktörlerin marjinal verimlilikleri oranlarındaki oransal/yüzdesel değişmeye oranı olarak ifade edilmektedir. Bu üç kavramı belirleyebilmek için üretim fonksiyonunu tanımak ve doğru tahmin etmek önemlidir.

Üretim fonksiyonları, üretim ile üretim faktörleri arasında kesin ilişkiler bulunduğunu kabul etmekte ve bu ilişkileri matematiksel bir şekilde ifade etmeye çalışmaktadırlar. Her iktisadi analizde, bağımlı değişkeni etkileyen birçok etken vardır ve üretim analizinde de üretimi belirleyen birçok etken söz konusudur. Ancak ekonometrik modellemeler yapılırken bağımlı değişkeni etkileyen bu etkenlerin tamamını göz önüne almak pek mümkün olmamaktadır. Benzer şekilde üretim fonksiyonları oluşturulurken ya da tahmin etmek için modellenirken birçok etken göz önüne alınmamaktadır. Bu durumun bazı nedenleri vardır. Bunlardan birincisi, bütün üretim faktörlerinin tespit edilmesine olanak olmamasıdır. İkincisi, bütün faktörlerin üretime etkilerini matematiksel bir şekilde ifade edecek bir formülasyonun oluşturulması kolay değildir. Üçüncü ve son olarak, bütün faktörleri dikkate alan bir modelin güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi kolay değildir. Çünkü her bir faktöre ait çok uzun zaman serilerine ve geniş yatay kesit verilerine ihtiyaç vardır. Bu nedenle üretim fonksiyonları incelenirken, genellikle üretim ile sermaye ve emek arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Üretim ve üretim fonksiyonları ile iktisatçılar kadar mühendisler de ilgilenmektedir. Ancak genel anlamda her iki grup aynı şeye odaklansa da özelde ilgilendikleri alan farklıdır.

Mühendisler, teknolojik olarak uygulanabilir girdi ve çıktı kombinasyonlarının teknoloji setini üretmektedirler. İktisatçılar ise bu setin etkin sınırını tanımlamakta ve mevcut girdi çıktı kombinasyonlarının en iyi düzeyini belirlemektedirler.

Üretim fonksiyonları kârını maksimize etmeye çalışan bir firma için ya da bir sektör için mikro düzeyde incelenebilir. Öte yandan üretim fonksiyonları bir endüstri ya da bir ülke ekonomisi için de makro düzeyde incelenebilmektedir. Neoklasik gelenekte teknik bilgi düzeyi ve girdi-çıktı ilişkileri veri iken, teknik olarak bir araya getirilebilir bütün fiziksel girdi bileşimlerinden elde edilebilecek maksimum çıktıyı ifade eden bir fonksiyonun belirlenmesi mikro düzeyde bir üretim fonksiyonu için daima mümkündür. Bu fonksiyonda homojenlik, pozitif ikame edilebilirlik gibi özellikler yer almaktadır. Bununla birlikte bu üretim fonksiyonları toplulaştırıldığında basitçe aynı özelliklere sahip makro düzeyde bir üretim fonksiyonuna dönüşmesi beklenmektedir. Söz konusu makro üretim fonksiyonu, çoğu iktisatçı tarafından makroekonomik modeller inşaa edilirken kullanılmıştır. Özellikle 1940 ve 1950'lerde şiddetli dalgalanmalar olmaksızın büyümenin yolları araştırılırken makro ya da toplulaştırılmış üretim fonksiyonundan yararlanmışlardır. Bu fonksiyonların toplulaştırılması ile ilgili bazı kurallar, 1940'lı yıllarda *Econometrica* dergisinde kapsamlı bir şekilde tartışılmıştır. Yaşanan bu gelişmelerle, iktisatçılar büyüme muhasebesini, büyüme teorisini ve ekonometrik analizleri bir araya getirerek toplulaştırılmış üretim fonksiyonlarını kullanmaya başlamışlardır. Özellikle Solow'un 1956 yılında yayınladığı çalışması bu konuda önemli bir yapı taşı konumundadır. Bu çalışmanın yayınlanmasından sonra, iktisadi büyümenin kaynaklarını ölçmek ve teknik değişimin doğası hakkında sonuçlar çıkarmak üzere makro üretim fonksiyonları tahmin edilmektedir.

1950'li yıllarda makro üretim fonksiyonunun kullanımı hem artmış hem de makro üretim fonksiyonları ciddi sorgulamalara tabi tutulmuştur. Bu sorgulamalarda makro üretim fonksiyonlarında temelde iki sorun tartışılmıştır. İlk tartışma, mikro düzeydeki üretim fonksiyonlarının toplulaştırılarak makro düzeye getirilmesi teknik olarak pek mümkün olmadığı yönündedir. İkincisi ise üretim faktörlerinden sermayenin toplulaştırılmasında ölçüm sorunları olabileceği yönündedir. Ancak her iki eleştiriye rağmen makro ya da toplulaştırılmış üretim fonksiyonları kullanılmaya devam edilmiştir. Özellikle Neoklasik İktisatçılar toplulaştırılmış ya da makro üretim fonksiyonlarını kullanmışlar ve bazı standart gerekçelerin arkasına sığınmışlardır. Bunlardan birincisi, araçsalcılık (*instrumentalism*) olarak bilinen metodolojik konuma dayanmışlardır. Yani makro üretim fonksiyonları amaç

olarak algılanmamış iktisadi ilişkileri açıklamak için bir araç olarak kullanılmıştır. Dolayısıyla makro üretim fonksiyonları ampirik olarak makul sonuçlar verdiği sürece kullanılmasında bir sorun yoktur. İkincisi, makro üretim fonksiyonu birer benzetme olarak algılanmalıdır. Üçüncü ve son olarak ise makro üretim fonksiyonlarının kullanıldığı ampirik uygulamalar için başka bir seçenek bulunmamaktadır. Dahası ekonominin tüm mikro modellerini içerecek miktarda bol veri bulunmamaktadır. Ayrıca hem bilgisayar kapasitesi hem de zekâmız bu karmaşık modelleri işlemek için sınırlıdır. Dolayısıyla toplulaştırılmış ya da diğer bir ifade ile makro üretim fonksiyonlarını kullanmak yanlış olmayacaktır.

Üretim, üretim faktörleri ve üretim fonksiyonları üzerine tartışmalar oldukça eski olup, Antik Roma ve Yunan medeniyetlerine kadar dayanmaktadır. Adam Smith ile başlayan modern iktisat bilimi yazınından önce hem Merkantilistler hem de Fizyokratlar üretim ile ilgilenmişlerdir. Özellikle Fizyokrat iktisatçı A. R. J. Turgot üretim üzerine yoğunlaşmıştır. Üretim ile ilgili konular Adam Smith ve onun öncü olduğu Klasik İktisat Okulu ve devamı niteliğindeki Neoklasik İktisat Ekolü çerçevesinde oldukça geniş bir alan bulmuştur. Üretimle ilgili konular üzerine Ricardo'nun önemli katkıları olmuştur. Bunlardan en önemlisi, elbetteki azalan verimlerin farkında olmasıydı.

Ancak bu süreçte en önemli katkıyı Klasik İktisat'ın Alman takipçilerinden Von Thünen yapmış olup, üretim fonksiyonunu geliştiren ve azalan verimleri üretim fonksiyonuna dâhil eden ilk kişi olması büyük önem arz etmektedir. Thünen'in geliştirdiği üretim fonksiyonu günümüzde oldukça iyi bilinen Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun örtük bir halidir. Üretim ve üretim fonksiyonu üzerinde duran bir diğer grup ise II. Kuşak Marjinalistlerdir. Bu grupta yer alan özellikle Wicksteed ve Wicksell üretim ve üretim fonksiyonları ile ilgili gelişmelere çok ciddi katkılar yapmışlardır. Wicksteed, ürünün tüketilmesi teoremini keşfeden ilk kişidir. Wicksell ise Thünen'in geliştirdiği örtük Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu kesin ve nihai hale getiren kişidir.

Tüm bu öncü çalışmalardan sonra, 1928 yılında Cobb ve Douglas kendi isimleri ile anılan ünlü üretim fonksiyonunu geliştirmişlerdir. Bu üretim fonksiyonu ile beraber üretim fonksiyonlarına ait parametreler -özellikle çıktı esneklikleri- iktisatçılar tarafından tahmin edilmeye başlanmıştır. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu oldukça popüler olmakla beraber söz konusu üretim fonksiyonunun en önemli eksikliği faktörler arasındaki ikame esnekliğinin daima bir olarak kabul edilmesidir. Çünkü faktör fiyatları oranındaki yüzde

değişim, faktör oranındaki yüzde değişmeye eşit olacaktır. Başka bir ifade ile üretim fonksiyonunda faktörlerden birisi sabit kaldığında ve diğeri arttırıldığında, artan faktörün marjinal verimliliği azalmakta ancak daima pozitif kalmakta, dolayısıyla çıktı sürekli artmaktadır. Yani değişen faktör sonsuza doğru gittiğinde, bu faktörün marjinal verimliliği sıfıra yaklaşmakta, çıktı ise sonsuza doğru yaklaşmaktadır. Fakat faktörler arasındaki ikame esnekliği daima bir olmak zorunda değildir.

1951 yılında Leontief, sabit katsayılı (Leontief) üretim fonksiyonunu geliştirmiştir. Bu üretim fonksiyonunda faktörler arasında ikame ilişkisi hiçbir şekilde bulunmamaktadır. Aksine faktörler birbirlerini tam bir şekilde tamamlamaktadırlar. Öte yandan çıktı miktarını belirleyen ise az sayıda kullanılan üretim faktörüdür. Çünkü üretim faktörlerini birbirlerini tam bir şekilde tamamlamakta ve az sayıda olan üretim faktörü sabit tutulurken diğer üretim faktörü arttırılsa dahi üretim artmayacaktır. Dolayısıyla tamamlamalılık ilişkisinin dışında fazla olan yani artık kalan üretim faktörünün marjinal verimliliği sıfır olacaktır.

Bir diğer üretim fonksiyonu ise doğrusal üretim fonksiyonu olup, bu üretim fonksiyonunda, üretim faktörleri birbirlerinin yerine tam olarak geçebilirler. Dolayısıyla üretim faktörleri birbirinin tam ikamesidirler. Bu durumda ikame esnekliği sonsuz olacaktır. İster Sabit Katsayılı üretim fonksiyonu olsun, isterse de doğrusal üretim fonksiyonu olsun, her ikisi de, gerçek hayatta pek bir anlam ifade etmemektedirler. Önemli olan ikame esnekliği birden büyük mü yoksa düşük mü olduğudur.

Bu sorunun cevabını verebilmek için ikame esnekliğinin birden farklı olduğu durumları da dikkate alan üretim fonksiyonlarına ihtiyaç duyulması ile birlikte, Arrow, Chenery, Minhas ve Solow 1961 yılında CES üretim fonksiyonunu geliştirmişlerdir. Bu üretim fonksiyonunun en önemli özelliği ikame esnekliğinin faktör kullanım miktarı ve üretim düzeyi ne olursa olsun daima sıfır ile artı sonsuz arasında sabit bir değer almasıdır. Dolayısıyla CES üretim fonksiyonu ikame esnekliği sıfır olduğunda Sabit Katsayılı üretim fonksiyonuna, bir olduğunda Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna ve artı sonsuz olduğunda ise doğrusal üretim fonksiyonuna dönüşmektedir. Bu çerçevede, bu üç üretim fonksiyonu CES üretim fonksiyonunun özel bir durumudur.

CES üretim fonksiyonunda ikame esnekliğinin faktör kullanım oranları ve çıktı düzeyi ne olursa olsun sabit olması bir eksiklik olarak görülmüştür. Bu bağlamda Revankar 1971

yılında ikame esnekliğinin sabit olmadığı ve girdi kullanım oranlarına bağlı olarak değiştiği VES üretim fonksiyonunu geliştirmiştir. Buna göre VES üretim fonksiyonunda ikame esnekliği faktör oranlarının bir fonksiyonudur. Dolayısıyla VES üretim fonksiyonu, hem ikame esnekliğinin daima bir olduğu Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna göre, hem de ikame esnekliğinin daima sabit bir değer olduğu CES üretim fonksiyonuna göre daha geneldir.

Bir diğer üretim fonksiyonu ise 1973 yılında Christensen, Jorgensen ve Lau tarafından geliştirilen, Translog üretim fonksiyonu olup, bu fonksiyonda da ikame esnekliği hesaplanırken, Cobb-Douglas ya da CES üretim fonksiyonu gibi herhangi bir kısıtlama getirilmemektedir. Aksine Translog üretim fonksiyonu farklı çıktı düzeylerine göre tek tek ikame esnekliği hesaplamaya imkân tanımaktadır.

1970'li yıllardan sonra üretim fonksiyonlarına ilişkin bu teorik çalışmalar ciddi şekilde azalmıştır. Bunun en önemli nedeni, iktisatçıların teorik düzeyde çalışmaktan ziyade, gerçek hayattaki üretim ilişkilerini daha iyi anlamak için üretim fonksiyonlarının tahminine yönelmeleri olarak gösterilebilir. Teorik çalışmalardan ampirik çalışmalara doğru bir kayma yaşanmasının en önemli nedeni ise hem bilgisayar teknolojisinin gelişmesi hem de yeni ekonometrik tahmin yöntemlerinin geliştirilmesidir. Ancak bu noktada belirtilmesi gereken en önemli husus günümüzde de hem üretim, hem de üretim faktörleri arasındaki ilişkiler ve üretim fonksiyonları önemini korumakla birlikte, araştırılması gereken konularında başında gelmektedir. Bugün üretim faktörleri arasındaki ikame ya da tamamlayıcılık ilişkilerini öğrenmek, ölçek esnekliklerini ve üretim faktörlerine ait çıktı esnekliklerini elde etmek için üretim fonksiyonlarının tahmini kaçınılmazdır. Ayrıca ekonometrik tahmin yöntemleri sürekli gelişmekte ve yeni ve daha güçlü tahminciler yazında yerini almaktadır. Dolayısıyla bu tahminciler ile üretim fonksiyonlarına ait parametrelerin tahmini büyük önem arz etmektedir.

Üretim fonksiyonları tahmin edilirken bazı problemlerle karşı karşıya kalınmaktadır. Örneğin Marschak ve Andrews (1944) üretim fonksiyonlarının en küçük kareler tahmincisi ile tahmin edildiğinde elde edilen katsayıların yanlı olacağını belirtmişlerdir. Mundlak ve Hoch (1965) ise girdilerin hata teriminden bağımsız olduğu durumlarda en küçük kareler tahminlerinin yanlı olmayacağını ifade etmişlerdir. Zellner, Kmenta ve Dreze (1966) ise en küçük kareler tahminleri yanlı olsa bile tutarlı olabileceğinden bu tahmincinin

kullanılabileceği üzerinde durmuşlardır. Hoch (1955) panel veri teknikleri ile üretim fonksiyonlarının yansız tahmin edilebileceğini ifade etmiştir. Mundlak (1961) bu önermeyi dikkate alarak bir analiz yapmış ve panel veriden elde edilecek tahminlerin yansız ve tutarlı olabileceğini göstermiştir.

Yazında yer alan çalışmalar topluca değerlendirilecek olduğunda karşımıza iki önemli eksiklik çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, VES üretim fonksiyonu üzerine çok az sayıda çalışmanın yapılmış olmasıdır. İkincisi ise üretim fonksiyonları arasında başta ikame esnekliği olmak üzere, ölçek esnekliği ve çıktı esneklikleri çerçevesinde bir karşılaştırmanın yapılmamış olmasıdır. Ayrıca gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde başta emek ve sermaye gibi iki önemli üretim faktörü olmak üzere, faktörler arasındaki ikame esnekliklerinin alacağı değerler tahmin edilerek karşılaştırma yapılmamış olmasıdır. Bu konuda genel görüş emek ve sermaye arasındaki ikame esnekliğinin gelişmekte olan ülkelerde daha yüksek olduğu yönündedir. Bu görüş, araştırılması ve incelenmesi gereken önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde, toplulaştırılmış/makro Cobb-Douglas, CES ve VES üretim fonksiyonlarından hareketle, ikame esnekliklerini, çıktı esnekliklerini ve ölçek esnekliklerini son yıllarda geliştirilen ekonometrik yöntemlerle tahmin etmek ve dolayısıyla girdiler arasındaki ilişkileri ve çıktı üzerine katkılarını araştırmak ve bu bağlamda hem ülkeler bazında hem de üretim fonksiyonları bazında karşılaştırmalar yapmak olarak belirlenmiştir. Yukarıda da ifade edildiği gibi tahminler gerçekleştirilirken yazındaki çalışmalardan farklı olarak yeni ekonometrik yöntemler tercih edilmiştir. Ayrıca yazındaki diğer çalışmalardan farklı olarak hem ikame esnekliğine odaklanılmış, hem de farklı üretim fonksiyonlarına ilişkin parametre tahminleri karşılaştırılmıştır. Bu çerçevede çalışmamız yazında yer alan diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır.

Belirlenen amaç ve çalışmanın yazına katkısı bağlamında çizilen çerçeve doğrultusunda, 1982-2014 dönemine ait verilerle 22 gelişmiş, 12 gelişmekte olan ülke ile oluşturulan ülke grupları çerçevesinde analizler gerçekleştirilmiştir. Tezde ülke ve dönem bağlamında yapılan kısıtlamanın temel gerekçesi, veri setinin oluşturulmasında ülkelerin çalışmada kullanılan ilgili verilerine ulaşılabilirlik ölçüsünde seçim yapılmıştır. Bu çerçevede ele alınan ülkeler ve dönem itibari ile en kapsamlı veri seti oluşturulmuştur. Bu bağlamda, farklı

girdi kombinasyonlarını içerecek şekilde iki farklı model oluşturulmuştur. Birinci modelde klasik üretim fonksiyonu bağlamında sadece emek ve sermayenin girdi olarak kullanıldığı bir üretim fonksiyonu oluşturulmuştur. İkinci modelde ise emek ve sermaye girdilerine ek olarak son zamanlarda ilgi çekici bir konu olarak karşımıza çıkan enerji tüketim değerleri üretim fonksiyonuna dâhil edilmiş ve bu çerçevede petrol ve doğalgaz tüketim değerlerini de içerecek şekilde dört girdili üretim fonksiyonu oluşturulmuştur. Öte yandan, birinci model her üç üretim fonksiyonu için tahmin edilebilirken, ikinci oluşturulan model henüz VES üretim fonksiyonunda iki girdiden daha fazla girdi ile model oluşturulamadığı için sadece Cobb-Douglas ve CES üretim fonksiyonları için tahmin edilmiştir.

Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun tahmini için doğrusal panel veri analiz tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu çerçevede öncelikle kullanılan değişkenlerde ve oluşturulan modellerde yatay kesit bağımlılığının varlığı her iki ülke grubu için araştırılmış ve elde edilen bulgular neticesinde hem değişkenlerde hem de modellerde yatay kesit bağımlılığının olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çerçevede yatay kesit bağımlılığını dikkate alan CIPS Panel Birim Kök testi kullanılmış ve serilerin birinci dereceden farkı alındığında durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Devamında tahmin edilecek katsayıların homojenliği Delta Testi aracılığı ile araştırılmış ve elde edilen bulgular neticesinde tahmin edilen katsayıların homojen olduğu sonucuna ulaşılmış olup bu durumda oluşturulan panel grupları için yorum yapılabileceği ifade edilmiştir. Elde edilen bu bulgular doğrultusunda Westerlund-Edgerton (2007) Panel Eşbütünleşme Testi her iki model içinde iki ülke grubu çerçevesinde yapılmış ve değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Eşbütünleşme testinden elde edilen uzun dönemli ilişkiye ait katsayıları elde etmek için AMG tahmincisinden yararlanılmıştır.

Birinci modelden elde edilen sonuçlara bakıldığında, sermayenin çıktı esnekliği gelişmiş ülke grubunda, gelişmekte olan ülke grubuna göre daha düşük tahmin edilmiştir. Bu durum beklentilerimizle paralellik arz etmektedir. Çünkü gelişmiş ülkelerde sermaye kullanım yoğunluğu gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksektir. Bu nedenle marjinal verimlilikler düşük, ortalama verimlilikler daha yüksektir. Emegın çıktı esnekliği ise gelişmiş ülke grubunda daha yüksek gelişmekte olan ülke grubunda ise daha düşük olarak tahmin edilmiştir. Çalışmada analizi gerçekleştirirken ülkeler arasındaki emegın verimlilik farklılığını gidermek için emek beşeri sermaye endeksi ile çarpılmıştır. Bu nedenle gelişmiş ülkelerde beşeri sermaye endeksi büyük olacağı için emek kullanım miktarının daha fazla

olması sebebiyle çıktı esnekliğinin gelişmiş ülkelerden daha az olacağı düşünülebilir. Fakat burada ülke grupları oluşturulurken ele alınan ülkelerin özelliklerine de dikkat etmek gerekmektedir. Gelişmekte olan ülke grubunda yer alan 12 ülkeden birisi de Çin olup, Çin’de emek kullanımının oldukça yoğun olması, gelişmekte olan ülke grubunda çıktı esnekliğinin daha düşük çıkmasına neden olmuş olabilir. Öte yandan gelişmiş ülke grubunda çıktı esneklikleri toplamı 1.074 olarak elde edilmiş olup ölçeğe göre artan getiri söz konusudur. Benzer şekilde gelişmekte olan ülke grubunda çıktı esneklikleri toplamı 1.087 olarak elde edilmiş olup ölçeğe göre artan getiri gelişmekte olan ülkeler için de söz konusudur.

İkinci modelden elde edilen sonuçlara bakıldığında ise sermaye ve emek çıktı esneklikleri için birinci modelde elde edilen bulgular her iki ülke grubu için geçerliliğini korumaktadır. Bununla birlikte, doğal gaz tüketimine ilişkin çıktı esneklik katsayısı gelişmiş ülke grubunda 0.063 olarak elde edilmiştir. Tahmin edilen bu katsayıyı gelişmekte olan ülke grubu ile karşılaştırmak istediğimizde, doğal gaz tüketiminin çıktı esnekliği her ne kadar 0.019 olarak elde edilmiş olsa da, istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu nedenle doğal gaz tüketimine ait tahmin edilen çıktı esnekliğini gelişmekte olan ülkeler için sıfır olarak kabul edebiliriz. Ortaya çıkan bu bulguların en önemli nedeni doğal gazın tüketiminin coğrafi koşullara bağlı olmasıdır. Zira doğal gaz tüketimini arttırabilmek için ülkelerin doğal gaz kaynaklarına yakın olması ya da kendi ülkelerine doğal gaz boru hattının döşenmiş olması gerekmektedir. Bu nedenle, gelişmekte olan ülkelerde doğal gaz tüketimine ilişkin çıktı esnekliği katsayısı istatistiksel olarak anlamsız çıkmış olabilir.

Diğer taraftan petrol tüketimi için elde edilen çıktı esneklikleri gelişmiş ülke grubunda, gelişmekte olan ülke grubuna göre daha yüksek tahmin edilmiştir. Elde edilen bu tahmin beklentilerimizin dışında bir sonuç göstermektedir. Çünkü petrol tüketimi gelişmiş ülkelerde daha yoğun olduğundan (bu Çizelge 4.2’deki betimleyici istatistiklerde de görülebilir) petrol tüketimi çıktı esnekliğinin gelişmekte olan ülke grubunda daha düşük çıkması beklenmektedir. Ancak gelişmiş ülkelerde yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarına ilişkin araştırma ve yatırımların daha fazla olduğunu unutmamak gerekir. Gelişmekte olan ülkelerde ise tam tersine bu yatırımlar yeni görülmekle beraber, hala geleneksel enerji kaynakları yoğun bir şekilde kullanılmakta olup, bu kaynakların başında da petrol gelmektedir. Ayrıca ele aldığımız gelişmekte olan ülkelere bazıları (Meksika, Çin, Brezilya ve Venezuela gibi) dünyanın en önemli petrol üreticisi ülkeleridir. Dolayısıyla bu ülkelerde petrol tüketimi de yükündür. Üretimde enerji kullanımındaki bu yoğunluk

nedeniyle gelişmekte olan ÷lkelerde gelişmiş ÷lkelere nazaran petrol çıktı esnekliği daha düşük çıkmış olabilir. Zira ele aldığımız gelişmiş ÷lkelerde 1982 yılında ortalama petrol tüketimi 74.37 milyon metrik ton iken, 2014 yılında 83.08 milyon metrik ton olarak gerçekleşmiştir. Gelişmekte olan ÷lkelerde ise 1982 yılında ortalama petrol tüketimi 26.41 milyon metrik ton iken, 2014 yılında 88.53 milyon metrik ton olarak gerçekleşmiştir. Bu verilerden de anlaşılacağı üzere petrol tüketimi gelişmekte olan ÷lkelerde zaman içerisinde hızla artarken, gelişmiş ÷lkelerde yatay bir seyir izlemiştir. Dolayısıyla gelişmekte olan ÷lke grubunda çıktı esnekliğinin daha az çıkması bu durumdan kaynaklanıyor olabilir. Her iki ÷lke grubunda da birinci modelde olduğu gibi –sadece anlamlı katsayılar bakacak olsak bile- ikinci modelde de ölçeğe göre artan getiri geçerlidir.

Diğer taraftan her iki ÷lke grubunda ve her iki modelde de çıktı esnekliklerinin pozitif ve birden küçük olarak elde edilmesi azalan marjinal verimler yasaşının geçerli olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde Model 1’de çıktı esnekliklerinden birisinin sıfır değerini almaması girdiler arasında işlevsel olarak bir tamamlayıcılık ilişkisi olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla girdilerden birinin kullanım miktarında meydana gelen bir artış, diğer girdinin marjinal verimliliğini arttırmaktadır. Bu hali ile tahmin edilen Cobb-Douglas üretim fonksiyonları teori ile uyumludur.

CES üretim fonksiyonuna ait parametrelerin tahmini için, son yıllarda geliştirilen, doğrusal olmayan tahmin yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu çerçeve de optimizasyon algoritmalarından yararlanarak doğrusal olmayan panel EKK tahmincisi ile CES üretim fonksiyonu ve dolayısıyla ikame esnekliği tahmin edilmiştir. Bulgular, emek ve sermayenin kullanıldığı birinci model için gelişmiş ÷lkelerde ikame esnekliğinin birden büyük (1.5), gelişmekte olan ÷lkelerde ise 1’den küçük (0.727) olduğunu göstermektedir. Bu çerçeve de gelişmiş ÷lkelerde ücretlerde meydana gelen bir artış sonucunda sermaye emeğin yerini gelişmekte olan ÷lkelere göre nispi olarak daha kolay almaktadır. Gerçekte de sermayenin fiyatı gelişmiş ÷lkelerde daha düşük olmakla beraber, gelişmekte olan ÷lkelerde daha yüksektir. Dolayısıyla emek ile sermayenin ikamesi gelişmiş ÷lkelerde daha kolay olacaktır. Bununla birlikte ölçek esnekliği gelişmiş ÷lkelerde Cobb-Douglas ile paralel bir şekilde ölçeğe göre artan getirileri gösterirken, gelişmekte olan ÷lkelerde ise Cobb-Douglas’ın tersine ölçeğe göre azalan getirileri göstermektedir.

İkinci model dört girdili olduğu için yuvalanmış CES üretim fonksiyonundan yararlanılmış ve bu çerçevede emek ile sermaye arasında ve doğalgaz ile petrol tüketimi arasında alt düzey ikame esneklikleri hesaplanmakla beraber, üst düzeyde ise yuvalanmış yapılar arasında ikame esnekliği hesaplanmaktadır. Birinci modele benzer şekilde, emek ile sermaye arasında ikame esnekliği gelişmiş ülkelerde birden büyük, gelişmekte olan ülkelere ise birden küçük tahmin edilmiştir. Ancak gelişmekte olan ülkelere emek ile sermaye arasındaki ikame esnekliği istatistiksel olarak anlamsızdır. Bununla birlikte, diğer yuvalanma yapısı olan doğal gaz ve petrol tüketimi arasındaki ikame esneklikleri gelişmiş ülkelere birden küçük, gelişmekte olan ülkelere ise birden büyük olarak tahmin edilmiş olmakla beraber bu tahminler de istatistiksel olarak anlamsızdır. Bu bulgulardan anlaşılabileceği üzere hem gelişmiş ülkelere hem de gelişmekte olan ülkelere doğal gaz ve petrol tüketimi ikame edilememektedir. Bu durum Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan elde edilen çıktı esnekliklerini yorumlarken de vurguladığımız gibi, doğal gaz tüketiminin coğrafi koşullardan doğrudan etkilenmesinden kaynaklanıyor olabilir. Öte yandan yuvalanmış yapılar arasında ikame esnekliği hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülke grubunda birden küçük olarak tahmin edilmiştir. Ancak gelişmiş ülke grubunda bu esneklik gelişmekte olan ülke grubuna göre daha yüksektir. Buna göre her iki ülke grubunda da emek ve sermaye kıtlığı durumunda gaz ve petrol tüketiminin ikame edilmesi şansı daha düşüktür. Başka bir ifade ile emek ve sermaye kıtlığını, doğalgaz ve petrol tüketimini arttırarak gidermek zordur. Bununla birlikte gelişmekte olan ülke grubunda bu ikamenin olabilirliği gelişmiş ülke grubuna göre daha zordur. Dolayısıyla bu yuvalanmış yapılar arasında bir ikame ilişkisinden ziyade bir tamamlayıcılık ilişkisi söz konusudur.

Gelişmiş ülkelere petrol ve doğalgaz tüketimi, gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksektir. Bununla birlikte, yuvalanmış CES üretim fonksiyonundan elde edilen ikame esnekliği tahminleri, gelişmekte olan ülkelere emek ve sermaye ile doğalgaz ve petrol tüketimi arasındaki tamamlayıcılık ilişkisinin, gelişmiş ülkelere daha fazla olduğunu göstermektedir. Bulgular Cobb-Douglas tahminlerinde yer alan çıktı esnekliklerine ilişkin tahminlerle de tutarlılık göstermektedir. Bu durum gelişmekte olan ülkelere ele alınan dönem de geleneksel enerji kaynaklarının kullanımının giderek artış içinde olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü gelişmiş ülkeler geleneksel enerji kaynaklarına ek olarak, alternatif enerji kaynaklarına özellikle de yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler. Dolayısıyla gelişmekte olan ülkelere bu yüksek tamamlayıcılık ilişkisini azaltmak yani yuvalanmış CES üretim fonksiyonunda yer alan ikame esnekliğini arttırmak için geleneksel

enerji kaynakları kullanımını azaltmalı ve alternatif enerji kaynaklarına özellikle de yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelidirler. Bu doğrultuda, güneş enerjisi başta olmak üzere, -imkanlar ve koşullar dahilinde- rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, gel-git ve akıntı enerjisi, hidroelektrik santralleri, hidrojenle çalışan araçlar ve dalga enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarına ilişkin altyapı yatırımlarına ağırlık verebilirler.

Son olarak her iki ülke grubu için, emek ve sermayeyi içeren birinci model için VES üretim fonksiyonu aracılığıyla ikame esneklikleri tahmin edilmiştir. Bu çerçevede, VES üretim fonksiyonu aracılığıyla ile ikame esnekliğini hesaplamak için Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan elde edilen parametre tahminlerinden yararlanılmıştır. Bu parametre tahminleri aracılığıyla ölçek parametresinin ve dağıtım parametresinin sabit olduğu varsayılmış ve VES üretim fonksiyonları çerçevesinde ikame parametresinin farklı değerleri için ülkelere ve yıllara göre ikame esnekliği hesaplanmıştır. Bu bağlamda, ikame parametresi birden büyük iken ikame esnekliği gelişmiş ülke grubunda gelişmekte olan ülke grubuna göre daha yüksek çıkmaktadır. Bu durum CES üretim fonksiyonu tahminleri ile tutarlıdır. Ayrıca aynı oranda ikame parametresi arttıkça ikame esnekliği gelişmiş ülkelerde daha hızlı artmaktadır. Bu durumun iki nedeni olup, bunlardan birincisi, sermaye emek oranının gelişmiş ülke grubunda daha yüksek olmasıdır. İkincisi ise dağıtım parametresi gelişmiş ülke grubunda daha yüksek çıkmıştır. Formül gereği bu fark, ikame esnekliğini gelişmiş ülke grubunda daha hızlı arttırmaktadır.

Tüm bu bulgular neticesinde, gelişmiş ülkelerde emek ile sermaye arasındaki ikamenin gelişmekte olan ülkelere daha kolay olduğunu ifade edebiliriz. Buna göre gelişmekte olan ülkelere sermayenin emek yerine kolaylıkla geçememesinin en önemli nedeni olarak sermayenin gelişmiş ülkelere göre daha maliyetli olmasından kaynaklandığını belirtebilir. Bu durum Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan elde edilen çıktı esneklikleri bulguları ile de tutarlıdır. Hatırlanacağı üzere sermayenin çıktı esnekliği gelişmiş ülkelere gelişmekte olan ülke grubuna göre daha düşük elde edilmişti. Bu bulgu da göstermektedir ki gelişmiş ülkelere sermaye kullanımı gelişmekte olan ülkelere göre daha fazladır. Benzer şekilde, emeğin çıktı esnekliği gelişmekte olan ülkelere daha düşük tahmin edilmişti. Bu durum bize emek faktörünün gelişmekte olan ülkelere daha fazla kullanıldığını göstermektedir. Dolayısıyla emek kullanımı gelişmekte olan ülkelere daha fazla iken, sermaye kullanımı gelişmiş ülkelere daha fazla olmaktadır.

Bu noktada gelişmekte olan ülkeler emek yerine sermaye kullanımını arttırmaya yönelik politikalar izleyebilirler. Dolayısıyla, sermaye maliyetlerini düşürmeleri önem kazanmaktadır. Bu doğrultuda Ar-Ge harcamalarına önem verebilirler ve düşük maliyetli sermaye üretimine ilişkin altyapı yatırımlarını güçlendirebilirler. Bunun yanı sıra teknoloji transferi için ortam hazırlayarak gelişmiş ülkelerden teknoloji transferine ağırlık verebilirler. Böylelikle sermaye maliyetleri azaltılarak, emek yerine sermaye kullanımının nn açabilir ve ikame esnekliklerini arttırabilirler.

Bulgular çerçevesinde, ele alınan ülkeler bağlamında ikame esnekliklerinin birden büyük ya da küçük olduğu duruma göre yazına göz atmakta yarar vardır. Gelişmekte olan ülkelerde emek ile sermaye arasındaki ikame esnekliğini 1’den küçük olarak tahmin eden Kazi (1980), Batisani ve Yarna (2011), Shen ve Whalley (2013) ve Shen, Wang ve Whalley (2015)’in çalışmaları ile çalışmamız tutarlılık göstermektedir. Benzer şekilde Arrow vd. (1961), Bell (1965), Zarembka (1970), Dewan ve Min (1997) ile Duffy ve Papageorgiou (2000)’nun çalışmalarında da bizim çalışmamızda olduğu gibi gelişmiş ülkelerde ikame esnekliği 1’den büyük olarak tahmin edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, Ş. ve Çatalbaş, G. K. (2013). Türkiye Ekonomisinde Büyümenin Kaynakları: Parametrik Olmayan Bir Yaklaşım. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2), 1-22.
- Aigner, D. J., & Chu, S. F. (1968). On Estimating the Industry Production Function. *The American Economic Review*, 58(4), 826-839.
- Akan, Y. (2002). Türk İmalat Sanayiinde Faktör İkamesi, Teknolojik Gelişme ve Ölçeğe Göre Getiri: Yeni CES Üretim Fonksiyonu Yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 16(3-4), 75-85.
- Allen, R. G. D. (1938). *Mathematical analysis for economists*, London: Mac-millan and Co., Ltd.
- Antras, P. (2004). Is the US Aggregate Production Function Cobb-Douglas? New Estimates of the Elasticity of Substitution. *Contributions to Macroeconomics*, 4(1), 1161.
- Arrow, K. J., Chenery, H. B., Minhas, B. S., ve Solow, R. M. (1961). Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency. *The Review of Economics and Statistics*, 43(3), 225-250.
- Avcı, T. ve 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. ve 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.
- Barbosa-Filho, N. H. (2015). Elasticity of Substitution and Social Conflict: A Structuralist Note on Piketty's Capital in the Twenty-first Century. *Cambridge Journal of Economics*, 40(4), 1167-1183.
- Batisani, N., ve 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. (1991). *The practice of econometrics: classic and contemporary*. Addison: Wesley Publishing Company.
- Berndt, E. R. ve 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.
- Blaug, M. (2014). *İktisat kuramının geçmişine bakış*. (Çev. Ö. F. Çolak, A. Birdal, ve F. Güle). Ankara: Efil Yayıncılık. (Eserin Orjinali 1996'da yayımlandı).
- Blundell, R. ve Bond, S. (2000). GMM Estimation with Persistent Panel Data: An Application to Production Functions. *Econometric Reviews*, 19(3), 321-340.
- Breusch, T. S. ve Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Spesification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Brockway, P. E., Saunders, H., Heun, M. K., Foxon, T. J., Steinberger, J. K., Barrett, J. R., ve 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., ve Douglas, P. H. (1939). Cross-Section Studies in the Cobb-Douglas Function. *Journal of Political Economy*, 47(6), 761-785.
- Broyden, C. G. (1970). The Convergence of a Class of Double-Rank Minimization Algorithms. *Journal of the Institute of Mathematics and Its Applications*, 6, 76-90.
- Burmeister, E. (1980). *Comment*, (In) Usher D. (ed.) The Measurement of Capital, Chicago: University of Chicago Press, 420-431.
- Byrd, R., Lu, P., Nocedal, J. ve Zhu, C. (1995). A Limited Memory Algorithm for Bound Constrained Optimization. *SIAM Journal for Scientific Computing*, 16, 1190-1208.
- Cantos, P., Gumbau-Albert, M., ve Maudos, J. (2005). Transport Infrastructures, Spillover Effects and Regional Growth: Evidence of the Spanish Case. *Transport Reviews*, 25(1), 25-50.
- Carter, H. O. ve 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.
- Chikabwi, D., Chidoko, C., ve 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.
- Chisasa, J., ve 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.
- Chmielarz, W., ve Stachurski, A. (1986). A Class of VES Production Function: Properties and Estimation Results. *Control and Cybernetics*, (3-4), 367-381.

- Chow, G. C., ve 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. ve Lau, L. J. (1973). Transcendental Logarithmic Production Frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, 55(1), 28-45.
- Cobb, C. W., ve Douglas, P. H. (1928). A Theory of Production. *The American Economic Review*, 18(1), 139-165.
- Creedy, J. (1980). The Early Use of Lagrange Multipliers in Economics. *The Economic Journal*, 90(358), 371-376.
- 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., 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.
- Daly, P., Olson, E. ve Douglas, P. H. (1943). The Production Function for Manufacturing in the United States, 1904. *Journal of Political Economy*, 51(1), 61-65.
- Daly, P., ve Douglas, P. H. (1943). The Production Function for Canadian Manufactures. *Journal of the American Statistical Association*, 38(222), 178-186.
- Dennis J.E. ve Schnabel R.B. (1983). *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs (NJ, USA).
- 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., ve Min, C. K. (1997). The Substitution of Information Technology for Other Factors of Production: A Firm Level Analysis. *Management Science*, 43(12), 1660-1675.
- Doll, J. P., Orazem, F. (2005). *Teorik ve uygulamalı üretim ekonomisi*. (Çev. T. Alemdar ve Ş. Akdemir). Ankara: Seçkin Yayıncılık. (Eserin orijinali 1978'de yayımlandı).
- Donduran, M. (2013). *İleri Mikro İktisat*. İstanbul: Avcıol Basım Yayın.
- Duffy, J., ve Papageorgiou, C. (2000). A Cross-Country Empirical Investigation of the Aggregate Production Function Specification. *Journal of Economic Growth*, 5(1), 87-120.
- Erden, L. ve Çakmak, H. K. (2010). Türkiye'de Kamu Sermayesinin Optimallliği: Bölgesel Bir Analiz. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(3), 533-551.
- Erlat, H. (2009). Persistence in Turkish Real Exchange Rates: Panel Approaches, *FIW Working Paper Series*, No:29

- Erol, I., ve 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., ve 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.
- Felipe, J., ve Fisher, F. M. (2003). Aggregation in Production Functions: What Applied Economists Should Know. *Metroeconomica*, 54(2-3), 208-262.
- Ferguson, C. E. (1965). Time-Series Production Functions and Technological Progress in American Manufacturing Industry. *Journal of Political Economy*, 73(2), 135-147.
- Ferguson, C. E. (1969). *The Neoclassical theory of production and distribution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ferguson, C. E. (1971). Capital Theory up to Date: A Comment on Mrs. Robinson's Article. *Canadian Journal of Economics*, 4(2), 250–254.
- Fisher F. M. (1969). The Existence of Aggregate Production Functions. *Econometrica*, 37(4), 553–577.
- Fletcher, R. (1970). A New Approach to Variable Metric Algorithms. *Computer Journal*, 13, 317-322.
- Frisch, R. (1965). *Theory of production*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- Georgecu-Roegen, N. (1951). *The Aggregate Linear Production Function and Its Applications to von Neumann's Economic Model*. (In) Koopmans, T.C. (ed), Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles Commission Monograph, no. 13. New York: Wiley.
- 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.
- Gordon, D. ve Vaughan, R. (2011). The Historical Role of the Production Function in Economics and Business. *American Journal of Business Education*, 4(4): 25-30.
- 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. ve Douglas, P. H. (1941). The Production Function for American Manufacturing in 1919. *The American Economic Review*, 31(1), 67-80.
- Gunn, G. T., ve Douglas, P. H. (1942). The Production Function for American Manufacturing for 1914. *Journal of Political Economy*, 50(4), 595-602.
- Heij, C., Boer, P.D., Franses, P.H., Kloek, T. ve Dij, H.K.V. (2004). *Econometrics Methods With Applications in Business and Economics*. Oxford University Press, New York.
- 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., ve Moroney, J. R. (1975). Substitution Among Capital, Labor, and Natural Resource Products in American Manufacturing. *Journal of Political Economy*, 83(1), 57-82.
- Humprey, T. M. (1997). Algebraic Production Functions and Their Uses Before Cobb-Douglas. *Federal Reserve Bank of Economic Quarterly*, 83(1): 51-83.
- Inada, K. I. (1963). On a Two-Sector Model of Economic Growth: Comments and a Generalization. *The Review of Economic Studies*, 30(2), 119-127.
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application. *Energy Economics*, 53, 58-63.
- Işık, N. ve 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 İstikrarsızlık 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.

- Kim, H. Y. (1992). The Translog Production Function and Variable Returns to Scale. *The Review of Economics and Statistics*, 74(3), 546-552.
- Klein, L. R. (1946a). Macroeconomics and the Theory of Rational Behavior. *Econometrica*, 14(2), 93-108.
- Klein, L. R. (1946b). Remarks on the Theory of Aggregation. *Econometrica*, 14 (4), 303-312.
- Klump, R., ve De La Grandville, O. (2000). Economic Growth and the Elasticity of Substitution: Two Theorems and Some Suggestions. *The American Economic Review*, 90(1), 282-291.
- 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. ve 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.
- Koutsoyiannis, A. (1997). *Modern mikro iktisat*. (Çev. M. Sarımeşeli). Ankara: Gazi Kitabevi. (Eserin orijinali 1975'de yayımlandı).
- Krishnapillai, S. ve 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., ve 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., ve Manne, A. S. (1963). Engineering Estimates of Capital-Labor Substitution in Metal Machining. *The American Economic Review*, 53(4), 662-681.
- Leontief, W. (1951). *Input-output economy*. New York: Oxford University Press.
- Leontief, W. (1964). An International Comparison of Factor Costs and Factor Use. *American Economic Review*, 54(2), 335-345.
- Li, K. W. ve Liu, T. (2011). Economic and Productivity Growth Decomposition: An Application to Post-Reform China. *Economic Modelling*, 28(1), 366-373.
- Lin, B. ve 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. ve 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. ve Atsagli, P. (2017). Inter-Fuel Substitution Possibilities in South Africa: A Translog Production Function Approach. *Energy*, 121, 822-831.
- Lin, B., Atsagli, P. ve Dogah, K. E. (2016). Ghanaian Energy Economy: Inter-Production Factors and Energy Substitution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1260-1269.
- Lin, B., ve Xie, C. (2014). Energy Substitution Effect on Transport Industry of China-Based on Trans-log Production Function. *Energy*, 67, 213-222.
- Lloyd, P. (1969). Elementary Geometric/Arithmetic Series and Early Production Theory. *Journal of Political Economy*, 77(1), 21-34.
- 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. ve 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. ve 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., ve 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.
- Mankiw, G. (1997). Comment, in Bernanke B. S., Rotemberg J. (eds): NBER Macroeconomics. Annual 1997, MIT Press, Cambridge, MA, 103–107.
- Marschak, J. ve Andrews, W. H. (1944). Random Simultaneous Equations and the Theory of Production. *Econometrica*, 12(3/4), 143-205.
- Mas-Colell, A., Whinston, M. D., ve Green, J. R. (1995). *Microeconomic Theory*. New York: Oxford university press.
- McCoskey, S. ve Kao, C. (1998). A Residual-Based Test of the Null of Cointegration in Panel Data. *Econometric Reviews*, 17(1), 57-84.
- Meeusen, 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. ve Hoch, I. (1965). Consequences of Alternative Specifications in Estimation of Cobb-Douglas Production Functions. *Econometrica*, 33(4), 814-828.
- Narin, M. (2011). *Üretim Fonksiyonlarının Tarihsel Gelişimine Kısa Bir Bakış*. (İçinde) Akçay, B. ve Kızılcı, F. K. (ed.), Prof. Dr. Ahmet Gökder'e'ye Armağan, Ekonomi ve Hukuk Üzerine Yazılar, Ankara: Turhan Kitabevi Yayınları.
- Nelder, J. A. ve Mead, R. (1965). A Simplex Algorithm for Function Minimization. *Computer Journal*, 7, 308-313.
- 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, İstihdam ve Sermaye Üçlüsü. *Ege Akademik Bakış*, 17(1), 13-22.
- Ortega, C. B. ve Lederman, D. (2004). Agricultural Productivity and its Determinants: Revisiting International Experiences. *Estudios de Economía*, 31(2), 133-163.
- Pablo-Romero, M. D. P., ve 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.
- Pesaran, H. M. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.
- Pesaran, M. H. ve Yagamata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity in Large Panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50-93.
- Pesaran, M. H., Ullah, A., ve Yamagata, T. (2008). A Bias-adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- Piketty, T. (2014). 21. Yüzyılda Kapital. (Çev. H. Koçak). İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları. (Eserin Orjinali 2013'de yayımlandı).
- 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. ve 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.
- Rader, T. (1972). *Theory of Microeconomics*. New York: Academic Press.3
- Ricardo, D. (2008). Siyasal İktisadın ve Vergilendirmenin İlkeleri. (Çev. B. Zeren). İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları. (Eserin orijinali 1817'de yayımlandı).

- Rowthorn, R. (2014). A Note on Piketty's Capital in the Twenty-First Century. *Cambridge Journal of Economics*, 38(5), 1275-1284.
- Samuelson, P. (1961–62). Parable and Realism in Capital Theory: The Surrogate Production Function. *Review of Economic Studies*, 29(June), 193–206.
- Samuelson, P. (1966). A Summing up. *Quarterly Journal of Economics*, 80(4), 568–583.
- Sari, R., ve Soytas, 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, K. (1975). *Production Functions and Aggregation*. New York: North Holland Publishing Company.
- Sato, R. (1970). The Estimation of Biased Technical Progress and the Production Function. *International Economic Review*, 11(2), 179-208.
- Schnabel R.B., Koontz J.E. ve Weiss B.E. (1985). A Modular System of Algorithms for Unconstrained Minimization. *ACM Transactions on Mathematical Software*, 11(4), 419-440.
- Semieniuk, G. (2017). Piketty's Elasticity of Substitution: A Critique. *Review of Political Economy*, 29(1), 64-79.
- Shahiduzzaman, M., ve Alam, K. (2014). Information Technology and its Changing Roles to Economic Growth and Productivity in Australia. *Telecommunications Policy*, 38(2), 125-135.
- Shanno, D. F. (1970). Conditioning of Quasi-Newton Methods for Function Minimization. *Mathematics of Computation*, 24, 647-656.
- Shen, K., ve 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., ve 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., ve Shi, H. (2011). Substitution Between Energy and Classical Factor Inputs in the Chinese Steel Sector. *Applied Energy*, 88(1), 361-367.
- Solow R. M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics*, 39, 312–320.

- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Söderbom, M., ve Teal, F. (2004). Size and Efficiency in African Manufacturing Firms: Evidence from Firm-Level Panel Data. *Journal of Development Economics*, 73(1), 369-394.
- Swamy, P. A. (1970). Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model. *Econometrica*, 38(2), 311-323.
- Şimşek, M. ve 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.
- Taşdemir, M. (2006). Üretim Fonksiyonu Tahminlerinde Karşılaşılan Problemler ve Eşanlı Denklem Sapması: Alternatif Tahmin Yöntemleri. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 23-31.
- 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.
- Tronconi, C., ve Marzetti, G. V. (2011). Organization Capital and Firm Performance. Empirical Evidence for European Firms. *Economics Letters*, 112(2), 141-143.
- 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. ve 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.
- Walters, A. A. (1963). Production and Cost Functions. *Econometrica*, 31(1-2), 1-66.
- Wesseh, P. K. ve 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. ve 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.
- Westerlund, J. ve Edgerton, D. L. (2007). A Panel Bootstrap Cointegration Test. *Economics Letters*, 97(3), 185-190.
- Whitaker, J.K. (1975). *The Early Economic Writings of Alfred Marshall, 1867–1890*. Vol.2. (ed). New York: The Free Press.
- 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.
- Wicksell, K. (1923). “*Real Capital and Interest*”, 1923 *Review of Gustaf Akerman's Realkapital und Kapitalzins*, (In) Robbins, L. (1934) (ed.), *Lectures on Political Economy*, Vol 1: General Theory, Appendix 2. London: Routledge & Kegan Paul.
- Wise, J. ve Yeh, Y. H. (1966). Econometric Techniques for Analyzing Wage and Productivity Differentials with Applications to Manufacturing Industries in USA, India and Japan. *Econometrica*, 34(5), 115.
- Woodland, A. D. (1975). Substitution of Structures, Equipment and Labor in Canadian Production. *International Economic Review*, 16(1), 171-187.
- Yuan, C., Liu, S., ve 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., ve Dreze, J. (1966). Specification and Estimation of Cobb-Douglas Production Function Models. *Econometrica*, 34(4), 784-795.
- İnternet: Cassels, J. M. (1951). On the Law of Variable Proportions. URL: <http://cas.umkc.edu/ECON/economics/faculty/Lee/courses/502/reading/tp3.pdf> , Son Erişim Tarihi: 16 Mayıs 2016.
- İnternet: Eberhardt, M. ve Bond, S. (2009). Cross-Section Dependence in Nonstationary Panel Models: A Novel Estimator. URL: <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/17692/> Son Erişim Tarihi: 15 Ağustos 2017.
- İnternet: Khalil, A. M. (2005). A Cross Section Estimate of Translog Production Function: Jordanian Manufacturing Industry. Available at URL: <http://ecommons.luc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1061&context=meea> Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2017.

İnternet: Kök, R. ve Yeşilyurt, M. E. (2006). İlk Beş Yüz İmalat Sanayi Kuruluşunun Etkinlik Analizi ve Sigma Yakınsaması-Türkiye Örneği: 1993-2000. Available at URL: <http://kisi.deu.edu.tr/recep.kok/ilk500firma.pdf> Son Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2017.

İnternet: Miller, E. (2008). An Assessment of CES and Cobb-Douglas Production Functions. Available at Congressional Budget Office URL: <http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~ernesto/F2014/MMEES/Papers/ENVIRONMEN T/4SolidWaste/SHW-Introduction/Miller2008-ProductionFunctions.pdf> Son Erişim Tarihi: 29 Mayıs 2017.

İnternet: Mishra, S. K. (2007). A Brief History of Production Functions. Available at SSRN URL: <https://ssrn.com/abstract=1020577> yada <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1020577> Son Erişim Tarihi: 16 Mayıs 2016.

İnternet: Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. URL: <http://www.dspace.cam.ac.uk/bitstream/1810/446/1/cwpe0435.pdf> Son Erişim Tarihi: 15 Ağustos 2017.



EK-1. Üretim Fonksiyonundaki Her Girdinin Gerekli Olması Olduğunun İspatlanması

$q = f(K, L)$ şeklinde ki bir üretim fonksiyonunda $K \rightarrow \infty$ iken $Y \rightarrow \infty$ olmaktadır.

$$\lim_{K \rightarrow \infty} \left(\frac{q}{K} \right) = \lim_{K \rightarrow \infty} \left(\frac{\partial q}{\partial K} \right) = 0 \quad (1)$$

Burada ilk eşitlik L'Hopital kuralından, ikinci eşitlik Inada Koşulundan gelmektedir. K sonsuza giderken Y kısıtlı kalırsa;

$$\lim_{K \rightarrow \infty} \left(\frac{q}{K} \right) = 0 \quad (2)$$

olacaktır. Herhangi kısıtlı L için sabit bir getiri oranından

$$\lim_{K \rightarrow \infty} \left(\frac{q}{K} \right) = \lim_{K \rightarrow \infty} \left[F \left(1, \frac{L}{K} \right) \right] = F(1, 0) \quad (3)$$

Böylece $F(1, 0) = 0$ 'dır. Herhangi kısıtlı bir K için ölçeğe göre sabit getiri koşulunu ima edersek,

$$F(K, 0) = K \cdot F(1, 0) = 0 \quad (4)$$

Benzer bir argümanı herhangi kısıtlı bir L için $F(0, L) = 0$ 'dan gösterilebilir. Bu sonuçlar her girdinin aslında üretim için şart olduğunu doğrulamaktadır. Her iki girdinin sonsuza gittiğinde çıktının da sonsuza gittiğini göstermek için:

$$F(K, L) = L \cdot f(k) = K \cdot \left[\frac{f(k)}{k} \right] \quad (5)$$

Böylece herhangi kısıtlı bir K için L'Hopital kuralı ve Inada Koşullarını takip ettiğimizde,

$$\lim_{L \rightarrow \infty} [F(K, L)] = K \cdot \lim_{k \rightarrow 0} \left[\frac{f(k)}{k} \right] = K \cdot \lim_{k \rightarrow \infty} [f'(k)] = \infty \quad (6)$$

Benzer bir argümandan $\lim_{K \rightarrow \infty} [F(K, L)] = \infty$ olduğunu gösterebiliriz. Bu nedenle girdi sonsuza giderken, çıktı da sonsuza gidecektir.

EK-2. Tam Rekabet Varsayımının Olmadığı Durumda CES Üretim Fonksiyonu'nun Elde Edilmesi

K ve L 'ye göre birinci dereceden homojen olan Q üretim fonksiyonunun ikame esnekliği;

$$\sigma = \frac{\frac{\partial Q}{\partial K} \frac{\partial Q}{\partial L}}{Q \frac{\partial^2 Q}{\partial K \partial L}} \quad (1)$$

olacaktır. Buradan;

$$\frac{\sigma \frac{\partial}{\partial L} \left(\ln \frac{\partial Q}{\partial K} \right)}{\frac{\partial L}{\partial L}} = \frac{\partial \ln Q}{\partial L} \quad (2)$$

yazılabilir. Eğer σ , L 'den bağımsız ise (2) numaralı eşitliğin L 'ye göre integrali alındığında;

$$\sigma \ln \frac{\partial Q}{\partial K} = \ln(Qg(K)) \quad (3)$$

elde edilir. Burada $g(K)$, integral sabitidir ve K 'nın bir fonksiyonu olabilir. (3) numaralı eşitliğin iki tarafının da anti logaritması alınırsa:

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial K} \right)^\sigma = Qg(K) \quad (4)$$

ya da

$$\frac{\frac{\partial Q}{\partial K}}{Q^{\frac{1}{\sigma}}} = g(K)^{\frac{1}{\sigma}} \quad (5)$$

elde edilir. İkame esnekliğinin bire eşit olmadığı varsayımı altında ikame esnekliği, K 'dan bağımsız iken K 'ya göre integrali alındığında,

$$V^{1-\frac{1}{\sigma}} = B[h(K) + f(L)] \quad (6)$$

$$V = B[h(K) + f(L)]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (7)$$

bulunur. Burada $f(L)$, K 'ya göre integral sabitidir ve L 'nin bir fonksiyonudur. Fonksiyonun birinci dereceden homojen olduğu varsayımı altında, faktörler δ ve $(1 - \delta)$ parametresi ile ağırlıklandırılır ve B sabiti yerine γ yazılırsa:

$$Q = \gamma \left[\delta K^{1-\frac{1}{\sigma}} + (1 - \delta) L^{1-\frac{1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (8)$$

elde edilir (Parousch, 1964: 213-214). CES üretim fonksiyonunun anlatıldığı başlıkta yer alan ikame esnekliği formülünden $\frac{\sigma}{\sigma-1} = -\frac{1}{\rho}$ yazılırsa;

$$Q = \gamma [\delta K^{-\rho} + (1 - \delta) L^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (9)$$

bulunur. Dikkat edilirse (9) numaralı eşitliğe ulaşılırken piyasa koşulları ile ilgili herhangi bir varsayım yapılmamıştır.

EK-3. CES Üretim Fonksiyonlarının Özel Formları

CES üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

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

Burada etkinlik parametresinin bire eşit olduğu ($\gamma = 1$), ve ölçeğe göre sabit getiri koşullarının geçerli olduğu ya da başka bir ifadeyle üretim fonksiyonunun birinci dereceden homojen ($v = 1$) olduğu varsayımı altında (1) numaralı eşitlikteki CES üretim fonksiyonu (2) numaralı eşitlikteki gibi yeniden ifade edilebilir:

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

1. CES Üretim Fonksiyonu'nun Özel Bir Durumu Olarak Doğrusal Üretim Fonksiyonu

$\rho \rightarrow -1$ iken (2) numaralı eşitlik (3) numaralı eşitlikteki gibi doğrusal üretim fonksiyonuna dönüşür:

$$Q = \delta L + (1 - \delta)K \quad (3)$$

2. CES Üretim Fonksiyonu'nun Özel Bir Durumu Olarak Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu

$\delta = \alpha$ eşitliğini kabul eder ve (2) numaralı eşitliğin her iki tarafının logaritmasını alırsak (4) numaralı eşitliği elde ederiz:

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

$\rho \rightarrow 0$ iken L-Hopital kuralı uygulanır ve gerekli sadeleştirmeler yapılırsa Cobb-Douglas üretim fonksiyonu elde edilir:

$$\lim_{\rho \rightarrow 0} \ln Q = - \frac{\frac{\alpha L^{-\rho} \ln L(-1) + (1-\alpha) K^{-\rho} \ln K(-1)}{\rho}}{1} \quad (5)$$

$$\lim_{\rho \rightarrow 0} \ln Q = \frac{\alpha \ln L + (1-\alpha) \ln K}{\alpha(1) + (1-\alpha)(1)} \quad (6)$$

$$\lim_{\rho \rightarrow 0} \ln Q = \alpha \ln L + (1-\alpha) \ln K \quad (7)$$

$$\lim_{\rho \rightarrow 0} \ln Q = L^{\alpha} K^{1-\alpha} \quad (8)$$

3. CES Üretim Fonksiyonu'nun Özel Bir Durumu Olarak Sabit Katsayılı (Leontief) Üretim Fonksiyonu

$\delta = a_1^{\rho}$ ve $(1-\delta) = a_2^{\rho}$ eşitliğini kabul edersek olduğu varsayımı altında (2) numaralı eşitlikteki CES üretim fonksiyonu (9) numaralı eşitlikteki gibi yeniden ifade edilebilir:

$$Q = [a_1^{\rho} L^{-\rho} + a_2^{\rho} K^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (9)$$

Her iki tarafın logaritmasını alırsak:

$$\ln Q = - \frac{\ln[a_1^{\rho} L^{-\rho} + a_2^{\rho} K^{-\rho}]}{\rho} \quad (10)$$

$\rho \rightarrow \infty$ iken L-Hopital kuralı uygulanır ve gerekli sadeleştirmeler yapılırsa:

$$\lim_{\rho \rightarrow \infty} \ln Q = \frac{\frac{a_1^{\rho} \ln a_1(1) L^{-\rho} + a_1^{\rho} L^{-\rho} \ln L(-1) + a_2^{\rho} \ln a_2(1) K^{-\rho} + a_2^{\rho} K^{-\rho} \ln K(-1)}{a_1^{\rho} L^{-\rho} + a_2^{\rho} K^{-\rho}}}{1} \quad (11)$$

$$\lim_{\rho \rightarrow \infty} \ln Q = - \frac{a_1^{\rho} \ln a_1 L^{-\rho}}{a_1^{\rho} L^{-\rho} + a_2^{\rho} K^{-\rho}} + \frac{a_1^{\rho} L^{-\rho} \ln L}{a_1^{\rho} L^{-\rho} + a_2^{\rho} K^{-\rho}} - \frac{a_2^{\rho} \ln a_2 K^{-\rho}}{a_1^{\rho} L^{-\rho} + a_2^{\rho} K^{-\rho}} + \frac{a_2^{\rho} K^{-\rho} \ln K}{a_1^{\rho} L^{-\rho} + a_2^{\rho} K^{-\rho}} \quad (12)$$

$$\lim_{\rho \rightarrow \infty} \ln Q = - \frac{a_1^{\rho} \ln a_1}{a_1^{\rho} + a_2^{\rho} \left(\frac{L}{K}\right)^{\rho}} + \frac{a_1^{\rho} \ln L}{a_1^{\rho} + a_2^{\rho} \left(\frac{L}{K}\right)^{\rho}} - \frac{a_2^{\rho} \ln a_2}{a_1^{\rho} \left(\frac{K}{L}\right)^{\rho} + a_2^{\rho}} + \frac{a_2^{\rho} \ln K}{a_1^{\rho} \left(\frac{K}{L}\right)^{\rho} + a_2^{\rho}} \quad (13)$$

$\rho \rightarrow \infty$ eğer $L > K$ ise yukarıdaki eşitliğin birinci ve ikinci kısmı sıfıra yaklaşır. Böylece (13) numaralı eşitlik aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\lim_{\rho \rightarrow \infty} \ln Q = 0 + 0 - \ln a_2 + \ln K = \ln \left(\frac{K}{a_2} \right) \quad (14)$$

$\rho \rightarrow \infty$ eğer $K > L$ ise yukarıdaki eşitliğin üçüncü ve dördüncü kısmı sıfıra yaklaşır. Böylece (13) numaralı eşitlik aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\lim_{\rho \rightarrow \infty} \ln Q = -\ln a_1 + \ln L - 0 + 0 = \ln \left(\frac{L}{a_1} \right) \quad (15)$$

Böylece (14) ve (15) numaralı eşitlikleri toparlarsak (2) numaralı CES üretim fonksiyonu (16) numaralı eşitlikteki sabit katsayılı (Leontief) üretim fonksiyonuna dönüşür:

$$\lim_{\rho \rightarrow \infty} \ln Q = \min \left[\frac{L}{a_1}, \frac{K}{a_2} \right] \quad (16)$$

EK-4. Gelişmiş Ülkeler için Model 1'e ait AMG Tahmincisi Bireysel Sonuçları

	<i>lnK</i>	<i>lnL</i>	<i>c</i>
Panel	0.518*** [0.075]	0.556*** [0.148]	1.343 [1.385]
Arjantin	1.036*** [0.210]	0.104 [0.210]	-3.692 [2.460]
Avustralya	0.675*** [0.096]	0.446*** [0.137]	0.361 [0.475]
Avusturya	0.765*** [0.042]	0.125 [0.079]	3.026*** [0.315]
Belçika	0.701*** [0.125]	0.117 [0.201]	4.919*** [0.421]
Kanada	0.301*** [0.080]	0.695*** [0.120]	6.634*** [0.290]
Şili	0.412*** [0.081]	0.794*** [0.141]	1.770*** [0.519]
Finlandiya	0.719*** [0.199]	0.485*** [0.376]	-1.613*** [0.398]
Fransa	0.604*** [0.075]	0.325** 0.154	4.420*** [0.698]
Yunanistan	0.055 [0.104]	1.090*** [0.176]	6.897*** [0.874]
Macaristan	0.571*** [0.025]	1.228*** [0.076]	-9.845*** [1.549]
İrlanda	0.199 [0.151]	1.516*** [0.277]	-2.890*** [0.677]
İsrail	0.666*** [0.127]	0.443*** [0.138]	0.685 [1.238]
İtalya	0.691*** [0.145]	-0.243 [0.249]	11.979*** [0.970]
Japonya	0.168** [0.068]	1.139** [0.493]	2.086 [7.472]
Lüksemburg	4.240*** [0.915]	-2.666*** [0.788]	-47.884*** [12.551]
Yeni Zelanda	0.770*** [0.047]	0.239*** [0.077]	1.282*** [0.367]
Norveç	1.455*** [0.212]	-0.839** [0.336]	-0.185 [0.917]
Polonya	0.595*** [0.031]	1.270*** [0.126]	-11.941*** [1.605]
Romanya	0.200 [0.168]	-0.849*** [0.300]	35.451*** [9.303]
İspanya	0.271*** [0.056]	0.627*** [0.091]	8.823*** [0.000]
İsviçre	0.021 [0.075]	1.196*** [0.124]	6.306*** [0.291]
ABD	0.562*** [0.039]	0.936*** [0.076]	-6.167*** [0.396]

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Köşeli parantez içindeki değerler standart hataları göstermektedir.

EK-5. Gelişmekte Olan Ülkeler için Model 1'e ait AMG Tahmincisi Bireysel Sonuçları

	<i>lnK</i>	<i>lnL</i>	<i>c</i>
Panel	0.695*** [0.106]	0.392*** [0.111]	0.593 [2.005]
Arnavutluk	1.102*** [0.099]	-0.220 [0.255]	-0.201 [3.991]
Cezayir	0.373*** [0.129]	0.586*** [0.074]	6.969** [2.701]
Brezilya	1.219*** [0.170]	0.135 [0.095]	-10.244*** [3.307]
Bulgaristan	0.319*** [0.061]	0.737*** [0.241]	5.184* [2.726]
Çin	0.695*** [0.023]	0.606*** [0.139]	-4.305* [2.335]
Kolombiya	0.915*** [0.094]	0.166** [0.078]	-1.496 [1.363]
Malezya	0.442*** [0.100]	0.843*** [0.166]	0.262 [0.833]
Meksika	0.655*** [0.126]	0.070 [0.171]	7.677*** [1.172]
Peru	1.113*** [0.063]	0.129 [0.093]	-5.698*** [1.030]
Tayland	0.578*** [0.052]	0.823*** [0.074]	-4.144*** [1.149]
Türkiye	0.766*** [0.078]	0.233 [0.143]	1.903* [1.096]
Venezuela	0.205 [0.424]	0.545*** [0.170]	11.912 [9.297]

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Köşeli parantez içindeki değerler standart hataları göstermektedir.

EK-6. Gelişmiş Ülkeler için Model 2'ye ait AMG Tahmincisi Bireysel Sonuçları

	<i>lnK</i>	<i>lnL</i>	<i>lnGAS</i>	<i>lnPET</i>	<i>c</i>
Panel	0.377*** [0.078]	0.535*** [0.090]	0.063*** [0.023]	0.231*** [0.054]	3.728** [1.588]
Arjantin	0.621*** [0.176]	-0.306 [0.204]	0.356*** [0.109]	0.618*** [0.116]	-1.610 [2.286]
Avustralya	0.353*** [0.117]	0.321* [0.195]	0.053 [0.096]	0.440*** [0.162]	2.998** [1.394]
Avusturya	0.702*** [0.083]	0.129 [0.103]	-0.004 [0.045]	0.129** [0.064]	2.661*** [0.961]
Belçika	0.208 [0.190]	0.626** [0.263]	0.058 [0.044]	0.174*** [0.050]	6.526*** [0.846]
Kanada	0.113 [0.072]	0.664*** [0.103]	0.136*** [0.030]	0.007 [0.075]	9.979*** [0.720]
Şili	0.286*** [0.057]	0.476*** [0.091]	0.053*** [0.015]	0.379*** [0.048]	3.525*** [0.587]
Finlandiya	0.170** [0.087]	0.639*** [0.094]	0.096*** [0.021]	-0.078 [0.095]	10.684*** [2.348]
Fransa	0.500*** [0.058]	0.558*** [0.122]	-0.032 [0.036]	0.347*** [0.048]	-2.553* [1.385]
Yunanistan	-0.360*** [0.108]	1.439*** [0.226]	0.021** [0.009]	-0.040 [0.073]	13.129*** [1.928]
Macaristan	0.487*** [0.061]	0.928*** [0.071]	0.056 [0.046]	0.244*** [0.054]	-7.530*** [2.769]
İrlanda	0.719*** [0.130]	-0.161 [0.363]	0.188** [0.079]	0.461*** [0.119]	-1.434 [1.658]
İsrail	0.614*** [0.142]	0.428*** [0.142]	0.005 [0.003]	0.127*** [0.047]	0.223 [1.427]
İtalya	0.478*** [0.087]	0.025 [0.101]	0.109** [0.055]	0.280*** [0.059]	6.459** [3.152]
Japonya	0.046 [0.076]	0.803* [0.450]	0.203*** [0.064]	0.234*** [0.081]	4.026 [6.699]
Lüksemburg	-0.241 [1.065]	0.591 [0.790]	-0.055 [0.102]	0.707*** [0.114]	12.047 [14.896]
Yeni Zelanda	0.231 [0.153]	0.665*** [0.205]	0.009 [0.019]	0.286*** [0.087]	4.267*** [0.931]
Norveç	1.191*** [0.203]	-0.924*** [0.297]	0.051** [0.022]	0.738*** [0.143]	-4.310 [2.910]
Polonya	0.421*** [0.029]	0.582*** [0.121]	0.342*** [0.077]	0.210*** [0.065]	-4.093*** [1.048]
Romanya	0.953*** [0.087]	-1.473*** [0.142]	0.623*** [0.096]	0.049 [0.148]	14.055*** [3.785]
İspanya	0.046 [0.043]	0.471*** [0.067]	0.144*** [0.021]	-0.107*** [0.040]	17.694*** [1.448]
İsviçre	0.250*** [0.088]	0.891*** [0.083]	-0.103*** [0.029]	0.164*** [0.055]	3.741** [1.714]
ABD	0.558*** [0.056]	0.803*** [0.120]	0.050 [0.038]	0.094 [0.058]	-6.307*** [1.022]

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Köşeli parantez içindeki değerler standart hataları göstermektedir.

EK-7. Gelişmekte Olan Ülkeler için Model 2'ye ait AMG Tahmincisi Bireysel Sonuçları

	<i>lnK</i>	<i>lnL</i>	<i>lnGAS</i>	<i>lnPET</i>	<i>c</i>
Panel	0.537*** [0.073]	0.399*** [0.133]	0.019 [0.021]	0.169** [0.080]	1.311 [1.338]
Arnavutluk	0.793*** [0.101]	-0.069 [0.290]	-0.024 [0.036]	0.292*** [0.083]	1.097 [3.469]
Cezayir	0.254 [0.312]	0.505*** [0.074]	-0.028 [0.134]	0.068 [0.177]	10.851** [5.054]
Brezilya	0.750*** [0.270]	0.161 [0.138]	0.015 [0.025]	0.167* [0.098]	-0.175 [4.519]
Bulgaristan	0.364*** [0.069]	0.654* [0.345]	0.084* [0.047]	0.067 [0.109]	3.008 [3.549]
Çin	0.475** [0.223]	1.147*** [0.305]	0.128 [0.093]	-0.101 [0.194]	-9.342*** [3.599]
Kolombiya	1.038*** [0.108]	0.082 [0.074]	-0.079** [0.033]	0.023 [0.057]	-2.616* [1.423]
Malezya	0.246** [0.109]	0.717*** [0.131]	-0.006 [0.023]	0.350*** [0.105]	1.896*** [0.441]
Meksika	0.633** [0.283]	-0.301 [0.238]	0.188* [0.110]	0.541*** [0.141]	1.838 [3.831]
Peru	0.622*** [0.124]	0.104 [0.072]	0.023 [0.016]	0.518*** [0.114]	-0.912 [1.409]
Tayland	0.331** [0.149]	0.782*** [0.118]	-0.029 [0.042]	0.259** [0.120]	-0.495 [3.120]
Türkiye	0.600*** [0.084]	0.318** [0.138]	0.017* [0.010]	0.079 [0.107]	3.457** [1.573]
Venezuela	0.433 [0.456]	0.702*** [0.195]	0.036 [0.107]	-0.438** [0.202]	9.791 [10.983]

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Köşeli parantez içindeki değerler standart hataları göstermektedir.

EK-8. Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin VES Üretim Fonksiyonundan Elde Edilen Bireysel İkame Esnekliği Değerleri

GELİŞMİŞ ÜLKELER						GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELER					
Ülke	Yıl	p=0.75	p=1.25	p=1.50	p=1.75	Ülke	Yıl	p=0.75	p=1.25	p=1.50	p=1.75
Arjantin	1982	0.33552	2.15271	4.64421	14.03730	Arnavutluk	1982	0.43141	1.75562	2.80870	4.37797
Arjantin	1983	0.33686	2.15039	4.63688	14.01108	Arnavutluk	1983	0.43249	1.75418	2.80527	4.37156
Arjantin	1984	0.33799	2.14843	4.63069	13.98892	Arnavutluk	1984	0.43334	1.75306	2.80257	4.36652
Arjantin	1985	0.33870	2.14719	4.62675	13.97486	Arnavutluk	1985	0.43428	1.75180	2.79956	4.36089
Arjantin	1986	0.33987	2.14516	4.62035	13.95195	Arnavutluk	1986	0.43548	1.75021	2.79577	4.35380
Arjantin	1987	0.34054	2.14399	4.61666	13.93876	Arnavutluk	1987	0.43665	1.74866	2.79204	4.34684
Arjantin	1988	0.34125	2.14277	4.61278	13.92487	Arnavutluk	1988	0.43736	1.74770	2.78976	4.34258
Arjantin	1989	0.34183	2.14176	4.60961	13.91351	Arnavutluk	1989	0.43785	1.74705	2.78820	4.33968
Arjantin	1990	0.34327	2.13927	4.60172	13.88530	Arnavutluk	1990	0.43760	1.74739	2.78902	4.34120
Arjantin	1991	0.34457	2.13700	4.59457	13.85970	Arnavutluk	1991	0.43795	1.74692	2.78789	4.33909
Arjantin	1992	0.34487	2.13649	4.59293	13.85385	Arnavutluk	1992	0.42996	1.75754	2.81331	4.38656
Arjantin	1993	0.34398	2.13804	4.59783	13.87137	Arnavutluk	1993	0.42775	1.76047	2.82033	4.39968
Arjantin	1994	0.34329	2.13923	4.60161	13.88490	Arnavutluk	1994	0.43037	1.75700	2.81201	4.38414
Arjantin	1995	0.34105	2.14312	4.61390	13.92889	Arnavutluk	1995	0.42819	1.75990	2.81894	4.39709
Arjantin	1996	0.34135	2.14259	4.61223	13.92288	Arnavutluk	1996	0.42714	1.76129	2.82227	4.40330
Arjantin	1997	0.34232	2.14091	4.60692	13.90389	Arnavutluk	1997	0.42709	1.76135	2.82244	4.40361
Arjantin	1998	0.34309	2.13957	4.60269	13.88877	Arnavutluk	1998	0.42695	1.76155	2.82289	4.40447
Arjantin	1999	0.34269	2.14028	4.60491	13.89669	Arnavutluk	1999	0.42676	1.76179	2.82348	4.40556
Arjantin	2000	0.34268	2.14029	4.60494	13.89681	Arnavutluk	2000	0.42694	1.76155	2.82290	4.40449
Arjantin	2001	0.34262	2.14038	4.60525	13.89792	Arnavutluk	2001	0.42603	1.76277	2.82581	4.40992
Arjantin	2002	0.34305	2.13964	4.60290	13.88953	Arnavutluk	2002	0.42512	1.76397	2.82870	4.41531
Arjantin	2003	0.34529	2.13576	4.59062	13.84558	Arnavutluk	2003	0.42418	1.76523	2.83171	4.42093

Arjantin	2004	0.34761	2.13174	4.57792	13.80014	Arnavutluk	2004	0.42317	1.76657	2.83491	4.42691
Arjantin	2005	0.34883	2.12962	4.57121	13.77616	Arnavutluk	2005	0.42185	1.76832	2.83912	4.43477
Arjantin	2006	0.34918	2.12902	4.56932	13.76937	Arnavutluk	2006	0.42019	1.77052	2.84438	4.44459
Arjantin	2007	0.34951	2.12843	4.56747	13.76278	Arnavutluk	2007	0.41843	1.77287	2.85000	4.45509
Arjantin	2008	0.34940	2.12863	4.56809	13.76497	Arnavutluk	2008	0.41739	1.77425	2.85330	4.46125
Arjantin	2009	0.34909	2.12917	4.56979	13.77105	Arnavutluk	2009	0.41320	1.77981	2.86661	4.48612
Arjantin	2010	0.34925	2.12888	4.56889	13.76785	Arnavutluk	2010	0.41152	1.78204	2.87196	4.49610
Arjantin	2011	0.34923	2.12892	4.56902	13.76831	Arnavutluk	2011	0.41096	1.78279	2.87375	4.49944
Arjantin	2012	0.34905	2.12924	4.57002	13.77188	Arnavutluk	2012	0.41119	1.78249	2.87303	4.49811
Arjantin	2013	0.34890	2.12949	4.57081	13.77472	Arnavutluk	2013	0.40831	1.78631	2.88217	4.51517
Arjantin	2014	0.34821	2.13069	4.57461	13.78832	Arnavutluk	2014	0.40755	1.78732	2.88460	4.51970
Avustralya	1982	0.32035	2.17903	4.72742	14.33500	Cezayir	1982	0.39315	1.80646	2.93041	4.60526
Avustralya	1983	0.31922	2.18098	4.73360	14.35712	Cezayir	1983	0.39435	1.80487	2.92659	4.59814
Avustralya	1984	0.32004	2.17956	4.72909	14.34096	Cezayir	1984	0.39517	1.80378	2.92399	4.59329
Avustralya	1985	0.32080	2.17824	4.72493	14.32608	Cezayir	1985	0.39599	1.80268	2.92137	4.58838
Avustralya	1986	0.32201	2.17615	4.71831	14.30240	Cezayir	1986	0.39706	1.80127	2.91797	4.58203
Avustralya	1987	0.32253	2.17525	4.71547	14.29225	Cezayir	1987	0.39853	1.79931	2.91328	4.57327
Avustralya	1988	0.32327	2.17396	4.71140	14.27768	Cezayir	1988	0.40010	1.79723	2.90831	4.56398
Avustralya	1989	0.32430	2.17218	4.70576	14.25751	Cezayir	1989	0.40159	1.79524	2.90356	4.55512
Avustralya	1990	0.32452	2.17179	4.70454	14.25313	Cezayir	1990	0.40292	1.79348	2.89933	4.54722
Avustralya	1991	0.32370	2.17322	4.70906	14.26930	Cezayir	1991	0.40487	1.79089	2.89313	4.53564
Avustralya	1992	0.32288	2.17464	4.71355	14.28537	Cezayir	1992	0.40639	1.78887	2.88829	4.52661
Avustralya	1993	0.32274	2.17489	4.71432	14.28814	Cezayir	1993	0.40762	1.78723	2.88437	4.51929
Avustralya	1994	0.32333	2.17385	4.71106	14.27648	Cezayir	1994	0.40916	1.78518	2.87947	4.51012
Avustralya	1995	0.32411	2.17251	4.70680	14.26124	Cezayir	1995	0.41180	1.78167	2.87107	4.49444
Avustralya	1996	0.32426	2.17224	4.70598	14.25828	Cezayir	1996	0.41355	1.77936	2.86553	4.48409
Avustralya	1997	0.32397	2.17274	4.70755	14.26390	Cezayir	1997	0.41528	1.77706	2.86002	4.47381

Avustralya	1998	0.32389	2.17289	4.70800	14.26552	Cezayir	1998	0.41686	1.77495	2.85497	4.46437
Avustralya	1999	0.32400	2.17269	4.70738	14.26329	Cezayir	1999	0.41784	1.77365	2.85186	4.45857
Avustralya	2000	0.32444	2.17193	4.70499	14.25475	Cezayir	2000	0.41919	1.77186	2.84759	4.45058
Avustralya	2001	0.32439	2.17202	4.70525	14.25570	Cezayir	2001	0.42110	1.76932	2.84149	4.43921
Avustralya	2002	0.32431	2.17216	4.70571	14.25734	Cezayir	2002	0.42252	1.76743	2.83698	4.43077
Avustralya	2003	0.32418	2.17237	4.70639	14.25974	Cezayir	2003	0.42120	1.76918	2.84117	4.43861
Avustralya	2004	0.32406	2.17260	4.70709	14.26226	Cezayir	2004	0.42630	1.76241	2.82495	4.40832
Avustralya	2005	0.32419	2.17236	4.70634	14.25958	Cezayir	2005	0.42703	1.76143	2.82262	4.40396
Avustralya	2006	0.32449	2.17184	4.70470	14.25372	Cezayir	2006	0.42999	1.75750	2.81320	4.38637
Avustralya	2007	0.32477	2.17135	4.70315	14.24817	Cezayir	2007	0.42838	1.75964	2.81832	4.39593
Avustralya	2008	0.32495	2.17105	4.70221	14.24479	Cezayir	2008	0.42983	1.75771	2.81371	4.38732
Avustralya	2009	0.32476	2.17137	4.70321	14.24839	Cezayir	2009	0.43029	1.75710	2.81225	4.38459
Avustralya	2010	0.32468	2.17151	4.70365	14.24996	Cezayir	2010	0.43049	1.75684	2.81163	4.38342
Avustralya	2011	0.32488	2.17116	4.70254	14.24598	Cezayir	2011	0.42949	1.75816	2.81480	4.38935
Avustralya	2012	0.32488	2.17117	4.70258	14.24611	Cezayir	2012	0.43099	1.75618	2.81004	4.38047
Avustralya	2013	0.32479	2.17132	4.70304	14.24777	Cezayir	2013	0.43243	1.75427	2.80547	4.37192
Avustralya	2014	0.32477	2.17135	4.70316	14.24819	Cezayir	2014	0.43250	1.75417	2.80523	4.37148
Avusturya	1982	0.30560	2.20461	4.80829	14.62432	Brezilya	1982	0.45023	1.73060	2.74883	4.26614
Avusturya	1983	0.30518	2.20535	4.81062	14.63265	Brezilya	1983	0.45045	1.73032	2.74814	4.26486
Avusturya	1984	0.30475	2.20609	4.81297	14.64104	Brezilya	1984	0.45146	1.72897	2.74491	4.25882
Avusturya	1985	0.30440	2.20670	4.81490	14.64795	Brezilya	1985	0.45351	1.72624	2.73838	4.24664
Avusturya	1986	0.30401	2.20738	4.81704	14.65561	Brezilya	1986	0.45378	1.72589	2.73755	4.24507
Avusturya	1987	0.30373	2.20786	4.81857	14.66107	Brezilya	1987	0.45435	1.72514	2.73574	4.24170
Avusturya	1988	0.30334	2.20853	4.82069	14.66867	Brezilya	1988	0.45494	1.72434	2.73384	4.23814
Avusturya	1989	0.30333	2.20855	4.82075	14.66889	Brezilya	1989	0.45515	1.72407	2.73318	4.23691
Avusturya	1990	0.30328	2.20864	4.82104	14.66992	Brezilya	1990	0.45604	1.72289	2.73036	4.23165
Avusturya	1991	0.30284	2.20940	4.82344	14.67850	Brezilya	1991	0.45610	1.72281	2.73017	4.23130

Avusturya	1992	0.30220	2.21052	4.82697	14.69115	Brezilya	1992	0.45621	1.72266	2.72982	4.23064
Avusturya	1993	0.30136	2.21196	4.83154	14.70750	Brezilya	1993	0.45649	1.72229	2.72893	4.22898
Avusturya	1994	0.30087	2.21282	4.83427	14.71724	Brezilya	1994	0.45667	1.72205	2.72835	4.22789
Avusturya	1995	0.30030	2.21381	4.83739	14.72840	Brezilya	1995	0.45682	1.72185	2.72788	4.22702
Avusturya	1996	0.29997	2.21437	4.83915	14.73472	Brezilya	1996	0.45621	1.72266	2.72980	4.23061
Avusturya	1997	0.29980	2.21467	4.84010	14.73811	Brezilya	1997	0.45664	1.72208	2.72843	4.22804
Avusturya	1998	0.29971	2.21483	4.84059	14.73988	Brezilya	1998	0.45654	1.72222	2.72876	4.22865
Avusturya	1999	0.29985	2.21459	4.83983	14.73716	Brezilya	1999	0.45824	1.71996	2.72334	4.21854
Avusturya	2000	0.29972	2.21480	4.84052	14.73962	Brezilya	2000	0.45926	1.71861	2.72012	4.21252
Avusturya	2001	0.29965	2.21493	4.84092	14.74103	Brezilya	2001	0.45966	1.71807	2.71883	4.21012
Avusturya	2002	0.29939	2.21539	4.84237	14.74625	Brezilya	2002	0.46101	1.71627	2.71453	4.20208
Avusturya	2003	0.29945	2.21528	4.84203	14.74502	Brezilya	2003	0.46182	1.71520	2.71195	4.19727
Avusturya	2004	0.29954	2.21512	4.84154	14.74326	Brezilya	2004	0.46345	1.71304	2.70678	4.18760
Avusturya	2005	0.29989	2.21452	4.83962	14.73639	Brezilya	2005	0.46451	1.71163	2.70341	4.18131
Avusturya	2006	0.30048	2.21349	4.83637	14.72477	Brezilya	2006	0.46535	1.71051	2.70073	4.17632
Avusturya	2007	0.30105	2.21251	4.83328	14.71372	Brezilya	2007	0.46580	1.70991	2.69929	4.17363
Avusturya	2008	0.30165	2.21147	4.82999	14.70194	Brezilya	2008	0.46615	1.70945	2.69819	4.17157
Avusturya	2009	0.30141	2.21188	4.83127	14.70654	Brezilya	2009	0.46627	1.70929	2.69782	4.17087
Avusturya	2010	0.30174	2.21132	4.82950	14.70017	Brezilya	2010	0.46722	1.70803	2.69479	4.16522
Avusturya	2011	0.30225	2.21042	4.82667	14.69008	Brezilya	2011	0.46803	1.70694	2.69220	4.16037
Avusturya	2012	0.30260	2.20982	4.82477	14.68328	Brezilya	2012	0.46855	1.70625	2.69054	4.15729
Avusturya	2013	0.30272	2.20962	4.82412	14.68095	Brezilya	2013	0.46852	1.70630	2.69066	4.15750
Avusturya	2014	0.30304	2.20905	4.82232	14.67450	Brezilya	2014	0.46843	1.70642	2.69095	4.15804
Belçika	1982	0.29645	2.22048	4.85846	14.80379	Bulgaristan	1982	0.47913	1.69220	2.65690	4.09445
Belçika	1983	0.29601	2.22125	4.86090	14.81253	Bulgaristan	1983	0.47846	1.69309	2.65903	4.09844
Belçika	1984	0.29605	2.22117	4.86067	14.81169	Bulgaristan	1984	0.47774	1.69405	2.66134	4.10274
Belçika	1985	0.29627	2.22080	4.85949	14.80748	Bulgaristan	1985	0.47700	1.69504	2.66369	4.10714

Belçika	1986	0.29648	2.22044	4.85833	14.80333	Bulgaristan	1986	0.47627	1.69600	2.66600	4.11145
Belçika	1987	0.29661	2.22021	4.85763	14.80082	Bulgaristan	1987	0.47550	1.69702	2.66844	4.11601
Belçika	1988	0.29702	2.21950	4.85537	14.79274	Bulgaristan	1988	0.47427	1.69865	2.67235	4.12331
Belçika	1989	0.29693	2.21965	4.85585	14.79446	Bulgaristan	1989	0.47249	1.70102	2.67802	4.13390
Belçika	1990	0.29669	2.22006	4.85715	14.79913	Bulgaristan	1990	0.47059	1.70355	2.68407	4.14520
Belçika	1991	0.29647	2.22045	4.85839	14.80354	Bulgaristan	1991	0.46647	1.70902	2.69716	4.16964
Belçika	1992	0.29605	2.22118	4.86067	14.81170	Bulgaristan	1992	0.46407	1.71222	2.70482	4.18394
Belçika	1993	0.29553	2.22208	4.86353	14.82194	Bulgaristan	1993	0.46447	1.71169	2.70355	4.18157
Belçika	1994	0.29513	2.22277	4.86572	14.82978	Bulgaristan	1994	0.46502	1.71095	2.70177	4.17826
Belçika	1995	0.29557	2.22201	4.86331	14.82115	Bulgaristan	1995	0.46564	1.71013	2.69982	4.17461
Belçika	1996	0.29530	2.22249	4.86481	14.82651	Bulgaristan	1996	0.46697	1.70836	2.69558	4.16669
Belçika	1997	0.29511	2.22282	4.86585	14.83024	Bulgaristan	1997	0.46547	1.71035	2.70034	4.17559
Belçika	1998	0.29539	2.22233	4.86432	14.82475	Bulgaristan	1998	0.46349	1.71299	2.70666	4.18738
Belçika	1999	0.29551	2.22211	4.86363	14.82228	Bulgaristan	1999	0.46060	1.71683	2.71586	4.20457
Belçika	2000	0.29590	2.22144	4.86149	14.81463	Bulgaristan	2000	0.45826	1.71994	2.72330	4.21846
Belçika	2001	0.29613	2.22105	4.86026	14.81022	Bulgaristan	2001	0.45633	1.72250	2.72943	4.22991
Belçika	2002	0.29590	2.22144	4.86149	14.81463	Bulgaristan	2002	0.45492	1.72438	2.73392	4.23830
Belçika	2003	0.29582	2.22157	4.86192	14.81619	Bulgaristan	2003	0.45438	1.72509	2.73562	4.24148
Belçika	2004	0.29609	2.22110	4.86043	14.81084	Bulgaristan	2004	0.45367	1.72603	2.73788	4.24570
Belçika	2005	0.29651	2.22037	4.85813	14.80262	Bulgaristan	2005	0.45254	1.72754	2.74149	4.25245
Belçika	2006	0.29663	2.22018	4.85752	14.80043	Bulgaristan	2006	0.45161	1.72877	2.74444	4.25795
Belçika	2007	0.29692	2.21967	4.85591	14.79467	Bulgaristan	2007	0.45060	1.73011	2.74764	4.26392
Belçika	2008	0.29731	2.21899	4.85375	14.78694	Bulgaristan	2008	0.44909	1.73212	2.75247	4.27294
Belçika	2009	0.29703	2.21948	4.85529	14.79246	Bulgaristan	2009	0.44716	1.73469	2.75860	4.28439
Belçika	2010	0.29717	2.21923	4.85453	14.78973	Bulgaristan	2010	0.44506	1.73748	2.76528	4.29686
Belçika	2011	0.29759	2.21850	4.85220	14.78141	Bulgaristan	2011	0.44362	1.73938	2.76985	4.30539
Belçika	2012	0.29757	2.21854	4.85233	14.78185	Bulgaristan	2012	0.44211	1.74140	2.77467	4.31441

Belçika	2013	0.29736	2.21891	4.85349	14.78602	Bulgaristan	2013	0.44137	1.74238	2.77702	4.31879
Belçika	2014	0.29734	2.21894	4.85359	14.78638	Bulgaristan	2014	0.44091	1.74299	2.77848	4.32151
Kanada	1982	0.33169	2.15935	4.66522	14.11247	Çin	1982	0.52111	1.63642	2.52338	3.84508
Kanada	1983	0.33148	2.15971	4.66636	14.11655	Çin	1983	0.52076	1.63687	2.52446	3.84711
Kanada	1984	0.33200	2.15881	4.66349	14.10628	Çin	1984	0.52030	1.63749	2.52594	3.84988
Kanada	1985	0.33274	2.15753	4.65946	14.09188	Çin	1985	0.51966	1.63833	2.52796	3.85364
Kanada	1986	0.33342	2.15635	4.65572	14.07848	Çin	1986	0.51894	1.63929	2.53025	3.85793
Kanada	1987	0.33381	2.15568	4.65360	14.07089	Çin	1987	0.51819	1.64030	2.53266	3.86242
Kanada	1988	0.33426	2.15489	4.65112	14.06203	Çin	1988	0.51757	1.64112	2.53463	3.86610
Kanada	1989	0.33426	2.15490	4.65113	14.06206	Çin	1989	0.51758	1.64111	2.53460	3.86605
Kanada	1990	0.33386	2.15559	4.65333	14.06994	Çin	1990	0.51762	1.64105	2.53447	3.86580
Kanada	1991	0.33278	2.15746	4.65925	14.09110	Çin	1991	0.51758	1.64111	2.53461	3.86606
Kanada	1992	0.33189	2.15900	4.66410	14.10848	Çin	1992	0.51695	1.64194	2.53661	3.86979
Kanada	1993	0.33164	2.15945	4.66551	14.11352	Çin	1993	0.51592	1.64331	2.53987	3.87589
Kanada	1994	0.33191	2.15898	4.66403	14.10821	Çin	1994	0.51487	1.64471	2.54322	3.88215
Kanada	1995	0.33212	2.15861	4.66286	14.10404	Çin	1995	0.51385	1.64605	2.54644	3.88816
Kanada	1996	0.33208	2.15868	4.66310	14.10489	Çin	1996	0.51287	1.64736	2.54957	3.89401
Kanada	1997	0.33238	2.15815	4.66142	14.09888	Çin	1997	0.51200	1.64851	2.55233	3.89916
Kanada	1998	0.33279	2.15744	4.65917	14.09084	Çin	1998	0.51103	1.64980	2.55541	3.90492
Kanada	1999	0.33327	2.15660	4.65652	14.08136	Çin	1999	0.51015	1.65098	2.55822	3.91016
Kanada	2000	0.33364	2.15597	4.65452	14.07420	Çin	2000	0.50931	1.65210	2.56091	3.91518
Kanada	2001	0.33354	2.15614	4.65508	14.07618	Çin	2001	0.50825	1.65350	2.56426	3.92144
Kanada	2002	0.33398	2.15539	4.65268	14.06760	Çin	2002	0.50714	1.65497	2.56779	3.92803
Kanada	2003	0.33436	2.15472	4.65057	14.06006	Çin	2003	0.50584	1.65671	2.57195	3.93579
Kanada	2004	0.33446	2.15455	4.65004	14.05816	Çin	2004	0.50450	1.65849	2.57621	3.94375
Kanada	2005	0.33439	2.15467	4.65043	14.05955	Çin	2005	0.50314	1.66029	2.58052	3.95181
Kanada	2006	0.33445	2.15457	4.65011	14.05840	Çin	2006	0.50167	1.66224	2.58519	3.96053

Kanada	2007	0.33480	2.15395	4.64814	14.05136	Çin	2007	0.50022	1.66418	2.58983	3.96919
Kanada	2008	0.33499	2.15362	4.64710	14.04766	Çin	2008	0.49876	1.66612	2.59447	3.97785
Kanada	2009	0.33413	2.15512	4.65185	14.06463	Çin	2009	0.49701	1.66844	2.60004	3.98825
Kanada	2010	0.33424	2.15492	4.65121	14.06233	Çin	2010	0.49524	1.67079	2.60565	3.99875
Kanada	2011	0.33431	2.15481	4.65086	14.06108	Çin	2011	0.49375	1.67277	2.61039	4.00759
Kanada	2012	0.33418	2.15503	4.65155	14.06358	Çin	2012	0.49240	1.67456	2.61469	4.01562
Kanada	2013	0.33421	2.15497	4.65138	14.06294	Çin	2013	0.49110	1.67629	2.61883	4.02335
Kanada	2014	0.33395	2.15543	4.65283	14.06815	Çin	2014	0.48992	1.67787	2.62259	4.03038
Şili	1982	0.32776	2.16617	4.68676	14.18953	Kolombiya	1982	0.44394	1.73897	2.76885	4.30353
Şili	1983	0.33051	2.16139	4.67166	14.13552	Kolombiya	1983	0.44335	1.73975	2.77072	4.30703
Şili	1984	0.33221	2.15846	4.66239	14.10234	Kolombiya	1984	0.44307	1.74012	2.77161	4.30869
Şili	1985	0.33445	2.15456	4.65005	14.05821	Kolombiya	1985	0.44345	1.73961	2.77039	4.30641
Şili	1986	0.33638	2.15121	4.63949	14.02041	Kolombiya	1986	0.44403	1.73885	2.76856	4.30299
Şili	1987	0.33729	2.14964	4.63452	14.00263	Kolombiya	1987	0.44512	1.73739	2.76508	4.29650
Şili	1988	0.33884	2.14696	4.62603	13.97226	Kolombiya	1988	0.44567	1.73666	2.76332	4.29321
Şili	1989	0.33965	2.14554	4.62154	13.95620	Kolombiya	1989	0.44671	1.73529	2.76003	4.28707
Şili	1990	0.33931	2.14614	4.62345	13.96302	Kolombiya	1990	0.44717	1.73468	2.75858	4.28436
Şili	1991	0.33885	2.14693	4.62596	13.97201	Kolombiya	1991	0.44923	1.73194	2.75202	4.27211
Şili	1992	0.33926	2.14623	4.62373	13.96402	Kolombiya	1992	0.44949	1.73159	2.75118	4.27054
Şili	1993	0.33981	2.14526	4.62068	13.95312	Kolombiya	1993	0.45078	1.72987	2.74707	4.26286
Şili	1994	0.33847	2.14759	4.62804	13.97947	Kolombiya	1994	0.45137	1.72910	2.74522	4.25940
Şili	1995	0.33690	2.15031	4.63662	14.01014	Kolombiya	1995	0.45229	1.72787	2.74229	4.25392
Şili	1996	0.33551	2.15272	4.64424	14.03741	Kolombiya	1996	0.45213	1.72809	2.74280	4.25489
Şili	1997	0.33441	2.15462	4.65027	14.05899	Kolombiya	1997	0.45248	1.72761	2.74166	4.25276
Şili	1998	0.33359	2.15606	4.65481	14.07523	Kolombiya	1998	0.45231	1.72784	2.74222	4.25379
Şili	1999	0.33217	2.15852	4.66260	14.10310	Kolombiya	1999	0.45216	1.72804	2.74268	4.25466
Şili	2000	0.33187	2.15904	4.66424	14.10897	Kolombiya	2000	0.45457	1.72484	2.73504	4.24039

Şili	2001	0.33139	2.15988	4.66687	14.11838	Kolombiya	2001	0.45512	1.72411	2.73327	4.23709
Şili	2002	0.33127	2.16008	4.66750	14.12064	Kolombiya	2002	0.45588	1.72310	2.73087	4.23261
Şili	2003	0.33196	2.15888	4.66372	14.10709	Kolombiya	2003	0.45680	1.72187	2.72792	4.22709
Şili	2004	0.33203	2.15877	4.66337	14.10585	Kolombiya	2004	0.45772	1.72065	2.72500	4.22164
Şili	2005	0.33227	2.15835	4.66204	14.10108	Kolombiya	2005	0.45862	1.71945	2.72214	4.21630
Şili	2006	0.33180	2.15916	4.66460	14.11026	Kolombiya	2006	0.45912	1.71880	2.72056	4.21335
Şili	2007	0.33168	2.15937	4.66528	14.11270	Kolombiya	2007	0.45969	1.71804	2.71875	4.20997
Şili	2008	0.33145	2.15977	4.66654	14.11720	Kolombiya	2008	0.45961	1.71813	2.71898	4.21040
Şili	2009	0.33034	2.16169	4.67262	14.13894	Kolombiya	2009	0.45919	1.71870	2.72033	4.21292
Şili	2010	0.33192	2.15896	4.66398	14.10803	Kolombiya	2010	0.45954	1.71823	2.71920	4.21081
Şili	2011	0.33265	2.15769	4.65995	14.09363	Kolombiya	2011	0.46007	1.71753	2.71753	4.20769
Şili	2012	0.33221	2.15845	4.66236	14.10225	Kolombiya	2012	0.46040	1.71708	2.71647	4.20570
Şili	2013	0.33192	2.15895	4.66393	14.10787	Kolombiya	2013	0.46026	1.71728	2.71694	4.20659
Şili	2014	0.33176	2.15923	4.66483	14.11109	Kolombiya	2014	0.46016	1.71741	2.71725	4.20717
Finlandiya	1982	0.29990	2.21450	4.83957	14.73622	Malezya	1982	0.44334	1.73976	2.77076	4.30709
Finlandiya	1983	0.29939	2.21538	4.84235	14.74616	Malezya	1983	0.44325	1.73988	2.77104	4.30762
Finlandiya	1984	0.29911	2.21588	4.84392	14.75177	Malezya	1984	0.44277	1.74052	2.77256	4.31046
Finlandiya	1985	0.29863	2.21670	4.84652	14.76109	Malezya	1985	0.44271	1.74060	2.77275	4.31081
Finlandiya	1986	0.29799	2.21781	4.85004	14.77368	Malezya	1986	0.44340	1.73968	2.77055	4.30671
Finlandiya	1987	0.29770	2.21831	4.85162	14.77933	Malezya	1987	0.44494	1.73763	2.76564	4.29755
Finlandiya	1988	0.29748	2.21870	4.85283	14.78365	Malezya	1988	0.44593	1.73632	2.76250	4.29168
Finlandiya	1989	0.29711	2.21934	4.85487	14.79094	Malezya	1989	0.44669	1.73531	2.76008	4.28716
Finlandiya	1990	0.29625	2.22083	4.85957	14.80775	Malezya	1990	0.44726	1.73455	2.75827	4.28377
Finlandiya	1991	0.29331	2.22594	4.87572	14.86555	Malezya	1991	0.44663	1.73539	2.76030	4.28756
Finlandiya	1992	0.28995	2.23176	4.89414	14.93143	Malezya	1992	0.44618	1.73598	2.76170	4.29019
Finlandiya	1993	0.28735	2.23626	4.90837	14.98234	Malezya	1993	0.44616	1.73601	2.76178	4.29033
Finlandiya	1994	0.28693	2.23699	4.91067	14.99058	Malezya	1994	0.44549	1.73691	2.76392	4.29433

Finlandiya	1995	0.28779	2.23550	4.90596	14.97372	Malezya	1995	0.44359	1.73943	2.76997	4.30562
Finlandiya	1996	0.28834	2.23456	4.90298	14.96306	Malezya	1996	0.44460	1.73808	2.76673	4.29957
Finlandiya	1997	0.28961	2.23236	4.89601	14.93814	Malezya	1997	0.44327	1.73985	2.77096	4.30748
Finlandiya	1998	0.29005	2.23159	4.89358	14.92944	Malezya	1998	0.44321	1.73993	2.77116	4.30784
Finlandiya	1999	0.29076	2.23035	4.88968	14.91547	Malezya	1999	0.44401	1.73887	2.76862	4.30310
Finlandiya	2000	0.29129	2.22944	4.88679	14.90516	Malezya	2000	0.44485	1.73776	2.76596	4.29813
Finlandiya	2001	0.29153	2.22902	4.88547	14.90044	Malezya	2001	0.44462	1.73807	2.76669	4.29950
Finlandiya	2002	0.29170	2.22873	4.88454	14.89711	Malezya	2002	0.44479	1.73784	2.76614	4.29848
Finlandiya	2003	0.29146	2.22914	4.88584	14.90175	Malezya	2003	0.44529	1.73717	2.76454	4.29549
Finlandiya	2004	0.29141	2.22923	4.88614	14.90281	Malezya	2004	0.44503	1.73752	2.76539	4.29707
Finlandiya	2005	0.29181	2.22854	4.88395	14.89497	Malezya	2005	0.44465	1.73803	2.76659	4.29932
Finlandiya	2006	0.29238	2.22755	4.88081	14.88377	Malezya	2006	0.44481	1.73781	2.76609	4.29838
Finlandiya	2007	0.29299	2.22648	4.87745	14.87174	Malezya	2007	0.44492	1.73766	2.76571	4.29767
Finlandiya	2008	0.29372	2.22523	4.87348	14.85751	Malezya	2008	0.44465	1.73802	2.76658	4.29930
Finlandiya	2009	0.29266	2.22706	4.87928	14.87830	Malezya	2009	0.44486	1.73774	2.76590	4.29803
Finlandiya	2010	0.29239	2.22753	4.88076	14.88357	Malezya	2010	0.44702	1.73486	2.75903	4.28519
Finlandiya	2011	0.29292	2.22661	4.87785	14.87317	Malezya	2011	0.44723	1.73459	2.75838	4.28398
Finlandiya	2012	0.29333	2.22589	4.87557	14.86501	Malezya	2012	0.44725	1.73457	2.75832	4.28387
Finlandiya	2013	0.29314	2.22623	4.87665	14.86886	Malezya	2013	0.44730	1.73450	2.75816	4.28357
Finlandiya	2014	0.29292	2.22660	4.87782	14.87306	Malezya	2014	0.44703	1.73486	2.75902	4.28518
Fransa	1982	0.33072	2.16103	4.67051	14.13139	Meksika	1982	0.44656	1.73548	2.76049	4.28793
Fransa	1983	0.33036	2.16166	4.67251	14.13856	Meksika	1983	0.44654	1.73551	2.76057	4.28807
Fransa	1984	0.32985	2.16255	4.67531	14.14857	Meksika	1984	0.44761	1.73409	2.75717	4.28173
Fransa	1985	0.32951	2.16313	4.67717	14.15522	Meksika	1985	0.44882	1.73248	2.75332	4.27453
Fransa	1986	0.32943	2.16328	4.67762	14.15684	Meksika	1986	0.44971	1.73129	2.75048	4.26922
Fransa	1987	0.32946	2.16323	4.67747	14.15630	Meksika	1987	0.45072	1.72995	2.74727	4.26323
Fransa	1988	0.32944	2.16326	4.67756	14.15662	Meksika	1988	0.45169	1.72866	2.74419	4.25747

Fransa	1989	0.32944	2.16325	4.67755	14.15659	Meksika	1989	0.45271	1.72731	2.74095	4.25143
Fransa	1990	0.32926	2.16356	4.67852	14.16004	Meksika	1990	0.45356	1.72618	2.73825	4.24638
Fransa	1991	0.32873	2.16449	4.68146	14.17058	Meksika	1991	0.45413	1.72543	2.73643	4.24300
Fransa	1992	0.32793	2.16587	4.68583	14.18621	Meksika	1992	0.45471	1.72465	2.73459	4.23954
Fransa	1993	0.32713	2.16727	4.69025	14.20202	Meksika	1993	0.45541	1.72373	2.73237	4.23540
Fransa	1994	0.32692	2.16762	4.69136	14.20600	Meksika	1994	0.45603	1.72290	2.73039	4.23171
Fransa	1995	0.32692	2.16764	4.69140	14.20614	Meksika	1995	0.45583	1.72317	2.73103	4.23290
Fransa	1996	0.32676	2.16790	4.69226	14.20919	Meksika	1996	0.45692	1.72171	2.72754	4.22639
Fransa	1997	0.32670	2.16800	4.69257	14.21031	Meksika	1997	0.45826	1.71993	2.72327	4.21842
Fransa	1998	0.32695	2.16758	4.69121	14.20546	Meksika	1998	0.45863	1.71944	2.72211	4.21624
Fransa	1999	0.32739	2.16682	4.68882	14.19690	Meksika	1999	0.45854	1.71956	2.72238	4.21675
Fransa	2000	0.32783	2.16605	4.68640	14.18823	Meksika	2000	0.45866	1.71940	2.72201	4.21606
Fransa	2001	0.32798	2.16579	4.68557	14.18528	Meksika	2001	0.45825	1.71995	2.72332	4.21851
Fransa	2002	0.32786	2.16599	4.68620	14.18754	Meksika	2002	0.45848	1.71965	2.72260	4.21716
Fransa	2003	0.32761	2.16644	4.68762	14.19260	Meksika	2003	0.45829	1.71990	2.72320	4.21828
Fransa	2004	0.32737	2.16685	4.68892	14.19725	Meksika	2004	0.45879	1.71923	2.72160	4.21530
Fransa	2005	0.32731	2.16694	4.68922	14.19833	Meksika	2005	0.45849	1.71963	2.72256	4.21709
Fransa	2006	0.32737	2.16684	4.68890	14.19720	Meksika	2006	0.45897	1.71899	2.72102	4.21422
Fransa	2007	0.32750	2.16663	4.68821	14.19473	Meksika	2007	0.45894	1.71903	2.72113	4.21442
Fransa	2008	0.32732	2.16693	4.68917	14.19814	Meksika	2008	0.45901	1.71894	2.72090	4.21398
Fransa	2009	0.32672	2.16797	4.69246	14.20994	Meksika	2009	0.45827	1.71992	2.72326	4.21839
Fransa	2010	0.32657	2.16824	4.69331	14.21297	Meksika	2010	0.46014	1.71744	2.71731	4.20727
Fransa	2011	0.32667	2.16806	4.69275	14.21096	Meksika	2011	0.45989	1.71777	2.71811	4.20878
Fransa	2012	0.32663	2.16814	4.69298	14.21180	Meksika	2012	0.46071	1.71667	2.71548	4.20386
Fransa	2013	0.32649	2.16837	4.69372	14.21442	Meksika	2013	0.46053	1.71692	2.71608	4.20498
Fransa	2014	0.32650	2.16835	4.69367	14.21424	Meksika	2014	0.46030	1.71722	2.71680	4.20633
Yunanistan	1982	0.29892	2.21621	4.84496	14.75550	Peru	1982	0.44460	1.73809	2.76674	4.29960

Yunanistan	1983	0.29873	2.21653	4.84598	14.75915	Peru	1983	0.44651	1.73556	2.76068	4.28828
Yunanistan	1984	0.29849	2.21695	4.84730	14.76387	Peru	1984	0.44795	1.73363	2.75607	4.27967
Yunanistan	1985	0.29939	2.21539	4.84237	14.74623	Peru	1985	0.44920	1.73198	2.75211	4.27228
Yunanistan	1986	0.29941	2.21534	4.84223	14.74571	Peru	1986	0.45203	1.72821	2.74309	4.25543
Yunanistan	1987	0.29935	2.21545	4.84256	14.74692	Peru	1987	0.45299	1.72693	2.74005	4.24974
Yunanistan	1988	0.30007	2.21420	4.83862	14.73283	Peru	1988	0.45317	1.72670	2.73948	4.24868
Yunanistan	1989	0.30005	2.21423	4.83872	14.73317	Peru	1989	0.45427	1.72523	2.73597	4.24212
Yunanistan	1990	0.30028	2.21384	4.83747	14.72870	Peru	1990	0.45550	1.72360	2.73207	4.23485
Yunanistan	1991	0.29918	2.21575	4.84350	14.75028	Peru	1991	0.45783	1.72051	2.72466	4.22101
Yunanistan	1992	0.29913	2.21583	4.84378	14.75127	Peru	1992	0.45801	1.72027	2.72409	4.21993
Yunanistan	1993	0.29968	2.21489	4.84079	14.74059	Peru	1993	0.45904	1.71890	2.72081	4.21381
Yunanistan	1994	0.30048	2.21349	4.83638	14.72479	Peru	1994	0.46016	1.71741	2.71725	4.20716
Yunanistan	1995	0.30108	2.21245	4.83309	14.71305	Peru	1995	0.46092	1.71640	2.71482	4.20263
Yunanistan	1996	0.30089	2.21278	4.83412	14.71673	Peru	1996	0.46164	1.71545	2.71255	4.19839
Yunanistan	1997	0.30073	2.21306	4.83502	14.71995	Peru	1997	0.46168	1.71539	2.71241	4.19813
Yunanistan	1998	0.30235	2.21025	4.82613	14.68813	Peru	1998	0.46253	1.71425	2.70969	4.19305
Yunanistan	1999	0.30208	2.21072	4.82762	14.69347	Peru	1999	0.46314	1.71345	2.70777	4.18947
Yunanistan	2000	0.30191	2.21101	4.82854	14.69674	Peru	2000	0.46432	1.71188	2.70402	4.18245
Yunanistan	2001	0.30172	2.21135	4.82960	14.70055	Peru	2001	0.46459	1.71152	2.70315	4.18082
Yunanistan	2002	0.30244	2.21010	4.82564	14.68638	Peru	2002	0.46512	1.71082	2.70147	4.17770
Yunanistan	2003	0.30256	2.20989	4.82497	14.68400	Peru	2003	0.46563	1.71014	2.69986	4.17468
Yunanistan	2004	0.30314	2.20888	4.82180	14.67265	Peru	2004	0.46608	1.70954	2.69841	4.17198
Yunanistan	2005	0.30333	2.20854	4.82073	14.66882	Peru	2005	0.46642	1.70909	2.69734	4.16998
Yunanistan	2006	0.30373	2.20786	4.81858	14.66114	Peru	2006	0.46638	1.70914	2.69746	4.17021
Yunanistan	2007	0.30377	2.20778	4.81831	14.66017	Peru	2007	0.46579	1.70993	2.69935	4.17373
Yunanistan	2008	0.30400	2.20739	4.81708	14.65576	Peru	2008	0.46495	1.71105	2.70202	4.17872
Yunanistan	2009	0.30367	2.20797	4.81890	14.66228	Peru	2009	0.46433	1.71187	2.70398	4.18238

Yunanistan	2010	0.30261	2.20980	4.82470	14.68303	Peru	2010	0.46355	1.71290	2.70646	4.18701
Yunanistan	2011	0.29979	2.21470	4.84019	14.73843	Peru	2011	0.46317	1.71341	2.70768	4.18929
Yunanistan	2012	0.29662	2.22019	4.85757	14.80060	Peru	2012	0.46243	1.71439	2.71003	4.19367
Yunanistan	2013	0.29525	2.22257	4.86508	14.82746	Peru	2013	0.46202	1.71494	2.71133	4.19611
Yunanistan	2014	0.29588	2.22148	4.86162	14.81512	Peru	2014	0.46138	1.71579	2.71337	4.19993
Macaristan	1982	0.33414	2.15510	4.65176	14.06432	Tayland	1982	0.46991	1.70445	2.68622	4.14922
Macaristan	1983	0.33309	2.15692	4.65753	14.08496	Tayland	1983	0.46709	1.70820	2.69521	4.16600
Macaristan	1984	0.33218	2.15850	4.66253	14.10285	Tayland	1984	0.46814	1.70681	2.69187	4.15976
Macaristan	1985	0.33144	2.15979	4.66660	14.11741	Tayland	1985	0.46790	1.70713	2.69263	4.16118
Macaristan	1986	0.33074	2.16099	4.67041	14.13103	Tayland	1986	0.46876	1.70598	2.68988	4.15605
Macaristan	1987	0.32985	2.16255	4.67532	14.14862	Tayland	1987	0.46984	1.70454	2.68645	4.14964
Macaristan	1988	0.32974	2.16273	4.67590	14.15068	Tayland	1988	0.47047	1.70370	2.68444	4.14588
Macaristan	1989	0.32913	2.16379	4.67925	14.16265	Tayland	1989	0.47008	1.70423	2.68569	4.14823
Macaristan	1990	0.32821	2.16538	4.68428	14.18064	Tayland	1990	0.47077	1.70330	2.68348	4.14410
Macaristan	1991	0.32563	2.16987	4.69846	14.23138	Tayland	1991	0.46711	1.70818	2.69514	4.16588
Macaristan	1992	0.32194	2.17627	4.71870	14.30381	Tayland	1992	0.46668	1.70874	2.69649	4.16840
Macaristan	1993	0.31925	2.18094	4.73346	14.35660	Tayland	1993	0.46463	1.71147	2.70302	4.18059
Macaristan	1994	0.31815	2.18285	4.73950	14.37821	Tayland	1994	0.46219	1.71471	2.71078	4.19509
Macaristan	1995	0.31717	2.18454	4.74486	14.39738	Tayland	1995	0.46090	1.71643	2.71490	4.20277
Macaristan	1996	0.31696	2.18491	4.74600	14.40147	Tayland	1996	0.45948	1.71831	2.71940	4.21118
Macaristan	1997	0.31670	2.18535	4.74742	14.40653	Tayland	1997	0.45918	1.71871	2.72037	4.21299
Macaristan	1998	0.31686	2.18508	4.74656	14.40346	Tayland	1998	0.45786	1.72047	2.72457	4.22083
Macaristan	1999	0.31746	2.18404	4.74327	14.39168	Tayland	1999	0.45872	1.71933	2.72184	4.21574
Macaristan	2000	0.31732	2.18428	4.74403	14.39442	Tayland	2000	0.45957	1.71819	2.71911	4.21064
Macaristan	2001	0.31692	2.18498	4.74622	14.40227	Tayland	2001	0.46059	1.71683	2.71586	4.20457
Macaristan	2002	0.31651	2.18569	4.74848	14.41034	Tayland	2002	0.46171	1.71535	2.71231	4.19794
Macaristan	2003	0.31621	2.18620	4.75010	14.41613	Tayland	2003	0.46247	1.71434	2.70989	4.19343

Macaristan	2004	0.31546	2.18750	4.75421	14.43084	Tayland	2004	0.46308	1.71353	2.70796	4.18982
Macaristan	2005	0.31499	2.18832	4.75678	14.44003	Tayland	2005	0.46313	1.71346	2.70780	4.18952
Macaristan	2006	0.31489	2.18850	4.75738	14.44217	Tayland	2006	0.46308	1.71353	2.70795	4.18980
Macaristan	2007	0.31468	2.18886	4.75850	14.44620	Tayland	2007	0.46315	1.71343	2.70773	4.18939
Macaristan	2008	0.31366	2.19062	4.76407	14.46612	Tayland	2008	0.46337	1.71314	2.70703	4.18807
Macaristan	2009	0.31260	2.19247	4.76993	14.48706	Tayland	2009	0.46379	1.71259	2.70571	4.18561
Macaristan	2010	0.31262	2.19243	4.76980	14.48660	Tayland	2010	0.46380	1.71258	2.70568	4.18556
Macaristan	2011	0.31257	2.19253	4.77010	14.48768	Tayland	2011	0.46381	1.71256	2.70563	4.18547
Macaristan	2012	0.31264	2.19240	4.76968	14.48619	Tayland	2012	0.46376	1.71263	2.70581	4.18580
Macaristan	2013	0.31296	2.19185	4.76796	14.48003	Tayland	2013	0.46359	1.71285	2.70634	4.18678
Macaristan	2014	0.31401	2.19003	4.76220	14.45944	Tayland	2014	0.46279	1.71392	2.70889	4.19155
İrlanda	1982	0.27965	2.24964	4.95065	15.13360	Türkiye	1982	0.44718	1.73466	2.75853	4.28427
İrlanda	1983	0.27857	2.25150	4.95654	15.15467	Türkiye	1983	0.44763	1.73406	2.75709	4.28158
İrlanda	1984	0.27704	2.25415	4.96491	15.18463	Türkiye	1984	0.44815	1.73337	2.75544	4.27849
İrlanda	1985	0.27656	2.25499	4.96758	15.19417	Türkiye	1985	0.44834	1.73311	2.75483	4.27735
İrlanda	1986	0.27609	2.25580	4.97015	15.20335	Türkiye	1986	0.44800	1.73357	2.75593	4.27940
İrlanda	1987	0.27618	2.25565	4.96967	15.20164	Türkiye	1987	0.44772	1.73394	2.75682	4.28107
İrlanda	1988	0.27598	2.25600	4.97075	15.20553	Türkiye	1988	0.44734	1.73444	2.75802	4.28330
İrlanda	1989	0.27564	2.25659	4.97264	15.21227	Türkiye	1989	0.44735	1.73443	2.75799	4.28325
İrlanda	1990	0.27713	2.25400	4.96445	15.18298	Türkiye	1990	0.44687	1.73507	2.75952	4.28611
İrlanda	1991	0.27626	2.25550	4.96920	15.19996	Türkiye	1991	0.44705	1.73483	2.75896	4.28506
İrlanda	1992	0.27578	2.25634	4.97185	15.20945	Türkiye	1992	0.44626	1.73589	2.76147	4.28975
İrlanda	1993	0.27613	2.25574	4.96994	15.20261	Türkiye	1993	0.44324	1.73989	2.77107	4.30767
İrlanda	1994	0.27720	2.25387	4.96403	15.18149	Türkiye	1994	0.44482	1.73780	2.76604	4.29829
İrlanda	1995	0.27851	2.25161	4.95687	15.15587	Türkiye	1995	0.44479	1.73783	2.76613	4.29845
İrlanda	1996	0.27918	2.25045	4.95322	15.14280	Türkiye	1996	0.44489	1.73770	2.76582	4.29788
İrlanda	1997	0.28026	2.24856	4.94725	15.12145	Türkiye	1997	0.44395	1.73895	2.76880	4.30344

İrlanda	1998	0.28250	2.24469	4.93501	15.07765	Türkiye	1998	0.44411	1.73874	2.76830	4.30251
İrlanda	1999	0.28378	2.24246	4.92796	15.05242	Türkiye	1999	0.44428	1.73852	2.76777	4.30152
İrlanda	2000	0.28437	2.24144	4.92474	15.04092	Türkiye	2000	0.44314	1.74003	2.77138	4.30827
İrlanda	2001	0.28449	2.24123	4.92408	15.03856	Türkiye	2001	0.44321	1.73993	2.77115	4.30783
İrlanda	2002	0.28392	2.24223	4.92722	15.04980	Türkiye	2002	0.44296	1.74026	2.77195	4.30933
İrlanda	2003	0.28343	2.24308	4.92991	15.05940	Türkiye	2003	0.44233	1.74110	2.77396	4.31308
İrlanda	2004	0.28340	2.24312	4.93003	15.05985	Türkiye	2004	0.44212	1.74138	2.77462	4.31432
İrlanda	2005	0.28367	2.24265	4.92856	15.05458	Türkiye	2005	0.44179	1.74182	2.77567	4.31626
İrlanda	2006	0.28390	2.24225	4.92729	15.05003	Türkiye	2006	0.44122	1.74257	2.77748	4.31965
İrlanda	2007	0.28431	2.24155	4.92507	15.04211	Türkiye	2007	0.44070	1.74328	2.77916	4.32279
İrlanda	2008	0.28299	2.24383	4.93229	15.06794	Türkiye	2008	0.44068	1.74330	2.77921	4.32288
İrlanda	2009	0.27887	2.25098	4.95488	15.14873	Türkiye	2009	0.44059	1.74342	2.77950	4.32343
İrlanda	2010	0.27695	2.25432	4.96544	15.18652	Türkiye	2010	0.44192	1.74164	2.77526	4.31550
İrlanda	2011	0.27580	2.25631	4.97174	15.20907	Türkiye	2011	0.44338	1.73971	2.77063	4.30687
İrlanda	2012	0.27485	2.25796	4.97696	15.22774	Türkiye	2012	0.44398	1.73891	2.76870	4.30326
İrlanda	2013	0.27536	2.25707	4.97414	15.21763	Türkiye	2013	0.44455	1.73815	2.76689	4.29987
İrlanda	2014	0.27537	2.25704	4.97406	15.21738	Türkiye	2014	0.44484	1.73777	2.76599	4.29819
İsrail	1982	0.30376	2.20781	4.81842	14.66055	Venezuela	1982	0.40197	1.79474	2.90235	4.55287
İsrail	1983	0.30407	2.20727	4.81670	14.65439	Venezuela	1983	0.40185	1.79490	2.90272	4.55356
İsrail	1984	0.30401	2.20737	4.81702	14.65555	Venezuela	1984	0.40200	1.79470	2.90225	4.55268
İsrail	1985	0.30320	2.20878	4.82146	14.67144	Venezuela	1985	0.40344	1.79278	2.89767	4.54412
İsrail	1986	0.30345	2.20834	4.82009	14.66653	Venezuela	1986	0.40531	1.79031	2.89173	4.53303
İsrail	1987	0.30405	2.20730	4.81679	14.65473	Venezuela	1987	0.40701	1.78804	2.88630	4.52289
İsrail	1988	0.30523	2.20525	4.81032	14.63158	Venezuela	1988	0.40864	1.78587	2.88112	4.51320
İsrail	1989	0.30536	2.20504	4.80964	14.62914	Venezuela	1989	0.40909	1.78528	2.87971	4.51058
İsrail	1990	0.30555	2.20471	4.80860	14.62542	Venezuela	1990	0.40997	1.78411	2.87689	4.50532
İsrail	1991	0.30640	2.20322	4.80389	14.60858	Venezuela	1991	0.41161	1.78193	2.87169	4.49559

İsrail	1992	0.30663	2.20282	4.80263	14.60404	Venezuela	1992	0.41324	1.77976	2.86648	4.48588
İsrail	1993	0.30789	2.20064	4.79573	14.57939	Venezuela	1993	0.41482	1.77767	2.86148	4.47654
İsrail	1994	0.30924	2.19829	4.78832	14.55285	Venezuela	1994	0.41540	1.77689	2.85963	4.47308
İsrail	1995	0.31000	2.19698	4.78419	14.53809	Venezuela	1995	0.41620	1.77583	2.85709	4.46832
İsrail	1996	0.31034	2.19640	4.78233	14.53142	Venezuela	1996	0.41693	1.77486	2.85477	4.46401
İsrail	1997	0.31022	2.19661	4.78299	14.53380	Venezuela	1997	0.41813	1.77326	2.85094	4.45685
İsrail	1998	0.31024	2.19656	4.78285	14.53331	Venezuela	1998	0.41920	1.77184	2.84754	4.45050
İsrail	1999	0.31055	2.19602	4.78115	14.52723	Venezuela	1999	0.41897	1.77215	2.84827	4.45187
İsrail	2000	0.31117	2.19495	4.77777	14.51513	Venezuela	2000	0.42073	1.76980	2.84266	4.44138
İsrail	2001	0.31069	2.19578	4.78039	14.52448	Venezuela	2001	0.42241	1.76758	2.83734	4.43145
İsrail	2002	0.31040	2.19628	4.78196	14.53012	Venezuela	2002	0.42303	1.76676	2.83537	4.42777
İsrail	2003	0.31040	2.19628	4.78195	14.53008	Venezuela	2003	0.42406	1.76538	2.83208	4.42163
İsrail	2004	0.31058	2.19596	4.78097	14.52656	Venezuela	2004	0.42681	1.76174	2.82335	4.40531
İsrail	2005	0.31162	2.19418	4.77531	14.50632	Venezuela	2005	0.42934	1.75837	2.81528	4.39025
İsrail	2006	0.31257	2.19252	4.77008	14.48763	Venezuela	2006	0.43131	1.75575	2.80901	4.37854
İsrail	2007	0.31417	2.18974	4.76128	14.45612	Venezuela	2007	0.43263	1.75399	2.80480	4.37068
İsrail	2008	0.31562	2.18723	4.75334	14.42772	Venezuela	2008	0.43386	1.75237	2.80092	4.36343
İsrail	2009	0.31657	2.18558	4.74812	14.40905	Venezuela	2009	0.43463	1.75134	2.79846	4.35883
İsrail	2010	0.31774	2.18355	4.74171	14.38612	Venezuela	2010	0.43533	1.75041	2.79624	4.35468
İsrail	2011	0.31858	2.18209	4.73711	14.36967	Venezuela	2011	0.43617	1.74930	2.79357	4.34970
İsrail	2012	0.31975	2.18006	4.73069	14.34670	Venezuela	2012	0.43640	1.74898	2.79281	4.34829
İsrail	2013	0.32040	2.17893	4.72712	14.33393	Venezuela	2013	0.43722	1.74789	2.79021	4.34343
İsrail	2014	0.32127	2.17743	4.72238	14.31697	Venezuela	2014	0.43814	1.74667	2.78728	4.33795
İtalya	1982	0.32154	2.17696	4.72087	14.31157						
İtalya	1983	0.32142	2.17716	4.72153	14.31391						
İtalya	1984	0.32117	2.17761	4.72292	14.31890						
İtalya	1985	0.32132	2.17734	4.72210	14.31595						

İtalya	1986	0.32138	2.17723	4.72175	14.31471
İtalya	1987	0.32124	2.17749	4.72255	14.31758
İtalya	1988	0.32135	2.17729	4.72193	14.31537
İtalya	1989	0.32132	2.17735	4.72210	14.31597
İtalya	1990	0.32164	2.17679	4.72034	14.30965
İtalya	1991	0.32204	2.17609	4.71812	14.30171
İtalya	1992	0.32139	2.17722	4.72172	14.31459
İtalya	1993	0.32019	2.17930	4.72829	14.33811
İtalya	1994	0.31943	2.18062	4.73245	14.35298
İtalya	1995	0.31913	2.18114	4.73410	14.35891
İtalya	1996	0.31911	2.18118	4.73421	14.35929
İtalya	1997	0.31900	2.18137	4.73484	14.36153
İtalya	1998	0.31914	2.18113	4.73405	14.35873
İtalya	1999	0.31933	2.18080	4.73302	14.35503
İtalya	2000	0.31982	2.17995	4.73034	14.34543
İtalya	2001	0.32036	2.17901	4.72736	14.33478
İtalya	2002	0.32083	2.17819	4.72477	14.32552
İtalya	2003	0.32122	2.17751	4.72261	14.31779
İtalya	2004	0.32122	2.17752	4.72264	14.31791
İtalya	2005	0.32122	2.17752	4.72266	14.31795
İtalya	2006	0.32174	2.17661	4.71976	14.30760
İtalya	2007	0.32192	2.17631	4.71882	14.30422
İtalya	2008	0.32169	2.17670	4.72007	14.30869
İtalya	2009	0.32094	2.17800	4.72416	14.32333
İtalya	2010	0.32063	2.17854	4.72587	14.32944
İtalya	2011	0.32063	2.17854	4.72588	14.32950
İtalya	2012	0.32049	2.17878	4.72664	14.33221

Ítalya	2013	0.31986	2.17988	4.73011	14.34463
Ítalya	2014	0.31995	2.17971	4.72959	14.34274
Japonya	1982	0.38035	2.07494	4.39835	13.15773
Japonya	1983	0.37921	2.07692	4.40462	13.18017
Japonya	1984	0.37765	2.07962	4.41313	13.21063
Japonya	1985	0.37606	2.08238	4.42188	13.24192
Japonya	1986	0.37450	2.08509	4.43045	13.27257
Japonya	1987	0.37275	2.08813	4.44004	13.30687
Japonya	1988	0.37086	2.09141	4.45041	13.34398
Japonya	1989	0.36883	2.09492	4.46151	13.38368
Japonya	1990	0.36662	2.09875	4.47363	13.42706
Japonya	1991	0.36472	2.10205	4.48405	13.46432
Japonya	1992	0.36312	2.10484	4.49287	13.49587
Japonya	1993	0.36171	2.10727	4.50057	13.52342
Japonya	1994	0.36063	2.10915	4.50650	13.54465
Japonya	1995	0.35973	2.11072	4.51145	13.56237
Japonya	1996	0.35873	2.11244	4.51689	13.58183
Japonya	1997	0.35806	2.11360	4.52058	13.59502
Japonya	1998	0.35698	2.11548	4.52653	13.61631
Japonya	1999	0.35590	2.11735	4.53242	13.63738
Japonya	2000	0.35509	2.11876	4.53689	13.65336
Japonya	2001	0.35445	2.11987	4.54038	13.66585
Japonya	2002	0.35370	2.12117	4.54452	13.68065
Japonya	2003	0.35341	2.12168	4.54611	13.68634
Japonya	2004	0.35332	2.12183	4.54658	13.68803
Japonya	2005	0.35332	2.12183	4.54660	13.68809
Japonya	2006	0.35324	2.12197	4.54703	13.68965

Japonya	2007	0.35315	2.12212	4.54750	13.69132
Japonya	2008	0.35285	2.12264	4.54915	13.69723
Japonya	2009	0.35237	2.12348	4.55182	13.70678
Japonya	2010	0.35226	2.12367	4.55241	13.70888
Japonya	2011	0.35216	2.12384	4.55296	13.71084
Japonya	2012	0.35208	2.12398	4.55337	13.71234
Japonya	2013	0.35216	2.12384	4.55294	13.71077
Japonya	2014	0.35224	2.12370	4.55251	13.70926
Lüksemburg	1982	0.21548	2.36095	5.30254	16.39252
Lüksemburg	1983	0.21516	2.36150	5.30431	16.39883
Lüksemburg	1984	0.21540	2.36109	5.30301	16.39418
Lüksemburg	1985	0.21604	2.35997	5.29947	16.38153
Lüksemburg	1986	0.21693	2.35843	5.29459	16.36406
Lüksemburg	1987	0.21779	2.35694	5.28989	16.34727
Lüksemburg	1988	0.21857	2.35559	5.28561	16.33194
Lüksemburg	1989	0.21997	2.35315	5.27790	16.30436
Lüksemburg	1990	0.22145	2.35059	5.26980	16.27538
Lüksemburg	1991	0.22298	2.34794	5.26141	16.24538
Lüksemburg	1992	0.22408	2.34603	5.25538	16.22380
Lüksemburg	1993	0.22424	2.34575	5.25449	16.22062
Lüksemburg	1994	0.22511	2.34424	5.24972	16.20354
Lüksemburg	1995	0.22606	2.34259	5.24451	16.18490
Lüksemburg	1996	0.22685	2.34123	5.24021	16.16951
Lüksemburg	1997	0.22782	2.33954	5.23486	16.15037
Lüksemburg	1998	0.22950	2.33662	5.22564	16.11740
Lüksemburg	1999	0.23094	2.33414	5.21779	16.08930
Lüksemburg	2000	0.23279	2.33092	5.20762	16.05293

Lüksemburg	2001	0.23496	2.32715	5.19570	16.01028
Lüksemburg	2002	0.23571	2.32585	5.19159	15.99557
Lüksemburg	2003	0.23570	2.32587	5.19164	15.99576
Lüksemburg	2004	0.23613	2.32513	5.18931	15.98744
Lüksemburg	2005	0.23692	2.32375	5.18494	15.97179
Lüksemburg	2006	0.23891	2.32029	5.17402	15.93274
Lüksemburg	2007	0.24114	2.31643	5.16180	15.88900
Lüksemburg	2008	0.24361	2.31216	5.14829	15.84069
Lüksemburg	2009	0.24473	2.31021	5.14215	15.81872
Lüksemburg	2010	0.24624	2.30759	5.13386	15.78905
Lüksemburg	2011	0.24804	2.30447	5.12399	15.75375
Lüksemburg	2012	0.24978	2.30145	5.11446	15.71963
Lüksemburg	2013	0.25140	2.29864	5.10555	15.68778
Lüksemburg	2014	0.25307	2.29573	5.09637	15.65492
Yeni Zelanda	1982	0.31118	2.19493	4.77771	14.51489
Yeni Zelanda	1983	0.31027	2.19651	4.78267	14.53266
Yeni Zelanda	1984	0.30984	2.19726	4.78504	14.54115
Yeni Zelanda	1985	0.31061	2.19592	4.78082	14.52604
Yeni Zelanda	1986	0.31049	2.19612	4.78146	14.52833
Yeni Zelanda	1987	0.30928	2.19823	4.78812	14.55216
Yeni Zelanda	1988	0.30878	2.19910	4.79087	14.56198
Yeni Zelanda	1989	0.30621	2.20355	4.80493	14.61230
Yeni Zelanda	1990	0.30507	2.20553	4.81120	14.63470
Yeni Zelanda	1991	0.30470	2.20617	4.81323	14.64197
Yeni Zelanda	1992	0.30432	2.20682	4.81530	14.64938
Yeni Zelanda	1993	0.30367	2.20797	4.81890	14.66228
Yeni Zelanda	1994	0.30450	2.20652	4.81434	14.64594

Yeni Zelanda	1995	0.30565	2.20452	4.80802	14.62336
Yeni Zelanda	1996	0.30631	2.20339	4.80443	14.61050
Yeni Zelanda	1997	0.30617	2.20362	4.80515	14.61308
Yeni Zelanda	1998	0.30621	2.20355	4.80495	14.61237
Yeni Zelanda	1999	0.30681	2.20251	4.80164	14.60053
Yeni Zelanda	2000	0.30704	2.20212	4.80043	14.59619
Yeni Zelanda	2001	0.30697	2.20223	4.80079	14.59747
Yeni Zelanda	2002	0.30734	2.20160	4.79878	14.59029
Yeni Zelanda	2003	0.30759	2.20116	4.79740	14.58536
Yeni Zelanda	2004	0.30798	2.20048	4.79523	14.57759
Yeni Zelanda	2005	0.30879	2.19908	4.79081	14.56179
Yeni Zelanda	2006	0.30921	2.19835	4.78851	14.55356
Yeni Zelanda	2007	0.30886	2.19896	4.79043	14.56041
Yeni Zelanda	2008	0.30872	2.19919	4.79116	14.56304
Yeni Zelanda	2009	0.30836	2.19982	4.79314	14.57011
Yeni Zelanda	2010	0.30771	2.20095	4.79672	14.58292
Yeni Zelanda	2011	0.30801	2.20043	4.79509	14.57708
Yeni Zelanda	2012	0.30792	2.20058	4.79556	14.57878
Yeni Zelanda	2013	0.30813	2.20022	4.79441	14.57466
Yeni Zelanda	2014	0.30906	2.19860	4.78930	14.55637
Norveç	1982	0.29299	2.22649	4.87746	14.87177
Norveç	1983	0.29217	2.22790	4.88193	14.88777
Norveç	1984	0.29192	2.22835	4.88335	14.89285
Norveç	1985	0.29278	2.22685	4.87862	14.87592
Norveç	1986	0.29379	2.22509	4.87305	14.85601
Norveç	1987	0.29423	2.22434	4.87068	14.84752
Norveç	1988	0.29354	2.22553	4.87443	14.86093

Norveç	1989	0.29204	2.22813	4.88265	14.89032	
Norveç	1990	0.29172	2.22868	4.88441	14.89662	
Norveç	1991	0.29116	2.22966	4.88750	14.90770	
Norveç	1992	0.29096	2.23002	4.88862	14.91169	
Norveç	1993	0.29105	2.22985	4.88808	14.90978	
Norveç	1994	0.29137	2.22930	4.88634	14.90354	
Norveç	1995	0.29197	2.22826	4.88306	14.89182	
Norveç	1996	0.29244	2.22745	4.88050	14.88264	
Norveç	1997	0.29310	2.22630	4.87685	14.86960	
Norveç	1998	0.29343	2.22572	4.87502	14.86304	
Norveç	1999	0.29317	2.22617	4.87647	14.86822	
Norveç	2000	0.29291	2.22662	4.87788	14.87326	
Norveç	2001	0.29278	2.22685	4.87861	14.87587	
Norveç	2002	0.29269	2.22702	4.87913	14.87774	
Norveç	2003	0.29190	2.22838	4.88343	14.89312	
Norveç	2004	0.29186	2.22844	4.88365	14.89390	
Norveç	2005	0.29198	2.22824	4.88300	14.89159	
Norveç	2006	0.29293	2.22659	4.87780	14.87298	
Norveç	2007	0.29402	2.22470	4.87181	14.85155	
Norveç	2008	0.29474	2.22345	4.86784	14.83737	
Norveç	2009	0.29410	2.22456	4.87137	14.84999	
Norveç	2010	0.29361	2.22542	4.87407	14.85965	
Norveç	2011	0.29374	2.22519	4.87335	14.85708	
Norveç	2012	0.29403	2.22469	4.87177	14.85141	
Norveç	2013	0.29392	2.22488	4.87237	14.85355	
Norveç	2014	0.29383	2.22502	4.87283	14.85522	
Polonya	1982	0.36570	2.10035	4.47868	13.44510	

Polonya	1983	0.36542	2.10083	4.48021	13.45058
Polonya	1984	0.36516	2.10129	4.48167	13.45580
Polonya	1985	0.36501	2.10155	4.48247	13.45866
Polonya	1986	0.36468	2.10212	4.48429	13.46518
Polonya	1987	0.36409	2.10315	4.48753	13.47678
Polonya	1988	0.36338	2.10437	4.49140	13.49062
Polonya	1989	0.36297	2.10509	4.49368	13.49878
Polonya	1990	0.36117	2.10821	4.50353	13.53403
Polonya	1991	0.35888	2.11218	4.51609	13.57895
Polonya	1992	0.35849	2.11286	4.51823	13.58661
Polonya	1993	0.35774	2.11416	4.52236	13.60138
Polonya	1994	0.35701	2.11543	4.52637	13.61573
Polonya	1995	0.35701	2.11543	4.52636	13.61571
Polonya	1996	0.35697	2.11549	4.52655	13.61636
Polonya	1997	0.35694	2.11555	4.52674	13.61706
Polonya	1998	0.35634	2.11660	4.53005	13.62891
Polonya	1999	0.35497	2.11897	4.53754	13.65570
Polonya	2000	0.35318	2.12208	4.54737	13.69085
Polonya	2001	0.35176	2.12453	4.55513	13.71864
Polonya	2002	0.35024	2.12718	4.56350	13.74856
Polonya	2003	0.34944	2.12855	4.56785	13.76414
Polonya	2004	0.34945	2.12854	4.56781	13.76398
Polonya	2005	0.34974	2.12804	4.56623	13.75834
Polonya	2006	0.35025	2.12716	4.56343	13.74833
Polonya	2007	0.35099	2.12588	4.55939	13.73385
Polonya	2008	0.35146	2.12505	4.55678	13.72452
Polonya	2009	0.35088	2.12606	4.55995	13.73587

Polonya	2010	0.34928	2.12884	4.56874	13.76733
Polonya	2011	0.34877	2.12971	4.57152	13.77725
Polonya	2012	0.34826	2.13061	4.57434	13.78735
Polonya	2013	0.34776	2.13147	4.57707	13.79712
Polonya	2014	0.34778	2.13143	4.57696	13.79670
Romanya	1982	0.35596	2.11725	4.53211	13.63625
Romanya	1983	0.35503	2.11887	4.53722	13.65456
Romanya	1984	0.35416	2.12038	4.54200	13.67164
Romanya	1985	0.35347	2.12157	4.54575	13.68508
Romanya	1986	0.35283	2.12269	4.54930	13.69775
Romanya	1987	0.35219	2.12379	4.55279	13.71026
Romanya	1988	0.35206	2.12401	4.55348	13.71272
Romanya	1989	0.35349	2.12153	4.54565	13.68469
Romanya	1990	0.35286	2.12263	4.54913	13.69717
Romanya	1991	0.35329	2.12188	4.54676	13.68866
Romanya	1992	0.35258	2.12311	4.55063	13.70250
Romanya	1993	0.35147	2.12504	4.55676	13.72444
Romanya	1994	0.35132	2.12531	4.55758	13.72739
Romanya	1995	0.34929	2.12881	4.56867	13.76705
Romanya	1996	0.34780	2.13140	4.57685	13.79631
Romanya	1997	0.34787	2.13129	4.57650	13.79506
Romanya	1998	0.34651	2.13365	4.58395	13.82173
Romanya	1999	0.34585	2.13479	4.58757	13.83468
Romanya	2000	0.34529	2.13576	4.59062	13.84559
Romanya	2001	0.34448	2.13716	4.59506	13.86147
Romanya	2002	0.33992	2.14508	4.62009	13.95101
Romanya	2003	0.33934	2.14608	4.62327	13.96240

Romanya	2004	0.33810	2.14823	4.63007	13.98671
Romanya	2005	0.33674	2.15059	4.63753	14.01340
Romanya	2006	0.33596	2.15194	4.64180	14.02867
Romanya	2007	0.33415	2.15508	4.65172	14.06416
Romanya	2008	0.33199	2.15883	4.66357	14.10658
Romanya	2009	0.33043	2.16154	4.67213	14.13721
Romanya	2010	0.32968	2.16283	4.67622	14.15182
Romanya	2011	0.32872	2.16451	4.68153	14.17081
Romanya	2012	0.32622	2.16884	4.69520	14.21974
Romanya	2013	0.32559	2.16994	4.69868	14.23218
Romanya	2014	0.32568	2.16977	4.69816	14.23032
İspanya	1982	0.31718	2.18452	4.74478	14.39710
İspanya	1983	0.31677	2.18524	4.74704	14.40520
İspanya	1984	0.31570	2.18709	4.75291	14.42618
İspanya	1985	0.31502	2.18828	4.75666	14.43961
İspanya	1986	0.31551	2.18743	4.75397	14.42998
İspanya	1987	0.31677	2.18523	4.74702	14.40512
İspanya	1988	0.31738	2.18418	4.74370	14.39323
İspanya	1989	0.31792	2.18325	4.74076	14.38272
İspanya	1990	0.31854	2.18216	4.73732	14.37041
İspanya	1991	0.31828	2.18261	4.73874	14.37550
İspanya	1992	0.31721	2.18448	4.74465	14.39664
İspanya	1993	0.31578	2.18695	4.75247	14.42462
İspanya	1994	0.31532	2.18775	4.75499	14.43362
İspanya	1995	0.31573	2.18705	4.75277	14.42569
İspanya	1996	0.31588	2.18677	4.75191	14.42261
İspanya	1997	0.31680	2.18518	4.74688	14.40461

İspanya	1998	0.31782	2.18340	4.74126	14.38449
İspanya	1999	0.31884	2.18165	4.73571	14.36466
İspanya	2000	0.31995	2.17973	4.72962	14.34288
İspanya	2001	0.32044	2.17886	4.72690	14.33315
İspanya	2002	0.32063	2.17854	4.72588	14.32949
İspanya	2003	0.32103	2.17784	4.72365	14.32152
İspanya	2004	0.32162	2.17681	4.72042	14.30996
İspanya	2005	0.32233	2.17559	4.71656	14.29614
İspanya	2006	0.32292	2.17456	4.71330	14.28448
İspanya	2007	0.32315	2.17416	4.71203	14.27995
İspanya	2008	0.32242	2.17544	4.71608	14.29442
İspanya	2009	0.31966	2.18023	4.73121	14.34856
İspanya	2010	0.31878	2.18174	4.73600	14.36567
İspanya	2011	0.31755	2.18388	4.74276	14.38987
İspanya	2012	0.31578	2.18696	4.75249	14.42470
İspanya	2013	0.31435	2.18944	4.76033	14.45272
İspanya	2014	0.31436	2.18941	4.76025	14.45246
İsviçre	1982	0.31038	2.19633	4.78211	14.53066
İsviçre	1983	0.30996	2.19705	4.78441	14.53886
İsviçre	1984	0.30988	2.19719	4.78484	14.54042
İsviçre	1985	0.31017	2.19669	4.78326	14.53477
İsviçre	1986	0.31058	2.19597	4.78097	14.52657
İsviçre	1987	0.31103	2.19520	4.77853	14.51786
İsviçre	1988	0.31126	2.19479	4.77726	14.51328
İsviçre	1989	0.31150	2.19438	4.77596	14.50865
İsviçre	1990	0.31199	2.19352	4.77323	14.49889
İsviçre	1991	0.31218	2.19321	4.77224	14.49534

İsviçre	1992	0.31137	2.19460	4.77666	14.51117
İsviçre	1993	0.31061	2.19591	4.78080	14.52596
İsviçre	1994	0.30997	2.19703	4.78432	14.53855
İsviçre	1995	0.30953	2.19779	4.78674	14.54722
İsviçre	1996	0.30912	2.19851	4.78902	14.55537
İsviçre	1997	0.30869	2.19926	4.79137	14.56378
İsviçre	1998	0.30866	2.19930	4.79150	14.56425
İsviçre	1999	0.30841	2.19974	4.79290	14.56924
İsviçre	2000	0.30830	2.19992	4.79347	14.57130
İsviçre	2001	0.30856	2.19947	4.79206	14.56625
İsviçre	2002	0.30854	2.19951	4.79218	14.56668
İsviçre	2003	0.30816	2.20017	4.79425	14.57408
İsviçre	2004	0.30817	2.20016	4.79422	14.57399
İsviçre	2005	0.30818	2.20013	4.79413	14.57365
İsviçre	2006	0.30872	2.19921	4.79121	14.56320
İsviçre	2007	0.30948	2.19788	4.78702	14.54820
İsviçre	2008	0.30997	2.19704	4.78436	14.53870
İsviçre	2009	0.30967	2.19756	4.78600	14.54458
İsviçre	2010	0.30966	2.19757	4.78602	14.54465
İsviçre	2011	0.31021	2.19662	4.78303	14.53393
İsviçre	2012	0.31057	2.19599	4.78104	14.52683
İsviçre	2013	0.31108	2.19511	4.77825	14.51684
İsviçre	2014	0.31166	2.19410	4.77507	14.50547
ABD	1982	0.36035	2.10964	4.50804	13.55017
ABD	1983	0.36038	2.10958	4.50785	13.54948
ABD	1984	0.36114	2.10827	4.50372	13.53468
ABD	1985	0.36121	2.10814	4.50332	13.53328

ABD	1986	0.36137	2.10786	4.50243	13.53010	
ABD	1987	0.36167	2.10734	4.50078	13.52418	
ABD	1988	0.36187	2.10699	4.49969	13.52029	
ABD	1989	0.36202	2.10674	4.49890	13.51744	
ABD	1990	0.36189	2.10696	4.49957	13.51987	
ABD	1991	0.36126	2.10806	4.50305	13.53231	
ABD	1992	0.36105	2.10841	4.50418	13.53634	
ABD	1993	0.36111	2.10832	4.50389	13.53532	
ABD	1994	0.36143	2.10776	4.50210	13.52890	
ABD	1995	0.36152	2.10760	4.50161	13.52714	
ABD	1996	0.36153	2.10760	4.50159	13.52708	
ABD	1997	0.36175	2.10721	4.50037	13.52270	
ABD	1998	0.36169	2.10731	4.50069	13.52387	
ABD	1999	0.36161	2.10745	4.50113	13.52542	
ABD	2000	0.36145	2.10772	4.50200	13.52854	
ABD	2001	0.36095	2.10859	4.50474	13.53836	
ABD	2002	0.36042	2.10951	4.50765	13.54876	
ABD	2003	0.36022	2.10986	4.50876	13.55272	
ABD	2004	0.36003	2.11019	4.50979	13.55641	
ABD	2005	0.36002	2.11021	4.50984	13.55660	
ABD	2006	0.36013	2.11001	4.50923	13.55441	
ABD	2007	0.36009	2.11009	4.50947	13.55528	
ABD	2008	0.35967	2.11081	4.51177	13.56349	
ABD	2009	0.35841	2.11300	4.51869	13.58826	
ABD	2010	0.35816	2.11343	4.52003	13.59305	
ABD	2011	0.35818	2.11341	4.51996	13.59281	
ABD	2012	0.35853	2.11279	4.51802	13.58586	

ABD	2013	0.35860	2.11267	4.51764	13.58451				
ABD	2014	0.35891	2.11213	4.51594	13.57842				
Ortalama		0.31661	2.18551	4.74790	14.40827	0.45099	1.72960	2.74643	4.26166

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SONGUR, Mehmet
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 09/10/1987 – Mersin
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 05056613532

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yükseklisans	: Mersin Üniversitesi	2012
Lisans	: İnönü Üniversitesi	2009
Lise	: Tarsus İclal Ekenler Lisesi	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-2012	Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü	Araştırma Görevlisi
2012-2014	Munzur Üniversitesi İİBF İktisat Teorisi Ana Bilim Dalı	Araştırma Görevlisi
2014-2017	Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü	Araştırma Görevlisi
2017-Halen	Munzur Üniversitesi İİBF İktisat Teorisi Ana Bilim Dalı	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil : İngilizce (73.75)

Yayınlar

A. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. SONGUR MEHMET (2017). Türkiye’de Beşeri Sermaye ve Fiziksel Sermaye Arasındaki İkame Olanakları: Translog Üretim Fonksiyonu Yaklaşımı. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 7(2), 201-224.
2. SARAÇOĞLU SITKICAN, SONGUR MEHMET (2017). Sağlık Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Avrasya Ülkeleri Örneği, *Kafkas Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8(16),353-372.
3. SONGUR MEHMET, ELMAS SARAÇ FİLİZ (2017). Cobb-Douglas, CES, VES ve Translog Üretim Fonksiyonlarının Tahminleri Üzerine Genel Bir Değerlendirme, *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 2(3), 235-278.
4. SONGUR MEHMET, DİNÇER GÖNÜL, MURATOĞLU YUSUF (2016). Natural Gas Production and Economic Growth in Eurasian Countries Evidence from a Panel ARDL Model. *Bulletin of Enegy Economics*, 4(2), 155-162.
5. ELMAS SARAÇ FİLİZ, SONGUR MEHMET (2016). Ricardocu Mali Rejim ve Fiyat Düzeyinin Mali Teorisi Avrupa Para Sistemi Örneği. *Ekonomik Yaklaşım*, 27(99), 203-236.
6. GÖGÜL PELİN, SONGUR MEHMET (2016). Türkiye de Enflasyon Hedeflemesi Stratejisinde Araç Kural Taylor Kuralı mı? 2006-2015. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 21-41.
7. AKTAŞ ERKAN, ALTIOK METİN, SONGUR MEHMET (2015). Farklı Ülkelerdeki Tarımsal Destekleme Politikalarının Tarımsal Üretim Üzerine Etkisinin Karşılaştırmalı Analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(4), 55-74.
8. SONGUR MEHMET, YAMAN DEMET (2013). Gelişmekte Olan Ülkelerde Cari İşlemler Dengesi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki Panel Veri Analizi. *Maliye Dergisi*, (164), 220-232.
9. DEĞİRMEN SÜLEYMAN, JULIAN PABST, SONGUR MEHMET (2012). Are the Models of Herding Behaviour Different in Developed and Developing Financial Markets. *Middle Eastern Finance and Economics*, (16), 138-150.

10. YÜKSEL CİHAN, SONGUR MEHMET (2011). Kamu Harcamalarının Bileşenleri ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki Ampirik Bir Analiz 1980 2010. *Maliye Dergisi*, (161), 365-380.

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler:

1. ŞANLI DEVRAN, SONGUR MEHMET, MURATOĞLU YUSUF (2017). Ekonomik Büyüme, Borç ve Enflasyon İlişkisi: AB 15 Üzerine Bir İnceleme, *International Conference on “Scientific Cooperation for the Future in Economics and Administrative Sciences”*, Selanik-Yunanistan (Tam Metin / Sözlü Sunum)
2. SONGUR MEHMET, YÜKSEL CİHAN (2017). Türkiye’de Vergi Yapısı ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki. 32. *Uluslararası Maliye Sempozyumu*, Antalya-Türkiye (Özet Bildiri / Sözlü Sunum).
3. SONGUR MEHMET (2016). Türkiye de Beşeri Sermaye ve Fiziksel Sermaye Arasındaki İkame Olanakları Bir Translog Üretim Fonksiyonu Yaklaşımı. 5. *Uluslararası Ekonomi Konferansı 2016*, Bodrum-Türkiye (Özet Bildiri/Sözlü Sunum).
4. AKTAŞ ERKAN, DEĞİRMEN SÜLEYMAN, SOFRACI İHSAN ERDEM, SONGUR MEHMET (2016). Do Diesel Price Fluctuations Induce Economic Convergence Over Agriculture Sector Among OECD Countries. *17th International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics*, Sivas-Turkey (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).
5. SONGUR MEHMET (2016). Estimation of Elasticity of Substitution between Capital and Labor in Turkey. *EconWorld 2016*, Barcelona-Spain (Özet Bildiri/Sözlü Sunum).
6. SONGUR MEHMET (2015). Ricardocu Maliye Politikası ve Fiyat Düzeyinin Mali Teorisi Türkiye Örneği: 1975-2014. *EY International Congress on Economics II*, Ankara-Turkey (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).
7. SONGUR MEHMET (2015). Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Sabit İkame Esneklikli Üretim Fonksiyonu’nun Tahmini. *EY International Congress on Economics II*, Ankara-Turkey (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)
8. ELMAS SARAÇ FİLİZ, SONGUR MEHMET (2014). Ricardocu Mali Rejim ve Fiyat Düzeyinin Mali Teorisi Türkiye ve Avrupa Para Sistemi Örneği. 4.

Uluslararası Ekonomi Konferansı 2014, Antalya-Türkiye (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).

9. SONGUR MEHMET, YAMAN DEMET (2013). Avrasya Ülkeleri'nde Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Üzerine Doğrudan Yabancı Yatırımlar ve Dış Ticaret'in Etkisi: Panel Eş bütünleşme Analizi. *International Conference on Euroasian Economies 2013*. St. Petersburg-Rusya (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)
10. AKTAŞ ERKAN, ALTIOK METİN, SONGUR MEHMET (2013). Farklı Ülkelerdeki Tarım Destekleme Politikalarının Tarımsal Üretim Üzerine Etkisinin Karşılaştırmalı Analizi. *EconAnadolu 2013*, Eskişehir-Türkiye (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).
11. SONGUR MEHMET (2013). Türkiye'de Döviz Kuru Oynaklığının İthalat ve İhracat Üzerindeki Etkileri: 1994-2012. *EconAnadolu 2013*, Eskişehir-Türkiye (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).
12. SONGUR MEHMET, YAMAN DEMET (2012). Gelişmekte Olan Ülkelerde Cari İşlemler Dengesi ve Ekonomik Büyüme: Panel Eşbütünleşme ve Panel Nedensellik Analizi. *13th International Conference on Econometrics, Operations Research, and Statistics*, Gazi Magusa- KKTC (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).
13. TUNCER İSMAİL, SONGUR MEHMET, YAMAN DEMET (2011). Thirlwall Yasası Türkiye Ekonomisi Üzerine Bir Uygulama: 1982-2010. *EconAnadolu 2011* (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).

C. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. ŞENGÖNÜL AHMET, SONGUR MEHMET (2010). Türkiye de Mali Kural Olsaydı ya da Olacaksa. *SETA Analiz*, 29, 1-29.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..

