

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**  
**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**EKONOMETRİ ANA BİLİM DALI**

**TRANSCENDENTAL LOGARİTMİK (TRANSLOG) MODELİN ETKİN**  
**TAHMİNİ: TAHMİN EDİCİLERİN MONTE CARLO İLE**  
**KARŞILAŞTIRILMASI**

**SİBEL ÖRK ÖZEL**

**DOKTORA TEZİ**

**ADANA / 2019**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**  
**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**EKONOMETRİ ANA BİLİM DALI**

**TRANSCENDENTAL LOGARİTMİK (TRANSLOG) MODELİN ETKİN**  
**TAHMİNİ: TAHMİN EDİCİLERİN MONTE CARLO İLE**  
**KARŞILAŞTIRILMASI**

**SİBEL ÖRK ÖZEL**

**Danışman: Prof. Dr. H. Altan ÇABUK**

**Jüri Üyesi: Prof. Dr. Fikri AKDENİZ**

**Jüri Üyesi: Doç. Dr. Hüseyin GÜLER**

**Jüri Üyesi: Doç. Dr. Atilla GÖKÇE**

**Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Erhan ÇANKAL**

**DOKTORA TEZİ**

**ADANA / 2019**

**Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne;**

Bu çalışma, jürimiz tarafından Ekonometri Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Başkan:** Prof. Dr. H. Altan ÇABUK

(Danışman)

**Üye:** Prof. Dr. Fikri AKDENİZ

**Üye:** Doç. Dr. Hüseyin GÜLER

**Üye:** Doç. Dr. Atilla GÖKÇE

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Erhan ÇANKAL

**ONAY**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onaylıyorum.

.../.../2019

Prof. Dr. Serap ÇABUK

Enstitü Müdürü

**NOT:** Bu tezde kullanılan ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

## ETİK BEYANI

Çukurova 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 ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.... /.../ 2019

SİBEL ÖRK ÖZEL



## ÖZET

### TRANSCENDENTAL LOGARİTMİK (TRANSLOG) MODELİN ETKİN TAHMİNİ: TAHMİN EDİCİLERİN MONTE CARLO İLE KARŞILAŞTIRILMASI

SİBEL ÖRK ÖZEL

**Doktora Tezi, Ekonometri Ana Bilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. H. Altan ÇABUK**

**Ocak 2019, 61 sayfa**

Transcendental logaritmik (Translog) modelde, modele eklenen her değişkenin karesi ve diğer değişkenler ile çapraz çarpımları da modelde yer aldığından çoklu iç ilişki problemi ile karşılaşmaktadır. Çoklu iç ilişki problemi olduğunda klasik tahmin teknikleri kullanılamayacağından yanlış tahmin edicilere başvurulur. Bu çalışmada ele alınan Translog modelin tahmininde kullanılan ridge, kısıtlı ridge, geliştirilmiş maksimum entropi, kısıtlı geliştirilmiş maksimum entropi, en küçük kareler ve kısıtlı en küçük kareler tahmin edicileri hata kareleri ortalamalarına göre karşılaştırılmışlardır. Uygulamada hata kareleri ortalamalarının elde edilmesinde Monte Carlo simülasyonundan faydalanılmıştır. Sonuçta, en etkin tahmin edicinin kısıtlı geliştirilmiş maksimum entropi olduğuna karar verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Translog model, çoklu iç ilişki, yanlış tahmin ediciler, Geliştirilmiş maksimum entropi, Monte Carlo

**ABSTRACT****EFFICIENT ESTIMATE OF TRANSCENDENTAL LOGARITHMIC  
(TRANSLOG) MODEL: COMPARING THE ESTIMATOR USING MONTE  
CARLO****SİBEL ÖRK ÖZEL****Ph.D. Thesis, Department of Econometrics****Supervisor: Prof. Dr. H. Altan ÇABUK****January 2019, 61 pages**

Transcendental logarithmic (Translog) model suffers from the multicollinearity problem since the squares are added to the model and cross products of variables. Since classical estimators can not be used under multicollinearity, biased estimators can be used to overcome the problem. In this study, ridge, restricted ridge, generalized maximum entropy, restricted generalized maximum entropy, ordinary least squares, restricted ordinary least squares estimators are compared according to the mean squared error criteria. In the application section, Monte Carlo simulation is used to obtain mean squared error values. In conclusion, restricted generalized maximum entropy is decided as the most efficient estimator.

**Keywords:** Translog model, multicollinearity, biased estimators, Generalized maximum entropy, Monte Carlo

## ÖN SÖZ

Üzerinde çok emek harcanarak hazırlanmış olan tezimin konusuyla ilgili gerekli özeni gösteren ve danışmanım olmasından her zaman büyük bir onur duyduğum sayın hocam Prof. Dr. H. Altan ÇABUK'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca yüksek lisansa başladığım andan itibaren ne zaman yardıma ihtiyacım olsa benden yardımlarını esirgemeyen ve tez jürimde olmasından büyük bir onur ve mutluluk duyduğum sayın hocam Doç. Dr. Hüseyin GÜLER'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Lisans hayatıma başladığım anda tanıdığım ve istatistik bilimi ile ilgili kendisinden çok şey öğrendiğim, daima büyük bir saygı duyduğum ve duyacağım sayın hocam Prof. Dr. Fikri AKDENİZ'e tez jürimde yer aldığı ve bana destek verdiği için teşekkürlerimi sunarım.

Tez jürimde yer alan ve konuma duydukları ilgilerinden dolayı mutlu olduğum sayın hocalarım Doç. Dr. Atilla GÖKÇE'ye ve Dr. Öğr. Üyesi Erhan ÇANKAL'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında ve tüm ömrüm boyunca daima bana en büyük desteği veren ailemin hakkı yadsınamaz. Bunun için haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim ve ailem olmalarından daima gurur duyduğum annem Emine ÖRK'e, babam Bülent ÖRK'e ve kardeşim Orhan ÖRK'e teşekkür ederim.

Son olarak tez çalışmam sırasında bana sevgisiyle destek olan, her zaman mesleğimle ve çalışmalarım ile ilgili bana fedakarlık gösteren değerli eşim Ahmet ÖZEL ile sevgili oğullarımız Kerem ÖZEL'e ve Çınar ÖZEL'e kalpten ve en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından TÜBİTAK BİDEB 2211-A Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı (2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı) kapsamında desteklenmiştir.



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>ÖN SÖZ</b> .....	<b>vi</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>xii</b>

### BÖLÜM I

#### GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Konusu.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı .....	3
1.3. Çalışmanın Planı.....	3

### BÖLÜM II

#### KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

2.1. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalardan Bazıları .....	5
---	---

### BÖLÜM III

#### ÜRETİM VE MALİYET FONKSİYONLARI

3.1. Kısa Dönem ve Uzun Dönem Ayrımı.....	12
3.2. Üretim Fonksiyonu .....	13
3.3. Maliyet Fonksiyonu .....	16
3.4. Üretim Fonksiyonundan Maliyet Fonksiyonuna Geçiş .....	16

## BÖLÜM IV

### TRANSCENDENTAL LOGARİTMİK (TRANSLOG) MODEL

4.1. Translog Model .....	18
4.2. Translog Üretim Fonksiyonu .....	19
4.3. Translog Maliyet Fonksiyonu .....	21

## BÖLÜM V

### TAHMİN EDİCİLER

5.1. Tahmin Edicilerin Tanımlanması .....	25
5.2. Çalışmada Kullanılan Yanlı Tahmin Ediciler.....	25
5.2.1. Genelleştirilmiş Maksimum Entropi (GME) Tahmin Edicisi .....	25
5.2.2. Kısıtlı Genelleştirilmiş Maksimum Entropi (KGME) Tahmin Edicisi.....	27
5.2.3. Ridge Tahmin Edicisi.....	28
5.2.4. Kısıtlı Ridge Tahmin Edicisi.....	29

## BÖLÜM VI

### UYGULAMA

6.1. Monte Carlo Yöntemi.....	30
6.2. Veri Üretim Süreci ve Karşılaştırma Kriterleri.....	32

## BÖLÜM VII

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar ve Öneriler .....	53
---------------------------------	----

<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>56</b>
----------------------	-----------

<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>.61</b>
-----------------------	------------

**KISALTMALAR**

**CES:** Sabit İkame Esneklikli (Constant Elasticity of Substitution)

**EKK:** En Küçük Kareler

**GME:** Genelleştirilmiş maksimum entropi

**HKO:** Hata Kareler Ortalaması

**HNTC:** Hicks Nötr Teknolojik Değişme (Hicks Neutral Technological Change)

**KEKK:** Kısıtlı En Küçük Kareler

**KGME:** Kısıtlı Genelleştirilmiş Maksimum Entropi

**KRIDGE:** Kısıtlı Ridge

**KS:** Koşul Sayısı

**ME:** Maksimum Entropi

**SUR:** Görünüşte İlişkisiz Regresyon (Seemingly Unrelated Regression)

**TRANSLOG:** Transcendental Logaritmik

**VES:** Değişken İkame Esneklikli (Variable Elasticity of Substitution)

## TABLOLAR LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 1.</b> Model 1’de Yer Alan Değişkenler ve Parametre Değerleri.....	33-34
<b>Tablo 2.</b> Model 2’de Yer Alan Değişkenler ve Parametre Değerleri.....	35
<b>Tablo 3.</b> Model 1’de GME ve KGME için Destek Matrisleri ( $n = 50$ , $\sigma=10$ ve $\sigma =1$ )..	36
<b>Tablo 4.</b> Model 1’de GME ve KGME için Destek Matrisleri ( $n = 50$ , $\sigma=0,5$ ).....	36
<b>Tablo 5.</b> Model 1’de GME ve KGME için Destek Matrisleri ( $n = 100$ , $\sigma=10$ ).....	37
<b>Tablo 6.</b> Model 1’de GME ve KGME için Destek Matrisleri ( $n = 100$ , $\sigma=1$ ).....	37
<b>Tablo 7.</b> Model 1’de GME ve KGME için Destek Matrisleri ( $n = 100$ , $\sigma=0,5$ ).....	37
<b>Tablo 8.</b> Model 2’de GME ve KGME için Destek Matrisleri ( $\sigma=10$ ).....	38
<b>Tablo 9.</b> Model 2’de GME ve KGME için Destek Matrisleri ( $\sigma=1$ ve $\sigma=0,5$ ).....	38
<b>Tablo 10.</b> Model 1 için HKO Tahminleri ( $n = 50$ , $\sigma = 0,5$ ).....	40
<b>Tablo 11.</b> Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $n = 50$ , $\sigma = 0,5$ ).....	40
<b>Tablo 12.</b> Model 1 için HKO Tahminleri ( $n = 50$ , $\sigma = 1$ ).....	42
<b>Tablo 13.</b> Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $n = 50$ , $\sigma = 1$ ).....	42
<b>Tablo 14.</b> Model 1 için HKO Tahminleri ( $n= 50$ , $\sigma = 10$ ).....	43
<b>Tablo 15.</b> Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $n = 50$ , $\sigma = 10$ ).....	43
<b>Tablo 16.</b> Model 1 için HKO Tahminleri ( $n= 100$ , $\sigma = 0,5$ ).....	44
<b>Tablo 17.</b> Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $n = 100$ , $\sigma = 0,5$ ).....	45
<b>Tablo 18.</b> Model 1 için HKO Tahminleri ( $n= 100$ , $\sigma = 1$ ).....	46
<b>Tablo 19.</b> Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $n = 100$ , $\sigma = 1$ ).....	47
<b>Tablo 20.</b> Model 1 için HKO Tahminleri ( $n= 100$ , $\sigma = 10$ ).....	47
<b>Tablo 21.</b> Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $n = 100$ , $\sigma = 10$ ).....	48
<b>Tablo 22.</b> Model 2 için HKO Tahminleri ( $\sigma = 0,5$ ).....	49

<b>Tablo 23.</b> Model 2 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $\sigma = 0,5$ ).....	49
<b>Tablo 24.</b> Model 2 için HKO Tahminleri ( $\sigma = 1$ ).....	50
<b>Tablo 25.</b> Model 2 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $\sigma = 1$ ).....	51
<b>Tablo 26.</b> Model 2 için HKO Tahminleri ( $\sigma = 10$ ).....	51
<b>Tablo 27.</b> Model 2 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $\sigma = 10$ ).....	52



**ŞEKİLLER LİSTESİ**

	<b>Sayfa</b>
<b>Şekil 1.</b> Monte Carlo deneyi akış şeması .....	39

## BÖLÜM I

### GİRİŞ

#### 1.1. Çalışmanın Konusu

Üretken girdiler arasındaki farklı ikame oranlarının teorik önemi 1930'lu yılların başlarında tanımlanmasına rağmen, Cobb-Douglas ve Leontief tipi üretim fonksiyonlarının kullanılmasıyla birlikte 1960'lı yılların başlarında ilk ciddi çalışmalar gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Bu zamana kadar üretim ekonomisindeki deneysel çalışmaların çoğu, işgücü ve sermaye girdilerine sahip üretim fonksiyonlarını marjinal verimlilik teorisini desteklemek amacıyla kullanmak gibi temel düzeyde kalmıştır (Boisvert, 1982, s.1).

Ancak deneysel kanıtların aksine, iktisatçılar işgücü ve sermaye girdileri arasındaki sıfır veya birim ikame esneklikleri ile ilgili varsayımları içeren teorik problemler ile ilgilenmeye başlamışlardır. Bunlara alternatiflerin gelişmesindeki başlangıç noktası da ücret oranları vasıtası ile çeşitli ülkelerdeki endüstrilerde işgücünde birim başına değer eklemeyi içeren deneysel gözlemdir (Arrow, Chenery, Minhas ve Solow, 1961, s. 225).

Üretken girdiler arasındaki ikame edilebilirliği tahmin etmedeki çabalar iki neden üzerine yoğunlaşır. Birincisi; yanlış teknik değişim süreçlerini anlama isteği ile çok sayıda üretim faktörü içerebilen ve değişken ikame esnekliklerinin nitelendirilebildiği analitik modeller ile gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin başlamış olan yeniliklerini anlama isteğidir. Bu durum Binswanger'in (1974) belirttiği gibi işgücü ve sermaye değişkenlerinin alt gruplarına inmeyi teşvik eder. İkinci neden ise tekrar üretilebilir sermaye, işgücü ve doğal kaynaklar arasında 1970 yılından itibaren görülen görece fiyatlardaki hızlı değişimdir (Boisvert, 1982, s. 2).

Bu tür bulgulara ulaşmada araştırmacıların önlerine çeşitli zorluklar çıkar. Bu zorluklardan en önemlileri yeterli miktarda veri, istenilen bulgulara ulaşmada kullanılan model ve bu modellerin tahmin edilmesinde kullanılacak en etkin tahmin yöntemi arayışıdır. İstenilen bulgulara ulaşmada kullanılan model için esneklik faktörü aranan bir faktör olmuştur. Bu zorluklar daha farklı üretim fonksiyonlarının gelişimini gerekli hale getirmiştir. Bunlar Transcendental logaritmik (Translog) üretim fonksiyonu ve Leontief üretim fonksiyonudur. Bu fonksiyonlar ikame esneklikleri ile ilgili herhangi bir

kısıtlamaya gereksinim duyulmadığı için esnek fonksiyonlar olarak adlandırılmaktadırlar.

Üretim parametreleri tahmininde üretim fonksiyonları kullanmaktansa maliyet fonksiyonlarını kullanmak daha avantajlıdır. Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir (Binswanger, 1973, s.1-2):

1. Üretim fonksiyonlarının homojenlik derecesi bir olmak zorunda değildir. Ancak üretim fonksiyonlarının homojen olup olmamasına bakmaksızın maliyet fonksiyonları faktör fiyatlarına göre homojendir. Çünkü tüm fiyatlar iki kat arttırıldığında maliyet de iki kat artar. Ama faktör oranları bu durumdan etkilenmez.

2. Genellikle, üretim fonksiyonu tahmin denklemlerinde firma düzeyinde ya da endüstri düzeyinde faktör miktarları uygun dışsal değişken olamazlar. Açıklayıcı değişken olarak fiyatlar daha uygundur. Çünkü girişimci dışsal değişken olan fiyatlara göre miktarları belirlerler. Bu durum faktör miktarlarını içsel değişken yapar.

3. İkame esnekliklerinin veya faktör taleplerinin tahmininde çok faktörlü durumlarda tahmin hatalarına oldukça sık rastlanılır.

4. Translog maliyet fonksiyonunda gözlem birimleri (firmalar veya yatay kesit verileri) arasında etkinlik farklarından kaynaklı problemler ölçek ekonomilerine göre uygun bir şekilde giderilebilir. Bu yüzden bu problemler üretim parametrelerinin yanlış tahminlerine neden olmayacaktır. Tartışıldığı gibi, bu farklılıklar verilerin çok olmasından kaynaklanır. Ancak çoğu tahmin yönteminde bu problemle başa çıkılamaz.

5. Translog maliyet fonksiyonu ve Translog üretim fonksiyonunda tüm tahmin denklemleri logaritmik olarak doğrusaldır.

6. Üretim fonksiyonu tahminlerinde girdiler arasındaki yüksek derecede çoklu iç ilişki tahmin aşamasında sıklıkla problemlere neden olur. Çünkü çoğunlukla faktör fiyatları arasında zayıf derecede çoklu iç ilişki problemi vardır.

Bu nedenlerden dolayı üretim fonksiyonu tahmin etmek yerine maliyet fonksiyonu tahmin etmek daha kullanışlıdır. Çalışmada McGeehan (1993) tarafından da bahsedildiği gibi üretim ve maliyet fonksiyonları tahmininde yaygın olarak kullanılan ve homotetiklik, homojenlik gibi çeşitli kısıtların test edilmesine imkan sağlayan translog kalıp kullanılacaktır. Üretim parametrelerinin tahmin edilmesinde eşanlı denklem sapması problemine yol açan üretim fonksiyonu yerine maliyet fonksiyonunun kullanılmasının daha avantajlı olmasından dolayı Translog maliyet fonksiyonu kullanılacaktır. Boisvert (1982) Translog fonksiyonunun tek denklem olarak tahmin edilmesinin çeşitli problemlere yol açacağını belirtmiştir. Bu problemlerden biri üretim



faktörleri artarken buna paralel olarak tahmin edilecek parametre sayısının artmasıdır. İkinci dereceden Taylor açılımı olarak ifade edilen bu fonksiyonda eklenen her bir değişken ile beraberinde bu değişkenlerin kareleri ve diğer değişkenler ile olan çapraz çarpımlarından dolayı çoklu iç ilişki problemi ortaya çıkar. Bir diğer problem ise veri sayısının kısıtlı olmasıdır. Bu problemlerden dolayı modelin tahmininde yanlış tahmin edicilere başvurulmalıdır.

Bu çalışma ilk kez bir Translog maliyet fonksiyonunun tahmininde genelleştirilmiş maksimum entropi (GME) ve kısıtlı genelleştirilmiş maksimum entropi (KGME) tahmin edicilerini kullanarak diğer yanlış tahmin edicilerle karşılaştıran özgün bir çalışmadır.

## 1.2. Çalışmanın Amacı

Tek bir denklem halinde tahmin edilecek olan Translog maliyet fonksiyonunun parametrelerinin tahmini, çoklu iç ilişki durumunda kullanılması önerilen tahmin edicilerden birkaçı kullanılarak Monte Carlo yöntemi ile yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, çoklu iç ilişki problemi olması durumunda kullanılması önerilen yanlış tahmin edicileri karşılaştırarak hangisinin daha etkin olduğunu göstermektir.

## 1.3. Çalışmanın Planı

Çalışma giriş ve sonuç bölümleri de dahil olmak üzere toplam yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm giriş kısmı olup çalışmanın konusu, çalışmanın amacı ve çalışmanın planını içermektedir.

İkinci bölümde konuyla ilgili literatür taraması sonucu elde edilen yurtiçi ve yurtdışı çalışmalarından bahsedilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde, üretim ve maliyet fonksiyonlarına kısaca değinilmiş bu fonksiyonlar arasında kısa ve uzun dönem ayırımından bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde ise Translog model incelenmiştir. Translog modelin üretim fonksiyonu formu ve maliyet fonksiyonu formu ayrı ayrı anlatılmıştır.

Çalışmanın beşinci bölümünde, çoklu iç ilişki problemi olduğunda kullanılan tahmin edicilerden bazıları olan ve uygulama kısmında kullanılacak olan tahmin ediciler anlatılmıştır. Altıncı bölüm ise uygulama kısmı olup burada çoklu iç ilişkinin varlığı tespit edilen iki farklı Translog modelin parametreleri çeşitli tahmin edicilerle tahmin edilmiştir. Monte Carlo yöntemi ile elde edilen hata kareleri ortalamaları (HKO) ölçütüne

göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Karşılaştırmalar yapılırken örneklem büyüklüğünün etkisini görebilmek için farklı büyüklükteki gözlemler kullanılmıştır. Hata varyansının etkisini görebilmek ve çoklu iç ilişkinin derecesi arttırıldığında HKO değerine etkisini inceleyebilmek için sırasıyla farklı  $\sigma$  ve  $\rho$  değerleri kullanılmıştır.

Son olarak çalışmanın yedinci bölümü sonuçlar ve öneriler kısmını içermektedir. Bu bölümde uygulama bölümünde elde edilen sonuçların derlemesi ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Çoklu iç ilişki problemine sahip Translog modellerin parametrelerinin tahmininde korelasyon, hata varyansı, gözlem sayısı değerlerinin etkileri ifade edilmiş, tahmin edicilerin HKO değerlerini nasıl etkilediği ifade edilmiştir. Kullanılan tahmin edicilerden uygun destek matrisi seçilmesi durumunda GME tahmin edicinin ve uygun kısıtlar altında KGME tahmin edicinin daha etkin olduğundan söz edilmiştir.



## BÖLÜM II

### KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

#### 2.1. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalardan Bazıları

Binswanger (1973) maliyet fonksiyonlarıyla ilgili yaptığı çalışmada faktör talep esneklikleri ve ikame esnekliklerini incelemiştir. Maliyet fonksiyonlarının üretim fonksiyonlarından daha çok kullanılmasının avantajlarından bahsetmiştir. Maliyet fonksiyonlarının özel durumlarından biri olan Translog maliyet fonksiyonunun ikinci dereceden Taylor serisi yaklaşımı formuna çalışmasında yer vermiştir. Bu çalışmada Binswanger 1943, 1954, 1959 ve 1964 yılları için Birleşik Devletler kesit verilerini kullanarak tarım sektörü için faktör talep esneklikleri ile ikame esnekliklerini elde etmiştir.

Christensen, Jorgenson ve Lau (1973) Translog üretim eğrilerini incelemiş ve bunların özelliklerini 1929-1969 yılları için Birleşik Devletler özel yerli ekonomisine ait zaman serisi verilerini kullanarak test etmişlerdir. Çalışmada sonuçların teoriyle tutarlı olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Hudson ve Jorgenson 1974'te yaptıkları çalışmalarında Birleşik Devletlerin enerji politikasının analizi için yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. 1973 yılında Christensen ve diğerlerinin yaptığı çalışmadaki Translog üretim eğrilerini de kullanarak 1975-2000 dönemi için enerji politikasının değişmeyeceği varsayımı altında model parametrelerini tahmin etmişlerdir. Öncelikle ekonomik faaliyetler ve enerji kullanımı için kullandıkları modeli daha sonra vergi programları için de uyarlamışlardır.

Binswanger (1975) dualite (ikililik) teorisinin Cobb Douglas üretim fonksiyonu ve Translog fonksiyonu gibi çeşitli formlarda uygulanması göstermiş, dualite teorisinin ekonometrik araştırmalarda uygulanması ile ilgili yeni yaklaşımlara yol açtığını ifade etmiştir.

Yine 1975 yılında yayımlanan çalışmalardan biri olan Berndt ve Wood'un çalışmalarında dört girdili Translog maliyet fonksiyonu (2.1) nolu modeldeki gibi tanımlanmıştır:

$$\begin{aligned}
\ln G = & \ln \alpha_0 + \ln Y + \alpha_K \ln P_K + \alpha_L \ln P_L + \alpha_E \ln P_E + \alpha_M \ln P_M + \frac{1}{2} \gamma_{KK} (\ln P_K)^2 \\
& + \gamma_{KL} \ln P_K \ln P_L + \gamma_{KE} \ln P_K \ln P_E + \gamma_{KM} \ln P_K \ln P_M + \frac{1}{2} \gamma_{LL} (\ln P_L)^2 \\
& + \gamma_{LE} \ln P_L \ln P_E + \gamma_{LM} \ln P_L \ln P_M + \frac{1}{2} \gamma_{EE} (\ln P_E)^2 + \gamma_{EM} \ln P_E \ln P_M \\
& + \frac{1}{2} \gamma_{MM} (\ln P_M)^2
\end{aligned} \tag{2.1}$$

İktisat teorisi doğrultusunda çalışmada kullanılan maliyet fonksiyonun faktör fiyatlarına göre birinci dereceden homojenliği için (2.2)'deki eşitlik kısıtlarına yer verilmiştir:

$$\begin{aligned}
\alpha_K + \alpha_L + \alpha_E + \alpha_M &= 1 \\
\gamma_{KK} + \gamma_{KL} + \gamma_{KE} + \gamma_{KM} &= 0 \\
\gamma_{KL} + \gamma_{LL} + \gamma_{LE} + \gamma_{LM} &= 0 \\
\gamma_{KE} + \gamma_{LE} + \gamma_{EE} + \gamma_{EM} &= 0 \\
\gamma_{KM} + \gamma_{LM} + \gamma_{EM} + \gamma_{MM} &= 0
\end{aligned} \tag{2.2}$$

1947-1971 dönemine ait A.B.D. imalat sanayi verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada translog fonksiyonunun sağlaması gereken özellikler test edilip sonuçlar yorumlanmıştır.

Griffin ve Gregory (1976) çalışmalarında Berndt ve Wood (1975) ile Hudson ve Jorgenson'un (1974) çalışmalarına atıfta bulunarak onlar gibi enerji sektörü konusunu kullanmışlardır. Yine dört girdili bir translog modeli kullanarak modelin gerektirdiği varsayımları test etmişler, ikame ve esneklikleri hesaplamışlardır. Berndt ve Wood (1975) ile Hudson ve Jorgenson'un (1974) sermaye ve enerjinin tamamlayıcı mal olma bulgusunu reddetmişler; bu malları ikame mallar olarak bulmuşlardır.

Caves, Christensen ve Swanson (1981) Box-Cox dönüşümünü uygulayarak genelleştirilmiş translog maliyet fonksiyonunu tanımlamışlardır. 1955-1974 dönemi için Birleşik Devletler demiryolları verileri kullanılarak uygulamalı bir çalışma yapmışlardır.

Şehir otobüsü ulaşımı için kısa dönem translog maliyet fonksiyonu ile ilgili çalışma yapan Viton (1981), fonksiyonun gerektirdiği varsayımları, faktör talep eşitliklerini, maliyet pay denklemlerini ayrı ayrı ifade etmiştir. Çalışmada uzun dönem analiz yaparken karşılaşılan zorluklara da değinilmiştir. Bunlardan birincisi teorik problemdir. Değişkenlerin ortalaması alınarak bulunan yaklaşık değerle yazılan maliyet fonksiyonunda hatalar da büyür. İkinci karşılaşılan zorluk ise veri setinden kaynaklanan, demiryolu araçlarının uygun faktör fiyatlarını bulmaktır. Çalışmanın sonucunda translog formun avantajlarından bahseden Viton, kısa dönem ve uzun dönem ile ilgili bulduğu sonuçları özetlemiştir.

Translog maliyet fonksiyonunun analizini yapan bir diğer çalışma Ray'in (1982) çalışmasıdır.  $m$  – çıktı,  $n$  – girdi ve Hicks nötr teknolojik değişme (Hicks neutral technological change-HNTC) katsayısı içeren translog maliyet fonksiyonu modelini tanımlamıştır. Çalışmada 1939-1977 Birleşik Devletler tarım verileri kullanılarak uygulama yapılmıştır. Hem maliyet fonksiyonunu hem de pay eşitliklerini kullanarak analizlerini gerçekleştiren Ray iş gücü ve sermaye arasında ikame derecesinin trendinin zamanla azaldığını, tüm girdilere ait talebin fiyat esnekliğinin zamanla arttığını ve teknik değişim oranının yıllık %1,8 olduğu bulgularına ulaşmıştır.

Braeutigam, Daughety ve Turnquist (1982) translog maliyet fonksiyonu için demiryolları verileri kullanarak uygulamalı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında verilen kısıtlar doğrultusunda model parametrelerini tahmin etmişlerdir. Tahmin aşamasında hem maliyet fonksiyonunu hem de faktör pay eşitliklerini kullanmışlar ve performanslarını göstermişlerdir. Ayrıştırılabilirlik ile homotetiklik hipotezlerini reddetmişlerdir.

Pollak, Sickles ve Wales (1984) çalışmalarında Christensen ve diğerleri (1973) tarafından tanımlanan  $n$ -faktörlü translog maliyet fonksiyonunu geliştirerek sabit ikame esneklikli-translog (constant elasticity of substitution-translog, CES-translog) adında yeni bir fonksiyon tanımlayıp bu fonksiyonu tahmin etmişlerdir. Bu fonksiyon da yine translog fonksiyon gibi esnek fonksiyonlar arasındadır. Ancak hem CES tipi fonksiyondan hem de translog fonksiyondan daha geniş ikame aralığıyla uyumludur. Berndt ve Wood (1975), Magnus ve Woodland (1980) ve Cowing (1970) çalışmalarına ait üç ayrı veri setini kullanmışlar, elde ettikleri bulgular çalışmanın sonucunda özetlenmiştir.

Çabuk (1987) üretim ve maliyet teorisi ile ilgili yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılan çeşitli fonksiyonların Box-Cox dönüşüm fonksiyonu ile elde edilmesini bir ekonometrik çalışma ile ele almıştır. Ekonometrik tahminler yaparken Shephard'ın dualite (ikililik) teoreminden yararlanan Çabuk, Çukurova bölgesinde yer alan bir tekstil firmasının verilerini kullanarak belirlenen fonksiyonlar arasında translogaritmik fonksiyonun en uygun fonksiyon olduğuna karar vermiştir.

Kim (1992) translog üretim fonksiyonu ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Translog üretim fonksiyonunu tahmin etme yöntemlerinden bahsederek ölçeğe göre getiri, homotetiklik, homojenlik gibi kısıtlara değinmiştir. ABD imalat sanayi üzerine yaptığı uygulamanın sonucunda imalat sanayinin homotetik olmayan bir teknolojiye sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır.

McGeehan (1993) translog maliyet fonksiyonunu üretim faktörleri arasında ikame olanaklarına ilişkin hiçbir öncelikli kısıtı olmayan model olarak tanımlamıştır. 8 değişkenden oluşan translog modelini, kısıtları, faktör girdi talep denklemlerini ve Allen-Uzawa esnekliklerini ifade ederek 1973-1983 çeyreklik verileri ile uygulama yapan McGeehan, bulgularını tablolar halinde sunmuştur. İrlanda demiryollarının maliyet yapısı ve üretkenlik büyümesi ile ilgili yaptığı çalışmada büyümenin rasyonelleştirme kaynaklı olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Kumbhakar (1997) ise translog maliyet fonksiyonu ve maliyet pay denklemleri arasındaki ilişki göstermiştir.

1999 yılında Çolak ve Kılıçkaplan tarafından yayımlanan çalışmada translog modelin tanımına yer verilmiştir. Cebenoyan'ın (1988) ifade ettiği gibi translog modelin üretim faktörleri arasında ikame olanaklarına ilişkin hiçbir öncelikli kısıtı olmayan bir model olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca ortalama maliyet eğrisinin U şeklinde olmasını sağlamanın yanında bir başka avantajının da doğrusal parametrelere sahip üretim faktörleri için türetilmiş talep denklemleri sağlması olduğu, böylece parametrelerin etkinliğinin artırılmış olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada 5 adet değişken içeren model tahmin edilerek bankacılık sektörüyle ilgili bulgular sunulmuştur.

Saal ve Parker (2000) 1985-1999 dönemi İngiltere ve Galler ülkelerinin su ve kanalizasyon endüstrisi için düzenleme ve özelleştirme etkisini translog maliyet fonksiyonu kurarak tahmin etmişlerdir.

Miran, Abay ve Günden (2002) pamukta girdi talebini belirlemek amacıyla yaptıkları uygulamalı çalışmada pay eşitliklerini translog maliyet fonksiyonu kullanarak, girdi politikalarında anahtar rol teşkil eden işgücü, çekigücü, gübre ve ilaç için fiyat, çapraz ve Morishima teknik ikame esnekliklerini elde etmişlerdir. Model çözümleri için görünüşte ilişkisiz regresyon (seemingly unrelated regression-SUR) kullanan Miray, Aban ve Günden pamuk tarımında İzmir ili Menemen ilçesi için tüm girdi fiyatlarına gösterdiği duyarlılığın elastik olmadığını belirlemişlerdir.

Mancuso ve Reverberi (2003) 1980-1995 yıllarına ait verileri kullanarak bir İtalyan demiryolu şirketi için translog maliyet fonksiyonunu tahmin etmişlerdir. Translog modeli kurup kısıtları vererek Sheppard's Lemma'dan faktör maliyet pay denklemlerini elde etmişlerdir. Daha sonra Allen-Uzawa kısmi esneklikleri ve faktör talep esnekliklerini göstermişlerdir. Uygulama sonucunda kısmi esnekliklerinin anlamlı bir değere sahip olmadığı; bu nedenle İtalyan demiryolu şirketinin üretimini modellerken Cobb-Douglas fonksiyonunun kullanımının yanlış olacağını belirtmişlerdir.

Çubukçu (2005) A.B.D.'nin New York eyaletinde 1980 yılında faaliyet gösteren 41 telefon şirketine ait veriler ile translog formda toplam maliyet fonksiyonunu modelleyerek elde edilen sonuçlar doğrultusunda telefon hizmeti maliyetini belirleyen unsurları yorumlamıştır.

Angulo ve Gil (2006) sağlık ve diyet arasındaki ilişkiyi de düşünerek İspanya'daki et talebi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bunun için 1999 yılına ait et, balık ve yumurta harcaması verileri kullanmışlardır. Translog maliyet fonksiyonunu kurarak 3200 hanenin et tüketimini analiz etmişlerdir. Et çeşitleri ve balık tüketimi ile ilgili elde ettikleri sonuçları yorumlamışlar ve esneklikleri hesaplamışlardır.

Çubukçu (2006) A.B.D.'de faaliyet gösteren kamuya ait 264 otobüs şirketine ait 1996-2002 yılları arasında toplanan 1061 gözlem ile translog formda toplam maliyet fonksiyonu modelleyerek elde edilen sonuçlar doğrultusunda işletmelerin hizmet alanlarına ait fiziksel özellikleri değerlendirmiştir.

Link (2006) 1980-1999 yılları arasında Alman karayolunu yenileme maliyetleri ve trafik hacmine ait yatay kesit verilerini kullanarak karayolu yenileme maliyet analizini yapmıştır. Birincisi karayolu yenilemenin ekonomik sürecine ait olan bir translog model ve ikincisi yenileme maliyeti ile trafik hacmi arasındaki ilişkiyi gösteren bir translog model olmak üzere iki model kurmuştur.

Akinlo (2008) sermaye, işgücü ve ithalat arasındaki ilişkiyi incelemek için translog maliyet fonksiyonunu kullanmıştır. Literatür çalışmalarına yer verdikten sonra translog maliyet fonksiyonunu kurup fonksiyonun gerektirdiği koşullardan bahsetmiştir. Nijerya'ya ait 1960-2002 yıllık zaman serisi verileri kullanarak uygulamalı bir çalışma yapan Akinlo parametre değerlerini ve esneklik değerlerini tablolar halinde sunmuştur. Sermayenin yerli işgücü ve ithalata ikame, işgücü ve ithalatında birbirlerini tamamlayıcı ürünler olduğu sonucunu elde etmiştir.

Christev ve Featherstone (2009) translog maliyet fonksiyonu için Allen-Uzawa kısmi ikame esneklikleri hakkında bilgi verdikleri bir çalışma yayımlamışlardır. Burada fiyat esnekliğini, çapraz fiyat esnekliğini ve Allen-Uzawa ikame esnekliğini tanımlamışlardır.

Bölük ve Koç (2010) Türkiye imalat sektörünün elektrik talebini incelemek üzere sermaye, işgücü, ara ürünler ve elektrik girdilerinden oluşan translog maliyet fonksiyonunu analiz etmişlerdir. Türkiye için elektrikle ilgili bilgi verdikten sonra diğer çalışmalarda olduğu gibi modeli kurarak maliyet fonksiyonu ile ilgili iktisadi kısıt ve

denklemleri göstermişlerdir. Esneklik ve Allen esnekliğine ek olarak Morishima ikame esnekliğinden bahsederek değerini hesaplamışlardır.

Macedo ve Silva (2010) stokastik üretim sınırı için translog tanımlamalarını varsayarak bir model oluşturmuştur. Çalışmasının iki amacı vardır. Birincisi, literatürde bu konudaki yetersizliklerden dolayı modeli GME tahmin edicisi ile tahmin etmek; ikincisi ise Portekiz'in 1993-2002 dönemine ait şarap sektörünü incelemektir. oluşturduğu modeli GME tahmin edicisiyle tahmin etmiş ve sonuçta GME tahmin edicisinin bu modelin tahmininde iyi sonuç verdiği bulgusuna ulaşmıştır.

McCarthy ve Urmanbetova (2011) Amerikan kağıt endüstrisini kısa dönem translog maliyet fonksiyonu kurarak 1965-1996 dönemi için incelemiştir. Fonksiyonun gerektirdiği bütün koşulları değerlendirip esneklikleri hesaplamıştır. Sermaye, işgücü ve enerji Allen-Uzawa esnekliğine göre tamamlayıcı, Morishima esnekliğine göre ikame olarak bulunmuştur.

Pavelescu (2011) çalışmasında, translog üretim fonksiyonu kurup 1999-2009 İngiltere ve Fransa üretim verilerini kullanarak yapmış olduğu analiz yardımı ile esneklik ile ilgili değerleri bulup esneklik ile ilgili kavramların birbirleriyle olan ilişkisini göstermiştir.

Cardamone (2012) 1998-2003 dönemine ait 1203 İtalyan firmasının verilerini kullanarak uygulamalı bir çalışma yapmıştır. Üretimde araştırma ve geliştirme dışsal ekonomilerini inceleyen Cardamone, lineer olmayan translog üretim fonksiyonunu kullanmıştır. İkame esneklikleri, ölçeğe göre getiri gibi sonuçları yorumlayarak firma davranışlarını modellemede translog üretim fonksiyonunun Cobb-Douglas fonksiyonundan daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Johnston ve Ozment (2013) çalışmalarında Amerikan havayolu endüstrisi ile ilgili 1987-2009 yıllarına ait yıllık verileri kullanarak ölçek ekonomilerini araştırmışlardır. Uygulama kısmında hem translog maliyet fonksiyonu hem de Cobb-Douglas maliyet fonksiyonu kullanılmıştır. Elde edilen bulgular tablolar halinde sunulmuştur. Çalışmanın sonucunda endüstrinin ölçek ekonomisi hakkında bilgiler elde edilmiştir.

Destandau ve Garcia (2014) çalışmalarında su hacmi ve hizmet kalitesini içsel değişken olarak kabul ettiği maliyet fonksiyonunu incelemiştir. Amerikan su kamu destek birimlerinin verilerini kullanarak translog maliyet modelini analiz etmişlerdir. Translog modeli kurduktan sonra girdilerin maliyet pay denklemlerini ve esneklikleri belirlemişlerdir. Sonuçta hizmet sektöründe kalite seviyesinin ölçek ekonomilerinde ve tasarruf etkilerinde anlamlı etkisinin olduğunu gözlemlemişlerdir.



Johnston ve Ozment (2015) maliyetlerle ilgili yaptıkları çalışmada translog maliyet fonksiyonunu kullanarak maliyetle ilgili bir teorinin geçerliliğini test etmişlerdir. Bu teoride iki ayrı görüş mevcuttur. Bunlardan birincisi kalite arttıkça maliyetin artacağı diğeri ise yüksek kalite ile belli bir maliyeti azaltarak toplam maliyetin de azaltılabileceğidir. Görüşler birbirine zıt olsa da iki görüş de doğrudur. Bu teoriyi test etmek için iki hipotez kurulmuştur. Bunlardan biri kalitenin fiziksel kapasite boyutlarının maliyetlerle doğrudan ilişkili olduğu, diğeri ise iş gücünün maliyetlerle ters ilişkili olduğudur. Birinci hipotezde bir firmanın daha yüksek kaliteye sahip olması yani daha fazla makine, daha fazla araç için daha fazla yatırım yapması gerektiği bu nedenle de daha fazla maliyete sahip olduğu test edilmektedir. İkinci hipotezde ise çalışanların hata yapmadıkça hata maliyetini azaltacağı, bu nedenle de toplam maliyetin azalacağı test edilmektedir. Bu iki hipotezin testi için uzun dönem maliyet fonksiyonu kurulmuştur. İktisadi teori doğrultusunda maliyet fonksiyonun sağlaması gereken kısıtları test edilmiş, 2008 Ocak-2008 Eylül dönemine ait aylık veriler kullanılarak uygulamalı bir çalışma yapılmıştır. Uygulamada translog maliyet fonksiyonu, CES tipi maliyet fonksiyonu ve Cobb-Douglas maliyet fonksiyonu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar her iki hipotezin de geçerli olduğu göstermiştir.

Miran vd. (2016) çalışmalarında organik ve konveksiyonel çekirdeksiz kuru üzüm üretiminde kullanılan girdilere ait girdi talep fonksiyonlarını tahmin etmişlerdir. Bu amaçla, işgücü, kimyasal gübre, pestisit, çekigücü, bordo bulamacı ve kükürt girdileri için fiyat talep esnekliklerini ve Morishima teknik ikame esnekliklerini hesaplamışlardır. Manisa ili ve ilçelerinde anket yöntemiyle 300 çiftçi ile görüşerek verilerini oluşturan Miran vd., çalışmalarının sonunda hem konveksiyonel hem de organik kuru üzümde, fiyat değişmelerinde en az duyarlı girdinin işgücü olduğunu bulurken konveksiyonel kuru üzümde en duyarlı girdinin pestisit, organik kuru üzümde ise en duyarlı girdinin çekigücü olduğunu söylemişlerdir.

## BÖLÜM III

### ÜRETİM VE MALİYET FONSKİYONLARI

#### 3.1. Kısa Dönem ve Uzun Dönem Ayrımı

Her firma, satış ve dolayısıyla üretim yaparken karını maksimize etmek ister. Karını maksimize etmek isteyen firma ne kadar üretim yapacağını belirlemek için üretim maliyetini göz önünde bulundurur. Üretmek istenilen ürünler çok çeşitli faktör bileşenlerine göre çok çeşitli toplam maliyetler belirleyebilir. Ancak firma minimum maliyet ile maksimum üretimini gerçekleştirmek isteyecektir. Bunu da ancak optimum düzeyde gerçekleştirecektir. Bu nedenle üretim ve maliyet arasındaki ilişkiyi belirlerken üretimin optimum seviyede gerçekleşmesi önemlidir.

Her firma, üretim yaptığı piyasanın bulunduğu koşullara göre kimi zaman üretimini arttırmak kimi zaman da üretimini azaltmak durumunda kalır. Üretimin miktarında yapacağı değişiklikler kısa ve uzun dönemde gerçekleşir. Henderson ve Quant'ın (1958) da bahsettiği gibi firma üretim miktarını değiştirirken mevcut üretim kapasitesini değiştiriyorsa yani bina, makine ve teçhizat, işgücü, hammadde, personel gibi faktörleri değiştiriyorsa bu zaman dilimine uzun dönem denir. Eğer firma üretim miktarını değiştirirken mevcut üretim kapasitesini değiştirmiyorsa yani bina, makine ve teçhizat, işgücü, hammadde, personel gibi faktörleri sabit kabul ediyorsa bu zaman dilimine kısa dönem denir.

Bahsedilen bu zaman dilimi firmaların üretim miktarını değiştirebilmesi için gereken zaman dilimidir. Üretim miktarı ve kapasitesinin veri olduğu dönemde yani kısa dönemde sabit faktörlerle yapılan ödemeler sabit masraflar yani sabit maliyetler, değişken faktörlerle yapılan ödemeler ise değişen masraflar yani değişen maliyetler olarak adlandırılır. Sabit maliyetler diğer adıyla ek maliyetler firma tarafından değişmeyen, sabit kabul edilen unsurları içerir. Bu maliyetler firma hiç üretim gerçekleştirirse dahi olan maliyetlerdir. Toplam maliyet denilen kavram ise sabit maliyetler ve değişen maliyetlerin toplamını oluşturur. Üretim miktarı ve kapasitesinin değişken olduğu dönemde yani uzun dönemde ise tüm üretim faktörleri değiştirilebildiğinden ölçüğe göre sabit getiri durumu mevcuttur.

Kısa dönemin uzunluğu firmadan firmaya değişebilmektedir. O dönemin uzunluğunu belirleyen şey ise ürünlerin değişme hızıdır. Ürün basitleştikçe değişme hızı kısılacak, karmaşık hale geçtikçe uzayacaktır.

### 3.2. Üretim Fonksiyonu

Üretim, insanların ihtiyaçlarını karşılayabilmek için mal ve hizmetlerin miktarlarını veya faydalarını arttırmaya yönelik her türlü çaba olarak ifade edilebilir. Bir başka ifade ile üretim, üretim yapılan süreçte firmaların girdileri kullanarak çıktı elde etmesidir. Üretim fonksiyonu ise girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi ifade eder. Girdiler üretim faktörleri, çıktı ise ürün olarak da adlandırılır.

Girdiler ve çıktı arasındaki bu ilişki kısa dönemde olduğunda azalan verimler kanununun açıklanmasına imkân verir. Azalan verimler kanunu, bir üretim faktörünün üretim sürecinde ne kadar kullanılacağını söyler. Kullanılan üretim faktörlerinden en az biri sabit iken belirli miktardaki üretim faktörleri ile maksimum ürün miktarını ifade eder. Üretim faktörünün miktarı arttırıldığında toplam üretim artar ancak üretim faktörünün üretim sürecine eklenen her bir biriminin etkisi giderek azalma eğilimi gösterir. Belli bir noktadan sonra da üretim miktarını olumsuz yönde etkiler.

Kullanılan üretim faktörleri sabit ve değişken olabileceği gibi üretim fonksiyonu da sabit ve değişken oranlı olabilir. Bunu üretim faktörlerinin yani girdilerin bileşimleri belirler. Elde edilecek ürün miktarı, belirli faktör bileşimleri kullanıldığında elde ediliyorsa buna sabit oranlı üretim fonksiyonu adı verilir. Değişken oranlı üretim fonksiyonu ise elde edilecek ürünün üretim sürecinde farklı faktör bileşimlerinin kullanılabilirdiği fonksiyondur. Yani ikame edilebilirliğinin (birbirleri yerine kullanılabilirliğin) söz konusu olduğu fonksiyondur.

Belirli bir ürünün elde edilmesinde kullanılan üretim faktörlerinin bileşim oranına faktörler arası bileşim oranı denir. Aynı zamanda bu, üretim teknolojisi kavramını da gösterir. Çünkü teknoloji geliştikçe aynı çıktı değişik bileşimlerle elde edilebilir. Örneğin; teknoloji geliştikçe daha fazla insan kullanmak yerine daha az makine ve teçhizat kullanılmaktadır.

Girdiler ve çıktı arasındaki ilişki uzun dönemde söz konusu olduğunda ise ölçeğe göre getiri durumu söz konusu olacaktır. Case ve Fair'in (1994) bahsettiği gibi, ölçeğe göre getiri, girdi miktarındaki artış ile çıktı miktarındaki artış arasındaki ilişkidir. Ölçeğe göre artan getiri, çıktı miktarındaki artış oranı, girdi miktarındaki artış oranından daha fazla olduğunda söz konusudur. Bu durum firmaların istediği bir durumdur. Ölçeğe göre sabit getiride ise çıktı miktarındaki artış oranı ile girdi miktarındaki artış oranı aynıdır. Bu durum üretim verimliliği açısından hiçbir değişiklik yaratmamaktadır. Son olarak,

ölçeğe göre azalan getiri varlığında, çıktı miktarındaki artış oranı, girdi miktarındaki artış oranından daha az olmaktadır.

Firmanın üretim sürecinde, tek bir ürün üretmek için iki tane değişken  $(x_1, x_2)$  ve bir ya da birden fazla sabit girdi kullandığını düşünelim. Bu üretim fonksiyonundaki çıktı miktarı  $(y)$  değişken girdi miktarlarının bir fonksiyonu olarak (3.1) eşitliğindeki gibi ifade edilerek özellikleri aşağıda verildiği şekilde sıralanabilir (Henderson ve Quant, 1958, s. 44):

$$y = f(x_1, x_2) \quad (3.1)$$

1. Sürekli birinci ve ikinci dereceden kısmi türevlere sahip tek değerli bir fonksiyondur.

2. Üretim fonksiyonları girdi ve çıktı miktarlarının yalnızca negatif olmayan değerleri için tanımlanırlar.

3. Negatif değerler, üretim fonksiyonları için anlamsızdır.

Bu özelliklere ek olarak birkaç özellik daha sıralanabilir (Henderson ve Quant, 1998, s. 62):

4. Üretim fonksiyonları artandır.

5. Çıktının maksimize veya minimize edildiği durumlarda üretim fonksiyonları, düzenli kesin içbükeyimsi olmakla birlikte karın maksimize edildiği durumlarda ise kesin içbükey olarak varsayırlar.

Üretim fonksiyonlarına ilişkin temel özelliklerle birlikte bir çalışma yapılırken hangi üretim fonksiyonunun kullanılacağına karar vermek de çok önemlidir. Cobb-Douglas, CES, değişken ikame esneklikli (variable elasticity of substitution-VES), translog gibi üretim fonksiyonları vardır. Translog fonksiyon detaylı olarak bir sonraki bölümde anlatılacak, bu bölümde kısaca diğer fonksiyonlardan bahsedilecektir.

Cobb-Douglas üretim fonksiyonu, Charles W. Cobb ve Paul H. Douglas tarafından 1928 yılında geliştirilen bir fonksiyondur ve genel formu (3.2) numaralı eşitlikteki gibi ifade edilebilir:

$$y = AK^\alpha L^\beta \quad (3.2)$$

Burada  $y$  üretim,  $K$  ve  $L$  sırasıyla sermaye ve işgücü,  $A$  etkinlik parametresi,  $\alpha$  ve  $\beta$  ise sırasıyla sermaye ve işgücünün görece payıdır.  $\alpha$  ve  $\beta$  aynı zamanda üretimin girdilere göre esnekliğini ifade eder.  $\alpha + \beta > 1$  ise ölçeğe göre artan getiri,  $\alpha + \beta < 1$  ise ölçeğe göre azalan getiri, son olarak  $\alpha + \beta = 1$  ise ölçeğe göre sabit getiri vardır. Cobb-

Douglas üretim fonksiyonunda genellikle ölçeğe göre sabit getiri ve daima ikame esnekliğinin bir olması durumu söz konusudur.

Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun bazı özellikleri aşağıdaki gibidir (Chiang, 1999, s. 395):

1.  $(\alpha + \beta)$  -inci dereceden türdeştir (homojendir).
2.  $\alpha + \beta = 1$  olduğunda doğrusal türdeştir. Yani ölçeğe göre sabit getiri durumu söz konusudur.
3. Eşürün eğrileri negatif eğimli ve  $K$  ve  $L$  girdilerinin pozitif değerleri için kesin dışbükeydir.

CES üretim fonksiyonu ise K. J. Arrow, H. B. Chenery, B. S. Minhas ve R. M. Solow tarafından 1961 yılında geliştirilmiş olup genel formu (3.3) numaralı eşitlikte ifade edildiği gibidir.

$$y = A \left[ \delta K^{-\rho} + (1 - \delta) L^{-\rho} \right]^{-1/\rho} \quad (3.3)$$

Burada;  $A, \delta$  ve  $\rho$  parametreler olup sırasıyla etkinlik parametresi, dağıtım parametresi ve ikame parametresi olarak adlandırılmaktadırlar.  $K$  sermayeyi ve  $L$  işgücünü göstermektedir (Chiang, 1999, s. 407).

Bu fonksiyonun özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Chiang, 1999, s. 407-408):

1. İkame esnekliğinin sabit olduğu bir fonksiyondur.
2. Ölçeğe göre sabit getiriye sahiptir.
3.  $K$  ve  $L$  girdilerine göre sıfırıncı dereceden türdeş ortalama ve marjinal ürünlere sahiptir.
4. Euler teoreminin uygulanması için gerekli özellikleri taşır.
5. Eşürün eğrileri daima  $K$  ve  $L$  girdilerinin pozitif değerleri için negatif eğimli ve tam dışbükeydir.
6.  $K$  ve  $L$  girdilerinin pozitif değerleri için içbükeyimsidir.

Diğer bir üretim fonksiyonu olan VES fonksiyonu 1966 yılında Revankar tarafından geliştirilmiştir. 1971 yılında ise bu fonksiyon yayınlanmış, ikame esnekliğinin değişken olduğu bir fonksiyondur ve genel formu (3.4) numaralı eşitlikte gösterildiği gibidir:

$$y = \gamma K^{\alpha(1-\delta\rho)} \left[ L + (\rho - 1) K \right]^{\alpha\delta\rho} \quad (3.4)$$

Burada;  $y$  çıktı,  $K$  sermaye,  $L$  işgücü,  $\alpha, \delta, \rho$  ve  $\gamma$  parametrelerdir.  $\gamma$  ve  $\alpha$  sırasıyla etkinlik parametresi ve getiri parametresi olup pozitif değerlidirler.  $\delta$  dağıtım

parametresi olup pozitif değerli olmakla birlikte 1'den küçük olmalıdır. Ayrıca  $0 \leq \delta\rho \leq 1$ 'dir. İkame esnekliği  $\sigma$  ile gösterilir ve aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\sigma = \sigma(K, L) = 1 + \frac{\rho - 1}{1 - \delta\rho} \frac{K}{L} \quad (3.5)$$

### 3.3. Maliyet Fonksiyonu

Maliyet, üretimde bir ürün elde edinceye kadar yapılan harcamadır. Üretilmek istenen ürün için seçilen faktör bileşimlerine göre çok farklı toplam maliyetler hesaplanabilir. Toplam maliyet ise toplam sabit maliyet ve toplam değişken maliyetin toplamından oluşur. Üreticinin katlanmak zorunda olduğu maliyet sabit maliyet iken değişken maliyet ise ürün miktarına göre değişebildiği için değişken maliyet olarak ifade edilmektedir.

Akılcı bir firma karını maksimize etmeye çalışırken maliyetini de minimize etmeye çalışır. İşte bunu gerçekleştirmesini sağlayan bir optimal faktör bileşimi mevcuttur. Bu bileşimleri gösteren noktalar birleştirildiğinde ise genişleme patikası (yolu) elde edilir.

Bir önceki bölümde bahsedilen üretim fonksiyonlarının maliyet fonksiyonu kalıpları da mevcuttur. Aslında dualite (ikililik) teorisi bu noktada başlar. Minimum maliyet düşüncesi ile elde edilen maliyet fonksiyonu, üreticiyi üretim faktörlerinin farklı bileşimleri arasında en iyi olanı seçme noktasına götürür. Yani üretim teknolojisi açısından bu iki tanımlama aynı tanımı ifade eder.

### 3.4. Üretim Fonksiyonundan Maliyet Fonksiyonuna Geçiş

$$q = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3.6)$$

şeklinde ifade edilen üretim fonksiyonu kullanılan üretim miktarı ile  $q$  kadar ürün üretilceğini ifade ederken fonksiyonda fiyatlar olmadığından üretim fonksiyonundan maliyeti hesaplamak imkansızdır. Bu nedenle üretime katılan her bir faktörün miktarı ile fiyatı çarpılarak

$$C = f_1x_1 + f_2x_2 + \dots + f_nx_n \quad (3.7)$$

şeklinde gösterilen maliyet fonksiyonu elde edilir. Genel olarak,

$$C = f(M) \quad (3.8)$$

ile gösterilir. Burada  $x_1, x_2, \dots, x_n$  üretim faktörlerini,  $f_1, f_2, \dots, f_n$  üretim faktörlerinin fiyatlarını,  $M$  üretim miktarını ve  $C$  ise üretim maliyetini göstermektedir.



## BÖLÜM IV

### TRANSCENDENTAL LOGARİTMİK (TRANSLOG) MODEL

#### 4.1. Translog Model

İktisatta esnek fonksiyonlar farklı ikame esneklikleri hakkında öncelikli bir kısıtlayıcıya gerek duymayan fonksiyonlardır. Bu fonksiyonlardan biri de Christensen ve diğerleri (1973) tarafından ortaya atılan translog fonksiyondur. Translog model üretim fonksiyonuna uygulandığında translog üretim fonksiyonu, maliyet fonksiyonuna uygulandığında da translog maliyet fonksiyonu olarak adlandırılır. Translog model üretim faktörleri arasında ikame olanaklarına ilişkin kısıtlamalara gereksinim duymayan bir modeldir (Çabuk, 1987, s. 35). Ortalama maliyet eğrisi U biçiminde olup doğrusal parametrelere sahip üretim faktörleri için oluşturulmuş talep denklemlerini elde edebilmek, sağladığı yararlarıdır (Çolak ve Kılıçkaplan, 1999, s. 68).

Literatürde translog modelin cebirsel formülasyonu ile ilgili üç değişik bakış açısı vardır: Bunlardan birincisi tamı tamına (exact) bir üretim fonksiyonu olarak tanımlanmasıdır. Diğeri, bilinmeyen bir üretim fonksiyonunun ikinci dereceden Taylor serisi yaklaşımı ile tanımlanmasıdır. Üçüncüsü ise CES üretim fonksiyonunun ikinci dereceden Taylor serisi ile yaklaşık tanımlanmasıdır (Kmenta, 1967; Corbo, 1976).

Translog modelin üstel fonksiyon formülasyonu (4.1)'deki gibi tanımlanabilir (Boisvert, 1982, s.33).

$$y = f(x_1, \dots, x_n) = \alpha_0 \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i} \prod_{i=1}^n x_i^{\frac{1}{2} \left[ \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln x_j \right]} \quad (4.1)$$

Burada;

$y$  : Çıktı miktarı

$\alpha_0$  : Etkinlik parametresi

$x_i$  : i-inci girdinin miktarı ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$x_j$  : j-inci girdinin miktarı ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

$\alpha_i$  ve  $\beta_{ij}$  : Bilinmeyen parametreler ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ )

olarak gösterilir.

(4.1) ile tanımlanan modelin her iki tarafının doğal logaritması alındığında translog kalıbın literatürde en yaygın olarak görülen şekli elde edilir.



$$\ln y = \ln \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln x_i \ln x_j \quad (4.2)$$

Üretim fonksiyonlarında kullanılan girdi miktarları firma veya endüstrinin kararına bağlı olarak seçilirler. Bu nedenle de üretim aşamasında kullanılan girdiler içsel değişken olarak kabul edilirler. Tahmin edilecek denklemler klasik tahmin yöntemleriyle tahmin edildiklerinde eşanlılık sapması problemi ortaya çıkar. Ortaya çıkacak olan bu ve bunun gibi sorunlardan dolayı translog modelin maliyet kalıbının kullanılması daha yaygın ve uygundur.

Translog fonksiyonların tahmininde iki önemli problem ile karşılaşılır. Bunlardan ilki modelin çok sayıda değişken içermesi, diğeri ise çoklu iç ilişki problemidir. Translog fonksiyonlarında değişkenlerle birlikte değişkenlerin kareleri ve çapraz çarpımları da modelde yer aldığından çoklu iç ilişki problemi ile karşılaşılır (Boisvert, 1982, s. 27).

#### 4.2. Translog Üretim Fonksiyonu

Bir üretim sürecini ifade eden üretim fonksiyonu belirli bir ürün elde etmek için kullanılan girdiler ile elde edilen çıktılar arasındaki üretim ilişkisini gösterir. Bir firma genellikle kullanmış olduğu girdiler ile aynı anda birden fazla ürün üretir. Ancak hangi girdinin hangi ürünün üretimine ne kadarlık bir katkı sağladığını bulmak çok zordur. Bu nedenle iktisatta bir firmanın kullanmış olduğu girdiler ile tek bir ürün elde ettiği varsayılır. Bu ürünü üretirken girdiler belirli oranlar ile kullanılır. Teknolojik etkinlik arttıkça yani teknoloji geliştikçe aynı çıktıyı daha az oranda girdi kullanarak elde etmek mümkün olabilmektedir. Ancak bu girdilerin belirli oranlarda kullanımı veya girdilerin değiştirilmesi için firmanın belli bir süreye ihtiyacı vardır. Firmanın belli bir ürünü yani çıktıyı elde etmek için kullanmış olduğu girdilerin yani üretim faktörlerinin bir kısmını değiştirebildiği üretim dönemine kısa dönem, bütün üretim faktörlerini değiştirebildiği üretim dönemine ise uzun dönem adı verilmektedir.

Bazı iktisatçılar kullanılan üretim faktörlerinin daima sabit oranlarla kullanılması gerektiğini, bazı iktisatçılar ise kullanılan üretim faktörlerinin ikame edilebilir yani bir girdinin yerine başka bir girdinin kullanılabileceğini söylemişlerdir. İkame özelliklerine göre de üretim fonksiyonları sınıflandırılmaktadır.

İkame esnekliği ile ilgili hiçbir öncelikli kısıtlayıcıya gerek duymayan translog fonksiyonun bilinmeyen bir üretim fonksiyonunun ikinci dereceden Taylor serisi açılımı ile ifade edilmiş formu (4.2) denklemi ile ifade edilmiştir. Burada integrallenebilir

fonksiyonlar yani önce  $i$  ye sonra  $j$  ye göre türevinin alınması ile önce  $j$  ye sonra  $i$  ye göre türevinin alınması aynı sonucu ifade eden fonksiyonlar için  $\beta_{ij}$  ve  $\beta_{ji}$  parametreleri  $i \neq j$  koşulu altında Young teoremiyle tutarlıdır (Berndt & Christensen, 1973). Yani  $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ .

Eşitlik (4.2)'de bütün  $\beta_{ij}$ 'ler sıfıra eşit olursa translog fonksiyon Cobb-Douglas fonksiyonuna dönüşür (Boisvert, 1982, s. 7).

Eşitlik (4.2) için esneklikler (4.3) eşitliği, marjinal ürün ise (4.4) eşitliği ile bulunur:

$$e_i = \frac{\partial \ln y}{\partial \ln x_i} = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln x_j \quad (i = 1, \dots, n) \quad (4.3)$$

$$f_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} = \left( \frac{\partial \ln y}{\partial \ln x_i} \right) \left( \frac{y}{x_i} \right) \quad (4.4)$$

Boisvert'in (1982) ifade ettiği gibi  $x_i$  bilindiğinde  $x_j \rightarrow 0$  ve  $\beta_{ij} > 0$  iken ve  $x_j \rightarrow \infty$  ve  $\beta_{ij} < 0$  iken  $x_i$ 'nin marjinal ürün değeri negatif olur ve bu durum  $x_i$ 'nin marjinal ürün değerinin pozitif olmasını gerektiren monotonluk koşulu sağlanmadığı için translog fonksiyon iyi tanımlanmış olmaz.

Bütün  $i$  ve  $j$  değerleri için ikinci doğrudan ve çapraz kısmi türevler sırası ile (4.5) ve (4.6) eşitlikleri ile verilmiştir.

$$f_{ii} = \frac{y}{x_i^2} \left[ \beta_{ii} + \left( \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln x_j - 1 \right) \left( \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln x_j \right) \right] \quad (4.5)$$

$$f_{ij} = \frac{y}{x_i x_j} \left[ \beta_{ij} + \left( \alpha_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln x_j \right) \left( \alpha_j + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln x_i \right) \right] \quad (4.6)$$

$f_i, f_{ii}, f_{ij}$  değerlerinden ve (4.7) ile gösterilen sınırlanmış Hessian matrisi negatif tanımlı ise eşürün eğrileri kesin olarak içbükeyimsidir. Negatif tanımlılık için  $|B_1| < 0, |B_2| > 0, |B_3| < 0, \dots$  olması gerekir.

$$B = \begin{bmatrix} 0 & f_1 & f_2 & \cdot & \cdot & \cdot & f_n \\ f_1 & f_{11} & f_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & f_{1n} \\ f_2 & f_{21} & f_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & f_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ f_n & f_{n1} & f_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & f_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

$i$  ve  $j$  olarak adlandırılan iki girdinin Allen ikame esnekliği, sınırlanmış Hessian matrisinde  $f_{ij}$ 'nin kofaktörü  $B_{ij}$  olmak üzere (4.8) eşitliği ile tanımlanabilir (Boisvert, 1982, s. 19-20).

$$\sigma_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j f_j}{x_i x_j} \cdot \frac{B_{ij}}{|B|} \quad (4.8)$$

### 4.3. Translog Maliyet Fonksiyonu

Üretim sürecinin sonunda ortaya çıkan ürün ile bu süreçteki girdiler arasında ilişki kuran matematiksel ifadeler üretim fonksiyonu olarak adlandırılmaktadır. Bu girdiler arasındaki fonksiyonel ilişkinin belirlenmesinde girdiler arasındaki ikame, ölçeğe göre getiri, faktör oranları önemli unsurlardandır. Girdiler arasındaki ikame, ikame esneklikleri ile ifade edilir. Ölçeğe göre getiri ise fonksiyonun homojenlik derecesi ile belirlenir (Taşdemir, 2006, s. 23-24).

Maliyet fonksiyonu ise belirli bir üretim düzeyini gerçekleştirmek için en ucuz ya da en etkin yolu tanımlayan maliyet çıktı ilişkisidir. Aslında maliyet fonksiyonunun üretim fonksiyonunun duali olduğu söylenebilir.

Chambers (1988) maliyet fonksiyonlarının aşağıdaki özelliklere sahip olması gerektiğini belirtmektedir.

- 1- Maliyet fonksiyonları pozitif değere sahip olup girdi fiyatları ve çıktı miktarları da pozitiftir.
- 2- Girdi fiyatlarına göre içbükeydir.
- 3- Pozitif yönde doğrusal homojendir.

Binswanger'in (1975) ifade ettiği gibi maliyet fonksiyonları belirli koşullar altında üretim fonksiyonuna benzerler. Maliyet fonksiyonunda yer alan parametreler de

üretim fonksiyonu ya da üretim süreci hakkındaki tüm bilgiyi içerir. Bu nedenle ekonometrik modeller, üretim fonksiyonu yerine maliyet fonksiyonundan da kurulabilir. Bazen analize başlandığında üretim fonksiyonundan önemli tanımlamaları elde etmek mümkün olmamaktadır. Bu önemli tanımlamaları elde etmek için üretim fonksiyonundansa maliyet fonksiyonundan başlamak daha uygun olur. Üretim fonksiyonlarının ekonometrik olarak tahmin edilmesinde eşanlı denklem sistemlerini kullanmak gerekir. Bu da eşanlı denklem sapması problemini ortaya çıkarır. Ancak fayda ya da maliyet fonksiyonlarının ilk türevinden talep eğrileri kolayca elde etmek daha kullanışlıdır. İşte bu nedenlerden dolayı bu çalışmada translog maliyet fonksiyonunun kullanılması tercih edilmiştir.

Translog maliyet fonksiyonu neoklasik dualite teorisinin standart sonuçlarını bulma imkanı sağlar. Bunlar girdiler arası ikame esneklikleri, faktör taleplerinin fiyat esneklikleri, Hicks nötr teknoloji değişim oranının ölçümüdür (Ray, 1982, s. 490). Dualite neoklasik iktisadın temelindedir. Çünkü neoklasik iktisatta kıtlık, bencillik ve rekabet temel kavramlardır. Neoklasik iktisadın temel hareket noktası rasyonel davranan bireydir. Bunun anlamı üreticilerin kar, tüketicilerin fayda maksimizasyonu peşinde koşmasıdır.

Translog maliyet fonksiyonu gerçek maliyet fonksiyonuna lokal (göreceli) bir yaklaşımdır. Bu nedenle, gerçek maliyet fonksiyonunda aranan içbükeylik özelliği göz ardı edilebilir (Chambers, 1988). İç bükeylik özelliği artan fırsat maliyetinden kaynaklanmaktadır. Ancak translog fonksiyonun, gerçek fonksiyona doğru bir yaklaşım sağlayabilmesi için içbükeylik göstermesi gerekir. Fonksiyonun bu şartı sağlayıp sağlamadığı, Allen-Uzawa esneklik matrisinin özdeğerleri yardımıyla belirlenir. Özdeğerlerin her bir gözlem için sıfır veya negatif olması gerekmektedir. Gözlemlerden birinin içbükeylik koşulunu ihlal etmesi, tanımlanan translog maliyet fonksiyonun gerçek maliyet fonksiyonunu temsil etme gücünü tartışmalı hale getirebilmektedir (Miran vd., 2016, s. 127).

Maliyetin en küçüklenebilmesi için, maliyet fonksiyonunun monotonik olması istenir. Diğer bir ifadeyle üretim arttığında girdi ikame oranlarının değişmeden kalması arzulanır. Bir maliyet fonksiyonunun monotonik olabilmesi için, girdi paylarının tamamının her gözlem için pozitif değere sahip olması gerekir (Fuller, Koç, Şengül ve Bayaner, 1999).

Ray'in (1982) makalesinde yer alan ve (4.9)'da verilen translog model ele alınsın.

$$\begin{aligned} \ln C = & \ln k + \sum_{i=1}^m a_i \ln q_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m d_{ij} \ln q_i \ln q_j + \sum_{r=1}^n b_r \ln w_r \\ & + \frac{1}{2} \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^n f_{rs} \ln w_r \ln w_s + \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^n g_{ir} \ln q_i \ln w_r + hT \end{aligned} \quad (4.9)$$

Burada  $C$  maliyet,  $q$  çıktı,  $w$  fiyat,  $T$  zamandır. (4.9) numaralı eşitlik ile ifade edilen translog model için girdi pay denklemleri;

$$s_i = b_i + f_{i1} \ln w_1 + \dots + f_{in} \ln w_n + g_{i1} \ln q_1 + \dots + g_{im} \ln q_m \quad (4.10)$$

şeklinindedir. Bu payların toplamı ise 1'e eşit olmak zorundadır.

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^n b_r &= 1 \\ \sum_{s=1}^n f_{sr} &= 0, \quad r = 1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^m g_{ir} &= 0 \end{aligned} \quad (4.11)$$

Aynı zamanda translog maliyet fonksiyonu homotetiktir. Eğer fonksiyon homotetik ise çıktı ve girdi fiyatları çarpılabilir şekilde yazılmalıdır. Yani  $C = C(q, w) = h(q).t(w)$  şeklinde yazılmalıdır.

Ayrıca denklem (4.12) ile ifade edilen çapraz fiyat esneklikleri Young teoremine göre simetrik olmalıdır.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{ii} &= \frac{f_{ii}}{s_i} + s_i - 1 \\ \varepsilon_{ij} &= \frac{f_{ij}}{s_i} + s_j \end{aligned} \quad (4.12)$$

$K$  ve  $L$  ile adlandırılan iki girdinin olduğu varsayılırsa Allen kısmi ikame esnekliği ( $\sigma_{ij}$ )  $K-L$  çapraz fiyat esnekliğinin  $L$  maliyet payına ( $s_j$ ) bölünmesi ile bulunur.

Morishima girdi ikame esnekliği ise (4.13) ile hesaplanır (Chambers, 1988).

$$\sigma_{ij}^M = \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj} \quad (4.13)$$

Uygulamalarda karşılaşılan diğer bir kavram ise ölçeğe göre sabit getiridir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı uygulamalarda kolaylık sağlar. Ölçeğe göre getiri ise fonksiyonun homojenlik derecesi ile belirlenir. Fonksiyonun homojenlik derecesi matematiksel bir özelliktir. Ekonomik olarak ise girdilerin belirli bir miktar artması

durumunda çıktının da aynı miktarda artmasını ifade etmektedir. Eğer ölçeğe göre sabit getiri durumu varsa (4.14) ile ifade edilen eşitliklerin sağlanması gerekmektedir.

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^m a_i &= 1 \\ \sum_{i=1}^m d_{ij} &= 0 \\ \sum_{r=1}^n g_{ir} &= 0\end{aligned}\quad (4.14)$$

Faktör fiyatlarına göre birinci dereceden homojenlik için (4.15)'deki eşitlikler sağlanmalıdır.

$$\begin{aligned}\sum_{r=1}^n b_r &= 1 \\ \sum_{s=1}^n f_{sr} &= 0 \quad (r = 1, 2, \dots, n) \\ \sum_{i=1}^m g_{ir} &= 0\end{aligned}\quad (4.15)$$

Eğer marjinal maliyeti yani ilave bir birim malın üretim maliyet bulunmak isteniyorsa

$$y_k = \partial \ln C / \partial \ln q_k = \left( \partial C / \partial q_k \right) \cdot \left( q_k / C \right) = p_k q_k / C \quad (4.16)$$

eşitliği kullanılır ve buradan (4.17) numaralı eşitlik ile ifade edilen gelir pay denklemleri elde edilebilir.

$$y_k = a_k + d_{k1} \ln q_1 + \dots + d_{km} \ln q_m + g_{k1} \ln w_1 + \dots + g_{kn} \ln w_n, \quad (k = 1, \dots, m) \quad (4.17)$$

## BÖLÜM V

### TAHMİN EDİCİLER

#### 5.1. Tahmin Edicilerin Tanımlanması

Bu bölümde çalışmada kullanılan tahmin ediciler hakkında bilgi verilecek ve yanlış tahmin edicilerin özelliklerinden bahsedilecektir.

Tahmin edilecek modelde çoklu iç ilişki problemi saptandığında En Küçük Kareler (EKK) yöntemi ile tahminde bulunmak hatalı sonuçlar elde etmeye neden olur. Bu nedenle geliştirilen yanlış fakat kararlı tahmin edicilerin kullanılması önerilmiştir. Çalışmada bu tahmin edicilerden GME tahmin edicisi, KGME tahmin edicisi, Ridge tahmin edicisi ile kısıtlı Ridge (KRidge) tahmin edicisi kullanılmıştır.

#### 5.2. Çalışmada Kullanılan Yanlış Tahmin Ediciler

##### 5.2.1. Genelleştirilmiş Maksimum Entropi (GME) Tahmin Edicisi

Bilim dünyasında çok önemli bir yere sahip olan entropinin Maksimum Entropi (ME) olarak gelişmesine katkı sağlayan ilk bilim adamı Shannon'dur (1948). Jaynes (1957a, 1957b) tarafından geliştirilen ME, inverse (ters) problemlerin çözmek amacı ile kullanılmaya başlanmış olup bütün olasılık dağılımları arasında ME'ye sahip dağılımı seçmeyi hedefler. Kullback ve Leibler (1951) ise ME yönteminin daha genel hali olan minimum çapraz entropi yöntemini geliştirmişlerdir. Son olarak 1996 yılında Golan, Judge ve Miller genel lineer modeller çerçevesinde ME yöntemini geliştirerek GME yöntemini önermişlerdir. Golan ve diğerleri (1996) çalışmalarının önsözünde GME yöntemini geliştirmeye ve bu yönteme karşı artan ve artacak olan ilginin Jaynes'in söylediği gibi "aslında iktisatta kötü sunumlu problemler bilinmiyor" cümlesine dayandırılabilirliğini belirtmişlerdir. GME, aralarında yüksek derecede iç ilişki olan ve bu nedenle geleneksel tahmin yöntemleri ile tahmin edildiğinde güvenilir sonuçlar elde edilmeyen açıklayıcı değişkenlerin arasındaki iktisadi ilişkiyi açıklamaya yardımcı olur (Fraser, 2000, s.45). Bu yöntemin ME yöntemine göre avantajı; ME yalnızca eksik sunumlu inverse problemleri çözmek amacı ile kullanılırken GME kötü koşullu inverse problemlerin çözümü için de kullanılabilir.

Klasik bir doğrusal regresyon modelinin matris formunda yazımı (5.1) eşitliği ile gösterilebilir.

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u} \quad (5.1)$$

Burada  $\mathbf{y} : N \times 1$  boyutlu açıklanan değişken gözlemler vektörünü,  $\mathbf{X} : N \times K$  boyutlu açıklayıcı değişken gözlemler matrisini,  $\boldsymbol{\beta} : K \times 1$  boyutlu bilinmeyen parametreler vektörünü ve  $\mathbf{u} : N \times 1$  boyutlu hata terimleri vektörünü göstermektedir.

Golan ve diğerleri (1996) (5.1) eşitliği ile ifade edilen klasik doğrusal regresyon modelini her bir bilinmeyen parametre ve her bir hata terimi için destek değerleri atayarak bu ifadeleri olasılık formunda yeniden parametrelendirmişlerdir. Bunun için  $\mathbf{p}$  ve  $\mathbf{w}$  ile gösterilen ve toplamaları bir olan rastgele değişkenleri kullanmışlardır.

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u} = \mathbf{XZ}\mathbf{p} + \mathbf{V}\mathbf{w} \quad (5.2)$$

Burada  $\mathbf{Z} : K \times KM$  boyutlu parametre destek matrisini,  $\mathbf{p} : KM \times 1$  boyutlu ağırlıklar vektörünü,  $\mathbf{V} : N \times NJ$  boyutlu destek noktaları matrisini ve  $\mathbf{w} : NJ \times 1$  boyutlu bilinmeyen ağırlıklar vektörünü göstermektedir.  $M$  kompakt destek kümesinin içerdiği destek değeridir. Her bir hata terimi için  $J \geq 2$  destek noktaları kümesi tanımlanır.

GME problemi olarak yeniden parametreleştirilmiş model (5.3) eşitliği ile ifade edildikten sonra  $\hat{\mathbf{p}}$  ve  $\hat{\mathbf{w}}$  tahmin edicilerini elde etmek için Lagrange fonksiyonu (5.4) eşitliği ile yazılabilir.

$$\max H(\mathbf{p}, \mathbf{w}) = -\mathbf{p}' \ln \mathbf{p} - \mathbf{w}' \ln \mathbf{w} \quad (5.3)$$

$$\begin{aligned} L = & -\mathbf{p}' \ln \mathbf{p} - \mathbf{w}' \ln \mathbf{w} + \lambda' (\mathbf{y} - \mathbf{XZ}\mathbf{p} - \mathbf{V}\mathbf{w}) + \gamma' \left( \mathbf{1}_K - \left[ \mathbf{I}_K \otimes \mathbf{1}_M' \right] \mathbf{p} \right) \\ & + \delta \left( \mathbf{1}_N - \left[ \mathbf{I}_N \otimes \mathbf{1}_J' \right] \mathbf{w} \right) \end{aligned} \quad (5.4)$$

Burada;

$$\begin{aligned} \mathbf{1}_K &= \left[ \mathbf{I}_K \otimes \mathbf{1}_M' \right] \mathbf{p} \\ \mathbf{1}_N &= \left[ \mathbf{I}_N \otimes \mathbf{1}_J' \right] \mathbf{w} \end{aligned} \quad (5.5)$$

şeklindedir. Burada  $\mathbf{1}'_M = [1, 1, \dots, 1]$  ve  $\mathbf{1}'_J = [1, 1, \dots, 1]$ 'dir.  $\otimes$  işareti Kronecker çarpımı ifade eder. Lagrange fonksiyonu çözüldüğünde (5.6) ile ifade edilen GME tahmin edicisi ve (5.7) ile ifade edilen hata terimi tahmin edicisi elde edilir.

$$\hat{p}_{km} = \frac{\exp\left(\sum_{t=1}^T \hat{\lambda}_t z_{km} x_{tk}\right)}{\sum_{m=1}^M \exp\left(\sum_{t=1}^T \hat{\lambda}_t z_{km} x_{tk}\right)} \quad (5.6)$$



$$\hat{w}_{ij} = \frac{\exp(-\hat{\lambda}_i v_{ij})}{\sum_{j=1}^J \exp(-\hat{\lambda}_i v_{ij})} \quad (5.7)$$

Ağırlık tahmin edicileri yerlerine yazıldığında,

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{GME} = \mathbf{Z}\hat{\mathbf{p}} \quad (5.8)$$

$$\hat{\mathbf{u}}_{GME} = \mathbf{V}\hat{\mathbf{w}} \quad (5.9)$$

GME tahmin edicilerine ulaşılır.

### 5.2.2. Kısıtlı Genelleştirilmiş Maksimum Entropi (KGME) Tahmin Edicisi

Translog maliyet fonksiyonunda, sağlanması gereken iktisadi kısıtlar vardır. Bu doğrusal kısıtların sağlanabilmesi için kullanılan tahmin edicinin kısıtlı formda yazılması gerekmektedir. Fonksiyonda rastgele olmayan kısıtlar  $\mathbf{r} = \mathbf{R}\boldsymbol{\beta}$  şeklindedir. Burada  $\mathbf{r} : s \times 1$  boyutlu vektör ve  $\mathbf{R} : s \times K$  boyutlu matristir.

Bu kısıtı sağlayan KGME tahmin edicisi GME tahmin edicisine  $\mathbf{r} = \mathbf{R}\boldsymbol{\beta}$  kısıtı eklenerek elde edilir ve ilgili kısıt ağırlıklar cinsinden

$$\mathbf{r} = \mathbf{R}\mathbf{Z}\mathbf{p} \quad (5.10)$$

Şeklinde yazılır. (5.3) ile belirtilen amaç fonksiyonu ve bilenen kısıtlar doğrultusunda Lagrange fonksiyonu

$$L = -\mathbf{p}' \ln \mathbf{p} - \mathbf{w}' \ln \mathbf{w} + \lambda' (\mathbf{y} - \mathbf{X}\mathbf{Z}\mathbf{p} - \mathbf{V}\mathbf{w}) + \gamma' \left[ \mathbf{1}_K - (\mathbf{I}_K \otimes \mathbf{1}_M') \mathbf{p} \right] + \delta' \left[ \mathbf{1}_N - (\mathbf{I}_N \otimes \mathbf{1}_J') \mathbf{w} \right] + \boldsymbol{\theta}' (\mathbf{r} - \mathbf{R}\mathbf{Z}\mathbf{p}) \quad (5.11)$$

şeklinde verilen eşitlikle yazılır. Lagrange fonksiyonu için çözüldüğünde, (5.12) ve (5.13) ile ifade edilen ağırlık tahmin edicileri elde edilir.

$$\hat{p}_{km} = \frac{\exp \left[ -z_{km} \left( X'_k \hat{\lambda} + \mathbf{R}' \hat{\boldsymbol{\theta}}_k \right) \right]}{\sum_{i=1}^M \exp \left[ -z_{km} \left( X'_k \hat{\lambda} + \mathbf{R}' \hat{\boldsymbol{\theta}}_k \right) \right]} \quad (5.12)$$

$$\hat{w}_{ij} = \frac{\exp \left( -v_{ijk} \hat{\lambda} \right)}{\sum_{j=1}^J \exp \left( -v_{ijk} \hat{\lambda} \right)} \quad (5.13)$$

Elde edilen ağırlık tahmin edicileri yerlerine yazıldığında,

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{KGME} = \mathbf{Z}\hat{\mathbf{p}}_{KGME} \quad (5.14)$$

$$\hat{\mathbf{u}}_{KGME} = \mathbf{V}\hat{\mathbf{w}}_{KGME} \quad (5.15)$$

KGME tahmin edicilerine ulaşılır.

### 5.2.3. Ridge Tahmin Edicisi

EKK yönteminin çoklu iç ilişki problemi olduğu durumlarda kullanılması elde edilen tahminlerin kararsız olmasına yol açar. Diğer bir ifade ile tahminler büyük varyanslı ve yanlış işaretli olur. Hoerl ve Kennard (1970) çoklu iç ilişki problemi olduğunda bu problemi gidermek için Ridge tahmin ediciyi önermişlerdir. Böylelikle yanlış fakat küçük varyanslı ve dolayısıyla küçük hata kareler ortalamasına (HKO) sahip tahmin ediciler elde edilir. Hoerl ve Kennard  $\mathbf{X}'\mathbf{X}$  matrisinin köşegen elemanlarına  $k > 0$  yanlışlık parametresini ekleyerek Ridge tahmin ediciyi (5.16) numaralı eşitlikte gösterildiği gibi tanımlamışlardır.

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{Ridge} = [\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I}]^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{y}; k \geq 0 \quad (5.16)$$

$k$  yanlışlık parametresi sıfıra eşit ya da büyük olmalıdır. Bu değerdeki en ufak artış yanlışlığı biraz arttırır fakat varyansı dolayısıyla HKO değerini önemli ölçüde azaltır.

(5.16) eşitliği ile ifade edilen Ridge tahmin edicisinin beklenen değeri, varyansı, yanlışlığı ve HKO değeri ve (5.17) ile (5.20) arasındaki eşitliklerde verildiği gibidir (Rao ve Toutenburg, 1999, s. 61).

$$1. E(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{Ridge}) = (\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \quad (5.17)$$

$$2. Var(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{Ridge}) = \sigma^2 (\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I})^{-1} \quad (5.18)$$

$$3. Bias(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{Ridge}) = E(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{Ridge}) - \boldsymbol{\beta} = -k (\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I})^{-1} \boldsymbol{\beta} \quad (5.19)$$

$$4. HKO(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{Ridge}) = tr[Var(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{Ridge})] + [Bias(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{Ridge})]' [Bias(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{Ridge})] \\ = \sigma^2 tr[(\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I})^{-1}] + k^2 \boldsymbol{\beta}' (\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I})^{-2} \boldsymbol{\beta} \quad (5.20)$$

Ridge tahmin edicide bulunan  $k$  yanlışlık parametresi seçimi için literatürde çeşitli öneriler bulunmaktadır. Bu önerilerden birkaçı aşağıda verilmiştir.

1. Grafikselsel bir yöntem olan Ridge Trace yani Ridge İzi yöntemi, Hoerl ve Kennard (1970) tarafından önerilmiştir. Grafikte, yatay ekseninde bulunan 0 ile 1 değerleri arasında değer alan  $k$  yanlışlık parametresine karşılık gelen  $\hat{\beta}_{Ridge}$  değerleri düşey ekseninde yer alır. Seçilen  $k$  değeri katsayı değerlerinin kararlı olmaya başladığı ilk değer olmalıdır.

2. Yine Hoerl ve Kennard (1970) tarafından önerilen bir diğer yöntem ise  $k_{HK}$  ile adlandırdıkları tahmin edicidir.

$$k_{HK} = \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\alpha}_{maks}^2} \quad (5.21)$$

Burada  $\hat{\sigma}^2$ , EKK yöntemi ile elde edilen hata varyansı tahmini,  $\hat{\alpha}_{maks}$  ise kanonik formda regresyon katsayısının en yüksek tahmin değeridir.

3. Hoerl, Kennard ve Baldwin (1975) ise

$$k_{HKB} = \frac{p\hat{\sigma}^2}{\hat{\beta}'\hat{\beta}} \quad (5.22)$$

şeklinde gösterilen eşitliği önermişlerdir. Burada  $\hat{\beta}$  parametrelerin EKK tahminidir.

#### 5.2.4. Kısıtlı Ridge Tahmin Edicisi

Çoklu iç ilişki problemi olduğunda kullanılan yanlı tahmin edicilerden biri olan Ridge tahmin edicisi çoklu iç ilişkinin etkilerini azaltır ancak translog maliyet fonksiyonunda sağlanması gereken  $\mathbf{r} = \mathbf{R}\hat{\beta}$  kısıtını sağlamayabilir. Bu kısıtı göz önünde bulunduran Gross (2003) kısıtlı ridge tahmin ediciyi (5.23) numaralı eşitlikte gösterildiği gibi tanımlamıştır.

$$\hat{\beta}_r(\mathbf{k}) = \hat{\beta}_{\text{Ridge}} - \mathbf{S}_k^{-1} \mathbf{R}' [\mathbf{R} \mathbf{S}_k^{-1} \mathbf{R}']^{-1} (\mathbf{R} \hat{\beta}_{\text{Ridge}} - \mathbf{r}) \quad (5.23)$$

Burada  $\mathbf{S}_k = \mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I}$  ve  $\mathbf{Q} = \mathbf{I}_k - \mathbf{R}'(\mathbf{R}\mathbf{R}')^{-1} \mathbf{R}$  dir.

Yanlılık parametresi  $0 \leq k \leq \frac{2\hat{\sigma}_{KEKK}^2}{\hat{\beta}'_{KEKK} \mathbf{Q} \hat{\beta}_{KEKK}}$  olarak değer alırsa KRidge tahmin

edicisinin HKO değeri KEKK tahmin edicisinin HKO değerinden daha küçük olur.

$\hat{\beta}_{KEKK}$ ; kısıtlı EKK (KEKK) tahmin edicisi olup (5.24) numaralı eşitlikte gösterildiği şekildedir.

$$\hat{\beta}_{KEKK} = \hat{\beta} - (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{R}' [\mathbf{R} (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{R}']^{-1} (\mathbf{R} \hat{\beta} - \mathbf{r}) \quad (5.24)$$

## BÖLÜM VI

### UYGULAMA

#### 6.1. Monte Carlo Yöntemi

Günümüzde sıklıkla kullanılan kelimelerden biri olan sistem, belirli girdiler ile bu girdilerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan çıktılar arasındaki ilişkiyi gösteren bir topluluktur. Bu sistemi çözümlenemeyebilmek için ise modelleme işlemine başvurulmaktadır. Birçok modelden biri olan matematiksel modeller yardımı ile incelenen sistem matematiksel olarak ifade edilebilmektedir. Farklı yaklaşımlar yardımı ile sistem ya da sistemdeki problemler belirlenebilmekte ve bundan hareketle sistemdeki problemler için çözüm teknikleri geliştirilebilmektedir. Bu çözüm tekniklerinden biri de son yıllarda sıklıkla kullanılan simülasyon yöntemidir.

Simülasyon, sözlük anlamıyla bir şeyin benzerini veya taklidini yapmak şeklinde ifade edilirken teknik anlamıyla gerçek bir sürecin ya da sistemin işletilmesinin zaman üzerinden taklidinin yapılması olarak söylenebilir. 20. yüzyıldan beri teknik anlamıyla kullanılan simülasyon, bir model geliştirilmesini gerekli kılar ve bu model için seçilmiş olan sürecin fonksiyonunun zamana bağlı olarak çalışmasını temsil eder.

Sarıaslan'ın (1986) ifadesine göre simülasyon için daha genel bir tanım yapmak istenirse, simülasyon; bir işletmenin veya sistemin davranışını belirten matematiksel modellerle bilgisayarda deneyler yapmak için kullanılan sayısal bir tekniktir. Yine Sarıaslan'ın (1986) ifadesine göre simülasyon, gerçeklere ve varsayımlara bağlı olarak belirsizlik koşulları altında seçenekleri değerlendirebilmek için gerçek karar vermeyi temsil eden ve bilgisayarda matematiksel bir model programlayan kantitatif bir yöntemdir.

İstatistiksel olarak olasılık dağılımlarından rasgele sayı üretme işlemini gerçekleştiren simülasyon; aslında rastgele değişkenlerin dağılımları bilinmesine rağmen istenilen olasılıkların veya test istatistiklerinin hesaplanması zor olan veya yapılan varsayımların gerçek hayatta sağlanamaması sorununa sahip olan durumlarda, istenilen olasılıkların hesaplanmasını sağlayan bir yöntemdir. Geçmiş yıllarda simülasyonun bir şans oyunu olarak görülmesinin aksine şans oyunu oyuncularının bir faaliyet sonucu modelin nasıl davranış gösterdiğini gözlemlerken simülasyon ise modeli kontrol altında tutarak çalıştırmaya imkan sağlar.

Çok uzun süren işlemler sonucunda elde edilebilecek sonuçları çok kısa sürede ve maliyeti düşük bir şekilde elde etme, büyük karmaşık problemlerin kolayca çözümünü elde etme, istenilen zamanda durdurulup istenilen zamanda çalıştırılabilme açılarından çok avantajlı ve kullanışlı bir teknik olan simülasyonun çeşitli yöntemleri mevcuttur. Monte Carlo simülasyonu bu yöntemlerden biridir.

Monte Carlo yöntemi deneysel ve istatistiksel problemlerin çözümüne rastgele sayılarla yaklaşımlara verilen genel bir isimdir (Hançerlioğulları, 2006, s. 546).

Polonyalı bir matematikçi olan Stanislav Ulam tarafından önerilen Monte Carlo yöntemi için ilk gerçek hesaplama Yunan kökenli Amerikalı bir fizikçi olan Nicholas Metropolis (1915-1999) tarafından 1948 yılında kurulan dünyanın ilk elektronik dijital bilgisayarında yapılmış ve bu yöntem Los Alamos laboratuvarlarında John Von Neumann ve Stanislav Ulam'ın yapmış olduğu çalışmalar ile Monte Carlo simülasyonu adını almıştır.

Monte Carlo simülasyonu kullanım amaçları maddeler halinde sıralanabilir (Mooney, 1997, s. 3):

1. Matematiksel teori ve istatistikleri kullanarak çıkarım yapmak
2. Çeşitli makul koşullar altında sıfır hipotezini test etmek (Hipotezlerin doğruluğunu test etmek)
3. Varsayımların ihlali durumlarında parametrik çıkarımların sağlamlığını değerlendirmek (Modellerin denenmesi aşamasında sağlanması beklenen varsayımların sağlanmaması durumunda, sonuçların ne denli doğru olduğunu değerlendirmek)
4. Tahmin yöntemlerinin kalitesini değerlendirmek
5. İki ya da daha fazla sayıdaki tahmin edicinin özelliklerini karşılaştırmak

Bu çalışmada tahmin edicileri karşılaştırma amacıyla Monte Carlo yöntemine başvurulmuştur.

Güler'in de ifade ettiği gibi (2006) Monte Carlo yöntemi olasılık teorisindeki büyük sayılar yasasına dayanır. Büyük sayılar yasası  $X_1, X_2, \dots, X_N$  bağımsız ve  $\mu$  ortalamalı  $\sigma^2 < \infty$  varyanslı rastgele değişkenler ise

$$\bar{X}_n = \frac{1}{n}(X_1 + X_2 + \dots + X_n) \quad (6.1)$$

eşitliği ile ifade edilen örnek ortalamasının  $n \rightarrow \infty$  için  $\bar{X}_n \rightarrow \mu$  şeklinde beklenen değere yakınsadığını ifade eder. Bu yasa uzun vadede yani örnek çapı arttıkça gözlemlerin ortalamasının beklenen değere yakınsayacağını söyler. İşte bu kural Monte

Carlo yönteminin temelini oluşturmaktadır. Monte Carlo yönteminde örneklem büyüklüğünü arttırdığımızda Monte Carlo tahmin edicisinin beklenen değeri gerçek yığın ortalaması değerine yakınsayacaktır.

## 6.2. Veri Üretim Süreci ve Karşılaştırma Kriterleri

Bu çalışmada farklı sayıda değişken içeren iki model kullanılmıştır. İlk olarak Mancuso ve Reverberi (2003) çalışmasında yer alan İtalya demir yolu servisi ile ilgili yedi girdiden oluşan ve Model 1 olarak adlandırılan translog maliyet fonksiyonu kullanılmıştır. Model 1 (6.8) nolu eşitlikte ifade edildiği gibidir. Daha sonra üç girdiden oluşan, Model 2 olarak adlandırılan ve (6.10) ile gösterilen translog maliyet fonksiyonu kullanılmıştır. Böylelikle değişken sayısı arttıkça çoklu iç ilişkinin etkisi incelenecektir.

Monte Carlo deneyinde Model 1 için sırasıyla  $n=50$  ve  $n=100$  şeklinde farklı gözlem değerleri kullanılmıştır. Model 2 için ise  $n=50$  seçilmiştir. Böylece örneklem büyüklüğünün modelin parametre tahminlerine etkisi incelenecektir.

$$\begin{aligned}
\ln CV = & \alpha_0 + \alpha_L \ln P_L + \alpha_E \ln P_E + \alpha_F \ln P_F + \beta_Y \ln Y + \beta_Q \ln Q + \gamma_T \ln T + \delta_K \ln K \\
& + \frac{1}{2} \alpha_{LL} (\ln P_L)^2 + \alpha_{LE} \ln P_L \ln P_E + \alpha_{LF} \ln P_L \ln P_F + \frac{1}{2} \alpha_{EE} (\ln P_E)^2 \\
& + \alpha_{EF} \ln P_E \ln P_F + \frac{1}{2} \alpha_{FF} (\ln P_F)^2 + \theta_{LY} \ln P_L \ln Y + \theta_{EY} \ln P_E \ln Y \\
& + \theta_{FY} \ln P_F \ln Y + \lambda_{LQ} \ln P_L \ln Q + \lambda_{EQ} \ln P_E \ln Q + \lambda_{FQ} \ln P_F \ln Q \\
& + \rho_{LT} \ln P_L \ln T + \rho_{ET} \ln P_E \ln T + \rho_{FT} \ln P_F \ln T + \eta_{LK} \ln P_L \ln K \\
& + \eta_{EK} \ln P_E \ln K + \eta_{FK} \ln P_F \ln K + \frac{1}{2} \beta_{YY} (\ln Y)^2 + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q)^2 \\
& + \frac{1}{2} \gamma_{TT} (\ln T)^2 + \frac{1}{2} \delta_{KK} (\ln K)^2 + \tau_{YT} \ln T \ln Y + \mu_{YK} \ln Y \ln K + \psi_{YQ} \ln Y \ln Q \\
& + \omega_{QT} \ln T \ln Q + \pi_{QK} \ln Q \ln K + \lambda_{TK} \ln T \ln K + \varepsilon
\end{aligned} \tag{6.8}$$

Modelde yer alan değişkenler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$Y$  : yolcu başına kilometre

$Q$  : ton kilometre

$P_L$  : işgücü fiyatı

$P_E$  : ekipman fiyatı

$P_F$  : yakıt fiyatı

$T$  : teknoloji

$K$  : sermaye

İktisat teorisi doğrultusunda çalışmada kullanılan maliyet fonksiyonun faktör fiyatlarına göre birinci dereceden homojenliği için (6.9)'daki eşitlik kısıtlarına yer verilmiştir.  $\mathbf{r} = \mathbf{R}\boldsymbol{\beta}$  eşitliğinde yer alan  $\mathbf{r}$  ve  $\mathbf{R}$  (6.9) nolu eşitliklerle ifade edilen bu kısıtlarla oluşturulmuştur.

$$\begin{aligned}
 \alpha_L + \alpha_E + \alpha_F &= 1 \\
 \alpha_{LL} + \alpha_{LE} + \alpha_{LF} &= 0 \\
 \alpha_{EE} + \alpha_{EL} + \alpha_{EF} &= 0 \\
 \alpha_{FF} + \alpha_{FL} + \alpha_{FE} &= 0 \\
 \theta_{LY} + \theta_{EY} + \theta_{FY} &= 0 \\
 \lambda_{LQ} + \lambda_{EQ} + \lambda_{FQ} &= 0 \\
 \eta_{LK} + \eta_{EK} + \eta_{FK} &= 0 \\
 \rho_{LT} + \rho_{ET} + \rho_{FT} &= 0
 \end{aligned} \tag{6.9}$$

Modelin parametrelerinin tahmininde EKK, KEKK, Ridge, Kısıtlı Ridge, GME ve KGME tahmin edicilerinin performansları HKO bazında bir Monte Carlo deneyi ile karşılaştırılmıştır. Modelde yer alan değişkenler ve Mancuso ve Reverberi'nin (2003) çalışmasında kullanılan parametre değerlerine benzer değer atamaları yapılarak oluşturulan yeni parametre değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Parametre değerleri Mancuso ve Reverberi'nin çalışmasındaki değerlerin işaretlerine ve (6.9)'da verilen iktisadi kısıtların sağlanmasına uygun olacak şekilde seçilmiştir.

Tablo 1.

*Model 1'de Yer Alan Değişkenler ve Parametre Değerleri*

Değişken	Parametre	Katsayı
Sabit	$\alpha_0$	2
$P_L$	$\alpha_L$	0,6
$P_E$	$\alpha_E$	0,25
$P_F$	$\alpha_F$	0,15
$Y$	$\beta_Y$	0,75
$Q$	$\beta_Q$	0,48
$T$	$\gamma_T$	-1,25

(Tablo 1'in devamı)

$K$	$\delta_K$	-0,6
$P_L^2$	$\alpha_{LL}$	0,55
$P_L \times P_E$	$\alpha_{LE}$	-0,4
$P_L \times P_F$	$\alpha_{LF}$	-0,15
$P_E^2$	$\alpha_{EE}$	0,45
$P_E \times P_F$	$\alpha_{EF}$	-0,05
$P_F^2$	$\alpha_{FF}$	0,2
$Y \times P_L$	$\theta_{LY}$	-0,3
$Y \times P_E$	$\theta_{EY}$	0,45
$Y \times P_F$	$\theta_{FY}$	-0,15
$Q \times P_L$	$\lambda_{LQ}$	-0,27
$Q \times P_E$	$\lambda_{EQ}$	0,45
$Q \times P_F$	$\lambda_{FQ}$	-0,18
$P_L \times T$	$\rho_{LT}$	-0,15
$P_E \times T$	$\rho_{ET}$	0,35
$P_F \times T$	$\rho_{FT}$	-0,2
$P_L \times K$	$\eta_{LK}$	1,65
$P_E \times K$	$\eta_{EK}$	-2,55
$P_F \times K$	$\eta_{FK}$	0,9
$Y^2$	$\beta_{YY}$	2,75
$Q^2$	$\beta_{QQ}$	0,9
$T^2$	$\gamma_{TT}$	-2,5
$K^2$	$\delta_{KK}$	-2,1
$Y \times T$	$\tau_{YT}$	0,95
$Y \times K$	$\mu_{YK}$	-2,75
$Y \times Q$	$\psi_{YQ}$	0,4
$Q \times T$	$\omega_{QT}$	-1,5
$Q \times K$	$\pi_{QK}$	2,5
$T \times K$	$\lambda_{TK}$	1,5

$$\ln CV = \alpha_0 + \alpha_L \ln P_L + \alpha_E \ln P_E + \alpha_F \ln P_F + \frac{1}{2} \alpha_{LL} (\ln P_L)^2 + \alpha_{LE} \ln P_L \ln P_E$$

$$+ \alpha_{LF} \ln P_L \ln P_F + \frac{1}{2} \alpha_{EE} (\ln P_E)^2 + \alpha_{EF} \ln P_E \ln P_F + \frac{1}{2} \alpha_{FF} (\ln P_F)^2 \quad (6.10)$$



Model 2 için iktisat teorisi doğrultusunda  $\mathbf{r} = \mathbf{R}\boldsymbol{\beta}$  eşitliğinde yer alan  $\mathbf{r}$  ve  $\mathbf{R}$  (6.11) nolu eşitliklerle ifade edilen aşağıdaki kısıtlar oluşturulmuştur.

$$\begin{aligned}\alpha_L + \alpha_E + \alpha_F &= 1 \\ \alpha_{LL} + \alpha_{LE} + \alpha_{LF} &= 0 \\ \alpha_{EE} + \alpha_{EL} + \alpha_{EF} &= 0 \\ \alpha_{FF} + \alpha_{FL} + \alpha_{FE} &= 0\end{aligned}\tag{6.11}$$

Model 2’de yer alan değişkenler ve parametre değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2.

*Model 2’de Yer Alan Değişkenler ve Parametre Değerleri*

Değişken	Parametre	Katsayı
Sabit	$\alpha_0$	2
$P_L$	$\alpha_L$	0,6
$P_E$	$\alpha_E$	0,25
$P_F$	$\alpha_F$	0,15
$P_L^2$	$\alpha_{LL}$	0,55
$P_L \times P_E$	$\alpha_{LE}$	-0,4
$P_L \times P_F$	$\alpha_{LF}$	-0,15
$P_E^2$	$\alpha_{EE}$	0,45
$P_E \times P_F$	$\alpha_{EF}$	-0,05
$P_F^2$	$\alpha_{FF}$	0,2

GME ve KGME tahmin ediciler için Tablo 3’ten Tablo 9’a kadar verilen farklı destek matrisleri kullanılarak destek matrisinin etkisi de incelenmiştir. Burada  $\hat{\beta}$ ,  $s_{\hat{\beta}}$  ve  $\hat{\sigma}$  sırasıyla EKK tahminlerini, EKK tahminlerinin standart hatalarını ve hata varyansının EKK tahminini;  $\hat{\beta}_K$ ,  $s_{\hat{\beta}_K}$  ve  $s_y$  sırasıyla KEKK tahminlerini, KEKK tahminlerinin standart hatalarını ve bağımlı değişkenin örneklem standart sapmasını göstermektedir.

Parametre desteklerinin öncelikli belirlenmesi önsel bilgiye ya da iktisat teorisine dayanır. Her bir parametre ya da hata terimi için en küçük ve en büyük değerleri belirlemek kolay bir iş değildir, çünkü iktisat teorisi genellikle bu bilgiyi sağlamayabilir.

Bir parametre için doğru önsel bilgi olmadığında, parametre destekleri sıfır orta değer olacak şekilde geniş tutulur (Akdeniz ve Çabuk, 2007, s. 4).

Öncelikle GME ve KGME tahmin edicilerinin parametre ve hata destek matrisleri belirlenirken Pukelsheim (1994) tarafından önerilen üç sigma kuralı uygulanmıştır. Daha sonra destek matrisleri daha geniş veya daha dar olursa sonuçlarını nasıl etkileyeceğini görmek adına destek matrisleri çeşitli aralıklarda seçilmiştir.

Tablo 3.

*Model 1’de GME ve KGME için Destek Matrisleri (n = 50,  $\sigma = 10$  ve  $\sigma = 1$ )*

	Z	V
GME1	$[\hat{\beta} - 3s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} - 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} \quad \hat{\beta} + 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} + 3s_{\hat{\beta}}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME2	$[\beta - 3s_{\beta} \quad \beta - 1,5s_{\beta} \quad \beta \quad \beta + 1,5s_{\beta} \quad \beta + 3s_{\beta}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME3	$[-3 \quad -1,5 \quad 0 \quad 1,5 \quad 3]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
KGME1	$[\hat{\beta}_K - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K \quad \hat{\beta}_K + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME2	$[\beta - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta \quad \beta + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME3	$[-3 \quad -1,5 \quad 0 \quad 1,5 \quad 3]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$

Tablo 4.

*Model 1’de GME ve KGME için Destek Matrisleri (n = 50,  $\sigma = 0,5$ )*

	Z	V
GME1	$[\hat{\beta} - 3s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} - 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} \quad \hat{\beta} + 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} + 3s_{\hat{\beta}}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME2	$[\beta - 3s_{\beta} \quad \beta - 1,5s_{\beta} \quad \beta \quad \beta + 1,5s_{\beta} \quad \beta + 3s_{\beta}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME3	$[-5 \quad -2,5 \quad 0 \quad 2,5 \quad 5]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
KGME1	$[\hat{\beta}_K - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K \quad \hat{\beta}_K + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME2	$[\beta - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta \quad \beta + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME3	$[-5 \quad -2,5 \quad 0 \quad 2,5 \quad 5]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$

Tablo 5.

*Model 1'de GME ve KGME için Destek Matrisleri (n = 100, σ = 10)*

	Z	V
GME1	$[\hat{\beta} - 3s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} - 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} \quad \hat{\beta} + 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} + 3s_{\hat{\beta}}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME2	$[\beta - 3s_{\hat{\beta}} \quad \beta - 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \beta \quad \beta + 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \beta + 3s_{\hat{\beta}}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME3	$[-8 \quad -4 \quad 0 \quad 4 \quad 8]$	$[-8\hat{\sigma} \quad -4\hat{\sigma} \quad 0 \quad 4\hat{\sigma} \quad 8\hat{\sigma}]$
KGME1	$[\hat{\beta}_K - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K \quad \hat{\beta}_K + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME2	$[\beta - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta \quad \beta + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME3	$[-8 \quad -4 \quad 0 \quad 4 \quad 8]$	$[-8\hat{\sigma} \quad -4\hat{\sigma} \quad 0 \quad 4\hat{\sigma} \quad 8\hat{\sigma}]$

Tablo 6.

*Model 1'de GME ve KGME için Destek Matrisleri (n = 100, σ = 1)*

	Z	V
GME1	$[\hat{\beta} - 3s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} - 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} \quad \hat{\beta} + 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} + 3s_{\hat{\beta}}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME2	$[\beta - 7s_{\hat{\beta}} \quad \beta - 3,5s_{\hat{\beta}} \quad \beta \quad \beta + 3,5s_{\hat{\beta}} \quad \beta + 7s_{\hat{\beta}}]$	$[-5\hat{\sigma} \quad -2,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 2,5\hat{\sigma} \quad 5\hat{\sigma}]$
GME3	$[-3 \quad -1,5 \quad 0 \quad 2,5 \quad 5]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
KGME1	$[\hat{\beta}_K - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K \quad \hat{\beta}_K + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME2	$[\beta - 7s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta - 3,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta \quad \beta + 3,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta + 7s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-5s_y \quad -2,5s_y \quad 0 \quad 2,5s_y \quad 5s_y]$
KGME3	$[-3 \quad -1,5 \quad 0 \quad 1,5 \quad 3]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$

Tablo 7.

*Model 1'de GME ve KGME için Destek Matrisleri (n=100, σ = 0,5)*

	Z	V
GME1	$[\hat{\beta} - 3s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} - 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} \quad \hat{\beta} + 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} + 3s_{\hat{\beta}}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME2	$[\beta - 9s_{\hat{\beta}} \quad \beta - 4,5s_{\hat{\beta}} \quad \beta \quad \beta + 4,5s_{\hat{\beta}} \quad \beta + 9s_{\hat{\beta}}]$	$[-8\hat{\sigma} \quad -4\hat{\sigma} \quad 0 \quad 4\hat{\sigma} \quad 8\hat{\sigma}]$
GME3	$[-3 \quad -1,5 \quad 0 \quad 2,5 \quad 5]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
KGME1	$[\hat{\beta}_K - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K \quad \hat{\beta}_K + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME2	$[\beta - 9s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta - 4,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta \quad \beta + 4,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta + 9s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-8s_y \quad -4s_y \quad 0 \quad 4s_y \quad 8s_y]$
KGME3	$[-3 \quad -1,5 \quad 0 \quad 1,5 \quad 3]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$

Tablo 8.

*Model 2’de GME ve KGME için Destek Matrisleri ( $\sigma = 10$ )*

	Z	V
GME1	$[\hat{\beta} - 3s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} - 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} \quad \hat{\beta} + 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} + 3s_{\hat{\beta}}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME2	$[\beta - 3s_{\hat{\beta}} \quad \beta - 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \beta \quad \beta + 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \beta + 3s_{\hat{\beta}}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME3	$[-4 \quad -2 \quad 0 \quad 2 \quad 4]$	$[-4\hat{\sigma} \quad -2\hat{\sigma} \quad 0 \quad 2\hat{\sigma} \quad 4\hat{\sigma}]$
KGME1	$[\hat{\beta}_K - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K \quad \hat{\beta}_K + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME2	$[\beta - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta \quad \beta + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME3	$[-4 \quad -2 \quad 0 \quad 2 \quad 4]$	$[-4\hat{\sigma} \quad -2\hat{\sigma} \quad 0 \quad 2\hat{\sigma} \quad 4\hat{\sigma}]$

Tablo 9.

*Model 2’de GME ve KGME için Destek Matrisleri ( $\sigma = 1$  ve  $\sigma = 0,5$ )*

	Z	V
GME1	$[\hat{\beta} - 3s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} - 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} \quad \hat{\beta} + 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \hat{\beta} + 3s_{\hat{\beta}}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME2	$[\beta - 3s_{\hat{\beta}} \quad \beta - 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \beta \quad \beta + 1,5s_{\hat{\beta}} \quad \beta + 3s_{\hat{\beta}}]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
GME3	$[-3 \quad -1,5 \quad 0 \quad 1,5 \quad 3]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$
KGME1	$[\hat{\beta}_K - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K \quad \hat{\beta}_K + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \hat{\beta}_K + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME2	$[\beta - 3s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta - 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta \quad \beta + 1,5s_{\hat{\beta}_K} \quad \beta + 3s_{\hat{\beta}_K}]$	$[-3s_y \quad -1,5s_y \quad 0 \quad 1,5s_y \quad 3s_y]$
KGME3	$[-3 \quad -1,5 \quad 0 \quad 1,5 \quad 3]$	$[-3\hat{\sigma} \quad -1,5\hat{\sigma} \quad 0 \quad 1,5\hat{\sigma} \quad 3\hat{\sigma}]$

Deneyde kullanılan açıklayıcı değişkenler ortalamaları 0 ve varyansları sırasıyla 2, 3, 4, 9, 3 ve 10 olan çok değişkenli normal dağılımdan üretilmiştir. Bu değişkenler arasındaki korelasyonlar ise  $\rho$  ile belirlenmiştir. Çalışmada çoklu iç ilişkinin etkisini gözlemleyebilmek adına  $\rho = 0, 0,5, 0,9, 0,99$  değerleri kullanılmıştır. Üretilen bu değişkenler ve çapraz çarpımları kullanılarak  $X$  matrisi oluşturulmuş ve bu matris tüm denemeler boyunca sabit tutulmuştur. Farklı  $\rho$  değerleri için elde edilen koşul sayıları  $KS = \sqrt{\eta_{\max}/\eta_{\min}}$  ile hesaplanmış olup tablolarda gösterilmiştir. Burada  $\eta_{\max}$  ve  $\eta_{\min}$ ,  $X'X$  matrisinin sırasıyla en büyük ve en küçük özdeğerleridir.

Her bir deneme için hata terimleri  $\varepsilon$ , ortalaması 0 ve varyansı  $\sigma^2$  olan normal dağılımdan üretilmiştir. Hata varyansının etkisini gözlemleyebilmek adına  $\sigma = 0,5, 1, 10$

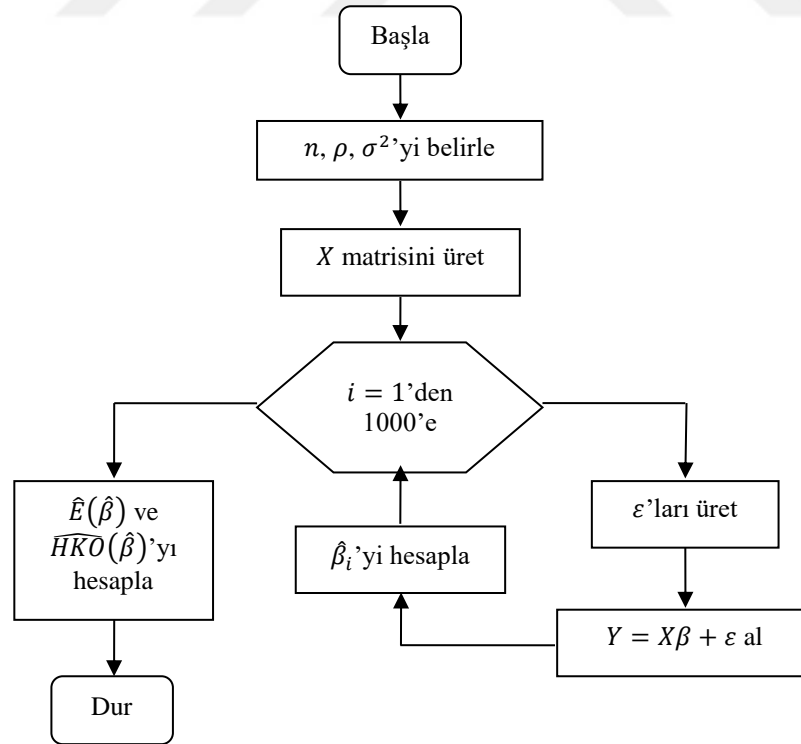
olarak seçilmiştir. Bu hata terimleri,  $\mathbf{X}$  matrisi ve parametre vektörü kullanılarak her bir deneme için bağımlı değişkenin aldığı değerler  $\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$  ile üretilmiştir. Ardından bu değerler kullanılarak her bir denemede ilgili tahmin edicinin aldığı değerler hesaplanmıştır. Tahmin edicilerin örnekleme dağılımlarını tahmin etmek için bu işlem 1000 defa uygulanmıştır. Ardından her bir tahmin edicinin ortalama normu ve HKO değeri sırasıyla

$$norm(\hat{\boldsymbol{\beta}}) = \frac{1}{1000} \sum_{i=1}^{1000} \hat{\boldsymbol{\beta}}_i \boldsymbol{\beta}'_i \quad (6.10)$$

ve

$$HKO(\hat{\boldsymbol{\beta}}) = \frac{1}{1000} \sum_{i=1}^{1000} (\hat{\boldsymbol{\beta}}_i - \boldsymbol{\beta})' (\hat{\boldsymbol{\beta}}_i - \boldsymbol{\beta}) \quad (6.11)$$

eşitlikleri ile tahmin edilerek tablolar halinde verilmiştir. Burada  $\boldsymbol{\beta}'_i$ ,  $i$ -inci tekrardan elde edilen tahmin vektörü,  $\boldsymbol{\beta}$  ise tablolarda verilen gerçek parametre vektörüdür. Yukarıda tanımlanan Monte Carlo deneyin akış şeması Şekil 1'de verildiği gibidir. Şekil 1'de özetlenen Monte Carlo deneyi Model 1 ve Model 2 için farklı  $n$ ,  $\rho$  ve  $\sigma^2$  değerleriyle tekrarlanmış ve sonuçlar Tablo 10 – Tablo 27'de özetlenmiştir.



Şekil 1. Monte Carlo deneyi akış şeması

### 6.3. Bulgular

Tablo 10.

*Model 1 için HKO Tahminleri (n = 50,  $\sigma = 0,5$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	0,389	0,551	5,709	359,341
<b>KEKK</b>	0,198	0,277	2,816	175,405
<b>Ridge</b>	0,408	0,506	3,032	46,230
<b>KRidge</b>	0,330	0,342	2,168	15,318
<b>GME1</b>	0,389	0,551	5,709	359,352
<b>GME2</b>	0,124	0,161	1,399	85,189
<b>GME3</b>	0,421	0,499	2,962	17,043
<b>KGME1</b>	0,198	0,277	2,816	175,405
<b>KGME2</b>	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$
<b>KGME3</b>	38,688	39,131	39,557	39,549
<b>KS</b>	7357,742	6689,662	25019,213	203231,120

Tablo 11.

*Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu (n = 50,  $\sigma = 0,5$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	42,786	42,979	48,081	400,639
<b>KEKK</b>	42,656	42,703	45,163	216,706
<b>Ridge</b>	41,778	41,995	40,841	71,530
<b>KRidge</b>	40,966	40,896	36,454	31,470
<b>GME1</b>	42,785	42,979	48,081	400,661
<b>GME2</b>	42,538	42,588	43,790	127,156
<b>GME3</b>	41,469	41,632	38,509	24,534
<b>KGME1</b>	42,656	42,703	45,163	216,706
<b>KGME2</b>	42,458	42,458	42,458	42,458
<b>KGME3</b>	2,115	2,123	2,141	2,197
<b>KS</b>	7357,742	6689,662	25019,213	203231,120

Tablo 10'da ve Tablo 11'de  $\sigma = 0,5$  olan durum için sırasıyla parametre tahminlerinin HKO tahminleri ve ortalama normları verilmektedir. Burada açıklayıcı değişkenler ilişkisiz bir şekilde üretilseler de ( $\rho = 0$ ) modele çapraz çarpımlar ve kareler eklendiğinde koşul sayısının (KS) 7357,74'e çıktığı ve  $X$  matrisindeki çoklu iç ilişkinin arttığı görülmektedir. Bu sonuç parametre tahmininde yanlı tahmin edici kullanılması gerektiği anlamına gelmektedir.

Dikkat edilecek ilk husus korelasyon değerleri sırasıyla arttırıldığında ve çoklu iç ilişkinin derecesi en yüksek düzeye çıktığında ( $\rho = 0,99$ ) KS değerinin oldukça arttığıdır. Dikkat edilecek diğer nokta hem hata varyansı düşük olduğu hem de çoklu iç ilişkinin derecesi yüksek olmadığı için HKO'ların düşük çıkmasıdır. Çoklu iç ilişkinin derecesi arttıkça yani sırasıyla  $\rho$  değerleri arttırıldıkça HKO değerlerinin de yükseldiği gözlemlenmektedir. Öte yandan KGME3 hariç kısıtlı tahmin edicilerin kısıtlı olmayanlardan daha düşük HKO'lara sahip olduğu da göze çarpmaktadır.

Tahmin ediciler birbirleriyle karşılaştırıldığında en iyi tahmin edicilerin KGME2 ve GME2 tahmin ediciler olduğu görülmektedir. Bu tahmin ediciler KGME1, GME1, KGME3 ve GME3'ten daha iyi sonuç vermiştir. Destek matrislerinin orta noktaları gerçek parametreler olan KGME2 ve GME2'nin, KGME1, GME1, KGME3 ve GME3'ten daha iyi performans vermesi, GME tahmin ediciler için destek matrisi seçiminin önemini göstermektedir. Dikkat çeken bir diğer nokta ise KGME1 tahminlerinin KEKK tahminlerine, GME1 tahminlerinin de EKK tahminlerine oldukça yakın olmasıdır.

Daha sonra  $\sigma = 1$  alınmış, sırasıyla parametre tahminlerinin HKO tahminleri ve ortalama normları Tablo 12 ve Tablo 13'de sunulmuştur.

Son olarak  $\sigma = 10$  alınmış, sırasıyla parametre tahminlerinin HKO tahminleri ve ortalama normları Tablo 14 ve Tablo 15'te sunulmuştur.

Tablo 12.

*Model 1 için HKO Tahminleri (n = 50,  $\sigma = 1$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	1,557	2,203	22,836	1437,363
<b>KEKK</b>	0,793	1,106	11,263	701,621
<b>Ridge</b>	1,465	1,685	7,495	158,737
<b>KRidge</b>	1,398	1,479	5,846	29,624
<b>GME1</b>	1,557	2,203	22,835	1437,408
<b>GME2</b>	0,209	0,274	2,326	143,746
<b>GME3</b>	1,500	1,634	7,062	21,287
<b>KGME1</b>	0,793	1,106	11,263	701,621
<b>KGME2</b>	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$
<b>KGME3</b>	38,688	39,131	39,557	39,549
<b>KS</b>	7357,742	6689,662	25019,213	203231,120

Tablo 13.

*Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu (n = 50,  $\sigma = 1$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	43,893	44,603	65,122	1477,502
<b>KEKK</b>	43,252	43,501	53,499	741,764
<b>Ridge</b>	40,896	41,030	39,856	183,346
<b>KRidge</b>	39,166	38,425	31,469	44,356
<b>GME1</b>	43,892	44,602	65,122	1477,568
<b>GME2</b>	42,609	42,684	44,672	185,563
<b>GME3</b>	40,304	39,997	34,027	20,357
<b>KGME1</b>	43,252	43,501	53,499	741,764
<b>KGME2</b>	42,458	42,458	42,458	42,458
<b>KGME3</b>	2,115	2,123	2,141	2,197
<b>KS</b>	7357,742	6689,662	25019,213	203231,120



Tablo 14.

*Model 1 için HKO Tahminleri (n = 50,  $\sigma = 10$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	155,690	220,338	2283,646	143736,340
<b>KEKK</b>	79,297	110,615	1126,294	70162,096
<b>Ridge</b>	20,606	30,953	266,984	14960,360
<b>KRidge</b>	9,500	12,929	46,991	1814,020
<b>GME1</b>	155,729	220,314	2283,457	143740,805
<b>GME2</b>	20,924	27,446	232,568	14374,611
<b>GME3</b>	11,728	16,166	26,210	32,180
<b>KGME1</b>	79,297	110,615	1126,294	70162,096
<b>KGME2</b>	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	0,006	0,703
<b>KGME3</b>	38,688	39,132	39,557	39,549
<b>KS</b>	7357,742	6689,662	25019,213	203231,120

Tablo 15.

*Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu (n = 50,  $\sigma = 10$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	196,929	262,214	2324,384	143755,612
<b>KEKK</b>	121,768	152,447	1166,539	70181,408
<b>Ridge</b>	49,778	56,213	290,444	14985,320
<b>KRidge</b>	33,426	30,563	58,011	1825,921
<b>GME1</b>	196,959	262,190	2324,216	143760,288
<b>GME2</b>	62,800	69,427	273,908	14410,658
<b>GME3</b>	30,846	25,387	15,221	11,463
<b>KGME1</b>	121,768	152,447	1166,539	70181,408
<b>KGME2</b>	42,458	42,458	42,470	43,180
<b>KGME3</b>	2,115	2,123	2,141	2,197
<b>KS</b>	7357,742	6689,662	25019,213	203231,120

$\sigma$  değerleri artırılrsa da KS bundan etkilenmemektedir. Ancak HKO tahminlerinin artışı göze çarpmaktadır. Tablo 10'da ki duruma benzer olarak KGME3 hariç kısıtlı tahmin edicilerin HKO değerlerinin kısıtsız tahmin edicilerin HKO değerlerinden daha küçük çıkması Tablo 12'den de anlaşılmaktadır. Tahmin ediciler birbirleriyle karşılaştırıldığında en iyi tahmin edicinin KGME2 olduğu görülmektedir. Bu tahmin ediciler KGME1, GME1, KGME3 ve GME3'ten daha iyi sonuç vermiştir.

$\sigma = 10$  alındığında HKO değerlerinin arttığı Tablo 14'den anlaşılmaktadır. Ancak hala KGME2 diğer tahmin edicilerden daha iyi sonuç vermektedir. KGME3 hariç kısıtlı tahmin edicilerin HKO değerlerinin kısıtsız tahmin edicilerin HKO değerlerinden daha küçük çıkmıştır. Hala en düşük HKO değerine sahip tahmin edici KGME2'dir.

Ortalama norm değerlerine bakıldığında en düşük değere sahip olan KGME3'tür. Norm değeri azaldıkça tahmin edici daha kararlı, arttıkça daha kararsız olur. Ancak bu tek başına yeterli bir kriter değildir. Daha düşük HKO değerine sahip olan tahmin edici daha düşük norm değerine sahip olan tahmin ediciye göre daha etkindir.

Tablo 16.

*Model 1 için HKO Tahminleri (n = 100,  $\sigma = 0,5$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	0,126	0,143	1,140	71,531
<b>KEKK</b>	0,067	0,090	0,488	28,128
<b>Ridge</b>	0,131	0,146	0,931	13,813
<b>KRidge</b>	0,069	0,093	0,456	8,913
<b>GME1</b>	0,126	0,143	1,140	71,530
<b>GME2</b>	0,018	0,024	0,178	10,441
<b>GME3</b>	0,627	0,477	1,299	15,756
<b>KGME1</b>	0,067	0,090	0,488	28,128
<b>KGME2</b>	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$
<b>KGME3</b>	40,328	40,319	40,342	40,368
<b>KS</b>	26666,189	22907,007	51916,962	418564,321

Tablo 17.

*Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu (n=100,  $\sigma = 0,5$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	42,583	42,585	43,546	113,631
<b>KEKK</b>	42,543	42,530	42,895	70,313
<b>Ridge</b>	42,086	42,185	42,408	43,915
<b>KRidge</b>	42,260	42,201	42,118	36,957
<b>GME1</b>	42,583	42,585	43,546	113,630
<b>GME2</b>	42,472	42,471	42,606	52,669
<b>GME3</b>	40,040	40,096	36,124	20,487
<b>KGME1</b>	42,543	42,530	42,895	70,313
<b>KGME2</b>	42,458	42,458	42,458	42,458
<b>KGME3</b>	1,748	1,757	1,762	1,760
<b>KS</b>	26666,189	22907,007	51916,962	418564,321

Tablo 16’da ve Tablo 17’de  $\sigma = 0,5$  olan durum için sırasıyla parametre tahminlerinin HKO tahminleri ve ortalama normları verilmektedir. Burada açıklayıcı değişkenler ilişkisiz bir şekilde üretilseler de ( $\rho = 0$ ) modele çapraz çarpımlar ve kareler eklendiğinde koşul sayısının 26666,189’a çıktığı ve  $X$  matrisindeki çoklu iç ilişkinin arttığı görülmektedir. Bu sonuç parametre tahmininde yanlış tahmin edici kullanılması gerektiği anlamına gelmektedir. Örneklem büyüklüğü  $n = 50$  iken ve  $\rho = 0$  iken koşul sayısı 7357,74’tü. Örneklem büyüklüğünün artmasının koşul sayısını da önemli ölçüde arttırdığı göze çarpmaktadır.

Daha sonra korelasyon değerleri sırasıyla artırılmış ve çoklu iç ilişkinin derecesi en yüksek düzeye çıktığında ( $\rho = 0,99$ ) KS değerinin oldukça arttığı gözlemlenmektedir.  $n = 50$  olduğu durumla kıyaslandığında korelasyon değerlerindeki tüm artışlarda  $n = 100$  olduğu durumdaki koşul sayılarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Dikkat edilecek diğer nokta hem hata varyansı düşük olduğu hem de çoklu iç ilişkinin derecesi yüksek olmadığı için HKO’ların düşük çıkmasıdır. Çoklu iç ilişkinin derecesi arttıkça yani sırasıyla  $\rho$  değerleri arttırıldıkça HKO değerlerinin de yükseldiği

gözlemlenmektedir. Öte yandan KGME3 hariç kısıtlı tahmin edicilerin kısıtlı olmayanlardan daha düşük HKO'lara sahip olduğu da göze çarpmaktadır.

Tahmin ediciler birbirleriyle karşılaştırıldığında en iyi tahmin edicilerin KGME2 ve GME2 tahmin ediciler olduğu görülmektedir. Bu tahmin ediciler KGME1, GME1, KGME3 ve GME3'ten daha iyi sonuç vermiştir. Destek matrislerinin orta noktaları gerçek parametreler olan KGME2 ve GME2'nin, KGME1, GME1, KGME3 ve GME3'ten daha iyi performans vermesi, GME tahmin ediciler için destek matrisi seçiminin önemini göstermektedir.

Daha sonra  $\sigma = 1$  alınmış, sırasıyla parametre tahminlerinin HKO tahminleri ve ortalama normları Tablo 18'de ve Tablo 19'da,  $\sigma = 10$  alındığında ise Tablo 20 ve Tablo 21'de sunulmuştur.

Tablo 18.

*Model 1 için HKO Tahminleri (n = 100,  $\sigma = 1$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	0,502	0,574	4,560	286,124
<b>KEKK</b>	0,269	0,361	1,953	112,512
<b>Ridge</b>	0,549	0,588	2,665	37,583
<b>KRidge</b>	0,287	0,387	1,555	18,319
<b>GME1</b>	0,502	0,574	4,559	286,194
<b>GME2</b>	0,109	0,142	1,069	173,973
<b>GME3</b>	1,099	0,970	2,753	15,647
<b>KGME1</b>	0,269	0,361	1,953	112,512
<b>KGME2</b>	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$
<b>KGME3</b>	39,995	40,009	40,092	39,788
<b>KS</b>	26666,189	22907,007	51916,962	418564,321

$\sigma$  değeri arttırılınca genel olarak HKO değerleri de artmıştır. Benzer şekilde KGME3 hariç kısıtlı tahmin edicilerin kısıtlı olmayanlardan daha düşük HKO'lara sahip olduğu ve  $\sigma$  değeri artıkça HKO değerlerinin de arttığı göze çarpmaktadır.

Tablo 19.

*Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu (n = 100,  $\sigma = 1$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	42,959	42,999	46,914	327,867
<b>KEKK</b>	42,762	42,782	44,308	154,425
<b>Ridge</b>	41,344	41,608	41,870	64,631
<b>KRidge</b>	41,757	41,620	41,246	41,645
<b>GME1</b>	42,959	42,999	46,913	327,915
<b>GME2</b>	42,560	42,577	43,455	215,670
<b>GME3</b>	39,683	39,647	34,885	24,865
<b>KGME1</b>	42,762	42,782	44,308	154,425
<b>KGME2</b>	42,458	42,458	42,458	42,458
<b>KGME3</b>	1,854	1,874	1,888	2,051
<b>KS</b>	26666,189	22907,007	51916,962	418564,321

Tablo 20.

*Model 1 için HKO Tahminleri (n = 100,  $\sigma = 10$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	50,214	57,382	455,970	28612,401
<b>KEKK</b>	26,918	36,144	195,258	11251,186
<b>Ridge</b>	9,269	12,453	62,483	2998,298
<b>KRidge</b>	6,938	8,963	28,925	935,158
<b>GME1</b>	50,193	57,472	456,150	28619,440
<b>GME2</b>	6,288	8,447	62,501	3626,441
<b>GME3</b>	13,248	18,589	37,721	35,184
<b>KGME1</b>	26,918	36,144	195,258	11251,186
<b>KGME2</b>	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$
<b>KGME3</b>	36,354	37,169	38,699	39,216
<b>KS</b>	26666,189	22907,007	51916,962	418564,321

Tablo 21.

*Model 1 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $n = 100$ ,  $\sigma = 10$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	92,664	99,514	497,397	28647,716
<b>KEKK</b>	69,728	78,234	236,694	11288,202
<b>Ridge</b>	42,020	42,594	87,310	3018,277
<b>KRidge</b>	39,719	38,984	49,900	953,811
<b>GME1</b>	92,647	99,604	497,561	28654,526
<b>GME2</b>	48,687	50,723	104,381	3664,416
<b>GME3</b>	48,562	52,835	57,864	29,287
<b>KGME1</b>	69,728	78,234	236,694	11288,202
<b>KGME2</b>	42,458	42,458	42,458	42,459
<b>KGME3</b>	3,302	3,039	2,756	2,700
<b>KS</b>	26666,189	22907,007	51916,962	418564,321

$\sigma$  değeri 1 ve 10 iken korelasyon değeri de çok arttığında artık GME2'nin HKO değerleri düşük çıkmamakta, ancak KGME'nin HKO değeri hala en küçük olup en iyi tahmin edici olarak gözlemlenmektedir.

Tablo 22'de ve Tablo 23'te Model 2 için  $\sigma = 0,5$  alındığında sırasıyla parametre tahminlerinin HKO tahminleri ve ortalama normları verilmektedir.

Burada açıklayıcı değişkenler ilişkisiz bir şekilde üretilseler de ( $\rho = 0$ ) koşul sayısının 24,189 olduğu görülmektedir. Oysaki 7 parametreye sahip modelde KS 7357,74'e çıkmıştı. Bu sonuç parametre sayısının KS değerini etkilediğini göstermektedir. Ayrıca HKO değerleri 7 parametre kullanılarak yapılan deneydeki değerlerden daha küçük çıkmıştır. Bu sonuçta parametre sayısının HKO değerini etkilediğini göstermektedir.

Dikkat edilecek diğer nokta  $\rho$  değeri arttıkça KS değerinin de artmasıdır. Zaten bu durum beklenen bir sonuçtur. Dikkat edilecek diğer nokta, Monte Carlo deneyi yapılan önceki durumlarda olduğu hata varyansı düşük olduğu için HKO'ların düşük çıkmasıdır.

Tablo 22.

*Model 2 için HKO Tahminleri ( $\sigma = 0,5$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	0,036	0,044	0,318	23,452
<b>KEKK</b>	0,012	0,020	0,153	6,797
<b>Ridge</b>	0,044	0,053	0,243	3,610
<b>KRidge</b>	0,014	0,021	0,140	1,304
<b>GME1</b>	0,036	0,044	0,319	23,540
<b>GME2</b>	0,007	0,008	0,044	2,329
<b>GME3</b>	0,038	0,046	0,277	0,905
<b>KGME1</b>	0,012	0,020	0,153	6,797
<b>KGME2</b>	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	$\cong 0,000$	0,014
<b>KGME3</b>	0,082	0,072	0,203	0,273
<b>KS</b>	24,189	30,807	84,656	716,045

Tablo 23.

*(6.10) Modeline Ait Tahminlerin Ortalama Normu ( $\sigma = 0,5$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	4,763	4,774	5,054	28,226
<b>KEKK</b>	4,770	4,777	4,905	11,551
<b>Ridge</b>	4,459	4,462	4,743	8,078
<b>KRidge</b>	4,638	4,638	4,749	5,819
<b>GME1</b>	4,762	4,773	5,055	28,316
<b>GME2</b>	4,754	4,755	4,792	7,075
<b>GME3</b>	4,599	4,603	4,875	5,237
<b>KGME1</b>	4,770	4,777	4,905	11,551
<b>KGME2</b>	4,766	4,766	4,766	4,780
<b>KGME3</b>	3,846	3,983	3,976	4,065
<b>KS</b>	24,189	30,807	84,656	716,045

Ayrıca çoklu iç ilişkinin derecesi arttıkça yani sırasıyla  $\rho$  değerleri arttırıldıkça HKO değerlerinin de yükseldiği gözlemlenmektedir. Diğer deneylerdeki duruma benzer şekilde KGME3 hariç kısıtlı tahmin edicilerin kısıtlı olmayanlardan daha düşük HKO'lara sahip olduğu da göze çarpmaktadır. Tahmin ediciler birbirleriyle karşılaştırıldığında en iyi tahmin edicinin KGME2 olduğu görülmektedir.

Daha sonra  $\sigma = 1$  alınmış, sırasıyla parametre tahminlerinin HKO tahminleri ve ortalama normları Tablo 24 ve Tablo 25'te verilmiştir.

Öncelikle,  $\sigma$  değeri artınca HKO değerlerinin de arttığı göze çarpmaktadır. Ancak hala HKO değerleri önceki deneylerdeki gibi çok yüksek değildir. Bu durumun parametre sayısının azlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Korelasyon değeri en yüksek seviyeye çıktığında ( $\rho = 0,99$ ) yani çoklu iç ilişkinin derecesi yükseldiğinde HKO değerleri dikkate değer şekilde artmaktadır. Bütün HKO değerleri incelendiğinde KGME2'ye ait HKO değerinin en küçük çıktığı yani en iyi tahmin edicinin KGME2 olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 24.

*Model 2 için HKO Tahminleri ( $\sigma = 1$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	0,143	0,175	1,271	93,808
<b>KEKK</b>	0,049	0,078	0,614	27,187
<b>Ridge</b>	0,228	0,263	0,660	12,922
<b>KRidge</b>	0,068	0,099	0,453	4,068
<b>GME1</b>	0,144	0,176	1,276	94,158
<b>GME2</b>	0,026	0,031	0,175	9,316
<b>GME3</b>	0,158	0,188	0,779	0,970
<b>KGME1</b>	0,049	0,078	0,614	27,185
<b>KGME2</b>	0,001	0,002	0,013	0,373
<b>KGME3</b>	0,141	0,149	0,418	0,420
<b>KS</b>	24,189	30,807	84,656	716,045



Tablo 25.

*Model 2 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $\sigma = 1$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	,99
<b>EKK</b>	4,831	4,869	5,977	98,589
<b>KEKK</b>	4,799	4,826	5,350	31,929
<b>Ridge</b>	3,822	3,860	4,673	17,360
<b>KRidge</b>	4,315	4,322	4,725	8,514
<b>GME1</b>	4,830	4,867	5,981	98,945
<b>GME2</b>	4,755	4,760	4,905	14,042
<b>GME3</b>	4,246	4,263	5,003	5,000
<b>KGME1</b>	4,799	4,826	5,350	31,927
<b>KGME2</b>	4,770	4,768	4,776	5,132
<b>KGME3</b>	3,727	3,861	4,032	4,097
<b>KS</b>	24,189	30,807	84,656	716,045

Tablo 26.

*Model 2 için HKO Tahminleri ( $\sigma = 10$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	14,310	17,527	127,062	9380,789
<b>KEKK</b>	4,928	7,804	61,350	2718,658
<b>Ridge</b>	5,203	5,810	22,967	1240,868
<b>KRidge</b>	3,317	3,826	13,683	361,019
<b>GME1</b>	14,320	17,532	127,141	9386,818
<b>GME2</b>	1,225	1,538	8,845	426,027
<b>GME3</b>	4,574	4,621	3,696	3,322
<b>KGME1</b>	4,939	7,814	61,386	2718,240
<b>KGME2</b>	0,278	0,472	3,966	103,728
<b>KGME3</b>	3,069	3,204	2,312	2,070
<b>KS</b>	24,189	30,807	84,656	716,045

Tablo 27.

*Model 2 için Tahminlerin Ortalama Normu ( $\sigma = 10$ )*

	$\rho$			
	0	0,5	0,9	0,99
<b>EKK</b>	18,295	21,573	131,233	9385,702
<b>KEKK</b>	9,530	12,390	65,820	2723,181
<b>Ridge</b>	3,628	4,604	24,891	1245,262
<b>KRidge</b>	2,498	3,441	15,934	365,375
<b>GME1</b>	18,296	21,567	131,306	9391,750
<b>GME2</b>	5,762	6,060	13,339	430,319
<b>GME3</b>	1,951	2,216	1,693	1,088
<b>KGME1</b>	9,549	12,403	65,848	2722,771
<b>KGME2</b>	5,043	5,204	8,657	108,367
<b>KGME3</b>	1,684	1,929	1,301	0,949
<b>KS</b>	24,189	30,807	84,656	716,045

Son olarak  $\sigma = 10$  alınmış, sırasıyla parametre tahminlerinin HKO tahminleri ve ortalama normları Tablo 26'da ve Tablo 27'de sunulmuştur.

Varyans değeri arttıkça HKO değerleri artmakta  $\rho = 0.99$  olduğu durum hariç en iyi tahmin edici hala KGME2'dir.

Genel olarak tablolar değerlendirilecek olursa; örneklem büyüklüğü, korelasyon değeri ve hata varyansı arttıkça HKO değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Hata varyansının artması KS değerini değiştirmemektedir. Örneklem büyüklüğü arttıkça ise KS'da artmaktadır.

## BÖLÜM VII

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 7.1. Sonuçlar ve Öneriler

Bir regresyon modeli için parametre tahmini yaparken, gerekli varsayımların sağlanması durumunda EKK yöntemi uygulanır. Ancak bu varsayımlar her zaman sağlanmayabilir. Genellikle, açıklayıcı (bağımsız) değişkenler arasında çoklu iç ilişki problemi olduğu zaman bu varsayımlardan biri ihlal edilmiş olur. Bu nedenle EKK yöntemi ile parametre tahmini yapmak uygun olmaz. Ancak kararlı tahmin ediciler elde edilmek istendiği için yanlı tahmin edicilere başvurulur.

Translog modellerde, modele eklenen her değişkenin karesi ve diğer değişkenler ile çapraz çarpımları da modelde yer aldığından çoklu iç ilişki problemi ile karşılaşmaktadır. Çoklu iç ilişki problemi olduğunda klasik tahmin teknikleri kullanılmayacağından yanlı tahmin edicilere başvurulur. Bu çalışmada ele alınan translog modelin tahmininde ridge tahmin edicisi, KRidge tahmin edicisi, GME tahmin edicisi, KGME tahmin edicisi, EKK ve KEKK kullanılmış ve HKO'ya göre karşılaştırılmışlardır.

Uygulamada HKO değerlerinin elde edilmesinde Monte Carlo simülasyonundan faydalanılmıştır. Tek bir denklem halinde tahmin edilecek olan translog maliyet fonksiyonunun parametrelerinin tahmininde kullanılan tahmin edicileri kıyaslamak için Model 1 ve Model 2 olarak adlandırılan iki farklı model kullanılmıştır.

İlk olarak Model 1 için örneklem büyüklüğü  $n = 50$  olarak seçilmiş, daha sonra  $n = 100$  olarak alınmış, parametre tahminlerinden elde edilen sonuçlarda örneklem büyüklüğünün etkisi gözlemlenmiştir. Daha az değişken içeren Model 2, değişken sayısının değişmesinin çoklu iç ilişkinin derecesine ve HKO değerlerine nasıl etkide bulunduğunu kıyaslamak için kullanılmıştır. Yapılan analizlerde GME ve KGME tahmin ediciler için farklı destek matrisleri kullanılarak destek matrisinin etkisi de incelenmiştir. Çalışmada çoklu iç ilişkinin etkisini gözlemleyebilmek için  $\rho = 0, 0,5, 0,9, 0,99$  değerleri kullanılmıştır. Farklı  $\rho$  değerleri için elde edilen koşul sayıları hesaplanmıştır. Hata varyansının etkisini gözlemleyebilmek için  $\sigma = 0,5, 1, 10$  olarak seçilmiştir.

Tablolar yardımı ile sırasıyla tüm bulgular sunulmuş ve özetlenmiştir. Monte Carlo deneyinde üç farklı GME ve üç farklı KGME kullanılmıştır. GME1 için destek

matrisleri oluşturulurken EKK tahmini ile elde edilen  $\beta$  değerleri kullanılmış, KGME1 için destek matrisi oluşturulurken ise KEKK tahmini ile elde edilen  $\beta$  değerleri kullanılmıştır. GME2 ve KGME2 için gerçek  $\beta$  değerleri kullanılmıştır. GME3 ve KGME3 için ise parametre değerlerinin alması gereken değerlere uygun aralıklar seçilmiştir. Bu durum uygun destek matrisi seçimi durumunu göstermek için yapılmıştır.

Monte Carlo deneyi sonuçlarında, açıklayıcı değişkenler ilişkisiz bir şekilde üretilse de ( $\rho = 0$ ) modele çapraz çarpımlar ve kareler eklendiğinde koşul sayısının (KS) yüksek çıktığı ve  $X$  matrisindeki çoklu iç ilişkinin arttığı görülmüştür. Bu sonuç parametre tahmininde yanlış tahmin edici kullanılması gerektiği anlamına gelmektedir. Korelasyon değerleri sırasıyla arttırılmış, çoklu iç ilişkinin derecesi en yüksek düzeye ulaştığında KS değerinin oldukça arttığı gözlemlenmiştir. Hem hata varyansı düşük hem de çoklu iç ilişkinin derecesi yüksek olmadığı durumda HKO'ları düşük çıkmış, hata varyansı ve çoklu iç ilişkinin derecesi arttıkça HKO'ları da artmıştır. Örneklem büyüklüğü arttığında ise KS daha da artmıştır. Dikkat çeken diğer husus, değişken sayısı daha az olduğunda KS değerinin tüm durumlara kıyasla daha küçük çıkmasına rağmen hala çoklu iç ilişkinin varlığını göstermesidir. Ayrıca tüm durumlarda KGME3 hariç kısıtlı tahmin edicilerin kısıtlı olmayanlardan daha düşük HKO'lara sahip olduğu da göze çarpmıştır.

Tahmin ediciler birbirleriyle karşılaştırıldığında en iyi tahmin edicilerin KGME2 ve GME2 tahmin ediciler olduğu görülmüştür. Bu tahmin ediciler KGME1, GME1, KGME3 ve GME3'ten daha iyi sonuç vermiştir. Destek matrislerinin orta noktaları gerçek parametreler olan KGME2 ve GME2'nin, KGME1, GME1, KGME3 ve GME3'ten daha iyi performans vermesi, GME tahmin ediciler için destek matrisi seçiminin önemini göstermektedir.

Tüm sonuçlardan anlaşıldığı üzere, hata varyansı arttıkça tahmin edicilerin HKO'larının arttığı gözlenmiştir. Bunun yanı sıra birinci derece değişkenler arasındaki ikili korelasyonların artması koşul sayısını ve çoklu iç ilişkinin derecesini arttırmakta, bunun sonucunda da tahmin edicilerin HKO'ları yükselmektedir. Modelde yer alan çapraz çarpımlar çoklu iç ilişki sorununu daha da ciddi boyutlara taşımaktadır. Buna karşın uygun destek matrisinin seçilmesi durumunda Kısıtlı GME'nin daha etkin tahmin edici olarak ortaya çıktığı çalışmanın bulguları arasındadır.

Bu çalışma diğer translog çalışmalarından farklı olarak çoklu iç ilişki problemine sahip bu modelin parametre tahmininde hangi tahmin edicinin daha etkin olduğunun

gösterilmesini amaçlamıştır. Çalışma GME ve KGME tahmin edicilerini translog maliyet fonksiyonu tahmininde uygulayıp diğer yanlı tahmin edicilerle kıyaslayan özgün bir çalışmadır. Çoklu iç ilişki problemine sahip modellerde kararlı parametre tahmini elde etmek isteyen araştırmacılara daha etkin olması açısından GME tahmin edicinin kullanılması önerilmektedir.



## KAYNAKÇA

- Akdeniz, F. & Çabuk, H. A. (2007). İç ilişki ve genelleştirilmiş maksimum entropi tahmin edicileri. *İstatistik Araştırma Dergisi*, 5(2), 1-19.
- Akinlo, A. E. (2008). A cost function analysis of import demand for Nigeria, *Applied Economics*, 40:22, 2911-2920.
- Angulo, A. M. & Gil, J. M. (2006). Incorporating nutrients into meat demand analysis using household budgets data. *Agricultural Economics*, 35, 131-144.
- Arrow, K. J., Chenery, H. B., Minhas, B. S., & Solow, R. M. (1961). Capital-labor substitution and economic efficiency. *The Review of Economics and Statistics*, 43(3), 225-250.
- Berndt, E. & Christensen, L. (1973). The translog function and the substitution of equipment, Structures and Labor in U. S. Manufacturing 1929-68. *Journal of Econometrics*, 1, 81-114.
- Berndt, E. R. & Wood, D. O. (1975). Technology, prices, and the derived demand for energy. *The Review of Economics and Statistics*, 57(3), 259-268.
- Binswanger, H. P. (1973). *A cost function approach to the measurement of factor demand elasticities and elasticities of substitution*. Working Paper, Agency for International Development.
- Binswanger, H. P. (1974). A cost function approach to the measurement of elasticities of substitution. *American Journal of Agricultural Economics*, 56(2), 377-386.
- Binswanger, H. P. (1975). *The use of duality between production, profit and cost functions in applied econometric research: a didactic note*. Occasional Paper, No. 10, Economics Department, ICRISAT, Hyderabad 500 016, India.
- Boisvert, R. N. (1982). *The translog production function: its properties, its several interpretations and estimation problems*. A. E. Res. 82-28. Department of Agricultural Economics, Cornell University, Ithaca, New York.
- Bölük, G. & Koç, A. A. (2010). Electricity demand of manufacturing sector in Turkey: a translog cost approach. *Energy Economics*, 32, 609-615.
- Braeutigam, R. R., Daughety, A. F., & Turnquist, M. A. (1982). The estimation of a hybrid cost function for a railroad firm. *The Review of Economics and Statistics*, 64(3), 394-404.
- Cardamone, P. (2012). A micro-econometric analysis of the role of r&d spillovers using a nonlinear translog specification. *Journal of Product Analysis*, 37, 41-58.

- Case, K. E. & Fair, R. C. (1994). *Principles of Microeconomics*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Caves, D. W., Christensen, L. R., & Swanson, J. A. (1981). Productivity growth, scale economies, and capacity utilization in U.S. railroads, 1955-74. *The American Economic Review*, 71(5), 994-1002.
- Cebenoyan, A. S. (1988). Multiproduct cost functions and scale economies in banking. *The Financial Review*, 23(4), 499-512.
- Chambers, R. G. (1988). *Applied production analysis: A Dual Approach*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chiang, A. C. (1999). *Matematiksel iktisadın temel yöntemleri*. (Çev. O. Aydoğuş & M. Sarımeşeli) Gazi Büro Kitabevi, Ankara, Türkiye.
- Christensen, L. R., Jorgenson, D. W., & Lau, L. J. (1973). Transcendental logarithmic production frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, 55(1), 28-45.
- Christev, A. & Featherstone, A. (2009). A note on Allen-Uzawa partial elasticities of substitution: the case of the translog cost function. *Applied Economics Letters*, 16(11), 1165-1169.
- Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928). A theory of production. *The American Economic Review*, 18(1), 139-165.
- Corbo, V. (1976). Second-order approximations for estimating production functions. *Annals of Economic and Social Measurement*, 5(1), 65-73.
- Çabuk, H. A. (1987). Esnek fonksiyonları tahmin edebilme gücü. *Ç. Ü. Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 35-41.
- Çolak, Ö. F. & Kılıçkaplan, S. (1999). Bankacılık sektöründe ölçek ekonomileri: Türk ticaret bankaları için bir maliyet fonksiyonu. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 1(3), 65-76.
- Çubukçu, M. (2005). Ekonometrik modellerde coğrafi bilgi sistemleri ile yeni açılımlar. *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu- BMYS'2005*, 16-18 Kasım 2005, Grand Yükseliş, Kocaeli.
- Çubukçu, M. (2006). Şehir içi otobüs hizmeti maliyetinin modellenmesinde coğrafi bilgi sistemleri kullanımı. *4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, 13-16 Eylül 2006, Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- Destandau, F. & Garcia, S. (2014). Service quality, scale economies and ownership: an econometric analysis of water supply costs. *Journal of Regulatory Economics*, 46, 152-182.

- Fraser, I. (2000). An application of maximum entropy estimation: the demand for meat in the united kingdom. *Applied Economics*, Vol. 32, 45-59.
- Fuller, F., Koç, A. A., Şengül, H., & Bayaner, A. (1999). Farm level feed demand in Turkey. *Paper Presented at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting*, August 8-11, 1999, Nashville, Tennessee.
- Golan, A., Judge, G., & Miller, D. (1996). *Maximum entropy econometrics: robust estimation with limited data*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Griffin, J. M. & Gregory, P. R. (1976) An intercountry model of energy substitution responses. *The American Economic Review*, 66(5), 845-857.
- Gross, J. (2003). Restricted ridge estimation. *Statistics and Probability Letters*, Vol. 65, No. 1, 57-64.
- Güler, H. (2006). *İstatistiksel simülasyon ders notları*. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Hançerlioğulları, A. (2006). Monte Carlo simülasyon metodu ve MCNP kod sistemi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14(2), 545-556.
- Henderson, J. M., & Quant, R. E. (1958). *Microeconomic theory*. Mc-Graw Hill Book Company, Inc., United States of America.
- Henderson, J. M., & Quant, R. E. (1998). *Mikro iktisat matematiksel bir yaklaşım*. (Çev. E. Ada - O. Aydoğuş, M. Sarımeşeli – N. Süzal) Gazi Kitabevi, Ankara, Türkiye.
- Hoerl, A. E., & Kennard, R. W. (1970). Ridge regression: biased estimation for nonorthogonal problems. *Technometrics*, Vol. 12, No. 1, 55-67.
- Hoerl, A. E., Kennard, R.W., & Baldwin, K. F. (1975). Ridge regression: some simulation. *Communication in Statistics*, 4, 105-123.
- Hudson, E. A. & Jorgenson, D. W. (1974). U. S. energy policy and economic growth, 1975-2000. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 5(2), 461-514.
- Jaynes, E. T. (1957a). Information theory and statistical mechanics. *Physics Review*, 106(4), 620-630.
- Jaynes, E. T. (1957b). Information theory and statistical mechanics II. *Physics Review*, 108(2), 171-190.
- Johnston, A. & Ozment, J. (2013). Economies of scale in the US airline industry. *Transportation Research Part E*, 51, 95-108.
- Johnston, A. & Ozment, J. (2015). A firm-specific analysis of service quality costs. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 18(5), 387-401.



- Kim, H. Y. (1992). The translog production function and variable returns to scale. *The Review of Economics and Statistics*, 74(3), 546-552.
- Kmenta, J. (1967). On estimation of the CES production function. *International Economic Review*, 8, 180-189.
- Kullback, S., & Liebler, R. A. (1951). On information and sufficiency. *Annals of Mathematical Statistics*, 22(1), 79-86.
- Kumbhakar, S. C. (1997). Modeling allocative inefficiency in a translog cost function and cost function and cost share equations: An Exact Relationship. *Journal of Econometrics*, 76(1-2), 351-356.
- Link, H. (2006). An econometric analysis of motorway renewal costs in Germany. *Transportation Research Part A*, 40, 19-34.
- Macedo, P. & Silva, E. (2010). A stochastic production frontier model with a translog specification using the generalized maximum entropy estimator. *Economics Bulletin*, 30(1), 587-596.
- Mancuso, P. & Reverberi, P. (2003). Operating costs and market organization in railway services. The Case of Italy, 1980-1995. *Transportation Research Part B*, 37, 43-61.
- McCarthy, P. & Urmanbetova, A. (2011). Production and cost in the US paper and paperboard industry. *Applied Economics*, 43(22), 2883-2893.
- McGeehan, H. (1993). Railway costs and productivity growth. *Journal of Transport Economics and Policy*, 27(1), 19-32.
- Miran, B., Abay, C., & Günden, C. (2002). Pamukta girdi talebi: Menemen örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(3), 88-95.
- Miran, B., Atış, E., Kenanoğlu Bektaş, Z., Salalı, E., Çiftçi, K., & Bayaner, A. (2016). Türkiye’de konvansiyonel ve organik çekirdeksiz kuru üzümde kullanılan girdilere ait talep fonksiyonlarının analizi: Manisa ili örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(2), 125-131.
- Mooney, C. Z. (1997). *Monte Carlo simulation*. California: Sage Publications Inc.
- Pavelescu, F. M. (2011). Some aspects of the translog production function estimation. *Romanian Journal of Economics*, 32, 131-150.
- Pollak, R. A., Sickles, R. C., & Wales, T. J. (1984). The CES-translog: specification and estimation of a new cost function. *The Review of Economics and Statistics*, 66(4), 602-607.
- Pukelsheim, F. (1994). The three sigma rule. *The American Statistician*, 48(2), 88-91.

- Rao, C. R., & Toutenburg, H. (1999). *Linear models: least squares and alternatives*. Springer, Second Edition, New York.
- Ray, S. C. (1982). A translog cost function analysis of U.S. agriculture, 1939-77. *American Journal of Agricultural Economics*, 64(3), 490-498.
- Revankar, N. S. (1966). *The constant and variable elasticity of substitution production functions: a comparative study in U.S. manufacturing industries*. Paper presented at the meeting of the University of Wisconsin Systems Formulation, Methodology and Policy Workshop Paper 6616.
- Revankar, N. S. (1971). A class of variable elasticity of substitution production function. *Econometrica*, 39(1), 61-71.
- Saal, D. S. & Parker, D. (2000). The impact of privatization and regulation on the water and sewerage industry in England and Wales: A translog cost function model. *Managerial and Decision Economics*, 21, 253-268.
- Sariaslan, H. (1986). *Sıra bekleme sistemlerinde simülasyon tekniği*. Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Yayınları, Ankara.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423.
- Taşdemir, M. (2006). Üretim fonksiyonu tahminlerinde karşılaşılan problemler ve eşanlı denklem sapması: alternatif tahmin yöntemleri. *Fırat Üniversitesi Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 4(3), 23-31.
- Viton, P. A. (1981). A translog cost function for urban bus transit. *The Journal of Industrial Economics*, 29(3), 287-304.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Sibel ÖRK ÖZEL  
**Doğum Yeri** : Seyhan, Adana  
**Doğum Tarihi** : 04.11.1988  
**Medeni Hali** : Evli  
**Adres** : Çukurova Üniversitesi İ.İ.B.F. Dekanlık Binası, Ekonometri Bölümü  
Oda: 312, Sarıçam, ADANA  
**E-mail** : [sork@cu.edu.tr](mailto:sork@cu.edu.tr)  
**Telefon** : (0322) 3387254-6166

### EĞİTİM DURUMU

**Doktora** : 2013-2019, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,  
Ekonometri Anabilim Dalı, Adana  
**Yüksek Lisans** : 2010-2012, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,  
Ekonometri Anabilim Dalı, Adana  
**Lisans** : 2006-2010, Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik  
Bölümü, Adana

### MESLEKİ DENEYİM

**2011-** : Araştırma Görevlisi, Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler  
Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İstatistik Anabilim Dalı, Adana

### YABANCI DİL

**İngilizce** : İyi düzeyde  
**Almanca** : Orta düzeyde  
**Rusça** : Orta düzeyde  
**Portekizce** : Başlangıç düzeyinde