



STOKASTİK SINIR ANALİZİ İLE TÜRKİYE'DEKİ HAVALİMANLARININ ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ

Engin YALÇIN

Ocak 2017
DENİZLİ

**STOKASTİK SINIR ANALİZİ İLE TÜRKİYE'DEKİ HAVALİMANLARININ
ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ**

**Pamukkale Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
İşletme Anabilim Dalı
Sayısal Yöntemler Programı**

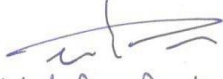
Engin YALÇIN

Danışman: Doç. Dr. Arzu ORGAN

**Ocak 2017
DENİZLİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

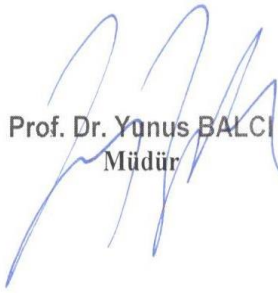
..... İktisat Anabilim Dalı, ... Sayısal Yöntemler Bilim
Dalı öğrencisi Enm. YALÇIN tarafından Doç. Dr. Arzu ORGUN yönetiminde
hazırlanan STOKASTİK SINIR ANALİZİ BİR UYGULAMA
.....” başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 17.01.2017 tarihinde
yapılan tez savunma sınavında başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul
edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ŞENKAYAS
Jüri Başkanı


Yrd. Doç. Dr. Arzu ORGUN
Jüri Üyesi


Yrd. Doç. Dr. Atalay ÇAĞLAR
Jüri Üyesi

Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
26/01/2017 tarih ve 04/06.. sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Prof. Dr. Yunus BALCI
Müdür

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atıfta bulunulduğunu beyan ederim.

İmza:

Engin YALÇIN

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimimde ve her konuda bilgi ve deneyimlerini paylaşan, bu tez konusunun belirlenmesinde ve gerçekleşmesinde yardımlarını esirgemeyen ve her zaman desteğini hissettiğim değerli hocam Sayın Arzu ORGAN'a,

Yüksek lisans tezimin tamamlanması aşamasında değerli deneyimlerini ve önerilerini benimle paylaşan değerli hocalarım Sayın Atalay ÇAĞLAR ve Sayın Hüseyin ŞENKAYAS'a,

Tez sürecinde tüm bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli arkadaşım Tahsin AVCI'ya,

Okul hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen ve hep arkamda duran bütün aile bireylerime,

Öğrenim hayatım boyunca akademik gelişimime katkı sağlayan tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

STOKASTİK SINIR ANALİZİ İLE TÜRKİYE’DEKİ HAVALİMANLARININ ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ

YALÇIN, Engin
Yüksek Lisans Tezi
İşletme ABD
Sayısal Yöntemler Programı
Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Arzu ORGAN
Ocak 2017, 89 Sayfa

Stokastik sınır analizi, karar verme birimlerinin etkinliğini ölçmede kullanılan parametrik bir yöntemdir. Bu çalışmanın amacı stokastik sınır analizi yöntemiyle Türkiye’deki havalimanlarının etkinliğinin ölçülmesidir.

Çalışmanın ilk bölümünde performans, etkinlik, verimlilik vb. temel kavramlar tanıtılmış sonrasında etkinlik ölçme yöntemlerine kısaca yer verilmiştir. İkinci bölümde stokastik sınır analizine ayrıntılı şekilde yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ise Türkiye’de yer alan havalimanlarının etkinlik ölçümü stokastik sınır analizi ile incelenmiştir.

Bu çalışmada Türkiye’de faaliyet gösteren havalimanlarının etkinliği parametrik bir yöntem olan stokastik sınır analizi ile ölçülmüştür. Çalışmada Devlet Hava Meydanları İşletmesi istatistik yıllığından elde edilen veriler kullanılarak 2013, 2014 ve 2015 yılları analiz edilmiştir. Çalışmada yolcu sayısı çıktı olarak kullanılırken ticari uçak sayısı, personel sayısı ve check-in kontuar sayısı girdi olarak kullanılmıştır. Çalışmada, analiz elde edilen bütün yıllar için veri elde edilememesi ve yeni faaliyete geçen havalimanlarından dolayı analiz edilen havalimanları bütün yıllarda aynı değildir. İktisadi faaliyetler içerisinde üretim faaliyetlerini temsilen çeşitli fonksiyonlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada üretim fonksiyonlarından Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Modele ait parametre katsayıları, katsayıların anlamlılığına ilişkin t değerleri ve etkinlik sonuçları FRONTIER 4.1 bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu sonuçları incelendiğinde analiz edilen tüm yıllarda uçak sayısı ve personel sayısı parametrelerinin katsayıları istatistiksel olarak anlamlı bulunurken check-in kontuar sayısı parametresi hiçbir yılda anlamlı bulunamamıştır. İncelenen tüm yıllarda modelde Isparta Süleyman Demirel Havalimanı ilk sırada yer almıştır. Son sıralarda Uşak, Siirt, Tokat, Kocaeli Cengiz Topel havalimanlarının yer aldığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Etkinlik, Stokastik Sınır Analizi, Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu, Havalimanı

ABSTRACT

EFFICIENCY MEASUREMENT OF AIRPORTS IN TURKEY BY STOCHASTIC FRONTIER ANALYSIS

YALÇIN, Engin

Master Thesis

Business Administration Department

Numerical Methods Program

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Arzu ORGAN

January 2017, 89 Pages

Stochastic frontier analysis is a parametric method used to measure efficiency of decision making units. The aim of this study is to measure efficiency of airports operating in Turkey by stochastic frontier analysis.

In the first chapter of study, basic concepts such as performance, productivity and efficiency are introduced and then efficiency measurement methods are included shortly. In the second chapter, stochastic frontier analysis is explained in detail. In the third chapter, efficiency measurement of airport operating in Turkey is examined by stochastic frontier analysis.

In this study, efficiency measurement of Turkish airports is carried out by stochastic frontier analysis, a parametric method. The study is carried out for 2013, 2014 and 2015 data obtained by State Airports Management annual reports. In the study, the number of passenger is used as output while number of commercial airliner; number of staff and number of check-in are used as inputs. In the study, all analyzed airports aren't same due to missing data and newly launched airports through all years. There are several economic functions used to represent the productive activity. In this study Cobb-Douglas production function is used out of production functions. Parameter coefficients about model, t values with regard to significance of coefficients and efficiency scores are obtained by FRONTIER 4.1 computer program. When Cobb-Douglas production function results examined, commercial airliner number and staff number parameters are found statistically significant while check-in counter number parameter isn't found statistically significant at any model analyzed. Isparta Süleyman Demirel Airport takes the first rank at all years analyzed. It is observed that Uşak, Siirt, Tokat, Cengiz Topel Airports take the last rankings.

Keywords: Efficiency, Stochastic Frontier Analysis, Cobb-Douglas Production Function, Airport

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
TABLOLAR DİZİNİ.....	viii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TEMEL KAVRAMLAR VE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

1.1 Temel Kavramlar	4
1.1.1 Performans.....	4
1.1.1.1 Performans Değerlendirme	4
1.1.2 Verimlilik	6
1.1.2.1 Verimlilik Türleri.....	6
1.1.2.1.1 Toplam Faktör Verimliliği.....	6
1.1.2.1.2 Kısmi Verimlilik.....	7
1.1.3 Etkinlik	7
1.1.3.1 Etkinlik Türleri	7
1.1.3.1.1 Teknik etkinlik.....	7
1.1.3.1.2 Tahsis Etkinliği (Fiyat Etkinliği).....	8
1.1.3.1.3 Ölçek Etkinliği.....	9
1.2 Etkinlik Ölçüm Yöntemleri.....	10
1.2.1 Oran analizi.....	10
1.2.2 Parametrik Olmayan yöntemler	10
1.2.2.1 Veri Zarflama Analizi (VZA).....	11
1.2.2.1.1 VZA Modelleri.....	12
1.2.2.2 Parametrik Olmayan Yöntemlerin Avantajları.....	13
1.2.2.3 Parametrik Olmayan Yöntemlerin Dezavantajları.....	13
1.2.3 Parametrik Yöntemler	13
1.2.3.1 Serbest Dağılım Yaklaşımı	14
1.2.3.2 Kalın Sınır Yaklaşımı	14

1.2.3.3 Stokastik Sınır Analizi	15
---------------------------------------	----

İKİNCİ BÖLÜM

STOKASTİK SINIR ANALİZİ

2.1 Stokastik Sınır Analizi	16
2.1.1 Stokastik Üretim Sınır Fonksiyonu	17
2.1.2 Stokastik Maliyet Sınır Fonksiyonu	20
2.2 Stokastik Sınır Analizinin Varsayımları	20
2.3 Etkinliğin Ölçümünde Kullanılan Üretim Fonksiyonları	21
2.3.1 Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu	21
2.3.2 Translog Üretim Fonksiyonu	22
2.4. Teknik Etkinliğin Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler	23
2.4.1 En Küçük Kareler Yöntemi (EKK)	23
2.4.2 Düzeltilmiş Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi (COLS)	23
2.4.3 Değiştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (MOLS)	24
2.5 Parametrelerin Tahmin Yöntemleri	25
2.5.1 Normal-yarı normal model	25
2.5.2 Normal-üstel model	28
2.5.3 Normal-kesikli normal model	30
2.5.4 Normal-gamma model	32
2.6 Stokastik Sınır Analizinde Hipotez Testleri	34
2.6.1 Tek Yanlı Genelleştirilmiş Olabilirlik Oran Testi	35
2.7 Stokastik Sınır Analizinde Kullanılan Programlar	36
2.8 Stokastik Sınır Analiziyle Gerçekleştirilen Çalışmalar (Literatür Araştırması)	37

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

STOKASTİK SINIR ANALİZİ İLE TÜRKİYE'DEKİ HAVALİMANLARININ ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ

3.1 Havacılık ile İlgili Genel Bilgiler	46
3.1.1 Havacılığın Tarihsel Gelişimi	46
3.1.2 Havacılığın Önemi	47
3.2 Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ)	49
3.2.1 Devlet Hava Meydanları İşletmesi'nin Tarihçesi	50
3.2.2 DHMİ'nin Görevleri	50
3.3 Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü	51
3.4 Havalimanları Etkinliğine İlişkin Çalışmalar	51

3.5 Uygulama	55
3.5.1 Uygulamanın Amacı	55
3.5.2 Uygulamanın Kapsamı.....	55
3.5.3 Uygulamanın Yöntemi	56
3.5.4 Karar Verme Birimlerinin Belirlenmesi.....	56
3.5.5 Değişkenlerin Belirlenmesi	57
3.6 Analiz Sonuçları	58
3.6.1 2013 Yılı Sonuçları	59
3.6.2 2014 Yılı Sonuçları	62
3.6.3 2015 Yılı Sonuçları	64
SONUÇ VE TARTIŞMA.....	68
KAYNAKÇA.....	72
ÖZGEÇMİŞ.....	89
EKLER	
Ek- 1. 2013 yılı C-D Üretim Fonksiyonu FRONTIER Programı Sonuçları.....	80
Ek- 2. 2014 yılı C-D Üretim Fonksiyonu FRONTIER Programı Sonuçları.....	83
Ek- 3. 2015 yılı C-D Üretim Fonksiyonu FRONTIER Programı Sonuçları.....	86

ŞEKİL DİZİNİ

						Sayfa
Şekil 1.	Teknik Etkinlik ve Tahsis Etkinliği					9
Şekil 2.	Stokastik Üretim Sınırı					19
Şekil 3.	2013 yılı Cobb-Douglas Sonuçları Frekans Dağılımı	Üretim	Fonksiyonu	Etkinlik		61
Şekil 4.	2014 yılı Cobb-Douglas Sonuçları Frekans Dağılımı	Üretim	Fonksiyonu	Etkinlik		64
Şekil 5.	2015 yılı Cobb-Douglas Sonuçları Frekans Dağılımı	Üretim	Fonksiyonu	Etkinlik		67



TABLO DİZİNİ

		Sayfa
Tablo 1	LIMDEP 7.0 ve FRONTIER 4.1 programlarında kullanılan dağılımlara ilişkin varsayımlar	37
Tablo 2	Stokastik Sınır Analiziyle Gerçekleştirilen Çalışmalar	38
Tablo 3	Karar Verme Birimleri ve Karar Verme Birimlerinin Faaliyete Başlama Tarihleri	56
Tablo 4	Girdiler ve Çıktıya İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler	58
Tablo 5	2013 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Analizi	59
Tablo 6	2013 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Etkinlik Sonuçları	60
Tablo 7	2014 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Analizi	62
Tablo 8	2014 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Etkinlik Sonuçları	63
Tablo 9	2015 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Analizi	64
Tablo 10	2015 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Etkinlik Sonuçları	65

KISALTMALAR

ATAG	Air Transport Action Group
C-D	Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu
COLS	Düzeltilmiş En Küçük Kareler Yöntemi
DHMI	Devlet Hava Meydanları İşletmesi
EKK	En Küçük Kareler Yöntemi
HDİİ	Havayolları Devlet İşletme İdaresi
MKEK	Makine Kimya Endüstri Kurumu
MOLS	Değiştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi
SHGM	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SSA	Stokastik Sınır Analizi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VZA	Veri Zarflama Analizi

GİRİŞ

Günümüzde örgüt yapılarının ve işlevlerinin değişmesi, artan rekabetçi yapı, örgütte çalışanların örgütün başarısı için artan rolü, çalışana karşı bakış açısının değişmesi vb. faktörler performans ve performans değerlendirme kavramlarını günümüzde hem çalışanlar hem de üretim yapan birimler için daha önemli hale getirmektedir. Performans kavramı belirli bir zaman dilimi içerisinde üretilen mal veya hizmet miktarı olarak tanımlanmaktadır. Performans değerlendirme ise çalışmayla ilgili başarıları güçlü ve zayıf yönleri ortaya çıkaran sistematik bir süreçtir. Performans değerlendirme işletmeler ve kurumsal yapılar için önem arz etmektedir. Performans değerlendirme sayesinde hem çalışanlar hem de çalışanlar aracılığıyla işletmeler amaç ve hedeflerine daha kolay ulaşabilmektedirler.

Günümüz koşullarında işletmeler için rekabet üst düzeydedir. İşletmelerin bu rekabetçi yapıya uyum sağlayabilmeleri için en uygun girdi bileşimi ile üretim gerçekleştirip en uygun çıktı seviyesine ulaşmaları gerekmektedir. Bir ekonomik birimin performansı değerlendirilirken eldeki girdilerle elde edilebilecek en fazla çıktı seviyesine ulaşıp ulaşılmadığı araştırılmaktadır. Verimlilik ve etkinlik kavramlarının aynı anlama geldiği düşünülse de bu iki kavram arasında ciddi bir ayrım bulunmaktadır. Verimlilik kavramı, en geniş şekliyle üretim süreci sonucu elde edilen çıktıların bu çıktılar elde edilirken kullanılan girdilere oranlanması şeklinde ifade edilmektedir. Etkinlik kavramı ise, işletmedeki üretim faaliyeti için fiili durumun önceden belirlenen hedefe ne derece yakın olduğuyula ilgilenmektedir. Etkinlik oranının 1'den küçük gerçekleşmesi işletmenin tam etkin çalışmadığı anlamına gelmektedir.

Etkinlik ölçme yöntemleri temelde 3 başlık altında ele alınmaktadır: Oran Analizi, Parametrik olmayan yöntemler ve parametrik yöntemler. Oran analizi tek girdi ve tek çıktının olduğu durumlarda kullanılan oldukça basit bir yöntemdir. Ancak birden fazla girdi ve çıktı olduğu durumlarda kullanılamaması yöntemin en büyük zaafı olarak dikkat çekmektedir. Parametrik olmayan yöntemler ise doğrusal programlamaya dayanan etkinlik ölçme yöntemleridir. Parametrik olmayan yöntemlerden en çok kullanılan yöntem veri zarflama analizidir. Çoklu girdi ve çıktı kullanımı parametrik olmayan yöntemlerin önemli avantajlarından birisidir. Ancak bu yöntemlerde istatistiksel sınamalar gerçekleştirilmediği için güvenilirliği parametrik yöntemlere göre daha azdır. Ayrıca parametrik olmayan yöntemler, modele üretim esnasında gerçekleşebilecek kontrol dışındaki etkileri ifade eden rassal hatayı dahil

etmediklerinden deterministik yapıdadırlar. Bu yöntemler rassal hatayı modele dahil etmediklerinden etkin sınırdan sapmaları yalnızca etkinlik kayıplarına bağlamaktadır. Böyle bir yaklaşım pratikte gerçekçi değildir. Bu eksikliği gidermek için parametrik yöntemler ortaya atılmıştır. Parametrik yöntemler, istatistiki temele dayanan ekonometrik yöntemlerdir. Bu yöntemlerden en göze çarpanı stokastik sınır analizidir. Stokastik sınır analizi sınır fonksiyonlarını tahmin etmede ve üretim fonksiyonlarının etkinliğini ölçmede kullanılan bir yöntemdir. Stokastik sınır analizinde, parametrik olmayan yöntemlerin eksikliğini gidermek için bileşik hata terimi kavramını modele dahil etmiştir. Böylelikle etkinsizliğin üretim yapan birimlerden mi yoksa işletme kontrolü dışındaki sebeplerden mi ortaya çıktığı belirlenebilmektedir.

Günümüzde havacılık dünyada muazzam büyüme göstermektedir. 2014 yılı verilerine göre dünyada 1402 havayolu şirketi, askeri bölgeler dahil 41788 uçuş alanı bulunmaktadır. Ayrıca 2015 yılında dünyada 3.57 milyar yolcu taşınmıştır. Havacılık sektörü dünya genelinde 62.7 milyon kişiye istihdam yaratmaktadır. Dünyada her gün 9.8 milyon yolcu havayolu ile ulaşımı tercih etmektedir. Ayrıca dünyada her gün 104 bin uçuş gerçekleşmekte ve 17.5 milyar dolarlık mal taşınmaktadır. Hava ulaşımı ile taşınan mallar hacim olarak ticaret hacminin %0.5'e karşılık gelirken değer olarak ticaret hacminin %34.6'sına denk gelmektedir. Havacılık sektörünün bir ülke olarak kabul edilse İsviçre ve İsveç ekonomileri kadar büyük olan yapısı sektörün ne denli gelişim kaydettiğini ve önemli bir noktaya geldiğini ortaya koymaktadır.¹ Türkiye'deki manzaraya bakıldığında ise, dünyadaki gelişmeye paralel bir ilerleme görülmektedir. Türkiye'de inen kalkan toplam uçak sayısı 2002 yılında 376.041 iken 2015 yılında bu rakam 1.456.673' ulaşmıştır. Yolcu sayısı 2002 yılında 33.755.452 iken bu rakam 2015 yılında bu rakam 181.074.531'e ulaşmıştır. Taşınan kargo miktarı 2002 yılında 302.737 iken 2015 yılında 1.759.600'a yükselmiştir. Bu sebeple bu büyük sektörün can damarları olan havalimanlarının etkinliğinin ölçülmesi büyük önem arz etmektedir.²

Havalimanlarının etkinliğinin ölçümü için birçok neden bulunmaktadır. Bunların birkaçı şu şekilde sıralanabilir: Havalimanı yönetimleri rekabetçi ortamda kendi faaliyetlerini geliştirme adına etkinlik çalışmalarına ve kıyaslamalarına ihtiyaç duyarlar. Ayrıca, belediyeler kendi bölgelerine turist ve işletmeleri çekmek için etkin havalimanlarına ihtiyaç duyarlar. Aynı şekilde politikacılar ödenek ve kaynakların

¹ Air Transport Action Group (ATAG) Aviation Benefits Beyond Borders 2016.

² <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (Erişim Tarihi: 20.10.2016).

tahsisi konusunda ve havalimanlarının geliştirilmesi için gerek duyulan politikalar nedeniyle etkinlik kıyaslamalarına ihtiyaç duymaktadırlar. Bu sebeple etkin olan ve olmayan havalimanlarının belirlenmesi birçok kuruma ve yöneticiye rehber niteliğindedir. Ülkemizde ise bu kadar büyük ekonomiye sahip bir sektörün yeteri karar analiz edilmediği görülmektedir. Bu çalışmanın bu alandaki eksikliği gidermede pay sahibi olacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın ilk bölümünde performans, verimlilik ve verimlilik türleri etkinlik ve etkinlik türleri tanıtılmıştır. Sonrasında üç ana başlık altında ele alınan etkinlik ölçme yöntemleri ele alınıp, bu yöntemlerin güçlü ve zayıf yönlerine değinilmiştir. İkinci bölümde uygulamanın gerçekleştirileceği stokastik sınır analizi yönteminin kullandığı üretim fonksiyonları, yöntemin varsayımları, yöntemde kullanılan hata terimlerinin olasılık dağılımları ayrıntılı şekilde anlatılmıştır. Üçüncü bölümde ise havalimanlarıyla ilgili temel bilgiler verildikten sonra havacılığın ülkemizdeki gelişimine yer verilmiştir. Sonrasında ise havacılığın ülke ekonomileri için ne derece önemli bir faktör olduğu ve son yıllarda gösterdiği gelişim rakamlarla anlatılmıştır. Uygulama bölümünde, değişkenler, karar verme birimleri tanıtılıp uygulama FRONTIER 4.1 programıyla gerçekleştirmiştir. Son bölümde ise sonuçlar yorumlanıp, etkin olan ve etkin olmayan havalimanları belirlenip, havalimanlarının başarılarının ve başarısızlıklarının altında yatan sebeplerin neler olabileceğiyle ilgili tespitler yapılmıştır ve havalimanı etkinliğiyle ileride gerçekleştirilebilecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEMEL KAVRAMLAR VE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

1.1 Temel Kavramlar

1.1.1 Performans

Performans kavramı günümüz dünyasında giderek daha önemli hale gelen bir kavram olmuştur. Özellikle değişen örgüt yapısı, artan rekabet atmosferi, işletmelerde çalışanların artan rolü performans kavramına eskisine kıyasla çok daha fazla önem verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Literatürde performans kavramıyla ilgili pek çok tanım yer almaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir:

Performans, belirlenen koşullar çerçevesinde belirlenen amaç, hedefleri gerçekleştirmede yetenek ve becerileri istenilen alanda kullanabilme durumudur (Polat, 2014: 134).

Performans, ele alınan birimin belirli bir aktiviteyi benzerlik temelinde yerine getirdiği bir yöntem ya da eğilim olarak ifade edilebilir (Horčíčka ve Jelínková, 2014: 222).

Ivancevich'e göre iş performansı yapma kapasitesi, yapma fırsatının ve yapma isteğinin bir fonksiyonudur (Mercanlıoğlu, 2012: 42).

İşletme performansı belli bir dönem sonunda elde edilen çıktı veya sonuca göre, işletme amacının yerine getirilme derecesi olarak tanımlanmaktadır (Erdem vd., 2011: 84).

İşletmeler için performans kavramı için iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımlardan biri öznel yaklaşımdır. Bu yaklaşımda işletmeler rakipleri esas alınarak değerlendirmeye tabi tutulmaktadır. Diğer yaklaşım olan nesnel yaklaşımda ise işletmeler sayısal değerlere dayalı olarak analiz edilmektedir (Akbaba ve Erenler, 2008: 26).

1.1.1.1 Performans Değerlendirme

Günümüzde işletmelerin başarıları ağırlıklı olarak personelin göstereceği performansa bağlı olmaktadır. Personelden elde edilecek yüksek performans işletmenin amaçlarına çok daha kolay şekilde ulaşmasını sağlayacaktır. Bu sebeple işletmeye yüksek performansı sağlayacak olan personelin denetlenip değerlendirmeye tabi tutulması gerekmektedir (Yaralıoğlu, 2001:129). Ancak işletmelerde performans

değerlendirmeye yeterli önem verilmemekte, önemi anlaşılamamaktadır. Oysaki ideal bir performans değerlendirme süreci; ücret düzenlemeleri, terfi, işletme ve işletme personeli için fikir sunma, hizmet içi eğitim konusunda nasıl bir yol izleneceği hakkında bilgi verme vb. alanlarda işletmeye fayda sağlamaktadır (Kıngır ve Taşkıran, 2006: 196).

Performans değerlendirme kavramı işletmede görevi ne olursa olsun çalışanların etkinliklerinin, yeterliliklerinin, fazlalıklarının ve eksikliklerinin bir bütün halinde ortaya konulup gözden geçirilmesi faaliyetidir (Çetin, 2013: 273).

Genel hatlarıyla performans değerlendirme literatürde aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

- Kişinin yeteneklerini, potansiyel gücünü, davranışlarını ve benzeri niteliklerini diğer personelle kıyaslayan,
- Personelin görevdeki başarısını, işinde gösterdiği tutum ve davranışları, işletmeye sağladığı katkıyı değerlendiren ve planlayan,
- Personelin başarısı ya da başarısızlığıyla ilgili yargıya varan,
- Dengeli bir ücret sisteminin uygulanmasında, personel terfilerinde, iş değişikliği ve eğitim ihtiyacının belirlenmesinde,
- Personelin işteki başarısını işin gerekliliklerini esas alarak değerlendiren, sistematik bir süreç olarak ifade edilebilir (Bakan ve Kelleroğlu, 2003: 105-106).

Ayrıca performans değerlendirme, çalışan ile yönetici arasında ortak bir çalışmaya, bilgi alışverişine, hem hatalar hem de başarılar açısından sorumluluğun paylaşılmasına, eğitim ve gelişmesine olanak sağlayan dinamik bir sistem olarak tanımlanabilir (Eraslan ve Algün, 2005: 96).

İşletme performansı ise belli bir dönem sonra elde edilen çıktı ya da sonuca göre, işletme amacının yerine getirilme derecesi olarak tanımlanmaktadır. İşletme performansı örgütün amaçlarının ne ölçüde gerçekleştirdiğini belirlemek için ölçülmektedir. Performans değerlendirme işletmelerin olumsuz gelişmelere seyirci kalmasının önüne geçerek, sorunların tespitinde aktif rol almasına imkan sağlamaktadır. Ayrıca işletme performansının başka faydaları da bulunmaktadır. Bu faydalar şu şekilde sıralanabilir (Erdem vd., 2011: 84):

- İşletmelerin başarılarının ve başarısızlıklarının altında yatan sebepleri ortaya koymalarına imkân sağlaması

- Muhtemel performans açıklarını ortaya koyması

- Planlar doğrultusunda, önceden belirlenen kaynak kullanımının ne ölçüde gerçekleştiğini belirlenmesi

Bu bölümde işletmelerin performansının değerlendirilmesinde kullanılan kriterlere yer verilmektedir.

1.1.2 Verimlilik

Verimlilik kavramı tarihte ilk kez Agricola'nın De Re Metallica (1530) adlı eserinde kullanılmıştır. Agricola, madenin yer altından çıkarılması sürecinde verimliliği artıracak yöntemleri ele alarak kavramın ortaya çıkmasına öncü olmuştur. Sonrasında başta Fizyokratlar, Klasikler, Neoklasikler olmak üzere birçok iktisadi akım verimlilik kavramını kullanmıştır (Çoban, 2007: 21).

Verimlilik kavramı üretim sonucunda elde edilen çıktıların üretim sürecinde kullanılan girdilere oranlanması şeklinde ifade edilir. Yüksek verimlilik değerinin daha iyi bir performans değeri ortaya koyduğu söylenebilir. Üretim süreci tek girdi ve tek çıktı içerdiğinde bu hesaplama basit bir konudur. Verimlik, basit bir ölçüt olması ve kullanım kolaylığından dolayı işletmelerin sıklıkla başvurduğu bir performans ölçütüdür (Coelli vd., 2005:1- 2;Yükçü ve Atağan, 2009: 4).

Genellikle birden fazla girdinin olduğu üretim süreçleri gerçekleşmektedir. Bu durumda bu girdileri tek bir girdi indeksi haline dönüştürmede verimlilik ölçüsüyle ilgili bir oran elde etmek için bir yöntem kullanılmalıdır. (Coelli vd., 2005:1- 2).

1.1.2.1 Verimlilik Türleri

Üretim faaliyeti sonucu elde edilen çıktının üretimde kullanılan toplam girdilere veya ayrı ayrı her girdiye oranlanmasına göre toplam faktör verimliliği veya kısmi verimlilik türleri ortaya çıkmaktadır (Kol, 2011: 10). Ayrıca literatürde emek, işletme, sektör, ekonomi verimliliği gibi verimlilik türleri mevcuttur (Yapıcı ve Baş, 2015: 592).

1.1.2.1.1 Toplam Faktör Verimliliği

Toplam faktör verimliliği, verimliliğin en önemli türlerinden birisidir. Bir üretim süreci sonucunda üretilen ürünün o ürünün üretilmesinde kullanılan emek, malzeme, ekipman, enerji gibi girdilere oranlanmasıyla elde edilmektedir.

1.1.2.1.2 Kısmi Verimlilik

Üretim faaliyeti sonucu elde edilen çıktının sadece tek bir girdiye oranlanması şeklinde ifade edilmektedir. Kısmi verimlilik ölçütleri, her bir üretim faktörünün verimliliğini ayrı ayrı göz önüne almaktadır. Bu verimlilik ölçülerinden hangisinin kullanılacağı yapılacak ölçümün sebebine bağlı olarak değişmektedir (Yapıcı ve Baş, 2015:592).

1.1.3 Etkinlik

Verimlilik ve etkinlik kavramları sıklıkla birbirlerinin yerine kullanılsa da bu kavramlar farklı anlamlar ifade etmektedir. Verimlilik mevcut kaynakların ne ölçüde etkin kullanıldığıyla ilgilenirken, etkinlik kavramı elde edilen çıktının istenilen seviyeye ulaşmasıyla ilgilidir (Çağlar, 2003: 10).

En geniş anlamda etkinlik, gözlenen değerlerin ideal değerlere yakınlığı şeklinde ifade edilebilir (Tutulmaz ve Şahin, 2014: 50).

Ekonomik anlamda etkinlik ise, belirli bir girdi setinden mümkün olduğunca fazla çıktı üretmek anlamına gelir (Farrell, 1957: 11).

1.1.3.1 Etkinlik Türleri

Ekonomik anlamda etkinliğin 3 dalı olduğundan bahsedilmektedir. Bunlar: Teknik etkinlik, tahsis etkinliği ve ölçek etkinliği kavramlarıdır (Kamande, 2010: 6).

1.1.3.1.1 Teknik etkinlik

Üretim girdileri çıktılarına dönüştürme sürecidir. Üretim sürecinin etkin olabilmesi mevcut teknoloji ve teknolojik değişme altında, belirli girdi bileşiminin kullanılarak elde edilebilecek en fazla çıktının üretilmesine bağlıdır. Teknik etkinlik kavramı mevcut teknoloji altında belirli firma boyutu ve girdi seviyesinde elde edilebilecek maksimum çıktının sağlanması anlamına gelir. Teknik etkinlikte, teknik etkin karar birimleri üretim sınırının üzerinde bulunurken, üretim sınırının altında bulunan karar birimlerinin kaynakları etkin kullanmadığı, teknik etkinsiz oldukları söylenebilir. Teknik etkisizlik ise belirli teknoloji düzeyinde aynı girdiden ya da daha az girdiyle aynı çıktıyı diğer girdilerin miktarını artırmadan üretme olarak tanımlanabilir (Kamande, 2010: 6; Polat, 2014: 136; Karakurt, 2011: 36).

Teknik etkinlik girdi ve çıktıya yönelik teknik etkinlik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Dursun, 2013: 4-5):

Girdiye yönelik teknik etkinlik, mümkün olan en az kaynakla, kaynakların en uygun şekilde kullanılmasıyla çıktı seviyesini en üst seviyeye çıkarma başarısıdır. Çıktı seviyesinde değişikliğe gitmeden girdi seviyesinde bir azalışa gidilebiliyorsa, girdiye yönelik teknik etkinlik sağlanmış olunur(Dursun, 2013: 4).

Çıktıya yönelik teknik etkinlik ise mevcut girdileri en uygun şekilde kullanarak çıktıyı artırmak anlamına gelmektedir. Burada girdide değişikliğe gitmeden çıktıda artış sağlayabilme amaçlanmaktadır (Dursun, 2013: 5).

İşletmelerin girdi ve çıktıya yönelik teknik etkinliği her zaman sağlayamadığı görülmektedir. Eğer her iki etkinlik durumunda da etkinlik sağlanırsa işletmenin tam olarak etkin olduğu söylenebilir (Dursun, 2013: 5).

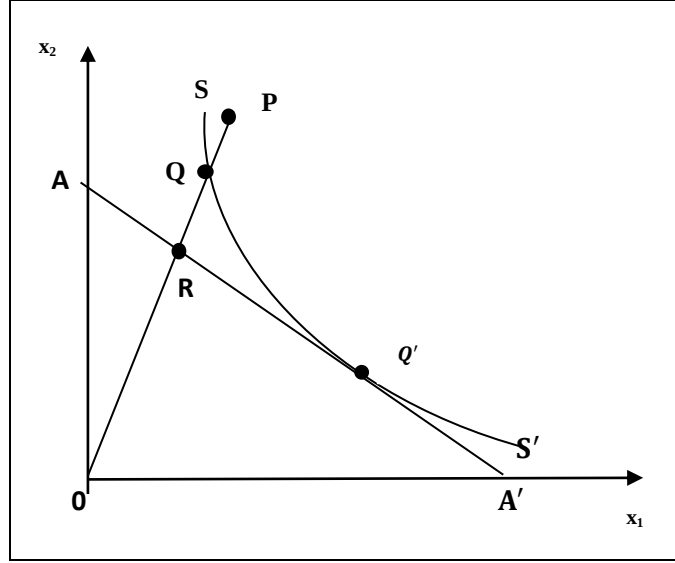
1.1.3.1.2 Tahsis Etkinliği (Fiyat Etkinliği)

Tahsis etkinliği, marjinal maliyetlerine bağlı olarak girdi miktarlarının orantılı kullanılması anlamına gelir (Kamande, 2010: 6).

Tahsis etkinliği girdi ve çıktı yönlü olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Dursun, 2013: 5-6).

Girdiye yönelik tahsis etkinliği; işletmenin fiyatlarını esas alarak en uygun girdi bileşimini oluşturması şeklinde ifade edilebilir. İşletmenin ekonomik olmayan girdi bileşimini kullanması girdiye yönelik tahsis etkinliği kavramıyla belirlenir. Çıktıya yönelik tahsis etkinliği ise; çıktı fiyatları esas alınarak elde edilebilecek çıktıyı en yüksek kılacak çıktı bileşimini elde etmektir. İşletmenin uygun çıktı bileşimini sağlayamamasından kaynaklanan kaybı çıktıya yönelik tahsis etkinliğiyle belirlenir.

Teknik ve tahsis etkinliği kavramlarına Şekil 1’de yer verilmiştir. Farrell iki girdi (x_1 ve x_2) kullanarak tek çıktı (q) üreten bir durumu ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında ele almıştır. SS' eş-ürün eğrisi, firmalar için etkinlik sınırını ortaya koymaktadır. Eğer bir firma P noktasındaki girdi bileşimini kullanırsa, bu firmanın teknik etkinsizliği çıktıda azaltmaya gitmeden bütün girdilerin oransal olarak azaltılabileceği miktar olan QP mesafesiyle ifade edilmektedir. Bu durum teknik etkinlik seviyesine ulaşmak için azaltılması gereken girdilerin oranı QP/OP olarak ifade edilir (Coelli vd., 2005: 52).



Şekil 1. Teknik Etkinlik ve Tahsis Etkinliği (Farrell, 1957: 254)

Şekil 1’de **AA'** eş maliyet doğrusunu göstermektedir. **SS'** eş-ürün eğrisi üzerindeki her nokta firma teknik etkinliğe ulaşmışken **AA'** eş maliyet doğrusundaki her nokta ise tahsis etkinliğine ulaşmıştır. Firma için maliyet etkinliği hem etkin üretim sınırında hem de eş maliyet doğrusu üzerinde yer alan **Q'** noktasında gerçekleşmektedir. P noktasında üretim gösteren bir firma ne teknik etkinliğe ne de tahsis etkinliğine sahiptir. Bu firma etkin üretim sınırının üzerinde faaliyette bulunmadığı için teknik olarak etkin değildir. Ayrıca firma en uygun girdi bileşiminde faaliyette bulunmadığı için tahsis etkinliğine de sahip değildir. Bir başka deyişle firma x_2 girdisinden fazla kullanırken x_1 girdisinden az kullanmaktadır. Şekil 1’de **OR** doğru parçasının **OQ** doğru parçasına oranı tahsis etkinliğini ifade etmektedir (Karakurt, 2011: 38).

1.1.3.1.3 Ölçek Etkinliği

Ölçek etkinliği, üretim biriminin en uygun ölçekte üretim yapma yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Çınar, 2010: 98).

Ölçeğe göre getiri sabit ya da değişken olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Ölçeğe göre sabit getiri, girdi seviyesindeki değişikliğin çıktı seviyesine aynı oranda yansması olarak tanımlanabilir. Ölçeğe göre değişken getiri ise girdi seviyesindeki bir değişikliğin çıktıya aynı oranda yansımaması durumudur. Eğer çıktı düzeyindeki artış girdi düzeyindeki artıştan daha fazla ise ölçeğe göre artan getiri, daha az ise ölçeğe göre azalan getiri durumu vardır (Polat, 2014: 139).

Toplam etkinlik ise teknik etkinlik ile ölçek etkinliğinin çarpımı şeklinde ifade edilmektedir (Özgümüş, 2012: 6).

1.2 Etkinlik Ölçüm Yöntemleri

Etkinlik ölçümünde kullanılan yöntemler 3 ana kategoriye ayrılmaktadır: Oran analizi, Parametrik olmayan yöntemler, Parametrik yöntemler.

1.2.1 Oran analizi

Etkinlik ölçümünde en fazla kullanılan ve en basit yöntemlerinden biri oran analizidir. Oran analizinin basitliği analizin tek girdi ve çıktıyla gerçekleştirilmesinden ve az bilgi gerektirmesinden kaynaklanmaktadır (Yeşilyurt ve Alan, 2003: 92).

Oran analizi tek çıktının tek girdiye oranlanması şeklinde ifade edilmektedir. Birden fazla girdi ve çıktının yer aldığı durumlarda ilgili girdi ve çıktılarından yalnızca bir tanesini dikkate alabildiğinden yöntem yetersiz kalmaktadır. Ayrıca oran analizinde yapılan analiz sonuçlarının başka verilerle kıyaslanma gerekliliğı yöntemin zayıf noktalarından biridir (Özgümüş, 2012: 6). Oran analizinde yapılan ölçümlerde bazı oranlar firmayı etkin gösterirken bazı oranlarsa etkinsiz gösterebilmektedir. Bu sorunu aşabilmek adına “genişletilmiş oran kümeleri” geliştirilse de tek boyutlu yapıdan kurtulamamıştır (Gülcü vd., 2004: 93).

Oran analizi, performans değerlemede birçok eksikliği olmasına rağmen basitliği sebebiyle tek girdili ve tek çıktılı durumlar için en uygun yöntem olarak görünmektedir. Ancak mevcut değerlerin birbirine bölünmesiyle elde edildiğinden bir performans iyileştirmesinden ziyade durum tespiti özelliğı göstermektedir (Gülcü vd., 2004: 93).

1.2.2 Parametrik Olmayan yöntemler

Parametrik olmayan yöntemler, doğrusal programlamaya dayalı olarak elde edilen etkinlik ölçütünün, etkinlik sınırına yakınlığını hesaplamaktadır. Ayrıca parametrik olmayan yöntemler, performans ölçümünde herhangi bir üretim fonksiyonuna ihtiyaç duymaması ve çoklu girdi ve çıktıyla çalışılabilmesi bu yöntemlere avantaj katmaktadır. Ancak parametrik olmayan yöntemler rassal hata terimini, yani işletmenin kontrolü dışındaki durumları şans, ölçüm hataları vb. faktörleri modele dahil etmediğinden etkinlik sınırını yanlış belirleyebilir. Bu yöntemler girdi ve çıktı yönlü olmak üzere iki kategoride incelenmektedir. Girdi yönlü yaklaşımda; belirli bir çıktı düzeyini elde etmek için girdilerin ne kadar azaltılabileceğı ile ilgilenilirken, çıktı yönlü yaklaşımda ise belirli bir girdi düzeyiyle ne kadar çıktı elde edilebileceğı araştırılmaktadır (Özgümüş, 2012: 8; Karakurt, 2011: 48; Sarı, 2015: 19).

Parametrik olmayan yöntemlerden en yaygın kullanılanı VZA’dır.

1.2.2.1 Veri Zarflama Analizi (VZA)

Veri zarflama analizi, karar verme birimlerinin performanslarının çoklu ölçü veya göstergeyle değerlendirildiği veri odaklı bir yaklaşımdır. Veri zarflama analizinin ilk ortaya çıktığı 1978 yılından itibaren performans değerlendirmesindeki kolaylığı ve mükemmelliğinden dolayı araştırmacılar tarafından çok çeşitli alanlarda uygulanmaktadır. Veri zarflama analizi firmaların, ülkelerin, bölgelerin, hastanelerin, üniversitelerin performans değerlendirmesinde kullanılmaktadır (Gregoriou ve Zhu, 2005: 7).

Farrell'in etkinlik ölçüsü, tahminin doğrusal programlamayla gerçekleştirilebileceğini gösteren Boles (1966)'ın literatüre katılmasıyla genişletildi. Afriat (1972) ise parametrik olmayan sınırı tahmin etmek için ölçeğe göre değişken getiri formülasyonunu ortaya koydu. Charnes vd., (1978) ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında parametrik olmayan doğrusal programlama formülasyonunu geliştirdi. Charnes, Cooper ve Rhodes tekniklerini veri zarflama olarak adlandırdılar ve modelleri CCR modeli olarak anılmaya başlandı. CCR modeli yöneylem araştırması için temel oluşturdu. Formülasyonları çoklu girdi ve çoklu çıktının formülasyonuna imkan sağladı (Ruggiero, 2011: 7).

Banker vd., (1984) VZA'nın çoklu girdi ve çoklu çıktı modelini ölçeğe göre değişken getiri haline gelmesini sağladılar. Bu model, CCR modelinden sonra BCC modeli olarak ortaya atılan ikinci VZA modeli oldu. Banker vd., hem CCR hem de BCC modelinin teknik ve ölçek bileşenlerine ayrılmasını sağladılar (Babacan ve Özcan, 2009: 178; Ruggiero, 2011: 2).

Veri zarflama analizinin arkasındaki fikir, kıyaslanabilir karar verme birimleri içerisinde bir metodoloji ortaya koymaktadır. Böylelikle en iyi performans belirlenebilip etkin sınır oluşturulabilecektir. Dahası, bu metodoloji sınırdan olmayan birimlerin etkinliğini ölçme ve etkinsiz birimlerin referans kümeyle kıyaslanmasına imkan sağlamaktadır. (Cook ve Seiford, 2009: 1-2).

Veri zarflama analizi aynı girdileri kullanarak aynı çıktıları üreten aynı tipteki karar verme birimlerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Parametrik yöntemler karar verme birimlerini ortalama bir birine göre değerlendirirken, veri zarflama analizi her bir karar verme birimini en iyi karar verme birimiyle kıyaslamaktadır (Polat, 2014: 144).

VZA, parametrik olmayan yöntemlerin avantajlarını barındırmasının yanında

etkin olmayan birimlerin etkin hale gelmesi için referans alması gereken birimleri işaret etmesi ve etkin hale gelebilmeleri için girdi ve çıktılarında nasıl değişikliğe gitmesi konusunda fikir vermektedir (Çınar, 2010: 98).

Veri zarflama analizi kullanmanın çeşitli amaçları vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir (Golany ve Roll, 1988: 238):

- Girdi çıktı boyutunda kaynakların ve kıyaslanan her bir birimin etkinsizliğinin tanımlanması
- Etkinlik sonuçlarına göre birimlerin sıralanması
- Kıyaslanan birimlerin yönetimlerinin değerlendirilmesi
- Birimlerin kontrolü dışındaki program ya da politikaların etkinliğinin değerlendirilmesi ve program etkinsizliği ile yönetim etkinsizliğinin ayrımının yapılması
- Değerlendirmeye tabi birimler arasında kaynakların yeniden tahsisi için nicel bir temel oluşturma
- Etkin birimlerin tanımlanması

Veri zarflama analizinin 3 temel aşaması aşağıdaki gibidir:

- Analize tabi tutulacak karar verme birimlerinin tanımlanması ve seçimi
- Seçilen karar verme birimlerinin göreceli etkinliğini değerlendirmek için uygun olan girdi ve çıktıların belirlenmesi
- Veri zarflama analizi modellerinin uygulanması ve sonuçların analizi

1.2.1.1.1 VZA Modelleri

CCR ve BCC modellerinin her birinin girdi ve çıktı yönlü modellere ayrılmalarıyla farklı modeller ortaya koyulmuştur. Bu sayede veri zarflama analizi ile gerçekleştirilen analizlerin sonuçları yorumlama becerisini artırırken aynı zamanda uygulama kapsamını da genişletmiştir (Gürler, 2015: 37). CCR modeli toplam etkinliği ölçmektedir. Toplam etkinlik, teknik etkinlik ve ölçek etkinliğinin bileşiminden meydana gelir. BCC modeli ise saf teknik etkinliği ölçmektedir (Tezsürücü, 2013: 103).

Girdi yönlü modellerde, mevcut çıktının üretilmesi için en az girdinin kullanılmasına; çıktıya yönelik modellerde ise mevcut girdi ile en fazla çıktının üretilmesi amaçlanmaktadır (Öner, 2013: 21).

1.2.2.2 Parametrik Olmayan Yöntemlerin Avantajları

Parametrik olmayan yöntemlerin avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Karakurt, 2011: 48):

- Çok sayıda girdi ve çıktı kullanabilmeleri ve davranışsal varsayımlara ihtiyaç duymamasından dolayı parametrik yöntemlere kıyasla daha avantajlıdır.
- Parametrik olmayan yöntemlerin girdi ve çıktı boyutları birbirinden bağımsız olduğundan işletmenin değişik boyutlarını aynı anda analiz etme imkanı sunmaktadır.
- Parametrik olmayan yöntemler üretim fonksiyonunun analitik yapısı hakkında herhangi bir varsayım gerektirmediğinden parametrik yöntemlere göre daha avantajlıdır.
- Parametrik olmayan yöntemler her bir karar birimi için göreceli etkinliği hesaplarken amaç fonksiyonunu ayrı ayrı maksimize eder ve her bir karar birimi için en uygun çözüm kümesini belirler.

1.2.2.3 Parametrik Olmayan Yöntemlerin Dezavantajları

Parametrik olmayan yöntemlerin dezavantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Karakurt, 2011: 49):

- Parametrik olmayan yöntemler belirli bir örneklemden hareketle etkinlik ölçmeyi amaçlamaktadır. Örneklemdaki çok küçük ya da çok büyük değerler etkinlik tahmininde sıkıntı yaratabilir.
- Her ne kadar parametrik olmayan yöntemler etkin ve etkin olmayan şeklinde bir ayrıma gitse de etkin ve etkinlik sınırını oluşturan birimlerinin birbirleriyle kıyaslanmasında yetersiz kalmaktadır.
- Parametrik olmayan yöntemler karar birimleri açısından çok fazla hesaplama yapılmasına yol açmaktadır. Bu da çok fazla parametrenin yorumlanması sorununa yol açmaktadır.

Bu bölümde parametrik yöntemlere yer verilmektedir.

1.2.3 Parametrik Yöntemler

Parametrik yöntemler, fonksiyonel biçimi önceden bilinen bir sınırın parametrelerini tahmin edip sonrasında her bir gözlemin bu sınıra olan uzaklığını ölçen yöntemlerdir (Çakmak vd., 2008: 34).

Parametrik yöntemlerde bir örneklem kümesi esas alınır ve bu kümede en iyi performansın regresyon doğrusu üzerinde olduğu düşünülerek bu sınırdan sapma göstermeyen gözlemlerin etkin, sapma gösterenlerin ise etkin olmadığı ifade

edilmektedir. Başarısızlıktan kastedilen aynı çıktı düzeyinde yüksek maliyet ya da aynı girdi düzeyinde düşük çıktı olduğudur ve üretilen birimlerin homojen oldukları varsayılmaktadır. Ayrıca parametrik yöntemler rassal hatanın olduğunu varsaymaktadır (Ekren ve Emiral, 2002: 3).

Parametrik yöntemler sınır yaklaşımı kullandıkları için parametrik olmayan yöntemlere göre dezavantaja sahiptir. Ancak parametrik yöntemler etkinlik ölçümünde rassal hataya yer vermelerinden dolayı daha avantajlıdır. Parametrik yöntemlerin karşılaştığı en büyük sorun rassal hata ve teknik etkinsizliğin nasıl ayrılacağıdır. Parametrik yöntemler bu ayrımı yapmak için kullandıkları dağılım varsayımlarıyla birbirinden ayrılmaktadır. Parametrik yöntemlerde etkinlik sınırından sapmaların etkinsiz gözlem ve rassal hata gibi iki bileşenden oluştuğu ortaya konulmaktadır. Zira parametrik yöntemler bu iki bileşenin nasıl dağıldığıyla ilgili varsayımlarla birbirinden ayrılmaktadır. (Ekren ve Emiral, 2002: 3).

Bu bölümde parametrik yöntemlerden serbest dağılım ve kalın sınır yaklaşımdan kısaca bahsedilip sonrasında stokastik sınır analizi ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır.

1.2.3.1 Serbest Dağılım Yaklaşımı

Bu yöntem adından da anlaşılabilirliği gibi bazı kısıtlar altında hata terimlerinin ve onların bileşenlerinin herhangi bir dağılım özelliği gösterebileceğini varsayar. Serbest dağılım yaklaşımı yalnızca panel veriyle kullanılabilmektedir. Bu yöntemde her firmanın verimliliği uzun dönemde sabittir (Ekren ve Emiral, 2002: 3).

Zaman içinde firmanın durumunda kayda değer bir değişiklik olursa verimliliği ölçülen birimin en iyi gözlemden sapması esas alınır. Serbest dağılım yaklaşımında da maliyet fonksiyonu için fonksiyonel form uygular. Serbest dağılım yaklaşımı etkinliğin dağılımı üzerinde bir varsayımda bulunmaz.

1.2.3.2 Kalın Sınır Yaklaşımı

Berger ve Humphrey (1997) maliyet sınırını başka bir yöntem ortaya atarak hesapladılar. Kalın sınır yaklaşımı, veriyi ortalama maliyete göre ayırmakla başlamaktadır. Yöntem, birisi firmaların en yüksek ortalama maliyet kartili diğeri ise en düşük kartili ifade etmek üzere iki sınırın tahminini içermektedir. Bu işlem örnekteki her bir yıl için bağımsız şekilde gerçekleştirilmektedir. Sonrasında en yüksek kartildeki firmaların ortalama etkinsizliği iki kalın sınırın kıyaslanmasıyla hesaplanmaktadır. En düşük ortalama maliyetin olduğu bölgedeki tahmini maliyetten sapmalar hata terimini,

en yüksek ortalama maliyete sahip bölgedeki tahmini sapmalar etkinsizliği ifade etmektedir. (Wagenvoort ve Schure, 1999: 9; Kadioğlu, 2006: 22-23).

Kalın sınır yaklaşımı, stokastik sınır analizi ve serbest dağılım yaklaşımlarından dağılım üzerine yaptığı varsayımlarla ayrılmaktadır. Kalın sınır yaklaşımı hem etkinsizlik hem de hata terimi üzerinde dağılımsal varsayımlarda bulunmamaktadır. Gözlemlenen ve beklenen değerler arasındaki farkların en büyük ve en küçük değerleri rassal hatayı, geri kalanın etkinsiz gözlemleri oluşturduğu varsayımından dolayı bu yöntem bir tek üretim biriminin etkinliğinin hesaplanmasında uygun bir yöntem değildir. Kalın sınır yaklaşımı genel etkinlik düzeyinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir (Berger ve Humphrey, 1997: 8; Ekren ve Emiral, 2002: 3).

1.2.3.3 Stokastik Sınır Analizi

Parametrik etkinlik ölçme yöntemlerinden biri olan stokastik sınır analizi, ilk kez 1977 yılında birbirinden bağımsız iki makaleyle ortaya atılmıştır. O tarihten itibaren çeşitli uygulamalar ile literatürde kendisine daha fazla yer bulmaya başlamıştır. Stokastik sınır analizinin gittikçe daha popüler olmasının sebebi parametrik olmayan yöntemlerden farklı olarak işletmenin kontrolü dışındaki rassal şokları da modele dahil etmesi olarak açıklanabilir. Stokastik sınır analizi 2. bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM STOKASTİK SINIR ANALİZİ

2.1 Stokastik Sınır Analizi

Stokastik sınır analizi sınır fonksiyonlarını tahmin etmede ve karar verme birimlerinin üretim ve maliyet fonksiyonlarının etkinliğini ölçmede kullanılan bir yöntemdir (Yarlıkaş, 2007: 3).

Stokastik sınır analizi ve etkinlik ölçümünün temeli Farrell (1957) tarafından ortaya atılan yaklaşıma dayanmaktadır. Farrell bir karar verme biriminin etkinliğinin ölçümünde iki unsur ortaya koymuştur: İlki teknik etkinlik, ikincisi ise tahsis etkinliğidir. Teknik etkinlik; bir işletmenin elindeki mevcut girdiden elde edebileceği maksimum çıktıyı ifade etmektedir. Tahsis etkinliği; girdilerin fiyatları mevcut iken işletmenin bu girdileri uygun oranda kullanabilme yeteneğini ölçmektedir. Bu iki etkinlik ölçütü toplam etkinliğin ölçümü için bir araya getirilmektedir. Bu iki ölçütü etkin olan firmaların tümüyle etkin olduğu varsayılmaktadır. Uygulamada üretim fonksiyonu hiçbir zaman tam olarak bilinmediğinden, Farrell üretim fonksiyonunun parametrik olmayan bir parçalı doğrusal teknoloji veya Cobb-Douglas (C-D) biçimine benzer bir parametrik fonksiyon kullanılarak tahmin edilmesi gerektiğini ortaya atmıştır (Yarlıkaş, 2007: 3).

Stokastik Sınır Analizi (SSA), Aigner, Lovell, Schmidt (1977), Battase ve Corra (1977), Meusen ve Van den Broeck (1977) tarafından birbirinden bağımsız ve eş zamanlı olarak ortaya atılmıştır. Schmidt (1985) ve Lovell (1993) etkinlik tahmin yöntemlerini iki kategoride ele almaktadır. Birincisi üretim fonksiyonlarının parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerle ele alınmasıyken, ikincisi işletmenin üretim sınırından sapmasını ilgilendiren modelin stokastik ya da deterministik olmasıyla ilişkilidir. Sonrasında stokastik ve deterministik modellerin kısıtlarından kurtulmak için Van den Broeck, Koop, Osiewalski ve Steel (1994) Bayesyen yaklaşımı geliştirdiler (Dudu, 2006: 46; Atılğan, 2012: 30).

Stokastik sınır analizi, üretim ve maliyet yönlü olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu bölümde üretim ve maliyet fonksiyonlarına değinilmektedir.

2.1.1 Stokastik Üretim Sınır Fonksiyonu

Sınır fonksiyonu aslında etkinsizliğin olmadığı durumdaki fonksiyonun değerini ifade etmektedir. Bu noktada değinilen üretim fonksiyonu olduğundan ele alınan üretim fonksiyonları o üretim ilişkisinin sınırını göstermektedir (Tutulmaz, 2012: 113).

Stokastik sınır analizinde kullanılan üretim fonksiyonu aşağıda gösterilmektedir (Avcı ve Çağlar, 2016: 21).

$$y_i = x_i\beta + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

$$\varepsilon_i = v_i - u_i \quad (2.2)$$

Bu eşitlikte y_i , i . karar biriminin çıktı miktarını; β , tahmin edilecek ($K \times 1$) boyutlu girdi vektörü parametrelerini; x_i ($K+1$) boyutlu girdi satır vektörünü ifade etmektedir. Eşitlikte v_i ve u_i olmak üzere iki hata terimi bulunmaktadır. Stokastik üretim sınır modeli, ε_i 'nin v_i ve u_i 'den meydana gelen iki bağımsız değişkenden meydana geldiğini varsaymaktadır. v_i istatistiksel gürültüyü, ölçüm hatalarını, işletme kontrolü dışındaki rasgele faktörleri ve üretim fonksiyonuna katılmamış rasgele değişkenleri ifade etmektedir. u_i ise negatif olmayan, etkinsizliği temsil eden rasgele bir değişkendir. Çıktı değişkeni rasgele değişken olan $\exp(x_i\beta + v_i)$ ile üstten sınırlandırılır.

i . işletmenin gözlenen çıktısının potansiyel çıktıya oranı i . işletmenin teknik etkinliğini göstermektedir. TE ile sembolize edilen teknik etkinlik eşitlik (2.3)'teki gibi ifade edilmektedir (Kumbhakar ve Lovell, 2000: 64-65):

$$y_i = f(x_i; \beta) * TE \quad (2.3)$$

$$TE = \frac{y_i}{f(x_i; \beta)} \quad (2.4)$$

y_i yalnızca maksimum seviyesine ulaştığında teknik etkinlik 1 olur, onun dışındaki durumlarda gözlenen çıktıda bir eksiklik yaşandığından teknik etkinlik 1'den küçük olmaktadır.

Eşitlik (2.3)'te üretim sınırı $f(x_i; \beta)$ deterministiktir. Yani maksimum üretilebilir çıktıdan elde edilemeyen kısım, teknik etkinsizlik olarak ifade edilmektedir.

Böyle bir tanımlama üreticinin kontrolü dışındaki rassal şoklardan çıktının etkilenebileceğini göz ardı etmektedir. Rassal şokları analize dahil etmek için model eşitlik (2.5)'teki gibi tekrar yazılır (Kumbhakar ve Lovell, 2000: 65) :

$$y_i = f(x_i; \beta) * \exp(v_i) TE_i \quad (2.5)$$

Bu eşitlikte $[f(x_i; \beta) * \exp(v_i)]$ stokastik üretim sınırıdır. Stokastik üretim sınırı iki parçadan oluşmaktadır: Bütün üreticilerin aşına olduğu $f(x_i; \beta)$ ve her üreticide rassal şokların etkisini içeren deterministik kısımdır. Eğer üretim sınırı stokastik hal alırsa teknik etkinlik aşağıda gösterildiği gibidir:

$$TE_i = \frac{y_i}{f(x_i; \beta) * \exp(v_i)} \quad (2.6)$$

İstatistiksel gürültüyü ifade eden v_i rassal hatanın modele dahil edilmesiyle stokastik üretim sınır fonksiyonu eşitlik (2.7)'deki gibi ifade edilmektedir (Coelli vd., 2005: 242) :

$$\ln y_i = x_i \beta + v_i - u_i \quad (2.7)$$

Rassal hata v_i pozitif ya da negatif olabilir. Bu sebepten stokastik sınır çıktıları modelin deterministik kısmı $\exp(x_i \beta)$ 'de değişiklik gösterebilir.

Stokastik sınır analizinde en fazla uygulanan modellerden biri olan Cobb-Douglas formunda model aşağıdaki şekillerde ifade edilmektedir:

$$\ln y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i \quad (2.8)$$

$$y_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i) \quad (2.9)$$

$$y_i = \underbrace{\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i)}_{\text{Deterministik Bileşen}} * \underbrace{\exp(v_i)}_{\text{Rassal Hata}} * \underbrace{\exp(-u_i)}_{\text{Etkinsizlik}} \quad (2.10)$$

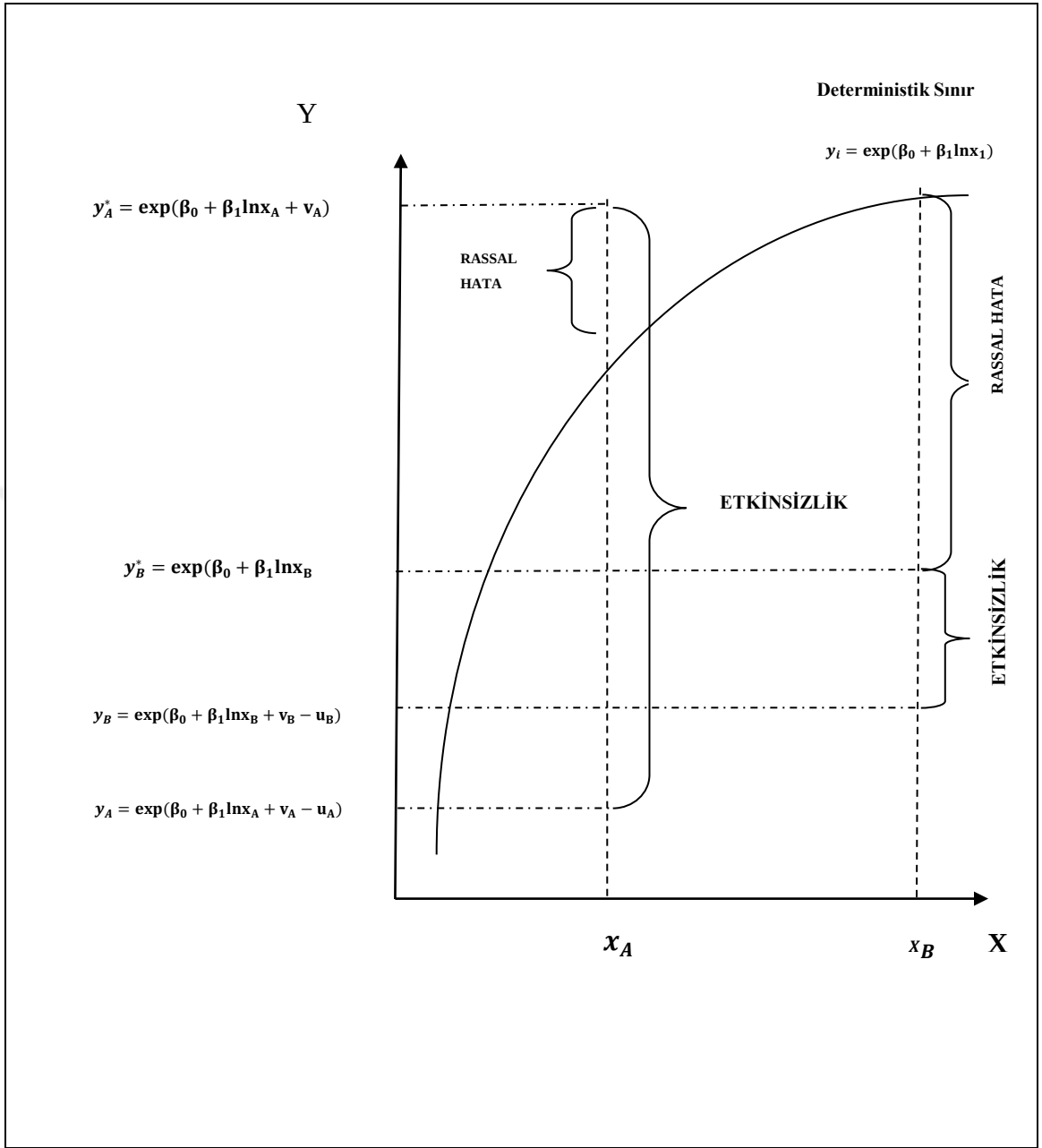
Deterministik Bileşen Rassal Hata Etkinsizlik

Eşitlik (2.8), (2.9) ve (2.10) stokastik üretim sınırının Cobb-Douglas formunda farklı ifade biçimlerini göstermektedir. Üretim fonksiyonunda etkinsizliğin olmadığı, üretim sınırında gerçekleşen ve etkin durumu tanımlayan çıktı aşağıdaki gibi gösterilebilir (Atılğan, 2012: 33):

$$q_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i) = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i) * \exp(v_i) \quad (2.11)$$

Teknik etkinlik ise; gözlenen çıktının üretilebilecek maksimum çıktı sınırına oranlaması olarak eşitlik (2.12)'de tanımlanmaktadır:

$$TE = \frac{q_i}{q_i^*} = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i)}{\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i)} = \exp(-u_i) \quad (2.12)$$



Şekil 2. Stokastik Üretim Sınırı (Coelli vd., 2005: 244)

Şekil 2’de A ve B olmak üzere üretim yapan iki firma ele alınmaktadır. Girdi değerleri yatay eksen, çıktı değerleri ise dikey eksen üzerinde gösterilmektedir. Firma A q_a çıktısını üretmek için x_a girdisini kullanırken, firma B q_b çıktısını üretmek için x_b girdisini kullanmaktadır. Firma A’nın üretim sınırı deterministik kısmın üstünde yer almaktadır. Bunun sebebi gürültü etkisinin ($v_a > 0$) pozitif olmasıdır. Diğer taraftan firma B’nin çıktı sınırı deterministik kısmın altında yer almaktadır. Sebebi ise gürültü etkisinin negatif ($v_a < 0$) olmasıdır. Ayrıca A firmasının gözlenen çıktısının seviyesi

deterministik sınırın altında yer almaktadır. Çünkü gürültü ve etkinsizlik etkisinin toplamaları negatiftir (Coelli vd., 2005: 243).

2.1.2 Stokastik Maliyet Sınır Fonksiyonu

Yukarıda anlatıldığı üzere stokastik üretim sınır fonksiyonunda hata teriminin $(v_i - u_i)$ olduğu ifade edilmiştir. Stokastik üretim sınır fonksiyonu yerine maliyet fonksiyonu hesaplanmak istenirse hata terimini $(v_i + u_i)$ şekline dönüştürmek gerekmektedir. Bu durum etkinsizlik ölçümünün maliyet fonksiyonu üzerinden değerlendirildiğinde, etkinsizliğin firmanın maliyet sınırı üzerinde faaliyet göstermesinden kaynaklanmaktadır. Stokastik maliyet sınır fonksiyonunun formülasyonu eşitlik (2.13) ve (2.14)'de verilmektedir (Özgümüş, 2012: 32; Atılgan, 2012: 40).

$$Y_i = x_i\beta + \varepsilon \quad (2.13)$$

$$Y_i = x_i\beta + (v_i + u_i) \quad i=1,2,\dots,N \quad (2.14)$$

Burada;

Y_i : i. Firmanın üretim maliyetinin logaritması

X_i : kx1 boyutlu i. firmanın girdilerini gösteren girdi vektörü

β_i : Bilinmeyen parametreler vektörü

v_i : Bağımsız ve $N(0, \sigma_v^2)$ dağılımını gösteren rassal değişken

u_i : Üretimdeki Teknik etkinsizliğin maliyetini gösteren negatif olmayan rastgele değişken ve $N(0, \sigma_u^2)$ olarak dağılmaktadır.

2.2 Stokastik Sınır Analizinin Varsayımları

Her v_i 'nin her u_i 'den bağımsız dağıldığı ve bütün hataların x_i 'deki açıklayıcı değişkenlerle ilişkisiz olduğu varsayılmaktadır. Modelin diğer varsayımları aşağıda belirtildiği gibidir (Coelli vd., 2005: 245) :

$$E(v_i) = 0 \quad (\text{Sıfır Ortalama})$$

$$E(v_i^2) = \sigma_v^2 \quad (\text{Eşvaryanslı})$$

$$E(v_i v_j) = 0 \quad i \neq j \quad (\text{Korelasyonsuz})$$

$$E(u_i^2) = \text{Sabit} \quad (\text{Eşvaryanslı})$$

$$E(u_i u_j) = 0 \quad i \neq j \quad (\text{Korelasyonsuz})$$

Gürültü bileşeni v_i klasik doğrusal regresyon modelindeki gürültü bileşeniyle aynı varsayımlara sahiptir. Bu varsayımlar altında En Küçük Kareler(EKK) yöntemini kullanarak tutarlı eğim katsayı tahmincisi elde edilebilir. Ancak EKK tahmincisinin kesim katsayısı aşağı doğru yanlıdır. Bu EKK tahminini teknik etkinlik ölçümünde kullanılamayacağını işaret eder. Bu problemin bir çözümü kesişimdeki yanlılığı düzeltmek için Winston (1957) tarafından önerilen yöntemi kullanmaktır. Daha iyi bir çözümse iki hata terimiyle ilgili dağılımsal varsayımlar yapmak ve modeli en çok olabilirlik yöntemiyle tahmin etmektir (Coelli vd., 2005: 245).

2.3 Etkinliğin Ölçümünde Kullanılan Üretim Fonksiyonları

İktisadi faaliyetler içerisinde üretim faaliyetlerini temsil etmek üzere doğrusal, log-doğrusal, Cobb-Douglas, translog, CES, Zellner-Revankar genel fonksiyonu veya doğrusal olmayan fonksiyonlar kullanılmaktadır. Uygulamada en çok kullanılan fonksiyonlara aşağıda yer verilmektedir (Tutulmaz, 2012: 111-112).

2.3.1 Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu

Cobb-Douglas üretim fonksiyonu, cari ekonominin mantıklı tanımını sağladığı düşünülen basit bir üretim fonksiyonudur. Ancak Cobb-Douglas üretim fonksiyonu sabit üretim ve ikame esnekliği özelliğinden dolayı eleştirilmektedir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun ikame esnekliği 1'dir. (Kareem, 2015: 44;Yarlıkaş, 2007: 17).

Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun iktisadi gösterimi eşitlik (2.15)'daki gibidir (Bulmuş, 2003: 134).

$$f(K, L) = AK^\alpha L^\beta \quad (2.15)$$

$$A, \alpha, \beta \geq 0 \quad (2.16)$$

$\alpha + \beta > 0$,ölçeğe göre artan getiri,

$\alpha + \beta < 0$,ölçeğe göre azalan getiri,

$\alpha + \beta = 0$,ölçeğe göre sabit getiri durumunu ifade etmektedir.

Cobb-Douglas üretim fonksiyonu doğrusal fonksiyonun logaritması alınarak elde edilmektedir. Stokastik sınır analizi için ortaya atılmış Cobb-Douglas üretim fonksiyonu eşitlik (2.17)'deki gibidir (Tutulmaz ve Şahin, 2014: 57).

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^N \beta_j x_{it} \quad (2.17)$$

Burada,

y_{it} : i. firma ve t. zaman için çıktı

x_{it} : logaritmik girdi

β_i : Parametreler (i=1,...,n)

N : Girdi sayısını

ifade etmektedir.

2.3.2 Translog Üretim Fonksiyonu

Translog üretim fonksiyonu açıklayıcı değişkenin kendisi, kareleri ve birbirleriyle çarpımını içermektedir. Denklemdaki açıklayıcı değişkenlerin kareleri ve çarpımlarının modelden çıkarılması sonucu Cobb-Douglas üretim fonksiyonu elde edildiğinden Translog üretim fonksiyonu Cobb-Douglas'a göre daha genel bir formdur (Tutulmaz, 2012:123).

Translog üretim fonksiyonu ilk olarak Christensen, Jorgensen ve Lau (1975) tarafından kullanılmıştır. Translog üretim fonksiyonunun ölçeğe göre getiri veya ikame olanakları üzerinde hiçbir kısıtlamaya gitmemesi fonksiyona esneklik kazandırmıştır (Özgümüş, 2012: 29).

Translog üretim fonksiyonunda girdiler modele tek tek, birbirleriyle çarpılarak ve her birinin karesi alınarak girer. Translog üretim fonksiyonunda üç girdili bir model eşitlik (2.18)'teki gibi oluşturulmaktadır:

$$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(x_1) + \beta_2 \ln(x_2) + \beta_3 \ln(x_3) + \beta_4 \ln(x_1)^2 + \beta_5 \ln(x_2)^2 + \beta_6 \ln(x_3)^2 + \beta_7 \ln(x_1 \cdot x_2) + \beta_8 \ln(x_1 \cdot x_3) + \beta_9 \ln(x_2 \cdot x_3) \quad (2.18)$$

Stokastik sınır analizi için genelleştirilmiş translog üretim fonksiyonu ise eşitlik (2.19)'daki gibidir (Tutulmaz ve Şahin, 2014: 57) :

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^N \beta_j x_{jit} + \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N \beta_{jk} x_{jit} x_{kit} \quad (2.19)$$

Burada,

y_{it} : i. firma ve t. zaman için çıktı

x_{it} : logaritmik girdi

β_i : Parametreler (i=1,...,n)

N : Girdi sayısını

Çalışmalarda hem Cobb-Douglas hem de translog üretim fonksiyonu tahmin edilmektedir. Sonrasında verinin temsili için translog modelinin spesifikasyonları mevcut iken, Cobb-Douglas biçimine uygun olduğunu ortaya koyan boş hipotezi test edilmektedir. Bu hipotez, genelleştirilmiş olabilirlik oran testi kullanılarak test edilebilir (Yarlıkaş, 2007: 18).

2.4. Teknik Etkinliğin Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler

Stokastik sınır fonksiyonundaki parametreler En Küçük Kareler Yöntemi, Değiştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi, Düzeltilmiş Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi ve En Çok Olabilirlik Yöntemi kullanılarak tahmin edilebilir. Bu yöntemler aşağıda anlatılmaktadır (Özgümüş, 2012: 23).

2.4.1 En Küçük Kareler Yöntemi (EKK)

EKK yöntemi, hata kareleri toplamını en küçük yapmayı amaçlayan bir regresyon yöntemidir. Bu yöntem, gözlenen verilerin normallik, sabit varyanslı olma, sapmalı değerler içermeme gibi varsayımlar yerine getirildiği zaman güvenilir tahminler sağlayabilmektedir. Ancak EKK tahminçileri sapmalı değerlere karşı oldukça hassas olduğundan veri kümesinde sapmalı değerler yer aldığında EKK tahmini tutarsız ya da yanıltıcı olabilmektedir (Alma ve Vupa, 2008: 220).

Stokastik sınır fonksiyonunda u ve v gibi iki hata terimi yer aldığından parametrelerin tahmini zordur. Bu varsayımlar altında β parametre katsayısının tutarlı tahminine en küçük kareler yöntemiyle ulaşılabilmektedir. Ancak EKK tahminçisinin katsayısı sapmalı olduğunda teknik etkinliğin ölçülmesinde EKK kullanılamamaktadır. Bu durumda, Düzeltilmiş Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi veya Değiştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi önerilmektedir (Coelli vd, 2005: 245).

2.4.2 Düzeltilmiş Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi (COLS)

Gabrielsen (1975) deterministik sınırı tahmin etmek için iki aşamalı bir yöntem olan Düzeltilmiş En Küçük Kareler yöntemini önermiştir. Bu yöntemde birinci aşamada parametre vektörü En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak elde edilir. $u_i \geq 0$ olduğundan β_0 yanlıdır. İkinci aşamada yanlı β_0 tahmini eşitlik (2.20) yardımıyla düzeltilir (Dudu, 2006: 49).

$$\ln(y_i) = \hat{\beta}_0 + \max(\hat{u}_i) + \sum_{n=1}^N \beta_n x_{ni} - \hat{u}_i + \max(\hat{u}_i) \quad (2.20)$$

Eşitlik (2.20)'deki parametre ve hata terimi için yapılan düzeltmeye eşitlik (2.21) ve eşitlik (2.22)'de yer verilmektedir.

$$\hat{\beta}_0^* = \hat{\beta}_0 + \max(\hat{u}_i) \quad (2.21)$$

$$-\hat{u}_i^* = \hat{u}_i - \max(\hat{u}_i) \quad (2.22)$$

Bu durumda teknik etkinlik ise; $TE_i = \exp(-u_i^*)$ olarak hesaplanmaktadır.

Düzeltilmiş en küçük kareler yöntemi uygulaması kolay bir yöntemdir. Tahmin edilen üretim sınırı sadece EKK sınırı düzeltildiğinden EKK yöntemindekine paraleldir. Bu durum en iyi üretim teknolojisinin merkez eğilim üretim teknolojisiyle aynı olduğunu ortaya koymaktadır (Kumbhakar ve Lovell, 2000: 70-71).

2.4.3 Değiştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (MOLS)

Afriat (1972) ve Richmond (1974) COLS'un değişik bir versiyonu olarak MOLS yöntemini ortaya attılar. Teknik etkinsizliği ifade eden hata teriminin tek yönlü bir dağılıma sahip olduğu varsayılmaktadır. MOLS yöntemi iki aşamalı COLS yöntemine çok benzerdir. Bu yöntemde de öncelikle parametreler EKK yöntemiyle tahmin edilmektedir. İkinci adımda ise β_0 sabit terimi ve teknik etkinsizlik hata terimi u_i tek yanlı dağılımın ortalaması ile düzeltilir. β_0 sabit terimi ve teknik etkinsizlik hata terimi u_i için yapılan düzeltme eşitlik (2.23) ve (2.24)'de verilmiştir. (Kumbhakar ve Lovell, 2000: 71).

$$\hat{\beta}_0^{**} = \hat{\beta}_0 + E(\hat{u}_i) \quad (2.23)$$

$$-\hat{u}_i^{**} = \hat{u}_i - E(\hat{u}_i) \quad (2.24)$$

Bahsedilen 3 yöntem de basitlik özelliğine sahiptir. Ancak bu yöntemlerin ciddi bir eksikliği mevcuttur: Her biri teknik etkinliği deterministik üretim fonksiyonuna göreli olarak ölçmektedir. Bu yöntemlerin hiçbirisi rassal şokları dikkate almaz. İhtiyaç duyulan, girdilerdeki sapmalarla ilişkilendirilmeyen çıktıdaki sapmanın rassal şok ve teknik etkinsizliğe atfedildiği bir modeldir. Böyle bir model EKK modelinden ya da deterministik sınır üretim fonksiyonundan daha karmaşıktır, ancak daha gerçekçidir (Kumbhakar ve Lovell, 2000: 72).

2.5 Parametrelerin Tahmin Yöntemleri

Stokastik sınır analizinin amacı, β 'yı ve her bir üreticinin teknik etkinliğini tahmin etmektir. Her bir üreticinin teknik etkinliğini tahmin etme amacını karşılamak istatistiksel gürültü (v_i) ve teknik etkinsizlik (u_i)'nin ayrı ayrı tahminlerinin ε tahmininden çıkartılmasını gerektirmektedir. Bu durum iki hata terimi üzerinde dağılımsal varsayımlar gerektirir. Teknik etkinsizlik hata terimi genelde normal-yarı normal model, normal üstel model, normal gamma model, normal kesilmiş normal model dağılımlarına sahip olduğu varsayılmaktadır.

2.5.1 Normal-yarı normal model

Aigner, Lovell ve Schmidt (1977) en çok olabilirlik tahmin edicilerini $v_i \sim iid N(0, \sigma_v^2)$ ve $u_i \sim iid N^+(0, \sigma_u^2)$ varsayımları altında kabul etmişlerdir. Burada ilk varsayım rassal değişken v_i 'nin sıfır ortalamaya sahip olduğu, varyansının σ_v^2 olduğunu ifade etmektedir. İkinci varsayım ise teknik etkinsizlik terimi u_i 'nin yarı normal dağılıma sahip olduğunu ifade etmektedir. Aynı zamanda v_i ve u_i birbirinden bağımsız dağılmaktadır. u ve v 'nin olasılık fonksiyonları eşitlik (2.25) ve (2.26)'deki gibidir (Coelli vd, 2005: 246).

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_u} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2}\right) \quad (2.25)$$

$$f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \exp\left(-\frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right) \quad (2.26)$$

Bileşik yoğunluk fonksiyonu ise u ve v 'nin birbirinden bağımsız dağıldığı varsayımından hareketle eşitlik (2.27)'deki gibidir.

$$f(u, v) = \frac{2}{2\pi\sigma_u\sigma_v} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right) \quad (2.27)$$

$\varepsilon = v - u$ olduğundan ε ve u 'nun bileşik yoğunluk fonksiyonu eşitlik (2.28)'de gösterilmiştir.

$$f(u, \varepsilon) = \frac{2}{2\pi\sigma_u\sigma_v} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{(\varepsilon+u)^2}{2\sigma_v^2}\right) \quad (2.28)$$

ε 'nin marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonu eşitlik (2.29)'daki gibi elde edilmiştir.

$$f(\varepsilon) = \frac{2}{\sigma} f^*\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) [1 - F^*\left(\frac{\varepsilon}{\sigma} * \lambda\right)] \quad (2.29)$$

Burada, $f^*(.)$: standart normal dağılım olasılık yoğunluk fonksiyonu

$F^*(.)$: standart normal dağılım birikimli olasılık yoğunluk fonksiyonunu

Eşitlik (2.29)'da yer alan $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$ ve $\lambda = [\frac{\sigma_u}{\sigma_v}]$ olarak tanımlanmaktadır.

λ , Teknik etkinsizlik etkilerinin varyansının rassal hataların varyansına oranlanmasıyla elde edilir. $\lambda = 0$ ise teknik etkinsizlik olmadığını ve üretim sınır fonksiyonundan sapmalar sadece rassal hatalardan kaynaklandığını ifade etmektedir.

Eşitlik (2.29)'da yer alan $f(\varepsilon)$ 'nun marjinal yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki ortalama ve varyansla asimetrik dağılır.

$$E(\varepsilon) = E(u) = -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sigma_u \quad (2.30)$$

$$Var(\varepsilon) = Var(u) + Var(v) = \left(\frac{\pi-2}{\pi}\right) \sigma_u^2 + \sigma_v^2 \quad (2.31)$$

Olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak log olabilirlik fonksiyonu oluşturulabilmektedir (Atılğan, 2012: 55).

$$\ln L(y/\beta, \lambda, \sigma^2) = -\frac{N}{2} \ln\left(\frac{\pi\sigma^2}{2}\right) + \sum_{i=1}^N \ln F^*\left(-\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 \quad (2.32)$$

Eşitlik (2.32)'de temel alınarak en çok olabilirlik tahmin edicilerinin ilk sıra koşulları aşağıda belirtilmektedir (Tutulmaz, 2014: 55)

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \sigma^2} = -\frac{N}{2\sigma^2} + \frac{1}{2\sigma^4} \sum_{i=1}^N (y_i - \beta' x_i)^2 + \frac{\lambda}{2\sigma^3} \sum_{i=1}^N \frac{f_i^*}{(1-F_i^*)} (y_i - \beta' x_i) = 0 \quad (2.33)$$

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \lambda} = -\frac{1}{\sigma} \sum_{i=1}^N \frac{f_i^*}{(1-F_i^*)} (y_i - \beta' x_i) = 0 \quad (2.34)$$

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \beta} = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^N (y_i - \beta' x_i) x_i + \frac{\lambda}{\sigma} \sum_{i=1}^N \frac{f_i^*}{(1-F_i^*)} x_i = 0 \quad (2.35)$$

Burada x_i ve β ($k \times 1$) boyutunda bir vektördür. Birinci sıra koşulundan gerekli işlemler yapılması sonucu $\hat{\sigma}^2$ aşağıdaki gibi elde edilir (Tutulmaz ve Şahin, 2014: 55).

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \beta' x_i)^2 \quad (2.36)$$

Battese ve Corra en çok olabilirlik fonksiyonunu aşağıdaki gibi tanımlamışlardır.

$$\ln L(y|\beta, \gamma, \sigma^2) = -\frac{N}{2} \ln(\pi/2) - N \ln \sigma_s^2 + \sum_{i=1}^N \ln[1 - F^*(z_i)] - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 \quad (2.37)$$

Eşitlik (2.37)'de $\mathbf{z}_i = [(\ln y_i - \boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_i) / \sigma_s] \sqrt{\gamma/1 - \gamma}$ olarak tanımlanmaktadır.

$\boldsymbol{\beta}$, σ ve γ 'nın en çok olabilirlik tahminleri yukarıdaki olabilirlik fonksiyonunun maksimumunun hesaplanmasıyla bulunmaktadır.

Battese ve Corra Aigner, Lovell ve Schmidt'in aksine λ yerine γ parametresini kullanmıştır. γ parametresi [0-1] aralığında sınırlanmışken λ parametresi bütün pozitif değerleri alabilir. $\gamma = 0$ olursa sınırdan bütün sapmalar gürültüden, $\gamma = 1$ olursa sınırdan bütün sapmalar teknik etkinsizlikten kaynaklandığı anlamına gelmektedir (Battese ve Corra, 1977: 171; Coelli vd., 2005: 246).

$$\text{Gamma parametresi } \gamma = \left[\frac{\sigma_u^2}{\sigma^2} \right] \quad (2.38)$$

$$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2 \quad (2.39)$$

Aigner, Lovell ve Schmidt (1977) üreticilerin ortalama teknik etkinliğini $[1 - E(u_i)]$ şeklinde ifade etmişlerdir. Ancak Lee ve Taylor (1978) $[E\{\exp(-u_i)\}] = 2[1 - F^*(\frac{\sigma_u^2}{2})] \exp\left(\frac{\sigma_u^2}{2}\right)$ formülasyonunu önermişlerdir.

Jondrow vd. (1982), teknik etkinliği bulabilmek amacıyla belirli bir ε için $\mathbf{u}$ 'nun koşullu olasılık dağılımını aşağıdaki şekilde göstermiştir:

$$f(u|\varepsilon) = \frac{f(u,\varepsilon)}{f(\varepsilon)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_*^2}} \exp\left[-\frac{(u-\mu_*)^2}{2\sigma_*^2}\right] / \left[1 - F^*\left(-\frac{\mu_*}{\sigma_*}\right)\right] \quad (2.40)$$

$f(u|\varepsilon)$ olarak $N^+(\mu_*, \sigma_*^2)$ dağılım gösterdiğinden dağılımın ortalaması ve tepe değeri $\mathbf{u}_i$ 'nin nokta tahmin edicisi olarak ifade edilebilir. Nokta tahmin edicisinin ortalama ve tepe değeri sırasıyla eşitlik (2.36) ve (2.37)'de verildiği gibidir.

$$E(u_i|\varepsilon_i) = \mu_{*i} + \sigma_* \left[\frac{f^*(\mu_{*i}/\sigma_*)}{1-F^*(\mu_{*i}/\sigma_*)} \right] = \sigma_* \left[\frac{f^*(\varepsilon_i \lambda / \sigma)}{1-F^*(\varepsilon_i \lambda / \sigma)} - \left\{ \frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right\} \right] \quad (2.41)$$

$$m(u_i|\varepsilon_i) = \begin{cases} -\varepsilon_i(\sigma_u^2/\sigma^2) & \varepsilon_i \leq 0 \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad (2.42)$$

(u_i) nokta tahmini elde edildikten sonra her bir üreticinin teknik etkinlik tahminleri eşitlik (2.43)'de gösterildiği gibidir.

$$TE_i = \exp(-\hat{u}_i) \quad (2.43)$$

Battese ve Coelli (1988) teknik etkinlik için alternatif bir nokta tahmincisi önermişlerdir:

$$TE_i = E(\exp\{-u_i\} | \varepsilon_i) = \left[\frac{1 - F^*(\sigma_* - \mu_{*i}/\sigma_*)}{1 - F^*(-\mu_{*i}/\sigma_*)} \right] \exp \left[-\mu_{*i} + \frac{\sigma_*^2}{2} \right] \quad (2.44)$$

Battese ve Coelli tarafından ortaya atılan nokta tahmincisi u_i hata teriminin 0'a yakın olmadığı durumlarda kullanılması uygundur.

Teknik etkinliğin nokta tahmincileri için güven aralıkları elde etmek mümkündür. Horrace ve Schdmit (1995, 1996) teknik etkinliğin güven aralıklarını hesaplamak için $(\exp\{-u_i\} | \varepsilon_i)$ 'de alt ve üst sınır ortaya koymaktadır. L_i ve U_i , $(\exp\{-u_i\} | \varepsilon_i)$ için $1 - \alpha$ güvenilirlikle alt ve üst limitler olmak üzere;

$$L_i = \exp[-\mu_{*i} - Z_L \sigma_*] \quad (2.45)$$

$$U_i = \exp[-\mu_{*i} - Z_U \sigma_*] \quad (2.46)$$

Burada, $Z \sim N(0, 1)$ ve

$$\Pr(Z > Z_L) = \frac{\alpha}{2} \left[1 - F^*\left(\frac{-\mu_{*i}}{\sigma_*}\right) \right] \quad (2.47)$$

$$\Pr(Z > Z_U) = \left[1 - \frac{\alpha}{2} \right] \left[1 - F^*\left(\frac{-\mu_{*i}}{\sigma_*}\right) \right] \quad (2.48)$$

'dir. Sonuç olarak,

$$Z_L = F^{*-1} \left\{ \left[1 - \frac{\alpha}{2} \right] \left[1 - F^*\left(\frac{-\mu_{*i}}{\sigma_*}\right) \right] \right\} \quad (2.49)$$

$$Z_U = F^{*-1} \left\{ \left[1 - \left[1 - \frac{\alpha}{2} \right] \right] \left[1 - F^*\left(\frac{-\mu_{*i}}{\sigma_*}\right) \right] \right\} \quad (2.50)$$

eşitlikleri elde edilmektedir.

2.5.2 Normal-üstel model

Denklem 2.11'de verilen SSA fonksiyonunda bulunan v_i ve u_i hata terimine ilişkin geçerli olan varsayımlar

$$v_i \sim iid N(0, \sigma_v^2) \quad (2.51)$$

$$u_i \sim iid G(\sigma_u, 0) \text{ } (\sigma_u \text{ üstel dağılım}) \quad (2.52)$$

olarak ifade edilir. u_i ve v_i hata terimleri birbirlerinden ve açıklayıcı değişkenlerden bağımsızdır (Kumbhakar ve Lovell, 2000: 80-81).

u ve v 'nin olasılık yoğunluk fonksiyonları

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_u} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2}\right) \quad (2.53)$$

$$f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \exp\left(-\frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right) \quad (2.54)$$

olarak yazılabilir. Yoğunluk fonksiyonlarından hareketle elde edilen u ve v 'nin bileşik olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$f(u, v) = \frac{1}{2\pi\sigma_u\sigma_v} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right) \quad (2.55)$$

olur. $\varepsilon = v - u$ olduğundan ε ve u 'nun bileşik olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(u, \varepsilon) = \frac{1}{2\pi\sigma_u\sigma_v} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{(\varepsilon+u)^2}{2\sigma_v^2}\right) \quad (2.56)$$

bulunur. Sonuç olarak ε 'nin marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(\varepsilon) = \int_0^\infty f(u, \varepsilon) du = \frac{1}{\sigma} F^*\left(-\frac{\varepsilon}{\sigma_v} - \frac{\sigma_v}{\sigma_u}\right) \exp\left[\frac{\varepsilon}{\sigma_u} + \frac{\sigma_v^2}{\sigma_u^2}\right] \quad (2.57)$$

elde edilir. Burada, $f^*(.)$ standart normal dağılım olasılık yoğunluk fonksiyonu ve $F^*(.)$ standart normal dağılım birikimli olasılık yoğunluk fonksiyonunu göstermektedir.

Marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonu verilen ε 'nin ortalama ve varyansı eşitlik (2.58) ve (2.59)'da belirtilmektedir.

$$v(\varepsilon) = \sigma_u^2 + \sigma_v^2 \quad (2.58)$$

$$E(\varepsilon) = -E(u) = -\sigma_u \quad (2.59)$$

olarak bulunur. Burada ε asimetrik dağılım göstermektedir. Normal-üstel dağılımın şekli σ_u ve σ_v parametreleriyle belirlenmektedir. σ_u/σ_v değeri arttıkça dağılım daha çok negatif üstel dağılıma yakınsamaktadır. σ_v/σ_u değeri arttıkça ise normal dağılıma yakınsamaktadır.

Normal-yarı normal dağılımda olduğu gibi teknik etkinlik için nokta tahmin edicisinin hesaplanması ε bilinirken u 'nun koşullu olasılığının ortalaması veya tepe değerinden elde edilir. ε bilinirken u 'nun koşullu olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$f(u|\varepsilon) = \frac{f(u,\varepsilon)}{f(\varepsilon)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_v^2} F^*(-/\sigma_v)} \exp\left[-\frac{(u-\hat{\mu})^2}{2\sigma_v^2}\right] \quad (2.60)$$

Burada

$$f(u|\varepsilon) N^+(\hat{\mu}, \sigma_v^2) \quad (2.61)$$

dağılımı göstermektedir.

Koşullu olasılığın ortalaması ve tepe değeri sırasıyla eşitlik (2.62) ve (2.63)'de belirtildiği gibidir.

$$E(u_i|\varepsilon_i) = \hat{\mu}_i + \sigma_v \left[\frac{f^*(-\hat{\mu}_i/\sigma_v)}{F^*(-\hat{\mu}_i/\sigma_v)} \right] = \sigma_v \left[\frac{f^*(A)}{F^*(-A)} - (A) \right] \quad (2.62)$$

$$m(u_i|\varepsilon_i) = \begin{cases} \hat{\mu} & \hat{\mu} \geq 0 \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad (2.63)$$

2.5.3 Normal-kesikli normal model

Normal-yarı normal model u'nun kesikli normal modele uymasıyla genelleştirilebilir. Normal-kesikli normal model Stevenson (1980) tarafından geliştirilmiştir. Bu modeldeki dağılımsal varsayımlar eşitlik (2.64) ve (2.65)'de ifade edilmektedir (Kumbhakar ve Lovell, 2005: 83-84-85-86).

$$v_i \sim iidN(0, \sigma_v^2) \quad (2.64)$$

$$u_i \sim iidN^+(\mu, \sigma_u^2) \quad (2.65)$$

u_i ve v_i birbirinden ve açıklayıcı değişkenden bağımsız dağılmaktadır.

Normal-kesikli normal modelde dağılımsal varsayımlar biri hariç önceki modeldekilerle benzerlik göstermektedir. u için varsayılan kesikli normal dağılım 0'ın altında kesikli olan normal dağılıma imkan tanıyarak tek parametrelili yarı normal dağılımı genelleştirmektedir.

Normal-kesikli normal model için u_i ve v_i 'nin olasılık yoğunluk fonksiyonları

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_u^2} F^*(-\mu/\sigma_u)} \exp\left[-\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma_u^2}\right] \quad (2.66)$$

$$f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_v^2}} \exp\left[-\frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right] \quad (2.67)$$

olarak ifade edilir. u_i ve v_i 'nin bağımsız olma özelliğinden dolayı ortak olasılık yoğunluk fonksiyonu eşitlik (2.65)'deki gibidir.

$$f(u, v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_u\sigma_v F^*(-\mu/\sigma_u)} \exp\left[-\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma_u^2} - \frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right] \quad (2.68)$$

ε ve u 'nun bileşik olasılık yoğunluk fonksiyonu eşitlik (2.66)'deki gibidir.

$$f(u, \varepsilon) = \frac{1}{2\pi\sigma_u\sigma_v F^*(-\mu/\sigma_u)} \exp\left[-\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma_u^2} - \frac{(\varepsilon+u)^2}{2\sigma_v^2}\right] \quad (2.69)$$

ε 'nun marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonu eşitlik (2.70)'de verilmiştir.

$$f(\varepsilon) = \int_0^\infty f(u, \varepsilon) du = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_*^2 F^*(-\mu/\sigma_u)} F^*\left(\frac{\mu}{\sigma_*\lambda} - \frac{\varepsilon\lambda}{\sigma_*}\right) \exp\left[-\frac{(\varepsilon+\mu)^2}{2\sigma_*^2}\right] \quad (2.70)$$

$$= \frac{1}{\sigma_*} f^*\left(\frac{(\varepsilon+\mu)}{\sigma_*}\right) F^*\left(\frac{\mu}{\sigma_*\lambda} - \frac{\varepsilon\lambda}{\sigma_*}\right) \left[F^*\left(-\frac{\mu}{\sigma_u}\right)\right]^{-1} \quad (2.71)$$

olur. Burada, $f^*(.)$ standart normal dağılım olasılık yoğunluk fonksiyonu, $F^*(.)$ ise standart normal dağılım birikimli olasılık yoğunluk fonksiyonunu ifade etmektedir.

Burada;

$$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2 \quad (2.72)$$

$$\lambda = \left[\frac{\sigma_u}{\sigma_v}\right] \quad (2.73)$$

olarak ifade edilir. Eğer $\mu = 0$ ise olasılık yoğunluk fonksiyonu yarı-normal dağılım haline dönüşür.

$f(\varepsilon)$, eşitlik (2.74) ve (2.75)'deki sırasıyla ortalama ve varyansla asimetric dağılır.

$$E(\varepsilon) = -E(u) = \frac{\mu[F^*(-\mu/\sigma_u)]^{-1}}{2} - \frac{\sigma_u[F^*(-\mu/\sigma_u)]^{-1}}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\mu}{\sigma_u}\right)\right\} \quad (2.74)$$

$$v(\varepsilon) = \frac{[F^*(-\mu/\sigma_u)]^{-1}}{2} \left[\mu^2 \left(1 - \frac{[F^*(-\mu/\sigma_u)]^{-1}}{2}\right) + \left(\frac{\pi - [F^*(-\mu/\sigma_u)]^{-1}}{\pi}\right) \sigma_u^2\right] + \sigma_v^2 \quad (2.75)$$

I üreticiden oluşan bir örnekleme log olasılık fonksiyonu eşitlik (2.76)'da gösterildiği gibidir.

$$\ln L = \text{sabit} - \ln \sigma_* + \ln F^*\left(\frac{\mu}{\sigma_u}\right) - \ln F^*\left(\frac{\mu}{\sigma_* \lambda} - \frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma_*}\right) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{\varepsilon_i + \mu}{\sigma_*} \right)^2 \right] \quad (2.76)$$

Burada;

$$\sigma_u = \frac{\lambda \sigma_*}{\sqrt{1+\lambda^2}} \text{ 'dir.} \quad (2.77)$$

ε için u 'nun koşullu olasılık dağılımı aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$f(u|\varepsilon) = \frac{f(u,\varepsilon)}{f(\varepsilon)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_*^2} (1-F^*(-\tilde{\mu}/\sigma_*))} \exp\left[-\frac{(u-\tilde{\mu})^2}{2\sigma_*^2}\right] \quad (2.78)$$

Eşitlik (2.78)'deki koşullu olasılık yoğunluk fonksiyonundan ortalama ve tepe değeri bulunabilir. Ortalama,

$$E(u_i|\varepsilon_i) = \tilde{\sigma} \left[\frac{\tilde{\mu}_i}{\tilde{\sigma}} + \frac{f^*(\tilde{\mu}_i/\tilde{\sigma})}{1-F^*(-\tilde{\mu}_i/\tilde{\sigma})} \right] \quad (2.79)$$

ve tepe değeri,

$$m(u_i|\varepsilon_i) = \begin{cases} \hat{\mu} & \hat{\mu} \geq 0 \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad (2.80)$$

Her bir üreticinin teknik etkinliğinin nokta tahmincisi eşitlik (2.81)'deki gösterildiği gibidir.

$$TE_i = \frac{1-f(\sigma_* - (\frac{\mu_i}{\sigma_*}))}{1-f(-\frac{\mu_i}{\sigma_*})} \quad (2.81)$$

2.5.4 Normal-gamma model

Gamma modeli Greene tarafından 1980 yılında ortaya atılmıştır. Gamma modelinin Aigner tarafından ortaya atılan stokastik sınır analiziyle birleştirilmesi sonucu oluşan model eşitlik (2.82)'de gösterilmiştir (Greene, 1990: 141).

$$y = f(x, \beta) + v - u \quad (2.82)$$

$$v_i \sim N(0, \sigma_v^2) \quad (2.83)$$

$$u_i \sim G(\sigma_u, P) \quad (2.84)$$

özelliği göstermektedir.

Gamma dağılımının olasılık fonksiyonu eşitlik (2.85)'de verilmektedir (Greene, 1980: 41):

$$f(u_i) = \frac{\theta^P \exp(-\theta u_i) u_i^{P-1}}{\Gamma(P)}, \quad u_i \geq 0, \theta \geq 0, P \geq 0 \quad (2.85)$$

Eşitlik (2.82)'de gamma fonksiyonu yerine yazılıp gerekli ara işlemler yapıldığında Normal-gamma dağılımının ortalama ve varyansı aşağıdaki gibi elde edilebilmektedir (Greene, 1990: 144).

$$E[\varepsilon_i] = E[v_i - u_i] = -E[u_i] = -\frac{P}{\theta} \quad (2.86)$$

$$var[\varepsilon_i] = var[v_i] + var[u_i] = \sigma_u^2 + \frac{P}{\theta^2} \quad (2.87)$$

Teknik etkinsizlik hata terimi ile rassal hata terimine ilişkin varsayımlar u_i ve v_i hata terimleri birbirlerinden ve açıklayıcı değişkenlerden bağımsız olarak dağılmaktadır (Greene, 1990: 144).

u ve v 'nin yoğunluk fonksiyonları sırasıyla eşitlik (2.88) ve (2.89)'da tanımlanmaktadır.

$$f(u) = \frac{u^P}{\Gamma(P+1)\sigma_u^{P+1}} \exp\left(-\frac{u}{\sigma_u}\right) \quad (2.88)$$

$$f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \exp\left(-\frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right) \quad (2.89)$$

u ve v birbirlerinden bağımsız olarak dağılmaktadır. Yoğunluk fonksiyonlarından hareketle elde edilen u ve v 'nin bileşik olasılık yoğunluk fonksiyonu eşitlik (2.90)'da gösterilmiştir.

$$f(u, v) = \frac{u^P}{\Gamma(m+1)\sigma_u^{P+1}\sqrt{2\pi}\sigma_v} \exp\left(-\frac{u}{\sigma_u} - \frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right) \quad (2.90)$$

$\varepsilon = v - u$ olduğundan ε ve u 'nun bileşik olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$f(u, \varepsilon) = \frac{u^m}{\Gamma(m+1)\sigma_u^{m+1}\sqrt{2\pi}\sigma_v} \exp\left(-\frac{u}{\sigma_u} - \frac{(\varepsilon+u)^2}{2\sigma_v^2}\right) \quad (2.91)$$

olarak elde edilir. ε 'nin marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonu ise;

$$f(\varepsilon) = \int_0^\infty f(u, \varepsilon) du = \frac{\sigma_v^m}{\Gamma(m+1)\sqrt{2\pi\sigma_u^{2(m+1)}}} \exp\left(\frac{\varepsilon}{\sigma_u} + \frac{\sigma_v^2}{2\sigma_u^2}\right) \int_w^\infty (t-w)^m \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \quad (2.92)$$

$$w = \frac{\varepsilon}{\sigma_v} + \frac{\sigma_v}{\sigma_u} \quad (2.93)$$

olarak elde edilir.

Marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki ortalama ve varyansla asimetric olarak dağılır.

$$E(\varepsilon) = -E(u) = -(\mathbf{m} + 1)\sigma_u \quad (2.94)$$

$$v(\varepsilon) = (\mathbf{m} + 1)\sigma_u^2 + \sigma_v^2 \quad (2.95)$$

Olasılık yoğunluk fonksiyonu esas alınarak N gözlem için log olabilirlik fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilmektedir.

$$\begin{aligned} \ln L(\alpha, \beta, \sigma_u, \sigma_v) = \sum_{i=1}^N [& -(\mathbf{m} + 1)\ln\sigma_u - \ln\Gamma(\mathbf{m} + 1) \\ & + \ln q(\mathbf{m}, \varepsilon_i) + \frac{1}{2}\left(\frac{\sigma_v}{\sigma_u}\right)^2 + \ln F^*\left(\frac{-(\varepsilon_i + \sigma_v^2/\sigma_u)}{\sigma_v}\right) + \frac{\varepsilon_i}{\sigma_u}] \end{aligned} \quad (2.96)$$

Teknik etkinlik için koşullu olasılık fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir.

$$f(u|\varepsilon) = \frac{f(u, \varepsilon)}{f(\varepsilon)} = \frac{\exp\left(-\frac{u}{\sigma_u} - \frac{u\varepsilon}{\sigma_v^2} - \frac{u^2}{2\sigma_v^2}\right)}{M(\mathbf{m}, \sigma_u, \sigma_v, \varepsilon)} \quad (2.97)$$

Koşullu olasılık fonksiyonu yardımıyla ortalama

$$E(u_i|\varepsilon_i) = \frac{q(\mathbf{m}+1, \varepsilon_i)}{q(\mathbf{m}, \varepsilon_i)} \quad (2.98)$$

olarak elde edilir.

2.6 Stokastik Sınır Analizinde Hipotez Testleri

Stokastik sınır analizi, parametrelere ilişkin hipotez testlerine imkan sağlamaktadır (Yeni, 2012: 3).

Stokastik sınır analizinde teknik etkinsizlik olup olmadığı hipotez testleriyle ortaya koyulmaktadır. Normal-yarı normal modelde hipotez testi;

$$H_0: \sigma_u^2 = 0 \quad (2.99)$$

$$H_A: \sigma_u^2 > 0 \quad (2.100)$$

olarak kurulur.

Boş hipotezde $\sigma_u^2 = 0$ olursa tüm u_i 'ler 0 olur. Böylelikle bütün karar birimleri etkin olur.

Alternatif olarak ise şu hipotezler de kullanılabilir (Özgümüş, 2012: 36).

$$H_0: \lambda = 0 \quad H_0: \gamma = 0 \quad (2.101)$$

$$H_A: \lambda > 0 \quad H_A: \gamma > 0 \quad (2.102)$$

Oluşturulan hipotezlerin test edilmesinde en çok kullanılan yöntemlerden birisi Wald istatistiğidir. Wald istatistiği en çok olabilirlik tahmincisinin tahmin edilen standart hataya bölünmesiyle bulunur.

$$Z = \frac{\hat{Y}}{s(\hat{Y})} \quad (2.103)$$

Bu Wald istatistiği standart normal rassal değişkeni olarak asimptotik olarak dağılır. γ negatif değerler alamayacağı için test tek taraflı gerçekleştirilmelidir.

Hem MOLS hem de en çok olabilirlik tahmincisi Monte Carlo simülasyonunda yetersiz sonuçlar vermiştir. Örneğin; örneklem boyu 100 olduğunda %5 anlamlılık düzeyinde Wald testi, boş hipotezin %20'sini reddetmektedir. Wald testi iki yanlı olabilirlik testiyle birlikte düşük örneklem boyutlarında yetersiz sonuç vermektedir. Tek yanlı genelleştirilmiş olabilirlik oran testi, γ 'nin bütün değerleri için daha iyi sonuçlar vermektedir (Coelli vd., 1995: 262).

2.6.1 Tek Yanlı Genelleştirilmiş Olabilirlik Oran Testi

En çok olabilirlik tahminleri elde edildiğinde Wald testinin muhtemel alternatiflerinden biri olabilirlik oran testidir. Olabilirlik oran testi, model tahminini hem boş hipotez hem de alternatif hipotez altında gerçekleştirir. Olabilirlik oran testi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$LR = -2\{\ln[(L_0)] - \ln[(L_A)]\} \quad (2.104)$$

Test istatistiğinde $\ln[(L_0)]$ boş hipotez altında log-olabilirlik değeri, $\ln[(L_A)]$ alternatif hipotez altındaki olabilirlik fonksiyonu değerleridir. $H_0: \gamma = 0$ hipotezinin geçerli olduğu durumda boş hipotez parametre uzayının sınırında yer alır. Bilindiği üzere γ 'nin değeri 0'dan küçük olamamaktadır. Bu durumda LR istatistiği karma Ki-Kare dağılımı göstermekte ve asimptotik dağılmaktadır.

LR istatistiğinin hesaplanması

$$LR = \frac{1}{2}\chi^2_{(0)} + \frac{1}{2}\chi^2_{(1)} \quad (2.105)$$

şeklinde gerçekleştirilmektedir.

Tek yanlı genelleştirilmiş oran testinin hesaplanmasında α için testin kritik değeri χ^2_1 dağılımının 2α değerine eşittir. Tek yanlı genelleştirilmiş oran testini gerçekleştirmek için, eşitlik (2.105)'de belirtilen olabilirlik oran istatistiği kullanılır. α büyüklüğünde $LR > \chi^2_1$ ise H_0 reddedilir (Coelli vd., 1995: 252).

Tek yanlı genelleştirilmiş olabilirlik testinin değerlendirilmesinde Kodde-Palm (1986) tablo değeri kullanılır. Kodde-Palm tablosu karma χ^2 dağılımına sahiptir.

Uygulamada, ele alınan modelde teknik etkinsizlik olup olmadığını test edebilmek için en çok olabilirlik oran istatistiği LR kullanılmaktadır. 0.05 anlamlılık düzeyinde bir kısıtlanmalı Kodde-Palm tablo değeri olan 2.706 ile karşılaştırılır. LR istatistiği için kurulan hipotez

$$H_0: \lambda = 0 \quad (2.106)$$

$$H_A: \lambda > 0 \quad (2.107)$$

olarak kurulmaktadır. LR istatistiği, Kodde-Palm tablo değerinden büyük olduğunda H_0 hipotezi red edilir ve modelde istatistiksel olarak anlamlı bir teknik etkinsizlik vardır denilir.

2.7 Stokastik Sınır Analizinde Kullanılan Programlar

Stokastik sınır analizinde üretim fonksiyonlarının tahmini için çeşitli istatistiksel programlar kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları FRONTIER, LIMDEP, STATA, SHAZAM, WinBUGS şeklinde sıralanabilir. Bu programlardan literatürde en çok kullanılanlar FRONTIER ve LIMDEP yazılımlarıdır.

FRONTIER 4.1, Tim Coelli tarafından stokastik üretim ve maliyet fonksiyonlarının en çok olabilirlik tahminini hesaplayabilmek için yazılmış bir programdır (Coelli, 1996: 2). Literatürde stokastik üretim ve maliyet sınırının tahmininde en çok kullanılan programdır. FRONTIER 4.1 programı ile en çok olabilirlik tahmini 3 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada fonksiyonun EKK tahmini elde edilir. Bütün β tahmincileri sapmasız olmaktadır. Hesaplanan EKK değerleri, en çok olabilirlik tahmini için başlangıç değerini oluşturmaktadır. En çok olabilirlik fonksiyonun değeri, 0'dan 1'e doğru farklı γ değerleri için EKK ile elde edilmiş β 'lar kullanılarak hesaplanmaktadır. Son aşamada ise en çok olabilirlik tahminleri elde edilir (Özgümüş, 2012: 39; Coelli, 1996: 12).

FRONTIER 4.1 programı, üretim maliyet fonksiyonu, zamanla değişen etkinsizlik etkisi panel modelleri, yarı-normal, kesikli normal dağılım ve bağımlı değişkenin logaritmasının alındığı ya da orijinal verilerin kullanıldığı durumlarda kullanılabilir (Coelli, 1996: 4).

FRONTIER 4.1 programından sonra literatürde stokastik sınır analizinin uygulanmasında en çok kullanılan program LIMDEP'dir. LIMDEP programı Greene (1995) tarafından geliştirilen bir ekonometrik yazılımdır. Etkinsizlik teriminin yarı normal, kesikli normal, üstel ya da gamma dağılımına sahip olduğu durumlarda kullanılmaktadır (Özgümüş, 2012: 40).

LIMDEP 7.0 ve FRONTIER 4.1 programlarında kullanılan dağılım varsayımları hakkındaki bilgilere Tablo 1'de yer verilmiştir.

Tablo 1. LIMDEP 7.0 VE FRONTIER 4.1 programlarında kullanılan dağılımlara ilişkin varsayımlar

DAĞILIMLAR	LIMDEP 7.0	FRONTIER 4.1
Kesitsel Veriler için		
Yarı Normal Dağılım	Evet	Evet
Kesilmiş Normal Dağılım	Evet	Evet
Üstel Dağılım	Evet	Hayır
Gamma Dağılım	Evet	Hayır
Panel Veriler için		
Zamanla Değişmeyen Firmaya Özgü Etkinsizlik		
Yarı Normal Dağılım	Evet	Evet
Kesilmiş Normal Dağılım	Evet	Evet
Zamanla Değişen Firmaya Özgü Etkinsizlik		
Yarı Normal Dağılım	Hayır	Evet
Kesilmiş Normal Dağılım	Hayır	Evet

Kaynak: (Sena, 1999: 578).

2.8 Stokastik Sınır Analiziyle Gerçekleştirilen Çalışmalar (Literatür Araştırması)

Literatür incelendiğinde stokastik sınır analizinin sağlık, eğitim, finans, üretim, tarım, bankacılık, ekonomik performans gibi çok çeşitli alanlarda uygulandığı görülmektedir. Stokastik sınır analiziyle gerçekleştirilmiş bazı çalışmalara Tablo 2'de yer verilmiştir.

Tablo 2: Stokastik Sınır Analiziyle Gerçekleştirilen Çalışmalar

Yazarlar	Değişkenler	Modeller	Amaç ve Bulgular
Aigner vd., (1977)	Girdi: İşgücü Malzeme ve fabrikasının brüt defter değeri Net malzeme ve fabrika değerinin brüt değerine oranı Çıktı: Katma değer	Modelde yatay kesit veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, ABD'deki 28 eyalette bulunan ana metal sektöründe faaliyet gösteren işletmeler esas alınmıştır. En çok olasılık tahmincisinin küçük örneklem boyutunu davranışıyla ilgili bilgi edinebilmek için Monte Carlo simülasyonu gerçekleştirmişlerdir. Ancak örneklem boyutunu 100'e çıkarmak bile sonuçlarda çok fazla değişikliğe neden olmamıştır.
Junoy (2001)	Girdi: Toplam istihdam Özel sermaye Kamu sermayesi Çıktı: GSYH	Battese ve Coelli (1995) etkinsizlik etkileri modeli kullanılmıştır.	Bu çalışmada, 1970 ve 1983 yılları arasındaki dönemde 48 bitişik ABD eyaletlerindeki teknik etkinliğin ölçümü translog üretim fonksiyonu ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca etkinsizlik etkileri modeli de uygulamada değerlendirilmiştir. Sonuçta ortalama teknik etkinlik % 87 civarındadır. Üretimde etkinsizliğin olduğu belirlenmiştir. Etkinsizliğe sebep olan nedenin otoyola ayrılan kamu sermayesinin oranı ve özel sermayeyle ilişkili kamu sermayesinin seviyesi olduğu ortaya konulmuştur.
Eggert (2001)	Girdi: Balık tutma süresi Geminin brüt tonajı Geminin yaşı Çıktı: Hasat değeri	Battese ve Coelli (1995) etkinsizlik etkileri modeli kullanılmıştır.	Bu çalışmada, Denizcilik Kurulu tarafından elde edilen 61 gemiden alınmış, 5644 gözlemden oluşan veri seti kullanılmıştır. Norveç istakoz üreticilerinin teknik etkinliği translog üretim fonksiyonu kullanılarak tahmin edilmiştir. Ortalama teknik etkinlik % 66 seviyesindedir. Etkinsizlik modeli balıkçıların balık tutma süresini artırmasının ve daha geniş gemilere sahip olmalarının daha etkinsiz olmalarına sebep olduğunu göstermiştir.
Sıry ve Newman (2001)	Girdi: Ormanlık alan Artan kütük hacmi Sürekli ve geçici orman çalışan sayısı	Modelde, panel veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, 1993'ten 1995'e kadar 40 orman alanından elde edilen veriler kullanılmıştır. Belirlenen modelin tahmini için translog üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Ortalama teknik

	Yönetici çalışan sayısı Yol uzunluğu (km.) Personel araç sayısı Ağır vasıta sayısı Özelleştirmenin maliyetteki payı Çıktı: Kereste satışlarının hacmi		etkinlik %49 olarak bulunmuştur. Bu sonuç firmaların mevcut girdiyle üretebilecekleri çıktı seviyesinin altında kaldığını göstermektedir. Firmaların yarıdan fazlası %50 etkinlik seviyesinin altında kalmıştır. Sonuç olarak geniş orman alanları daha küçük parçalara ayrılırken ülke genelindeki orman alanı sayısı 403'ten 434'e çıkmıştır.
Hattori (2002)	Girdi: İşgücü Sermaye Çıktı: Bireysel ve ticari müşterilere yapılan toplam elektrik satışı	Modelde, panel veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, 1982'den 1997'ye kadarki dönemde ABD ve Japonya'daki büyük elektrik tesislerinin etkinliği tahmin edilmiştir. Modelde translog üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Sonuç olarak çevresel faktörler kontrol altına alınsa bile hala etkinlik boşluğunun varlığı tespit edilmiştir. Ortalama olarak Japon tesisleri dağıtımda ABD'li emsallerine göre daha etkindir. Ayrıca zamanla elektrik dağıtım tesislerindeki etkinsizlik, artış göstermektedir.
Mokhtar vd., (2006)	Girdi: Toplam teminat Toplam genel giderler Çıktı: Toplam kazanç miktarı	Modelde, panel veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, 20 İslami banka, 2 tam teşekküllü İslami banka ve 20 İslami olmayan bankadan alınan 1997-2003 yılları verileriyle toplamda 288 gözlem oluşturarak Malezya'daki İslami bankaların etkinliği tahmin edilmiştir. İslami bankalar için ortalama etkinlik %78 ile %83 arasında değişmiştir. İslami olmayan bankalarda ise %81 ile %84 seviyesinde gerçekleşmiştir.
Hofler ve Payne (2006)	Girdi: Serbest atış ve diğer atışlarda isabet oranı Hücum ve defans ribaund oranı Bloklanmış şutlardaki fark Asist oranı Top çalma oranı Çıktı: Kazanılan maç sayısı	Modelde, panel veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, 1990/1991 sezonundan 2001/2002 sezonuna kadarki dönemde 29 NBA takımının performansı stokastik sınır analiziyle değerlendirilmiştir. Çalışmada Sporting News ve Sports Illustrated verileri kullanılmıştır. Ortalama teknik etkinlik %78 seviyesindedir. En etkin takım Houston olurken en az etkin takım Vancouver olmuştur. Analiz sonuçlarına göre, skor ve ribaund kazanma sayısını artırırken top kaybı azaltmaktadır. Ayrıca defansif

			ustalığın da kazanmada ne derece önemli olduğu ortaya koyulmuştur.
Baten vd., (2006)	Girdi: Sermaye İşgücü Çıktı: Katma değer	Zamana göre değişen etkinsizlik modeli, Battese-Coelli (1992) spesifikasyonu kullanılmıştır.	Bu çalışmada, Bangladeş'teki bazı üretim endüstrilerinin teknik etkinliği stokastik sınır analiziyle incelenmiştir. 1981/1982 döneminden 1999/2000 dönemine kadarki verilerden 1994/1995, 1996/1997 ve 1998/1999 verileri basılmadığından 16 yıllık veri kullanılmıştır. Çalışmadaki tahminler Cobb-Douglas üretim fonksiyonuyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca uygulamada etkinsizlik terimi için iki ayrı dağılım kullanılmıştır. Kesikli normal dağılım için ortalama teknik etkinlik %40 iken, yarı normal dağılım için %40 seviyesindedir. Son olarak Bangladeş'te teknik etkinlik artışının oldukça yavaş olduğu saptanmıştır.
Theodoridis ve Psychoudakis (2008)	Girdi: İşgücü Sabit maliyet Değişken maliyet Çıktı: Üretilen mal (Euro cinsinden)	Modelde yatay kesit veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, 2003/2004 döneminde Makedonya ve Yunanistan'daki 165 mandıradan elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışmada hem stokastik sınır analizi hem de veri zarflama analizi kullanılmıştır. Stokastik sınır analizi modelinde Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Stokastik sınır analizinde elde edilen teknik etkinlik skorları veri zarflamadaki göre daha büyüktür.
Peresetsky (2010)	Model 1: Girdi: İşgücü Sabit sermaye Fonlar Çıktı: Kredi miktarı Model 2: Girdi: İşgücü Sabit sermaye Çıktı: Kredi miktarı	Modelde, panel veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, Kazakistan ve Rusya'da bulunan bankaların maliyet etkinliği 2002'den 2006'ya kadarki veriler kullanılarak tahmin edilmiştir. Çalışmada 78 Rus bankasından 382 gözlem, 16 Kazak bankasından 78 gözlem yer almıştır. Modelde translog üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Modelin tahmini için ise STATA programı kullanılmıştır. Sonuç olarak Model 2 Model 1'e kıyasla daha yüksek maliyet etkinliği ortaya

	Teminat miktarı Borçlanma miktarı		koymuştur. İki ülkedeki bankaların çoğu optimal seviyenin altında yer almasına rağmen maliyet optimizasyonuna yaklaşıma eğilimindedir.
Olgun vd., (2011)	Girdi: Hammadde masrafı İşgücü masrafı Diğer masraflar ve kullanılan sermaye miktarı Çıktı: Zeytin sıkma tesisinde üretilen zeytinyağının üretilen değeri	Modelde yatay kesit veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, zeytin sıkma işletmelerin etkinlik ölçümü stokastik sınır analizi ve veri zarflama analiziyle karşılaştırmalı olarak gerçekleştirilmiştir. Stokastik sınır analizi Cobb- Douglas üretim fonksiyonu yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Parametrelerden hammadde maliyeti ve işgücü masrafı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ayrıca modelde teknik etkinsizliğin varlığı belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda işletmelerin teknik olarak etkin olmadığı ve iyileştirmelere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.
Jarboui vd., (2013)	Girdi: Toplam üretim maliyeti Çalışan sayısı Çıktı: Gelir	Battese ve Coelli (1995) etkinsizlik etkileri modeli kullanılmıştır.	Bu çalışmada, 2000-2011 yılları arasındaki 54 taşıma firmasının etkinliği panel veriyle incelenmiştir. Çalışmadaki veriler 648 gözlemden elde edilmiştir. Firmaların teknik etkinlik seviyelerinin %45 ile %95 arasında değiştiği görülmüştür. Daha fazla yatırım kapasitesine sahip geniş ölçekli firmaların diğerlerine nazaran daha etkin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca gelişmiş ülkelerin firmalarının gelişmekte olan ülkelerin firmalarına göre daha gelişmiş olduğu gözlemlenmiştir.
Dong vd., (2014)	Girdi: Toplam alınan fonlar Toplam fiziksel sermaye İşgücü Çıktı: Toplam kredi Diğer kazançlar Faiz dışı gelir	Modelde, panel veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, Çin bankalarının 1994'den 2007'ye kadarki dönemde etkinlikleri stokastik sınır analizi ve veri zarflama analiziyle karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Çalışmada translog üretim fonksiyonu kullanılarak 41 bankadan toplam 397 gözlem analize tabi tutulmuştur. Sonuçlar kullanılan yöntemlerin birbirine yakın etkinlik skorları verdiğini göstermektedir.

Taşdoğan (2014)	Girdi: Bölgelerin brüt yatırım değeri Bölgelerin istihdam sayısı Bölgelerin nüfusu Bölgelerdeki işgücüne katılım oranı Bölgelerde iş kayıtlarına göre girişim sayısı Bölgelerde teşviklerin yarattığı istihdam Bölgelerde yapılan teşviklerin değeri Çıktı: Bölgelerin yarattığı katma değer	Modelde yatay kesit veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada translog üretim fonksiyonu kullanılarak kalkınma bölgelerinin etkinliği 2012 yılı için TÜİK tarafından belirlenen 26 bölge sınırlandırması translog üretim fonksiyonu ile tahmin edilmiştir.. Bölgelerin ortalama teknik etkinlik düzeyinin % 86 olduğu ve hipotez testleri sonucunda teknik etkinsizliğin olduğu sonucuna varılmıştır. Değişkenlerden brüt yatırımlar, istihdam edilen kişi sayısı, bölgelerin nüfusu, işgücüne katılım oranı, bölgelerdeki girişim sayısı ve teşviklerin yarattığı istihdam istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Sonuç olarak teşvik sisteminin yeteri kadar etkin olmadığı gözlenmiştir.
Charoenrat ve Harwie (2014)	Girdi: Duran varlıkların net değeri Firmadaki toplam çalışan sayısı Çıktı: Katma değer	Modelde yatay kesit veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, 1997 ve 2007 yılları verileri kullanarak Tayland'daki küçük ve orta boy işletmelerin etkinliklerinin ne şekilde değişim gösterdiği analiz edilmiştir. Bazı orta boy firmalar hariç çoğu firmanın kriz sonrası döneminde etkinliklerin düştüğü görülmüştür. Hükümet önlemlerinin KOBİ'lerin etkinliğini geliştirmede yetersiz kaldığı belirlenmiştir.
Escuer ve Cebrian (2014)	Girdi: Atak sayısı Oyuncu sayısı Topa sahip olma dakikası Şut sayısı Çıktı: Toplanan puan sayısı	Modelde yatay kesit ve panel veri birlikte kullanılmıştır.	Bu çalışmada, La Liga takımlarının etkinliği stokastik sınır analizi ve veri zarflama analiziyle karşılaştırmalı olarak gerçekleştirilmiştir. Modelde, 1998/1999 sezonundan 2009/2010 sezonuna kadar yıllık analizler gerçekleştirilmiştir. İl %25'lik dilimdeki takımların her sene en üst sıralarda yer aldığı tespit edilmiştir. Daha fazla girdi ve çıktıyla model gerçeğe daha uygun sonuçlar verebilir.
Zhou vd., (2015)	Girdi: Toplam besleme miktarı İşgücü Diğer sermaye	Battese ve Coelli (1995) etkinsizlik etkileri modeli kullanılmıştır.	Bu çalışma, domuz üretiminin teknik ve çevresel etkinliğini Çin'in 30 ilinde 2004 'den 2012'ye kadar olan dönemi esas alarak incelenmiştir. Veriler

	Nitrojen fazlalığı Çıktı: Her ilde kesilen domuzların toplam ağırlığı		kısmen fazla olduğundan zamana göre değişen model kullanılmıştır. Ortalama teknik etkinlik % 84'dir. Ortalama teknik etkinlik gittikçe artan bir trend izlemiştir. Teknik etkinsizlik tamamen ortadan kaldırılırsa domuz üretiminde % 15%'lik bir artış sağlanabilir.
Kareem M. A. (2015)	Girdi: Toprak İşgücü Yetiştirme malzemeleri Diğer maliyetler Çıktı: Üretim sürecinde elde edilen manyok miktarı (kg. cinsinden)	Modelde, yatay kesit veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, Kuzey Gana bölgesindeki manyok üretimindeki teknik etkinlik, 150 üreticiden elde edilen yatay kesit verilerle yarı normal dağılıma uygunluk gösteren translog üretim fonksiyonu yardımıyla belirlenmiştir. En çok olabilirlik yöntemiyle hesaplanan teknik etkinsizlik % 41'dir.
Sahudin vd., (2015)	Girdi: İşgücü Maliyeti Fiziksel Sermaye Finansal Sermaye Mevcut kazanç Çıktı: Kar	Modelde, Battese ve Coelli (1995) etkinsizlik etkileri modeli kullanılmıştır.	Bu çalışmada, 2002- 2011 yılları arasındaki 190 gözlem üzerinden Malezya'daki inşaat firmalarının teknik etkinliği stokastik sınır analizi ile tahmin edilmiştir. Ortalama etkinlik % 55 seviyesinde gerçekleşmiştir. Diğer sektörlerle kıyasla inşaat sektörünün etkinliğinin düşüklüğü yönetim becerisindeki zafiyete bağlanmıştır. Ayrıca analiz edilen yıllar boyunca etkinliğin her yıl azalan bir trend gösterdiği belirlenmiştir.
Ng'ombe ve Kalinda (2015)	Girdi: Toprak Sermaye İşgücü Tohum Çıktı: Toplam mısır verimliliği	Modelde, Battese ve Coelli (1995) etkinsizlik etkileri modeli kullanılmıştır.	Bu çalışmada, Zambiya'daki 160 çiftliğin 2008 yılı verileri kullanılarak stokastik sınır analizi gerçekleştirilmiştir. Modelde Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Sonuç olarak kullanılan 4 ana faktörden işgücü en fazla kullanılan faktör olmuştur. Sermaye ise istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ayrıca uygulamada ölçeğe göre artan getirinin varlığı tespit edilmiştir. Yani girdilerdeki %1'lik artış çıktıları %1'den daha fazla artırır.

Iliyas vd., (2016)	Girdi: Stok yoğunluğu Besleme İşgücü Diğer maliyetler Çıktı: Toplam balık üretim miktarı	Modelde yatay kesit veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, hipotez testi uygulandıktan sonra translog üretim fonksiyonunu kullanmanın istatistiksel olarak daha anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. Teknik etkinlik tahminleri %11 ile %93 arasında değişmiştir. Ortalama teknik etkinlik ise %79 seviyesinde gerçekleşmiştir. Bu durum mevcut teknoloji ve girdi seviyesinde firmaların ortalama %21 civarında getirisini artırabileceği anlamına gelir.
Ghosh ve Kathuria (2016)	Girdi: Üretim birimi başına kömür tüketimi Üretim birimi başına sekonder yağ tüketimi Yüzde olarak yardımcı yağ tüketimi Çıktı: Yıllık üretilen toplam enerji miktarı (GWh) cinsinden	Modelde, Battese ve Coelli (1995) etkinsizlik etkileri modeli kullanılmıştır.	Bu çalışmada, Hindistan'daki termal enerji üretimi üzerindeki düzenleyici iradenin etkisinin i, stokastik sınır analiziyle ölçülmüştür. Çalışmada 77 kömür temelli enerji üreten fabrikadan alınan 1994 yılından 2011 yılına kadarki dönem esas alınmıştır. Modelde, translog üretim fonksiyonunun parametreleri STATA programıyla tahmin edilmiştir. En etkin fabrikanın etkinliği %92 olurken en etkinsiz firmanın etkinliği %23 seviyesinde gerçekleşmiştir. Ayrıca bağımsız düzenlemelerin yürürlüğe konulduğu dönemlere kıyasla teknik etkinliklerin şu anda daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
Rezaei vd., (2016)	Girdi: Yatak sayısı Doktor sayısı Hemşire sayısı Tıbbi olmayan personel sayısı Çıktı: Yatan hasta sayısı	Modelde, yatay kesit veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, 2007 2013 yılları arasındaki hastane etkinliği Cobb-Douglas üretim fonksiyonu yardımıyla tahmin edilmiştir. Hastanelerin ortalama teknik etkinliği % 67 seviyesindedir. İncelenen dönemde ortalama teknik etkinlik % 63'ten % 75'e çıkmıştır. Ayrıca katsayıların esneklik değerlerinden ölçeğe göre artan getrinin söz konusu olduğu belirlenmiştir.
Atılğan (2016)	Girdi: Toplam doktor sayısı Toplam yardımcı tıbbi çalışan sayısı Diğer toplam çalışan sayısı	Battese ve Coelli (1995) etkinsizlik etkileri modeli kullanılmıştır.	Bu çalışmada, 2012-2014 yılları arasında 429 hastaneden alınan verilerle hastanelerin etkinliği stokastik sınır analizi yöntemiyle incelenmiştir. Değişkenlerden toplam yatak sayısı istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Üniversite hastanelerinin diğer hastanelere

	Toplam yatak sayısı		kıyasla daha etkinsiz olduğu tespit edilmiştir. Optimal hastane kapasitesinin ise 200-399 arası olduğu belirlenmiştir.
	Çıktı: Ayakta tedavi edilen toplam hasta sayısı		
Avcı ve Çağlar (2016)	Model 1 Girdi: Özkaynak Aktif Toplamı Personel Sayısı Çıktı: Vergi Öncesi Kar/ Zarar Model 2 Girdi: Özkaynak Aktif Toplamı Personel Sayısı Çıktı: Faiz, Vergi Öncesi Kar/ Zarar	Modelde, yatay kesit veri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, İstanbul Sanayi Odası'na kayıtlı ilk 500 firmanın etkinlikleri stokastik sınır analiziyle gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 2011-2014 yılı verileri kullanılmıştır. Çalışmada karar verme birimi sayısı İstanbul Sanayi Odası'nın açıkladığı raporlarda farklılık gösterdiği için yıllar itibarıyla değişiklik göstermektedir. Çıktı değişkeni olan dönem kar/zararı negatif değerler içerdiğinden, negatif değerler için dönüştürme yapılması gerekmektedir. Literatürde en çok kullanılan $f_{ij} + f_{ij\ min} +1$ dönüştürme finansal anlamda anlamlı sonuçlar vermediğinden ölçeksel bir dönüştürme yapılmıştır. İkinci dönüştürme sonucunda zarar eden firmaların son sıralarda yer aldığı görüldüğünden bu dönüştürme daha isabetli sonuçlar vermiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

STOKASTİK SINIR ANALİZİ İLE TÜRKİYE'DEKİ HAVALİMANLARININ ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ

3.1 Havacılık ile İlgili Genel Bilgiler

3.1.1 Havacılığın Tarihsel Gelişimi

Havacılık, insanlar için tarih boyunca sürekli ilgi çeken bir alan olmuştur. Havacılığın tarihsel gelişimi, 9.yy'da Kurtuba'lı Abbas İbn Firnas'ın ilk uçuş planörünü icadına kadar dayanmaktadır. Osmanlı İmparatorluğu döneminde ise Hezarfen Ahmet Çelebi'nin Galata Kulesi'nden Üsküdar'a bir uçuş gerçekleştirdiği Evliya Çelebi'nin Seyahatname isimli eserinden bilinmektedir. Sonrasında Montgolfier kardeşlerin tasarladığı sıcak hava balonuyla hafif uçuşlar gerçekleşmeye başlamış ve 19.yy'da balonla uçuş yaygın hale gelmiştir. 19.yy'da havacılığın modern gelişimi ise Alphonse Pénaud, Felix du Temple, Clement Adler ve Gustav Weisskop'un yaptığı uçuş denemeleriyle devam etmiş ve 1903 yılında Wright kardeşlerin ilk sürdürülebilir motorlu uçağı icatlarıyla bugünkü anlamıyla havacılığın temelleri atılmış oldu. 1 Ocak 1914'de pilot Tony Jannus tek yolcusu eski Florida belediye başkanıyla ilk yolcu uçuşunu gerçekleştirdi. O zamandan günümüze kadar havacılık sürekli gelişme kaydeden bir alan olmuştur.³

Ülkemizde ise havacılıkla ilgili faaliyetler dünyadaki gelişmelere paralel olarak son 70-80 yılda büyük gelişme kaydetmiştir. Cumhuriyet döneminde havacılık; sivil havacılık ve havacılık sanayi olmak üzere iki koldan gelişme göstermiştir. 1925'te Atatürk'ün emriyle daha sonra Türk Hava Kurumu adını alacak olan, Türk Tayyare Cemiyeti kuruldu. Türk Hava Kurumu planörcülük, motorlu tayyarecilik, paraşütçülük ve modelcilik dallarında kamplar, eğitim tesisleri, yarışma vb. faaliyetlerle Türkiye'deki sivil havacılığın gelişiminde önemli rol oynamıştır.

1925 yılında Ankara-Akköprü'de kurulan marangöz atölyesi, sonrasında planör imalathanesi halini almıştır. Kurum uçakların üretimi ve bakımı için çeşitli tesisler kurdu. 1933 yılında kurulan Havayolları Devlet İşletme İdaresi (HDİİ) Türkiye'de sivil havayolları kurmak ve bu alanda taşıma yapmak üzere görevlendirildi. HDİİ daha sonra Türk Hava Yolları adını aldı.⁴

³ https://tr.wikipedia.org/wiki/Havacılık_tarihi (Erişim Tarihi: 20.10.2016).

⁴ <http://www.thk-ucak.com/5-turk-sivil-havacilik-tarihi> (Erişim Tarihi: 20.10.2016).

II. Dünya Savaşı sonrası Marshall Planı kapsamında ABD hükümetinin Türkiye'ye uyguladığı ekonomik yardım çerçevesinde uçak ve motor vermesi THK Uçak ve Motor Fabrikaları'nın faaliyetlerini sekteye uğratmıştır. 1952'de uçak fabrikası, 1954'te uçak motoru fabrikası Makine Kimya Endüstri Kurumu (MKEK)'e devredilmiştir. 1955'te motor fabrikası Türk Traktör Fabrikası'na dönüştürüldü. Uçak fabrikasında ise 1959 yılında faaliyet durduruldu. 1968 yılında fabrika MKEK Tekstil Makineleri Fabrikası'na dönüştürüldü. Bu fabrika da sonrasında kapatıldı.⁵

Sivil havacılık alanında yapılan atılımlarla ülkemizde son dönemde sektör büyük gelişim kaydetmiştir. Türk Sivil Havacılığı, uluslararası tahmin kuruluşlarının beklentilerinin üzerinde gelişim kaydetmiştir. 2008 yılından itibaren ekonomik krizin birçok ülkede olumsuz etkileri görülse de ülkemizde havacılık sektörü ivmesini kaybetmemiş, küresel çapta sektörün son on iki yılda büyüme ortalaması %5 iken, Türkiye %15 oranında büyüme kaydetmiştir. Sektörde istihdam 2003 yılında 65 bin civarında iken 2014 yılı sonu itibarıyla 187 bini aşmıştır. Son on iki yıl sektörün toplam cirosu 12 kat artış ile 26.6 milyar dolara ulaşmıştır. Ülkemizde faaliyet gösteren havalimanı sayısı 2003 yılında 26 iken 2015 yılında 55'e, iç hatlardaki yolcu sayısı 9 katına çıkarak 2015'te 97.5 milyona, havayolunu kullanan toplam yolcu sayısı ise 2015 yılında 181.4 milyona ulaşmıştır. 2003 yılında 162 olan toplam uçak sayısı 2015 yılı sonu itibarıyla 489'a, koltuk kapasitesi 27.599'dan 90.259'a ve kargo kapasitesi ise 302.737 kg'dan 1.759.600 kg'a yükselmiştir (SHGM Faaliyet Raporu, 2015: 25). Ülkemizde sivil havacılık sektöründe Türk Hava Yolları, Güneş Express, Pegasus, Onur Air, Atlas Jet, Hürkuş, Corendon, İHY, Bora Jet, Tailwind, MNG (Kargo), ACT (Kargo), ULS (Kargo) olmak üzere 13 havayolu şirketi faaliyet gösterirken bunlardan 3'ü sadece kargo taşımacılığı yapmaktadır (Türkiye Sivil Havacılık Meclisi Sektör Raporu, 2014: 27) .

3.1.2 Havacılığın Önemi

Havacılık, insanların göklere çıkma istediğinden doğmuş ve gittikçe daha büyük ve karmaşık bir yapı haline gelmiştir. II. Dünya Savaşı sonrası çok büyük bir gelişme gösteren havacılık, çok hızlı teknolojik ve yapısal gelişmeler gösteren bir sektör haline gelmiştir. Yolcu ve kargo taşımacılığında sağladığı hız avantajı sebebiyle rakiplerinin önüne geçmiş durumdadır.

⁵ <http://www.thk-ucak.com/5-turk-sivil-havacilik-tarihi> (Erişim Tarihi: 20.10.2016).

Havacılık sektörü ülkemizde bazı sektörlerin üzerinde yer alan yapısıyla dikkat çekmektedir. Havacılık sektörü turizmi tetikler durumdadır. Bu yapı beraberinde kırılgan bir durumu da ortaya koymaktadır. Dünya ekonomisinde yaşanan krizler, ülkelerde yaşanan dalgalanmalar, mevsimsel değişimler sektörü çok çabuk etkileyebilmektedir. Havacılık sektörünün negatif etkilendiği durumlarda ona bağlı sektörlerde bu değişimden olumsuz etkilenmektedir. Bu sebepten ötürü havacılık sektörü hem turizmin hem de ülke potansiyelinin önemli belirleyicilerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Küresel olarak uluslararası turizm seyahatlerinin %52'si havayolu ile gerçekleştirilmektedir (Türkiye Sivil Havacılık Meclisi Sektör Raporu, 2014:3; ATAG Aviation Benefits, 2014: 4).

Uçak teknolojisi ile sağlanan hızlı, güvenli ve konforlu ulaşımın yanı sıra bilet ücretlerinde gerçekleşen ciddi iyileşmeler havayolu ulaşımının diğer ulaşım alternatiflerine kıyasla ön plana çıkmasını sağlamıştır ve bu atılımın ilerleyen yıllarda artarak devam etmesi beklenmektedir. Günümüzde hava taşımacılığı, inanılmaz derecede büyüyerek kendisine dünya ticaretinde önemli bir yer edinmiştir. Havayolu şirketleri tarafından taşınan kıymetli mallar küresel anlamda önem arz etmektedir. Ayrıca bugünün internet perakendecileri havayollarının hızlı ulaştırma hizmeti olmasa bulundukları konuma gelebilmeleri çok zor olurdu. Havayolu taşımacılığının elde ettiği en önemli özelliklerden birisi sürdürülebilirlik olmuştur. 65 milyar insanı taşımak 100 yıl almış iken, tekrar 65 milyar insanı taşımak gelecek 15 yıl içerisinde mümkün olabilecektir. Eğer havacılık bir ülke olsaydı GSYH sıralamasında 21. sırayı alırdı. İsviçre'nin GSYH'ne yakın, Şili ve Singapur'un GSYH'sinin 2 katı büyüklüğündendir. Sadece bu bilgi bile sektörün ne kadar önemli olduğunu açıklayabilmektedir. Diğer sektörlerin GSYH katkılarıyla kıyaslandığında havacılık sektörü, eczacılık, tekstil ya da otomotiv gibi sektörlerden daha büyüktür. Dünyada her gün 8.6 milyon yolcu, 99.700 uçuş ve 17.5 milyar \$ kargoyla havacılık endüstrisi ekonominin gelişmesinde çok büyük bir rol sahibidir (ATAG Aviation Benefits, 2014: 4). Ayrıca sektör küresel olarak 58.1 milyon iş imkânı yaratmasıyla ciddi bir işveren konumundadır. Turizm kaynaklı havacılık ise 35 milyon civarında istihdam yaratmaktadır. Diğer taşımacılık alternatiflerinin aksine, havayolu taşımacılığı sektörü vergilendirme, kamu yatırımları ya da ödeneklerle finansmandan ziyade altyapı maliyetlerinin büyük çoğunluğunu kendisi finanse edebilmektedir. Bunlara ek olarak, hem bireysel düzeyde hem de ülkeler arasında ilişkilerin gelişmesi ve malların taşınmasında kısıtlamaların azaltılması

sayesinde uzun vadeli etkileri olacak sosyal faydaları da bulunmaktadır. Turizm ve ticarete katkıda bulunarak, ekonomik kalkınmayı sağlama, iş imkanı üretme, fakirliği azaltma ve vergilerden elde edilen gelirleri artırma gibi fonksiyonları bulunmaktadır. Ayrıca sektör diğer sektörlerle de ciddi ilişki içerisinde. Örneğin; havacılık yakıt tedarikçileri, havaalanı tesislerini inşa eden inşaat firmaları, yolcu uçağında kullanılan alt bileşenlerin tedarikçileri, havaalanlarında satılan perakende malların üreticileri, çağrı merkezi, bilgi teknolojisi ve muhasebecilik gibi alanlarda çalışanların sektöre dolaylı etkisi vardır. Bu işler küresel GSYH'ye 2012 yılında yaklaşık 697 milyar dolar katkıda bulunmuştur. Dahası uzak toplumlarda ve küçük adalarda sağlık gibi temel hizmetlerin bölgeye erişimi havayoluyla gerçekleşmektedir. Havayolu taşımacılığı çevresel etkilerini de hafifletme çabasıdadır. Havacılık faaliyetleri, 2012 yılında 689 milyon ton CO₂ ile 36 milyar tonun üzerindeki toplam insan CO₂ salınımının %2'sinden daha az bir miktara tekabül etmektedir. 2050 yılında ise net havacılık karbon salınımı 2005'tekinin yarısı düzeyinde olacağı tahmin edilmektedir. Doluluk oranlarına bakıldığında 2013 yılında uçaklar ortalama %79 doluluk oranına sahipken onu % 60 ile otobüs ve %40 ile tren izlemiştir. Kargo değerleri incelendiğinde uçaklar dünya ticaretinin hacimsel olarak %0,5'ini taşıırken, değer olarak %34,6'sını taşımaktadır (ATAG Aviation Benefits, 2014: 4-5-6-8-10).

Frank Bokulich'in de bahsettiği üzere uzayda basit hiçbir şey yoktur. Dizayn, mühendislik, üretim, çeşitli problemlere çözümler gibi konuların hepsinin yeni mücadeleler getiren teknolojik yan etkileri bulunmaktadır. "Düz kelimesi uzay mühendisleri tarafından kullanılan bir kelime değildir" ifadesi de havacılığın yeniliğe ve gelişime ne denli ihtiyaç duyan bir sektör olduğunu ortaya koyar niteliktedir.

Ülkemizde havacılık faaliyetlerini düzenleyen iki önemli kurum bulunmaktadır. Bunlar; Devlet Hava Meydanları İşletmesi ve Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'dür.

3.2 Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ)

DHMİ; sermayesinin tamamı devlete ait, tekel niteliğindeki hizmetleri kamu yararı gözeterek üretmek ve pazarlamak üzere kurulan ve gördüğü bu kamu hizmeti dolayısıyla ürettiği hizmetleri imtiyazlı sayılan bir kamu iktisadi kuruluşu olup, Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nın ilgili kuruluşudur.

3.2.1 Devlet Hava Meydanları İşletmesi'nin Tarihçesi

Türkiye’de havacılık alanındaki ilk faaliyet 1912 yılında İstanbul Atatürk Havalimanı yakınlarındaki hangarlar ve uçak iniş-kalkış havalimanı ile başlamıştır. Cumhuriyet döneminde ise 20 Mayıs 1933’te Milli Savunma Bakanlığı’na bağlı Hava Yolları İşletmesi kurularak havalimanındaki faaliyetler bu alanda yetkili bir kuruma tahsis edilmiştir. Havalimanı yapımının önemi doğrultusunda Havayolları Devlet İşletmesi, Devlet Hava Yolları Umum Müdürlüğü adını alarak Bayındırlık Bakanlığına, daha sonra da, 21 Temmuz 1943 tarihinde 4467 sayılı Kanunla Ulaştırma Bakanlığına bağlanmıştır.

1944 yılında imzalanan Chicago Sözleşmesi, ülkemiz ve Dünya sivil havacılığı için büyük önem arz etmektedir. Uluslararası Sivil Havacılık Antlaşması ile kurallara bağlanan havacılık faaliyetleri, II. Dünya Savaşı sonrasındaki teknolojik gelişmeler sonucu büyük gövdeli uçak imalatına geçilmesi ve bu doğrultuda tarifeli ticari yolcu ve yük taşımacılığının gelişmesi ile ivme kazanmıştır.

1984 yılında, kısa bir süre Meydan İşletme Müessesesi adı altında hizmet veren kuruluş, Kamu İktisadi Teşebbüslerinin yeniden düzenlenmesine ilişkin 08.06.1984 tarih ve 233 sayılı KHK ile yeniden DHMİ Genel Müdürlüğü’ne dönüştürülmüştür. Kuruluş halen faaliyetlerini Kamu İktisadi Kuruluşu olarak sürdürmektedir (DHMİ Faaliyet Raporu, 2014: 20).

3.2.2 DHMİ'nin Görevleri

DHMİ Genel Müdürlüğünün ana statüsü ile belirlenmiş görevleri; sivil havacılık faaliyetlerinin gereği olan hava taşımacılığı, havalimanlarının işletilmesi, havalimanı yer hizmetlerinin sağlanması, hava trafik kontrol hizmetlerinin ifası, seyrüsefer sistem ve kolaylıklarının kurulması ve işletilmesi, bu faaliyetler ile ilgili diğer tesis ve sistemlerin kurulması, işletilmesi ve modern havacılık düzeyine çıkarılmasını sağlamaktır. Ayrıca, sivil havacılık ihtisas alanlarında, dünya standartlarına göre personel yetiştirmek üzere eğitim tesisleri kurmak, kurdurmak ve bu tesisleri işletmek veya işletirmek ve işletiminde bulunan havalimanları ile işletme dönemlerinin sonundan itibaren yap-işlet-devret modeli çerçevesinde yaptırarak işletimini özel sektöre verdiği terminallerini ve/veya hizmetin bütünlüğü yönünden gerek gördüğü diğer tesislerini 5335 Sayılı Kanunun 33. maddesi çerçevesinde özel hukuk tüzel kişilerine kiralamak ve/veya işletme hakkını devretmek, yurt dışında şirket kurmak

ve/veya kurulmuş şirketlere iştirak etmek de kuruluşun görevleri arasında yer almaktadır (DHMİ Faaliyet Raporu, 2014: 18).

3.3 Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

1954 yılında Ulaştırma Bakanlığı bünyesinde kurulan Sivil Havacılık Dairesi Başkanlığı, 1987 yılında Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü adı altında yeniden teşkilatlandırıldı. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tüm sivil havacılık sisteminin denetiminden sorumludur. SHGM, havacılık personelinin lisanslarının düzenlenmesi, tüm havacılık faaliyetlerinin ruhsatlandırılması, Türkiye'nin hava sahasındaki tüm uçuş hizmetlerinin Türk Silahlı Kuvvetleri, Dışişleri Bakanlığı ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü ile işbirliği içinde koordinasyonunun sağlamasıyla görevlidir.⁶

Türkiye'de sivil havacılık faaliyetlerinde en yetkili ve sorumlu kuruluş SHGM'dir. SHGM sektörün güvenli, düzenli, verimli çalışabilmesi için tüm sivil havacılık faaliyetlerinin planlanması, koordinasyonu ve kontrolünden sorumludur. SHGM, sürekli gelişim gösteren, ileri teknolojinin uygulandığı, sürat ve emniyetin büyük önem arz ettiği sivil havacılık alanındaki her türlü faaliyeti ulusal çıkarlar ve uluslararası ilişkilere uygun bir şekilde düzenlemek ve esaslarını belirlemekle yükümlüdür (Korul ve Küçükönel, 2003: 27).

3.4 Havalimanları Etkinliğine İlişkin Çalışmalar

Havalimanlarının etkinliğinin analizi uzun süredir araştırmacıların ilgisini çeken bir konudur. Bu alanda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir:

Sarkis (2000) çalışmasında, ABD'de yer alan 44 havalimanının 1990-1994 yılları etkinliğini veri zarflama analizi yardımıyla incelemiştir. Çalışmada işletme maliyeti, çalışan sayısı, kapı sayısı ve terminal sayısı girdi olarak kullanılırken, işletme gelirleri, uçak hareket sayıları, genel havacılık hareketleri, yolcu sayısı ve taşınan kargo miktarı çıktı olarak kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda Hartsfield, Honolulu, John Kennedy, Los Angeles, La Guardia, Memphis Shelby County, Miami, Oakland, Sky Harbor, Louisville ve Seattle-Tacomave John Wayne Havalimanları hem CCR hem de BCC modelinde etkin olmuştur. Sonuç olarak başka değişkenler katılarak analiz

⁶ <http://www.thk-ucak.com/5-turk-sivil-havacilik-tarihi> (Erişim Tarihi: 20.10.2016).

yapılması bu alanla ilgili daha ayrıntılı bilgi sahibi olunmasını sağlayabileceği düşünülmektedir.

Kıyıldı ve Karaşahin (2006), havalimanlarının altyapı performansını veri zarflama analiziyle incelemişlerdir. Çalışmada 32 havalimanına ait 1996-2002 verileri kullanılmıştır. Modelde uçak sayısı çıktı iken check-in kontuar sayısı, X-ray sayısı, terminal binası yolcu kullanım alanı, otopark araç kapasitesi, havalimanı pist büyüklüğü, havalimanı apron büyüklüğü, havalimanı uçak kapasitesi, havalimanı taksirut uçak kapasitesi ve terminal binası konveyör binası girdi olarak kullanılmıştır. CCR sonuçlarına göre 2002 yılında Kayseri havalimanı, 1999 yılında Gaziantep, Şanlıurfa ve Çanakkale havalimanları, 1998 yılında Adana ve Trabzon havalimanları, 1997 yılında Van havalimanı etkin olmuştur.

Ulutaş (2006) çalışmasında, Türkiye’de yer alan 34 havalimanının performansını veri zarflama analizi yardımıyla incelemiştir. Çalışmada, personel sayısı, işletme gideri, yıllık yolcu kapasitesi girdi olarak kullanılırken birim alan başına düşen yolcu sayısı, yük trafiği, pist başına toplam uçak trafiği ve işletme geliri çıktı olarak belirlenmiştir. Çalışmada DHMİ 2000-2004 yılı istatistikleri kullanılmıştır. Atatürk Antalya, Gaziantep, Kayseri ve Konya havalimanları incelenen tüm yıllarda hem CCR hem de BCC modelinde etkin olmuştur. Ayrıca çalışmada atıl personel kullanan ve gereksiz masraf yapan havalimanlarının atıl kullandıkları personel sayısı ve gereksiz masraf tutarları belirlenmiştir.

Barros ve Lever (2009) çalışmalarında Birleşik Krallık’taki havalimanlarının etkinliğini ve toplam faktör verimliliğini veri zarflama analizi kullanarak incelemişlerdir. Havalimanları 2000-2005 dönemindeki verimlilik değişimi esas alınarak sıralanmıştır. Çalışmada 27 havalimanından oluşan 135 gözlemle oluşturulmuş panel model kullanılmıştır. Modelde yolcu sayısı, kargo miktarı, uçak hareketleri çıktı olarak alınırken havalimanında çalışan personel sayısı, demirbaş değeri ve diğer maliyetler girdi olarak alınmıştır. Ele alınan çalışma dönemi boyunca Birleşik Krallık havalimanları genel olarak verimlilikte düşüşler yaşamıştır. Verimlilikteki düşüşün sebebi ise teknolojik gerileme olarak belirlenmiştir.

Barros ve Managi (2008) çalışmalarında Birleşik Krallık’taki 27 havalimanının etkinliğini Luenberger verimlilik ve Luenberger-Hicks-Moorsteen verimlilik göstergesi yöntemleriyle incelemişlerdir. Çalışmada Birleşik Krallık’taki 27 havalimanından 162

gözlemle oluşturulan veri seti kullanılmıştır. Modelde yolcu sayısı, kargo miktarı, uçak hareketleri çıktı olarak alınırken havalimanında çalışan personel sayısı, demirbaş değeri ve diğer maliyetler girdi olarak alınmıştır. Çalışmada iki ayrı model kullanılıp iki yöntemde elde edilen etkinlik sonuçlarının aritmetik ortalaması alınmıştır. 27 havalimanından 9'u ortalama değerlerde pozitif sonuçlar elde ederken diğer havalimanlarının performansı düşmüştür. Newcastle ve Bristol havalimanları en etkin olurken, Bornemouth, Biggin Hill ve Southend havalimanları en düşük etkinlik skoruna sahip olduğu görülmektedir.

Pavlyuk (2009) çalışmasında Avrupa'daki havaalanlarının etkinliğini rekabet baskısı bağlamında ele almıştır. Bu çalışmada Eurostat veri tabanından elde edilen 2003-2007 dönemindeki veriler kullanılarak havalimanlarının etkinliğini stokastik sınır analizi ile incelemiştir. Modelde check-in yapılan yer sayısı, kapı sayısı, terminal sayısı, uçak park alanı sayısı ve çalışan sayısı kullanılması amaçlanmıştır. Ancak çoklu doğrusal bağlantı probleminden dolayı check-in sayısı ve kapı sayısı modelden çıkarılmıştır. Modelin tahmininde üretim fonksiyonlarından Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda Malaga havalimanı en etkin havalimanı olurken Vilnius havalimanı en etkinsiz havalimanı olmuştur. Çalışmada ortalama etkinlik seviyesi % 57 olarak gerçekleşmiştir.

Perelman ve Serebrisky (2012), Latin Amerika'daki 22 havalimanının etkinliğin veri zarflama analizi ile değerlendirmiştir. Modelde yolcu sayısı, taşınan kargo (ton cinsinden), uçak hareket sayısı çıktı iken çalışan sayısı, pist sayısı ve biniş köprüsü sayısı girdi olarak kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda Latin Amerika'daki havalimanlarının teknik etkinliğinin kayda değer değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımında 22 havalimanından 6'sı sınırdarken ölçeğe göre sabit getiri varsayımında sadece 2 havalimanı sınırdan yer almıştır. Ortalama olarak Latin Amerika havalimanları ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında Asya ve Kuzey Amerika havalimanlarından etkinsiz iken Avrupa havalimanlarına göre daha etkindir.

Ar (2012) çalışmasında Türkiye'deki 31 havalimanının 2007-2011 yılları arası etkinlik değişimini Malmquist-Toplam Faktör Verimliliği endeksi kullanarak incelemiştir. Modelde personel sayısı, pist/apron başına uçak kapasitesi ve alan başına yolcu kapasitesi girdi olarak kullanılırken pist/apron başına gerçekleşen uçak trafiği, alan başına gerçekleşen yolcu trafiği ve yük trafiği çıktı olarak kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda havalimanlarının büyük çoğunluğunda genel olarak gelişme

kaydedildiğini ortaya koymuştur. Ayrıca toplam faktör verimliliği değerleri incelendiğinde en büyük artışın Süleyman Demirel Havalimanı'nda olduğu belirlenmiş, Süleyman Demirel Havalimanı'nı sırasıyla Tekirdağ Çorlu ve Muş Havalimanları izlemiştir. Toplam faktör verimliliği değeri en fazla düşen Mardin Havalimanı olurken Mardin Havalimanı'nı sırasıyla Çanakkale ve Gaziantep Havalimanları izlemiştir.

Scotti vd., (2010) çalışmalarında İtalya'daki 38 havalimanının 2005-2008 dönemindeki etkinliğini stokastik sınır analiziyle incelemişlerdir. Modelde iş yükü birimi çıktı olarak kullanılırken terminal kapasitesi, toplam uçak park etme yeri sayısı, check-in kontuar sayısı, bagaj teslim yeri sayısı ve yer hizmetleriyle ilgili olmayan personel sayısı girdi olarak kullanılmıştır. Ayrıca modele mevsimsellik kukla değişkeni eklenmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında ilk üç sırada sırasıyla Alghero, Ancona ve Bari Havalimanları yer alırken, son üç sırada sırasıyla Trieste, Venice ve Verona Havalimanları yer almıştır. Sonuç olarak mevsimsellik etkinlik üzerinde negatif bir etki yaratmıştır. Ayrıca yüksek rekabet ortamındaki havalimanlarının diğerlerine kıyasla daha az etkin olduğu belirlenmiştir.

Lin vd., (2013) çalışmalarında Kanada ve ABD'de faaliyet gösteren 62 havalimanının etkinliğini verimlilik endeksi, veri zarflama analizi ve stokastik sınır analizi yöntemleriyle analiz etmişlerdir. Modelde kullanılan değişkenler yolcu sayısı, uçak hareket sayısı, havacılık dışı gelir, çalışan sayısı ve inşaat maliyetleridir. Bu çalışmada önceki çalışmaların aksine havaalanlarının havacılıkla ilgili değişkenlerin yanında havacılık dışı değişken de modele dahil edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde uygulanan üç yöntemde ilk ve son 15 havalimanının etkinlik sonuçları birbirine yakın bir seyir izlerken, orta sıralardaki havaalanlarının etkinlik skorları kayda değer farklılıklar göstermiştir. Ayrıca havacılık dışı gelir, yolcu hacmi, ortalama uçak boyutu, uluslararası trafik yüzdesi kullanılan üç modelde de havalimanı etkinliğini ciddi şekilde etkilemiştir.

Karkacier ve Yazgan (2015) çalışmalarında Türkiye'de yer alan 37 havalimanı 2008-2011 etkinliğini veri zarflama analizi kullanarak analiz etmiştir. Ele alınan modelde girdi olarak; çalışan sayısı, işletme gideri, terminal alanı, pist sayısı ve apron sayısı, çıktı olarak yolcu trafiği, işletme geliri, uçak trafiği ve yük trafiği kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Atatürk, Antalya, Muğla Milas Bodrum, Adana ve Tekirdağ Çorlu havaalanları incelenen tüm yıllarda etkin olmuştur. Ayrıca Tobit model kullanılarak girdilerdeki %1'lik değişimin etkinlik skorunda nasıl bir değişime yol açtığı incelenmiştir.

Tsekeris (2011) çalışmasında Yunanistan'da yer alan 39 havalimanının etkinliğini veri zarflama yöntemiyle analiz etmiştir. Çalışmada yolcu sayısı, kargo miktarı ve uçuş sayısı çıktı olarak kullanılırken çalışma saatleri, terminal alanı(m²) ve park alanı(m²) girdi olarak kullanılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde Atina, Sakız Adası, Heraklion, Çoban Adası, İstanköy Adası ve Selanik Havalimanları hem CCR hem de BCC modelinde etkin olmuşlardır. Yunan havalimanlarının toplam etkinliğinin ortalama seviyesi optimum etkinlik seviyesinin yarısından biraz fazladır. Bu sonuç şu anda boşa harcanan kaynakların daha etkin kullanılabilmesi için uygun politikalara olan ihtiyaca vurgu yapmaktadır. Yine de incelenen havalimanlarının ölçek etkinliğinin yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. Bu sonuç ölçeğin Yunan havalimanlarının etkinliğinde önemli bir kaynak olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca diğer çalışmalardan farklı olarak yazar çalışmasında mevsimsel etkiyi de görmek adına verileri yaz ve kış olarak ayırarak da analiz etmiştir. Kış döneminde 4 havalimanı hem BCC hem de CCR modelinde etkinken yaz döneminde 8 havalimanı etkin olmuştur.

3.5 Uygulama

3.5.1 Uygulamanın Amacı

Bu çalışmada, Devlet Hava Meydanları İşletmesi'nden elde edilen veriler kullanılarak havalimanlarının etkinliği SSA kullanılarak ölçülmesi amaçlanmaktadır.

3.5.2 Uygulamanın Kapsamı

Çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren 55 havalimanından verilerine ulaşılabilen havalimanları analize tabi tutulmuştur. Çalışmada kullanılan veriler DHMİ'nin her yıl hazırladığı istatistik yılığından elde edilmiştir. DHMİ istatistik yılığından elde edilen veriler kullanılarak 2013, 2014 ve 2015 yıllarının havalimanı bazlı etkinliği SSA kullanılarak elde edilmiştir. Etkinliklerin incelenmesinde Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan yararlanılmıştır. SSA'da modelde bir çıktı kullanılabilirken birden fazla girdi kullanılabilir. Çalışmada her bir model 3 yıl için ayrı ayrı denenmiş ve Cobb-Douglas (C-D) üretim fonksiyonunun sonuçları hipotez testi sonucunda anlamlı bulunduğu için translog üretim fonksiyonu sonuçları paylaşılmamıştır. Böylece C-D üretim fonksiyonu sonuçları esas alınarak havalimanlarının etkinliği irdelenmiştir.

3.5.3 Uygulamanın Yöntemi

Analizde etkinlik ölçme yöntemlerinden parametrik bir yöntem olan SSA kullanılmıştır. SSA'nın karar verme birimlerinin kontrolü dışındaki rassal grütlüyü de modele dahil etmesi diğer etkinlik ölçme yöntemlerinden en büyük farkı olarak göze çarpmaktadır.

Çalışmada SSA modellerinden hata bileşenleri modeli kullanılmıştır. Analiz edilen modellerde parametre tahminleri, gamma (γ) değerleri ve havaalanlarının teknik etkinlik skorları Cobb-Douglas fonksiyonu kullanılarak FRONTIER 4.1 bilgisayar programı yardımıyla elde edilmesi amaçlanmaktadır.

3.5.4 Karar Verme Birimlerinin Belirlenmesi

Ülkemizde sivil havacılık trafiğine açık 55 havalimanı bulunmaktadır. 55 havalimanından 49'u DHMİ Genel Müdürlüğü tarafından işletilmektedir. Zafer Havalimanı (IC İçtaş İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.), Zonguldak Çaycuma Havalimanı (Zonguldak Özel Sivil Havacılık Sanayi ve Ticaret A.Ş.), Antalya Gazipaşa Havalimanı (TAV Gazipaşa Yatırım ve Yapım ve Havalimanı ve İşletme A.Ş.), Sabiha Gökçen Havalimanı (Savunma Sanayi Müsteşarlığı denetiminde özel şirket olan Havaalanları İşletme ve Havacılık Endüstrileri A.Ş.), Aydın Çıldır Havalimanı, DHMİ Genel Müdürlüğü tarafından ihaleyle kiralanmış olup THY tarafından işletilirken, Eskişehir Anadolu Üniversitesi Havalimanı da anılan üniversite tarafından işletilmektedir (Türkiye Sivil Havacılık Sektör Meclis Raporu, 2014: 19).

Türkiye'de yer alan 55 sivil havalimanından DHMİ istatistiklerinde verilerine ulaşılabilen havalimanları analize tabi tutulmuştur. Analize tabi tutulan havalimanları yıllar itibarıyla farklılık göstermektedir. Uygulamada 2013 yılında 44, 2014 yılında 50, 2015 yılında 48 havalimanı analize tabi tutulmuştur. Analize tabi tutulan havalimanları ve bu havalimanlarının faaliyete başlama tarihleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3: Karar Verme Birimleri ve Karar Verme Birimlerinin Faaliyete Başlama Tarihleri

Havalimanları (Faaliyete Başlama Tarihi)	Havalimanları (Faaliyete Başlama Tarihi)
Adana Şakirpaşa Havalimanı (1937)	Kahramanmaraş Havalimanı (1996)
Adıyaman Havalimanı (1998)	Kapadokya Havalimanı (1998)
Ağrı Ahmed-i Hani Havalimanı (1997)	Kars Harakani Havalimanı (1988)

Amasya Merzifon Havalimanı (2008)	Kastamonu Havalimanı (2013)
Ankara Esenboğa Havalimanı (1955)	Kayseri Havalimanı (1998)
Antalya Havalimanı (1960)	Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı (2011)
Balıkesir Koca Seyit Havalimanı (1997)	Konya Havalimanı (2000)
Balıkesir Merkez Havalimanı (1998)	Malatya Havalimanı (1941)
Batman Havalimanı (1998)	Mardin Havalimanı (1999)
Bingöl Havalimanı (2013)	Muğla Dalaman Havalimanı (1981)
Bursa Yenişehir Havalimanı (2000)	Muğla Milas-Bodrum Havalimanı (1998)
Çanakkale Havalimanı (1995)	Muş Havalimanı (1992)
Denizli Çardak Havalimanı (1991)	Samsun Çarşamba Havalimanı (1998)
Diyarbakır Havalimanı (1952)	Siirt Havalimanı (1994)
Elazığ Havalimanı (1940)	Sinop Havalimanı (1993)
Erzincan Havalimanı (1988)	Sivas Nuri Demirağ Havalimanı (1957)
Erzurum Havalimanı (1966)	Şanlıurfa GAP Havalimanı (2007)
Eskişehir Anadolu Havalimanı (2007)	Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanı (2013)
Gaziantep Havalimanı (1976)	Tekirdağ Çorlu Havalimanı (1998)
Hatay Havalimanı (2007)	Tokat Havalimanı (1995)
Iğdır Havalimanı (2012)	Trabzon Havalimanı (1957)
Isparta Süleyman Demirel Havalimanı (1997)	Uşak Havalimanı (1998)
İstanbul Atatürk Havalimanı (1953)	Van Ferit Melen Havalimanı (1943)
İzmir Adnan Menderes Havalimanı (1987)	Zafer Havalimanı (2012)
İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı (2001)	Zonguldak Çaycuma Havalimanı (2007)

3.5.5 Değişkenlerin Belirlenmesi

Modelde kullanılacak değişkenlerin belirlenmesi çok hassas ve sonuca etki edebilecek bir konudur. Dolayısıyla modele dâhil edilecek ve modelden çıkarılacak değişkenlerin çok iyi bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Uygun olmayan bir değişkenin modelde kullanılması hatalı etkinlik sıralamalarına yol açabilir.

Çalışmada kullanılan değişkenler belirlenirken literatürde havalimanları ile ilgili etkinlik ölçme çalışmalarında kullanılan değişkenler incelenmiş ve değişken seçimi

Tovar ve Martín-Cejas (2010), Scotti (2011), Pavyluk (2010) çalışmaları esas alınarak belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan çıktı değişkeni aşağıda verilmiştir:

Yolcu Sayısı: Bir yılda ilgili havayollarını kullanarak seyahat etmiş toplam yolcu sayısıdır.

Çalışmada kullanılan girdi değişkenler aşağıda verilmiştir:

Ticari Uçak Sayısı: Bir yılda ilgili havaalanlarına inen kalkan toplam uçak sayısını ifade etmektedir.

Personel Sayısı: DHMİ'nin ilgili havalimanlarında çalışan personel sayısını ifade etmektedir.

Check-in Kontuar Sayısı: Havalimanlarında check-in yapılan toplam banko sayısını ifade etmektedir.

Havalimanlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4: Girdiler ve Çıktıya İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Yıllar	Değişkenler	Minimum	Maksimum	Ortanca	Ortalama	Standart Sapma
2013	Yolcu Sayısı	2876	51.297.790	338.626	3110734.104	8674795.5
	Ticari Uçak Sayısı	85	385.998	2528	22049.5833	62635.9
	Personel Sayısı	15	1170	101.5	188.5625	264.9
	Check-in Kontuar Sayısı	1	320	12.5	30.16667	56.3
2014	Yolcu Sayısı	534	56.695.166	306200.5	3299907.84	9326088.8
	Ticari Uçak Sayısı	7	419897	2429	23091.26	66651.6
	Personel Sayısı	15	1149	93.5	172.96	227.3
	Check-in Kontuar Sayısı	1	320	13.5	31.7	56.5
2015	Yolcu Sayısı	286	61.332.124	352260.5	3164132.208	9625601.4
	Ticari Uçak Sayısı	3	446944	2758.5	21705.0833	68001
	Personel Sayısı	39	1129	101	174.5	222.6
	Check-in Kontuar Sayısı	1	352	13.5	31.5	60.3

3.6 Analiz Sonuçları

Uygun modelin seçimi için eşitlik (2.103)'de yer alan genelleştirilmiş olabilirlik testi kullanılmıştır. 2013 yılı sonuçlarında, $-2(-3.98-1.21) < \chi^2_{(0.95)}$ olduğundan H_A reddedilip H_0 kabul edilmiştir. Yani Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun kullanımı istatistiksel olarak daha uygun bulunmuştur. Analiz edilen diğer yıllarda da Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun kullanımı hipotez testi sonucunda daha uygun bulunmuştur.

İncelenen 2013, 2014 ve 2015 yılları için elde edilen Cobb-Douglas üretim fonksiyonu sonuçları her bir yıl için ayrı ayrı verilmiştir. İncelenen yıllarda kullanılan Cobb-Douglas üretim fonksiyonu aşağıda belirtilmiştir.

$$\ln(tys) = \beta_0 + \beta_1 \ln(us) + \beta_2 \ln(ps) + \beta_3 \ln(cks) + \varepsilon_i$$

tys = Ticari Yolcu Sayısı

us = Uçak Sayısı

ps = Personel Sayısı

cks = Check-in Kontuar Sayısı

β = Parametre katsayıları

$\varepsilon_i = v_i - u_i$: Bileşik hata terimi

3.6.1 2013 Yılı Sonuçları

2013 yılında verilerine ulaşılabilen 44 havalimanı analize tabi tutulmuştur. Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna ait katsayı değerleri ve katsayıların anlamlılığı Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5: 2013 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Analizi

Parametre	Boş hipotez	Katsayı değerleri	Standart. Hata	t-değeri	P değeri
β_0	$H_0 : \beta_0 = 0$	4,5351211	0.24523777	18.492751	$p < 0.0001***$
β_1	$H_0 : \beta_1 = 0$	1.2647501	0.075292608	16.797799	$p < 0.0001***$
β_2	$H_0 : \beta_2 = 0$	-0.37946961	0.12857791	-2.9512814	$p < 0.002538***$
β_3	$H_0 : \beta_3 = 0$	0.033537654	0.061764402	0.54299326	$p < 0.29596$
σ^2		0.16931965	0.048705621	3.4763884	
γ		0.87480255	0.088812819		
LR		3.5481789			
$p < 0.10$ (*)%10’a göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır. $p < 0.05$ (**) %5’e göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır. $p < 0.01$ (***) %1’e göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır.					

Elde edilen analiz sonuçlarına göre ticari uçak sayısı ve personel sayısı 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı iken, check-in kontuar sayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. Ticari uçak sayısındaki %1’lik artış yolcu sayısında %1.26’lık bir artış meydana getirmektedir. Personel sayısındaki %1’lik artış yolcu sayısında %0.37’lik bir azalış meydana getirmiştir. Check-in kontuar sayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunamadığı için yorumlanamamıştır.

Modelde teknik etkisizliğin olup olmadığının test edilebilmesi için kullanılan LR test istatistiği (3.5481789) değeri 0.05 anlamlılık düzeyinde tek kısıtlımalı Kodde Palm tablo değeri 2.71'den büyük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmiştir. Modelde anlamlı bir teknik etkisizlik vardır. Modelde elde edilen gamma (γ) değeri yaklaşık 0.87'dir. Bunun anlamı ise modeldeki artık varyansın %87'lik kısmının etkin olmama etkisi (u_i)'den geri kalan %13'lük kısım ise rassal hatalardan (v_i) kaynaklanmaktadır.

2013 yılı için Cobb-Douglas modelinin etkinlik sonuçları, etkinlik sıralaması ve ortalama etkinlik sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

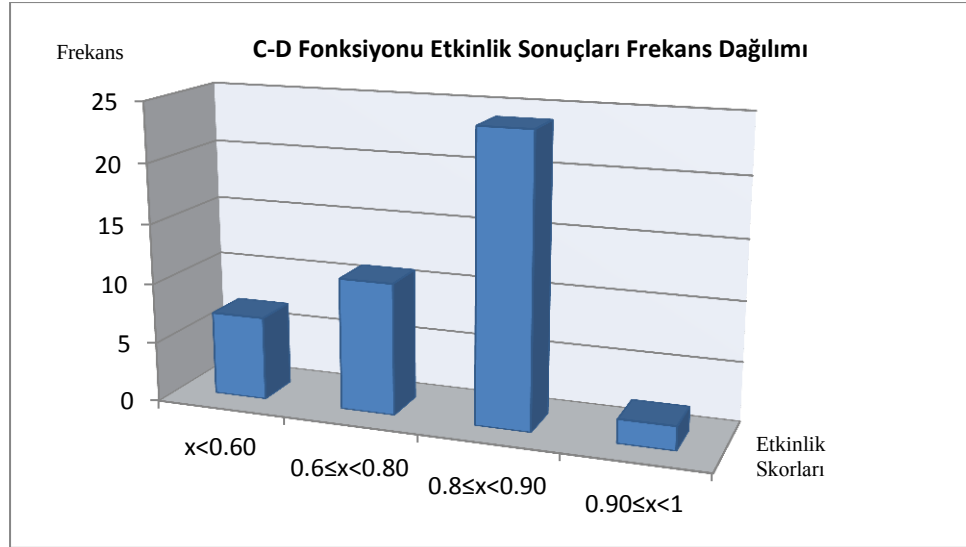
Tablo 6: 2013 yılı Cobb-Douglas Etkinlik Sonuçları

Etkinlik Sıralaması	Havalimanı İsmi	Havalimanı Etkinlik Skoru
1	Isparta Süleyman Demirel	0.9573
2	Erzurum	0.9048
3	Şırnak Şerafettin Elçi	0.8977
4	Muğla Dalaman	0.8925
5	Kastamonu	0.8831
6	Muş	0.8772
7	Bingöl	0.8654
8	Nevşehir Kapadokya	0.8639
9	Ağrı	0.8572
10	Erzincan	0.8542
11	Sivas Nuri Demirağ	0.8512
12	Şanlıurfa GAP	0.8454
13	Konya	0.8452
14	Gaziantep	0.8404
15	İzmir Adnan Menderes	0.8396
16	Ankara Esenboğa	0.8362
17	Denizli Çardak	0.8318
18	Elazığ	0.8314
19	Malatya	0.8303
20	Samsun Çarşamba	0.8277
21	Kahramanmaraş	0.8228
22	Van Ferit Melen	0.8218
23	Trabzon	0.8211
24	Adana	0.8188
25	Muğla Milas-Bodrum	0.8110
26	Kars	0.8012
27	İstanbul Sabiha Gökçen	0.7949
28	Mardin	0.7938
29	Iğdır	0.7880
30	Adıyaman	0.7763
31	Antalya	0.7461
32	Batman	0.7316
33	Diyarbakır	0.7287
34	Çanakkale	0.7279
35	Hatay	0.7236
36	Kayseri	0.6575
37	Balıkesir Koca Seyit	0.6282
38	İstanbul Atatürk	0.5891
39	Tekirdağ Çorlu	0.5647

40	Bursa Yenişehir	0.4993
41	Balıkesir Merkez	0.4883
42	Kocaeli Cengiz Topel	0.4857
43	Tokat	0.4750
44	Siirt	0.3332
Ortalama Etkinlik Düzeyi		0.7650

2013 yılı için Cobb-Douglas modelinde en etkin havalimanı Isparta Süleyman Demirel Havalimanı olurken onu sırasıyla Erzurum ve Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanı takip etmiştir. En etkin havalimanı Isparta Süleyman Demirel'in etkinlik skoru 0.96'dır. 2013 yılında son üç sırada sırasıyla Kocaeli Cengiz Topel, Tokat ve Siirt Havalimanı yer almıştır. En etkinsiz havalimanı olan Siirt Havalimanının etkinlik skoru 0.33'dür. 2013 yılında havalimanlarının ortalama etkinlik düzeyi %76 olarak gerçekleşmiştir. Bu durum havalimanlarının mevcut kaynakları etkin kullanarak çıktılarını %24 oranında artırabileceği anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle havalimanları girdilerini %24 azaltarak mevcut etkinlik seviyesine ulaşabilir. 2013 yılı için etkinlik dağılımlarına bakıldığında 14 havalimanı ortalama etkinliğinin altında kalırken geri kalan 30 havalimanı ortalama etkinlik seviyesinin üzerindedir.

2013 yılı için Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan elde edilen etkinlik sonuçlarının frekans dağılımı Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. 2013 yılı C-D Fonksiyonu Etkinlik Sonuçları Frekans Dağılımı

3.6.2 2014 Yılı Sonuçları

2014 yılında verilerine ulaşılabilen 50 havalimanı analize tabi tutulmuştur. Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna ait katsayı değerleri ve katsayıların anlamlılığı Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. 2014 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Analizi

Parametre	Boş hipotez	Katsayı değerleri	Standart. Hata	t-değeri	P değeri
β_0	$H_0 : \beta_0 = 0$	4.6318048	0.21247767	21.799019	$p < 0.00001$ ***
β_1	$H_0 : \beta_1 = 0$	1.1230354	0.051310885	21.886884	$p < 0.00001$ ***
β_2	$H_0 : \beta_2 = 0$	-0.10095115	0.046586855	-2.166944	$p < 0.020398$ **
β_3	$H_0 : \beta_3 = 0$	-0.036353143	0,052016198	-0.6988812	$p < 0.275608$
σ^2		0.15130427	0.035847592		
γ		0.98773732	0.019872302		
LR		22.697648			
$p < 0.10$ (*)%10’a göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır. $p < 0.05$ (**) %5’e göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır. $p < 0.01$ (***) %1’e göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır.					

Elde edilen analiz sonuçlarına göre ticari uçak sayısı 0.01, personel sayısı 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunurken check-in kontuar sayısı anlamlı bulunamamıştır. Ticari uçak sayısındaki %1’lik artış toplam yolcu sayısında %1.12’lik artışa yol açacaktır. Personel sayısındaki %1’lik artış ise toplam yolcu sayısında %0.10’luk azalmaya sebep olacaktır. Check-in kontuar sayısı parametresi anlamlı bulunamadığından yorumlanmamıştır.

Modelde teknik etkisizliğin olup olmadığının test edilebilmesi için kullanılan LR test istatistiği değeri 22.697648 bulunmuştur. Bu değer 0.05 anlamlılık düzeyinde tek kısıtlamalı Kodde Palm tablo değeri 2.71’den büyük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmiştir. Modelde anlamlı bir teknik etkisizlik vardır. Modelde elde edilen gamma (γ) değeri yaklaşık 0.98’dir. Bunun anlamı ise modeldeki artık varyansın %98’lik kısmının etkin olmama etkisi (u_i)’den geri kalan %2’lik kısım ise rassal hatalardan (v_i) kaynaklanmaktadır.

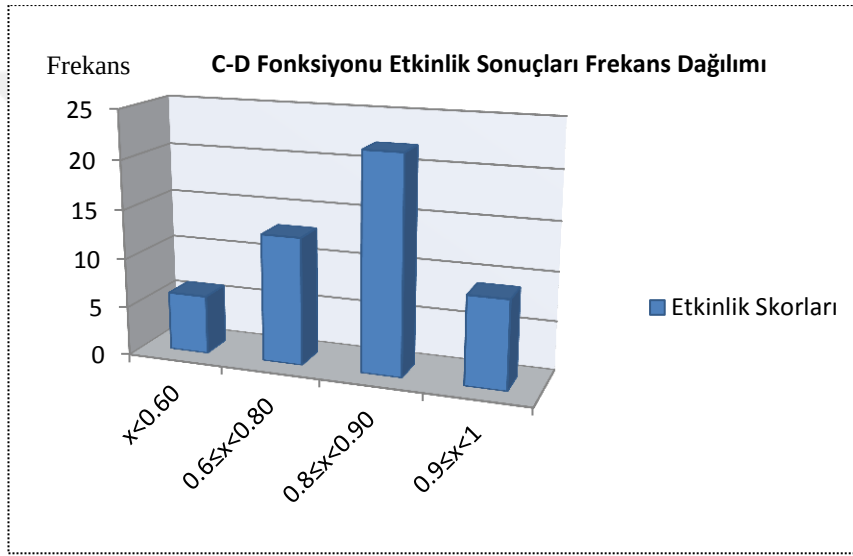
2014 yılı için Cobb Douglas modelinin etkinlik sonuçları, etkinlik sıralaması ve ortalama etkinlik sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8: 2014 yılı Cobb-Douglas Etkinlik Sonuçları

Etkinlik Sıralaması	Havalimanı İsmi	Havalimanı Etkinlik Skoru
1	Isparta Süleyman Demirel	0.9776
2	Iğdır	0.9667
3	Muğla Dalaman	0.9627
4	Eskişehir Anadolu	0.9531
5	Kars Harakani	0.9439
6	Muş	0.9368
7	Erzurum	0.9263
8	Van Ferit Melen	0.9091
9	Malatya	0.9069
10	Ağrı	0.8997
11	Çanakkale	0.8939
12	Erzincan	0.8807
13	Antalya	0.8762
14	Şanlıurfa GAP	0.8730
15	Zonguldak Çaycuma	0.8710
16	Mardin	0.8709
17	Amasya Merzifon	0.8663
18	Nevşehir Kapadokya	0.8626
19	İzmir Adnan Menderes	0.8581
20	Adıyaman	0.8509
21	Trabzon	0.8508
22	Sivas Nuri Demirağ	0.8481
23	Elazığ	0.8475
24	Balıkesir Merkez	0.8466
25	Muğla Milas-Bodrum	0.8406
26	Batman	0.8335
27	Şırnak Şerafettin Elçi	0.8300
28	Samsun Çarşamba	0.8290
29	Denizli Çardak	0.8262
30	Kahramanmaraş	0.8063
31	Gaziantep	0.8029
32	Ankara Esenboğa	0.7992
33	Konya	0.7964
34	Diyarbakır	0.7905
35	Bingöl	0.7790
36	Kastamonu	0.7612
37	Adana	0.7522
38	Kayseri	0.7495
39	Hatay	0.7005
40	Zafer	0.6766
41	Sabiha Gökçen	0.6732
42	Sinop	0.6657
43	İstanbul Atatürk	0.6654
44	Tekirdağ Çorlu	0.6592
45	Balıkesir Koca Seyit	0.5123
46	Bursa Yenişehir	0.4247
47	Siirt	0.4233
48	Tokat	0.4059
49	Kocaeli Cengiz Topel	0.3641
50	Uşak	0.2830
Ortalama Etkinlik Düzeyi		0.7825

2014 yılı Cobb-Douglas üretim fonksiyonu sonuçlarına göre en etkin havalimanı Isparta Süleyman Demirel olurken, Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nı sırasıyla Iğdır ve Muğla Dalaman Havalimanları izlemiştir. 2014 yılında son üç sırada ise sırasıyla Tokat, Kocaeli Cengiz Topel ve Uşak Havalimanları yer almıştır. Son sıradaki Uşak Havalimanının etkinlik skoru ise 0.28'dir. Ortalama etkinlik düzeyi %78 olarak gerçekleşmiştir. 16 havalimanı ortalama etkinlik düzeyinin altında yer alırken, geri kalan 34 havalimanı ortalama etkinlik düzeyinin üstünde yer almışlardır.

2014 yılı için Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan elde edilen frekans dağılımına Şekil 4'de yer verilmiştir.



Şekil 4. 2014 yılı C-D Üretim Fonksiyonu Etkinlik Sonuçları Frekans Dağılımı

2014 yılında Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda etkinlik skorunun en fazla yoğunlaştığı aralık 0.80-0.90 aralığı olmuştur.

3.6.3 2015 Yılı Sonuçları

2015 yılında Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ile analize tabi tutulan 48 havalimanına ait katsayı değerleri ve katsayı değerlerinin anlamlılığı Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9: 2015 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Analizi

Parametre	Boş hipotez	Katsayı değerleri	Standart. Hata	t-değeri	P değeri
β_0	$H_0 : \beta_0 = 0$	4.8880675	0.17138279	28.521344	$p < 0.00001$ ***
β_1	$H_0 : \beta_1 = 0$	1.0809274	0.021121881	51.175714	$p < 0.00001$ ***
β_2	$H_0 : \beta_2 = 0$	-0.098624905	0.050341506	1.9591171	$p < 0.28515$ **
β_3	$H_0 : \beta_3 = 0$	-0.0050817586	0.027405101	-0.1854311	$p < 0.4289$
σ^2		0.063542688	0.014248302	44596674	

γ		0.99318263	0.0096340124	103.09128	
LR		18.637741			
$p < 0.10$ (*)%10'a göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır. $p < 0.05$ (**) %5'e göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır. $p < 0.01$ (***) %1'e göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır.					

2015 yılında Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan elde edilen sonuçlara göre, ticari uçak sayısı 0.01, personel sayısı 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunurken check-in kontuar sayısı anlamlı bulunamamıştır. Ticari uçak sayısındaki %1'lik artış yolcu sayısında %1.08'lik artışa sebep olmaktadır. Personel sayısındaki %1'lik artış yolcu sayısında yaklaşık % 0.09'luk azalışa sebep olacaktır. Check-in kontuar sayısı parametresi anlamlı bulunamadığından yorumlanmamıştır. Modelde teknik etkisizliğin olup olmadığının test edilebilmesi için kullanılan LR test istatistiği değeri 18.63774 olarak bulunmuştur. Bu değer 0.05 anlamlılık düzeyinde tek kısıtlımalı Kodde Palm tablo değeri 2.71'den büyük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmiştir. Modelde anlamlı bir teknik etkinsizlik vardır. Modelde elde edilen gamma (γ) değeri yaklaşık 0.99'dur. Bunun anlamı ise, modeldeki artık varyansın %99'luk kısmının etkin olmama etkisi (u_i)'den geri kalan %1'lik kısım ise rassal hatalardan (v_i) kaynaklanmaktadır.

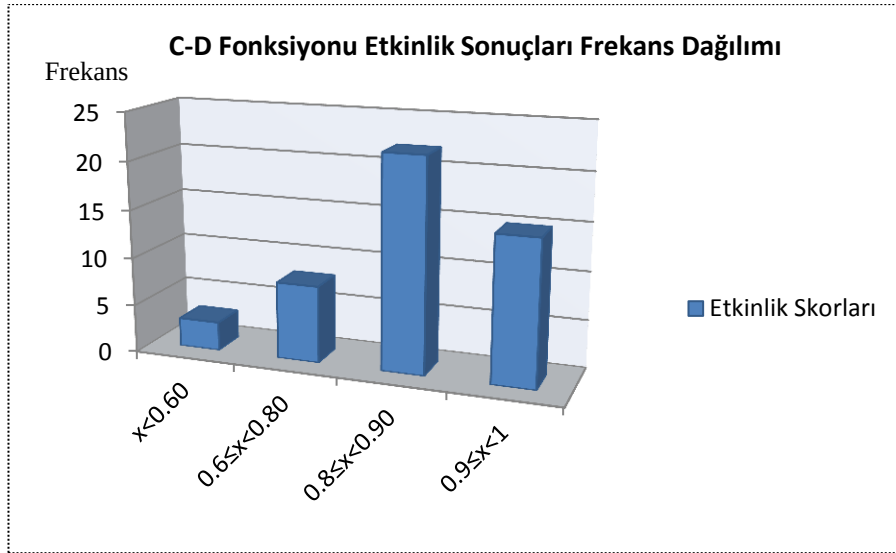
2015 yılı için Cobb-Douglas modelinin etkinlik sonuçları, etkinlik sıralaması ve ortalama etkinlik sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: 2015 yılı Cobb Douglas Etkinlik Sonuçları

Etkinlik Sıralaması	Havalimanı İsmi	Havalimanı Etkinlik Skoru
1	Isparta Süleyman Demirel	0.9878
2	Kars Harakani	0.9855
3	Erzurum	0.9716
4	Muğla Dalaman	0.9676
5	Ağrı Ahmed-i Hani	0.9626
6	Van Ferit Melen	0.9626
7	Muş	0.9606
8	Iğdır	0.9595
9	Balıkesir Merkez	0.9438
10	Batman	0.9426
11	Antalya	0.9426
12	Malatya	0.9365
13	Şırnak Şerafettin Elçi	0.9310
14	Elazığ	0.9170
15	İzmir Adnan Menderes	0.9003
16	Gaziantep	0.8834
17	Diyarbakır	0.8743
18	Sivas Nuri Demirağ	0.8725

19	Ordu-Giresun	0.8722
20	Mardin	0.8703
21	Muğla Milas-Bodrum	0.8664
22	Erzincan	0.8657
23	Amasya Merzifon	0.8643
24	Samsun Çarşamba	0.8606
25	Şanlıurfa GAP	0.8578
26	Trabzon	0.8539
27	Bursa Yenişehir	0.8491
28	Ankara Esenboğa	0.8487
29	Sinop	0.8469
30	Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	0.8395
31	Konya	0.8349
32	Kocaeli Cengiz Topel	0.8342
33	Adana	0.8258
34	Kapadokya	0.8166
35	Denizli Çardak	0.8136
36	Bingöl	0.8117
37	Adıyaman	0.8049
38	Kayseri	0.7926
39	Kahramanmaraş	0.7775
40	Hatay	0.7739
41	Kastamonu	0.7431
42	İstanbul Atatürk	0.7363
43	Çanakkale	0.6904
44	Tekirdağ Çorlu	0.6702
45	Balıkesir Koca Seyit	0.6589
46	Uşak	0.5515
47	Siirt	0.4743
48	Tokat	0.4607
Ortalama Etkinlik Düzeyi		0.8389

2015 yılı Cobb-Douglas üretim fonksiyonu sonuçlarına göre Isparta Süleyman Demirel Havalimanı ilk sırayı alırken, Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nı sırasıyla Kars Harakani ve Erzurum Havalimanı izlemiştir. En etkin havalimanı olan Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nın etkinlik skoru % 98 olarak gerçekleşmiştir. Son üç sırada ise sırasıyla Uşak, Siirt ve Tokat Havalimanları yer almıştır. Son sırada yer alan Tokat Havalimanı'nın etkinlik skoru %46'dır. 2015 yılı ortalama etkinlik düzeyi ise % 83 olarak gerçekleşmiştir. 18 havalimanı ortalama etkinlik seviyesinin altında iken geri kalan 30 havalimanı ortalama etkinlik seviyesinin üzerinde yer almıştır. 2015 yılı Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun etkinlik sonuçlarının frekans dağılımı Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. 2015 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Etkinlik Sonuçları Frekans Dağılımı

Analiz edilen diğer yıllarda olduğu gibi, 2015 yılında da frekans dağılımının en çok yoğunlaştığı aralık 0.8-0.9 aralığı olmuştur.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Günümüzde performans kavramı hem bireyler hem de üretim gerçekleştiren birimler açısından çok önemli bir yere sahiptir. Bir işletmenin başarısı performans ölçümü ile belirlenmektedir. İşletmelerde performansın ölçülmesi, önceden koyulan hedeflere ne ölçüde varıldığını gösteren bir ölçüttür. Performans değerlendirmesi sayesinde işletmelerdeki karar alıcılara doğru karar alabilmeleri ve bunun sonucu olarak başarılı olabilmeleri için büyük önem arz etmektedir. Bunların yanı sıra işletmenin yaptığı hataları ve eksiklikleri gidermesi, geleceğe yönelik hedeflerini daha gerçekçi temeller üzerine oturtması, hedeflere zamanında ulaşması vb. amaçlar için performans değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Ölçülemeyen bir olgunun saptanıp, geliştirilmesi de mümkün olamayacağından performans göstergelerinin belirlenip, değerlendirilmeye tabi tutulması gerekmektedir. İşletmeler için önemli olan diğer iki kavram ise verimlilik ve etkinliktir. Bu iki kavram genellikle birbirinin yerine kullanılsa da esasen farklı kavramlardır. Verimlilik, girdi grubunun üretim sürecine yaptığı katkılar ile ilişkilendirilirken öte yandan etkinlik sadece girdilerin miktarını değil, üretim sürecinde girdilerin çıktılarına dönüşme yeteneğini esas almaktadır. Günümüzün zorlu ve rekabetçi şartlarında mükemmellik arayışı içerisindeki işletmelerin etkinliklerin belirlenmesi önemlidir. Bu sayede kaynakların ne derece yerinde kullanıldığıyla ilgili fikir sahibi olunabilmektedir.

Bu çalışmada parametrik yöntemlerden olan stokastik sınır analizi ele alınmaktadır. SSA, etkinlik ölçmede kullanılan parametrik bir yöntemdir. SSA, etkinliği ölçerken üretim esnasında gerçekleşen etkinsizliğin üretim yapan birimler ve üretim yapan birimlerin kontrolü dışındaki faktörler olmak üzere ayırıp teknik etkinsizliğin hangi etkenden kaynaklandığını ortaya koymaktadır. SSA modelinde β_0 katsayısı en küçük kareler yöntemi (EKK) ile hesaplanmak istendiğinde yanlış olduğu durumlarda düzeltilmiş en küçük kareler ve değiştirilmiş en küçük kareler yöntemi gibi alternatif yaklaşımlarla β_0 katsayısı düzeltilmektedir. Daha güvenilir olan ve uygulamada kullanılan yöntem ise parametrelerin en çok olabilirlik yöntemine göre hesaplanarak sonuca ulaşılmasıdır.

Bu çalışmada parametrik etkinlik ölçme yöntemlerinden olan stokastik sınır analizi kullanılarak havalimanlarının 2013-2015 dönemi etkinliğinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Çalışmada hipotez testi sonucunda C-D üretim fonksiyonunun kullanılması uygun bulunmuştur. C-D üretim fonksiyonu incelendiğinde ticari uçak

sayısında gerçekleşecek artışın yolcu sayısında artışa yol açacağı görülmektedir. Personel sayısındaki artış yolcu sayısında azalmaya yol açmaktadır. Bu durumun son dönemlerde artan teknolojiyle birlikte işlemlerin çoğunlukla internet üzerinden gerçekleştirilmesinin yol açtığı düşünülmektedir. Bu sebeple havalimanlarının personel artışına gitmesi etkinliğin artırılması bakımından makul gözükmemektedir. Check-in kontuar sayısı parametresi ise istatistiksel olarak anlamlı bulunamadığından yorumlanamamıştır. Check-in kontuar sayısındaki bir artış ya da azalışın yolcu sayısına etkisi belirlenememiştir.

Elde edilen etkinlik sonuçları irdelendiğinde incelenen bütün yıllarda C-D üretim fonksiyonunda Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nın ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı uçak başına düşen yolcu sayısı ile üst sıralarda kendine yer bulmaktadır. Isparta'nın son dönemdeki turizme vermiş olduğu önem göz önüne alındığında bu sonucun sürpriz olarak görülmemesi gerektiği düşünülmektedir. Isparta, gül ve lavanta üretimindeki başarısını turizme de yansıtmaya başlamıştır. Yapılan gül parkları ve gül festivalleri Uzak Doğulu turistlerin dikkatini çekmiş durumdadır. Bunlara ek olarak Antiocheia Antik Kenti'nin inanç turizmi açısından çok önemli bir yere sahip olması, Burdur halkının havalimanı ihtiyacını karşılaması vb. faktörler Isparta'yı ön plana çıkarmaktadır. Bunlara ek olarak Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın açıkladığı Türkiye'ye turist getiren uçaklara verdiği yakıt desteği listesine 2017 yılı için Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nı da dahil etmesi Isparta'nın mevcut turizm potansiyelinin devlet nezdinde de karşılık bulmaya başladığını göstermektedir.

2013 yılı sonuçlarında ikinci sırayı Erzurum Havalimanı'nın aldığı görülmektedir. Erzurum Havalimanı bir önceki yıla göre yolcu sayısını iç hatlarda %10, dış hatlarda ise %42 artırarak önemli bir başarı sağlamıştır. Bu başarının altında yatan sebep olarak Erzurum'un kış turizminde sağladığı ivme düşünülmektedir. Kış aylarında kar yağışının belli bir seviyeye ulaşmasıyla birlikte Palandöken'de hem yerli hem de yabancı turist akını yaşanmaktadır. 2013 yılında üçüncü ise Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanı olmuştur. Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanı 26 Temmuz 2013 tarihinde hizmet vermeye başlamıştır. Dolayısıyla 2013 yılının ilk 6 aylık verileri Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanı için bulunmamaktadır. Açıldığı tarihten itibaren yarattığı sinerjiyle 2013 yılında etkin bir performans sergileyen Şerafettin Elçi Havalimanı sonraki yıllarda bu atağı devam ettirememiş ve kendisine orta sıralarda yer bulmuştur.

Kars Harakani Havalimanı'nın ise son yıllarda büyük gelişme kaydettiği görülmektedir. Özellikle 2013 yılında hizmete giren Doğu Anadolu'nun en büyük terminal binasıyla birlikte çok büyük önem kazanmıştır. Kars Harakani Havalimanı yalnızca Kars halkının değil ayrıca Ardahan'ın da havalimanı ihtiyacını karşılamaktadır. Son yıllarda etkinliğini artıran bir diğer havalimanı ise Iğdır Havalimanı'dır. Türkiye'nin en doğusunda yer alan havalimanı olan Iğdır Havalimanı, 2015 yılında şehir nüfusundan daha fazla insana hizmet vermiştir. Bu duruma şehrin büyükşehirlere uzak coğrafi konumu ve komşu ülkelerden gelen yolcuların da diğer şehirlere seyahat etmesini sağlayarak bir üs vazifesi görmesinin neden olduğu düşünülmektedir.

Son sıralar incelendiğinde analiz sonuçlarına göre Uşak Havalimanı'nın 2014 ve 2015'de son sıralarda yer aldığı görülmektedir. Uşak Havalimanı 1998 yılında açılıp, 2001 yılında talep yetersizliğinden kapatılmıştır. 2006 yılından itibaren İstanbul-Uşak uçuşlarına başlanmıştır. 2011 yılında seferler Ankara-Uşak olarak değiştirilmiş, ancak talep yetersizliği sorunundan dolayı uçuşlar iptal edilmiştir. 2014 yılında ise İstanbul-Uşak seferleri tekrar başlamıştır. Ancak hem 2014 hem de 2015 sonuçları incelendiğinde Uşak Havalimanı'nın kapasitesini yeterli kullanmadığı görülmektedir.

Aynı şekilde Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı'nın talep konusunda ciddi sıkıntılar yaşadığı görülmektedir. Şöyle ki 1994 yılında ihalesi yapılan havalimanı Mayıs 1999'da tamamlanmasına rağmen 17 Ağustos depremi nedeniyle yaşadığı hasarlardan dolayı açılışı yapılamamıştır. Deprem sonrası lojistik ve dağıtım hizmetleri için kullanılan havalimanı eksiklerin giderilmesinden sonra 2011 yılında inşaatı yeniden tamamlanıp Kocaeli-Trabzon arasında uçuşlar gerçekleştirmeye başlamıştır. Ancak aradan geçen 5 yılda havalimanının çok fazla ilerleme kaydedemediği görülmektedir. Son dönemde tekrar Cengiz Topel Havalimanı'nın kapatılması gündeme gelmektedir. Bu duruma yöre halkının havalimanına rağbet etmemesinden dolayı talep yetersizliği sorunu yaşamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca Kocaeli'nin İstanbul'a olan yakın mesafenin Kocaeli'deki havalimanına negatif etki yaptığı düşünülmektedir. Etkin olmayan bir diğer havalimanı ise Siirt Havalimanı'dır. Siirt Havalimanı hem coğrafi koşulları hem de dağlık arazi yapısıyla pilotların hoşlanmadığı bir havalimanı durumundadır. Havalimanında gece görüş sağlamak arazi şartlarından ötürü çok zorlaştığı için gece uçuşları Siirt Havalimanı'nda gerçekleştirilmemektedir. Ayrıca Siirt'teki uçak yolcularının büyük bir kısmı Siirt'te havalimanı olmasına rağmen Batman Havalimanı'nı kullanmaktadırlar. Bu duruma ise Batman Havalimanı'nın daha

uygun fiyata hizmet vermesi ve daha erken sürede seyahati gerçekleştirmesinin neden olduğu düşünülmektedir.

Analiz sonuçlarına göre, İstanbul Atatürk, İstanbul Sabiha Gökçen, Ankara Esenboğa gibi büyük kapasiteli havalimanlarının etkinlik sıralanmasında orta sıralarda yer aldığı görülmektedir. Bu sonuç stokastik sınır analiziyle daha önce havalimanlarında gerçekleştirilmiş çalışmalarda elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Küçük ölçekli havalimanları, büyük ölçekli havalimanlarına kıyasla daha az uçakla ve personelle faaliyet gösterdiği için etkin olabilmeleri daha kolaydır. Ölçeği büyüyen havalimanlarının etkinlik sıralamasında daha üst sıralarda yer bulması zorlaşmaktadır

Genel olarak havalimanlarının İstanbul'a olan mesafesi arttıkça etkinliğin arttığı görülmektedir. Bu durum İstanbul'a olan mesafenin artmasıyla uçakla seyahatin daha ön plana gelmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca küçük ölçekli havalimanlarının genel olarak daha etkin olduğu görülmektedir.

Çalışmada Cobb-Douglas üretim fonksiyonu analiz edildikten sonra modelde havalimanlarının ulusal ve uluslararası ayırımına gidilerek kukla değişken eklenip, kukla değişkenin etkinlik üzerinde nasıl bir etki yapacağı incelenmek istenmiştir. Elde edilen sonuçlarda kukla değişken istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından yorumlanamamıştır. Sonrasında ise analiz edilen havalimanlarının her birinin şehir merkezine olan uzaklıkları ve kukla değişkenle birlikte bir etkinsizlik etkisi modeli oluşturularak şehir merkezine mesafenin havalimanlarının etkinliğini artırıcı mı yoksa azaltıcı mı etki yaptığı belirlenmek istenmiştir. Ancak elde edilen sonuçlarda etkinsizlik etkisi modeli de istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından yorumlanamamıştır ve sonuçlar paylaşılmamıştır.

Havalimanlarının etkinliğinin ölçülmesi, ilgili şehirlerdeki turizm potansiyelinin ortaya çıkarılması ve yöneticilerin bu potansiyeli nasıl daha etkin kullanabilecekleri konusunda fikir vermektedir ve bu türdeki çalışmaların yöneticilere ve politikacılara ışık tutacağı düşünüldüğünden bu tür etkinlik çalışmalarının artarak devam etmesi gerekmektedir. Bu kapsamda havalimanları ile etkinlik çalışmaları stokastik sınır analiziyle panel veri kullanılarak ve stokastik sınır analizi dışındaki diğer etkinlik yöntemleri kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Ayrıca farklı değişkenler kullanılarak da havalimanlarının etkinliği analiz edilebilir.

KAYNAKÇA

- Aigner, D., Lovell, C. A. K. and Schmidt, P. (1977). "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, Vol: 6, pp.21-37.
- Akbaba, A. Erenler, A. (2008). "Otel İşletmelerinde Yöneticilerin Liderlik Yönelimleri ve İşletme Performansı İlişkisi" *Turizm Araştırmacıları Derneği Cilt:19 Sayı:1* s.21-36.
- Alma, Ö. G. ve Vupa Ö. (2008). "Regresyon Analizinde Kullanılan En Küçük Kareler ve En Küçük Medyan Kareler Yöntemlerinin Karşılaştırılması" *SDÜ Fen Dergisi*, Cilt: 3 (2) s.219-229.
- Ar, İ. M. (2012). "Türkiye'deki Havalimanlarının Etkinliklerindeki Değişimin İncelenmesi: 2007-2011 Dönemi İçin Malmquist-TFV Endeksi Uygulaması". *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:26 (3-4) s.143-160.
- ATAG (Air Transport Action Group) ,Aviation Benefits Beyond Borders, 2014.
- ATAG (Air Transport Action Group) ,Aviation Benefits Beyond Borders, 2016.
- Atılğan, E. (2012). "Hastane Etkinliğinin Stokastik Sınır Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi: TC Sağlık Bakanlığı Hastaneleri için Bir Uygulama". (Basılmamış Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Atılğan, E. (2016). "Stochastic Frontier Analysis of Hospital Efficiency: Does The Model Specification Matter?" *Journal of Business Economics and Finance*, Vol:5 (1).
- Avcı, T. ve Çağlar, A. (2016). "Stokastik Sınır Analizi: İstanbul Sanayi Odası'na Kayıtlı Firmalara Yönelik Bir Uygulama", *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, Cilt:4 (2) s.17-57.
- Babacan, A. ve Özcan, S. (2009). "Alanya Bölgesi Otellerinin Göreli Etkinliğinin Belirlenmesi: Bir Veri Zarflama Analizi Tekniği Uygulaması/Research of Alanya Region Hotels' Relative Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis Technique" *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Vol:6 (12) s.176-189.
- Bakan, İ. ve Kelleroğlu, H. (2003). "Performans Değerlendirme: Çalışanların Performans Değerlendirme Uygulamalarından Beklentileri Konusunda Bir Alan Çalışması". *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:8 Sayı:(1) s.103-127.
- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, Vol:30 (9), pp.1078-1092.
- Barros, C. P. and Managi, S. (2008). "Productivity Change of Uk Airports: 2000-2005". *Technical University of Lisbon Working Paper*, Vol:22 pp.1-30.
- Barros, C. P. and Weber, W. L. (2009). "Productivity Growth and Biased Technological Change in UK Airports". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol:45 (4), pp.642-653.

- Baten, M. A. Rana, M. Das, S. and Khaleque, M. A. (2006). "Technical efficiency of Some Selected Manufacturing Industries in Bangladesh: A Stochastic Frontier Analysis" *The Lahore Journal of Economics* Vol:11 (2) pp.23-41.
- Battese, G. E. and Coelli, T. J. (1992). "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: with Application to Paddy Farmers in India. In *International Applications of Productivity and Efficiency Analysis* (pp. 149-165). Springer Netherlands.
- Battese, G. E. and Coelli, T. J. (1995). "A Model for Technical Inefficiency Effects in A Stochastic Frontier Production Function For Panel Data", *Empirical Economics*, Vol: 20, pp.325-332.
- Battese, G. E. and Corra, G. S. (1977). "Estimation of a Production Frontier Model: with Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia", *Australian Journal of Agricultural Economics*, Vol: 21, pp.169-179.
- Berger, A. N., and Humphrey, D. B. (1997). "Efficiency of Financial Institutions: International Survey and Directions for Future Research". *European Journal of Operational Research*, Vol: 98 (2), pp.175-212.
- Bulmuş İ. (2003). *Mikro İktisat*, Okutman Yayıncılık, Ankara.
- Charoenrat, T. and Harvie, C. (2014). "The efficiency of SMEs in Thai Manufacturing: A Stochastic Frontier Analysis" *Economic Modelling*, Vol: 43, pp. 372-393.
- Coelli, T. J., (1995). "Estimators and Hypothesis Tests for A Stochastic Frontier Function: A Monte Carlo Analysis", *Journal of Productivity Analysis*, Vol: 6, pp.247-268.
- Coelli, T. J. (1996). "A guide to FRONTIER version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production And Cost Function Estimation" (Vol. 7, pp.1-33). CEPA Working papers.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., and Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Springer Science and Business Media.
- Cook, W. D. and Seiford, L. M. (2009). "Data Envelopment Analysis (DEA)–Thirty Years On" *European Journal of Operational Research*, Vol:192(1), pp.1-17.
- Çağlar, A. (2003). "*Veri Zarflama Analizi ile Belediyelerin Etkinlik Ölçümü*", (Basılmamış Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çakmak, E. H. Dudu, H. ve Öcal, N. (2008). "*Türk Tarım Sektöründe Etkinlik: Yöntem ve Hane halkı Düzeyinde Nicel Analiz*". TEPAV Yayınları.
- Çetin, C. (2013). *Temel İşletmeciliğe Giriş*, Beta Yayınları, İstanbul.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research* Vol:2, pp.429-444.
- Çınar, Y. (2010). "Türkiye ile AB Üyesi Ülkelerin Elektrik Üretim Sektörlerinin Etkinlik ve Verimlilik Analizi: 2000-2006 Dönemi İçin Uluslararası Bir Karşılaştırma" *Sosyoekonomi*, Cilt:12 (12) s.94-136.
- Çoban, O. (2007). "Türk Otomotiv Sektöründe Verimlilik ve Etkinlik" *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı: 29, s.17-36.

- Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) (2013) İstatistik Yıllığı, Ankara.
- Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) (2014) İstatistik Yıllığı, Ankara.
- Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) (2015) İstatistik Yıllığı, Ankara.
- Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) (2014) Faaliyet Raporu, Ankara.
- Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) (2015) Faaliyet Raporu, Ankara.
- Dong, Y. Hamilton, R., and Tippett, M. (2014). "Cost Efficiency of the Chinese Banking Sector: A Comparison of Stochastic Frontier Analysis and Data Envelopment Analysis" *Economic Modelling*, Vol:36, pp.298-308.
- Dudu, H. (2006). "Efficiency in Turkish Agriculture: A Farm Household Level Analysis" (Doctoral dissertation) Middle East Technical University, The Graduate School of Social Sciences, Ankara.
- Dursun, F. (2013). "Veri Zarflama Analizi ve Çağrı Merkezleri Etkinlik Kıyaslama" (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi) Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Eggert, H. (2001). "Technical efficiency in the Swedish Trawl Fishery for Norway Lobster" *IIFET 2000 Proceedings* pp.1-9.
- Ekren, N. ve Emiral, F. (2002). "Türk Bankacılık Sistemindeki Etkinlik Analizi (Veri Zarflama Analizi Uygulaması)". *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, Cilt:4 (24), s.1-32.
- Eraslan, E. ve Algün, O. (2005). "İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı". *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt: 20 (1) s. 95-106.
- Erdem, B. Gökdeniz, A. ve Met, Ö. (2011). "Yenilikçilik ve İşletme Performansı İlişkisi: Antalya'da Etkinlik Gösteren 5 Yıldızlı Otel İşletmeleri Örneği" *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:26, Sayı:2, s.77-112.
- Espitia-Escuer, M. and García-Cebrián, L. I. (2014). "Comparison of Efficiency Measures For Spanish First Division Football Teams Using Data Envelopment and Stochastic Frontier Analyses" *Atlantic Review of Economics*, Vol:2, 1. pp.1-28.
- Farrell, M. J. (1957). "The Measurement of Productive Efficiency" *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol:120 (3), pp.253-290.
- Ghosh, R. and Kathuria, V. (2016). "The effect of Regulatory Governance on Efficiency of Thermal Power Generation in India: A Stochastic Frontier Analysis. *Energy Policy*, Vol:89, pp.11-24.
- Golany, B. and Roll, Y. (1989). "An Application Procedure For DEA" *Omega*, Vol: 17 (3), pp.237-250.
- Greene, W.H., (1980). "Maximum Likelihood Estimation of Econometric Frontier Functions", *Journal of Econometrics*, Vol: 13, pp. 27-56.
- Greene W.H., (1990). "A Gamma-Distributed Stochastic Frontier Model". *Journal of Econometrics*, Vol: 46, pp.141-163.
- Gregoriou, G. N. and Zhu, J. (2005). "Evaluating Hedge Fund and CTA Performance: Data Envelopment Analysis Approach" (Vol. 279) John Wiley & Sons.

- Gülcü, A. Coşkun, A. Yeşilyurt, C. Coşkun, S., ve Esener, T. (2004) Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Göreceli Etkinlik Analizi. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt.5, Sayı. 2, s.87-104.
- Gürler, H. (2015) *Türkiye'deki Havalimanlarının Etkinlik Tahmini: Veri Zarflama Analizi Ve Yapay Sinir Ağlarının Birlikte Kullanımı*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hamidi, S. (2016). "Measuring efficiency of Governmental Hospitals in Palestine Using Stochastic Frontier Analysis" *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, Vol: 14 (1), pp1-12.
- Hattori, T. (2002). "Relative Performance of US and Japanese Electricity Distribution: An Application of Stochastic Frontier Analysis" *Journal of Productivity Analysis*, Vol:18(3), pp.269-284.
- Hofler, R. A. and Payne, J. E. (2006). "Efficiency in the National Basketball Association: A Stochastic Frontier Approach with Panel Data" *Managerial and Decision Economics*, Vol:27 (4), pp.279-285.
- Horčíčka, A. and Jelínková, L. (2014). "Consideration of Cultural Differences in the Performance Management Systems in Czech Enterprises" *Procedia Economics and Finance*, Vol:12, pp.221-233.
- Iliyasu, A. Mohamed, Z. A, Ismail, M. M, Amin, A. M, and Mazuki, H. (2016). "Technical Efficiency of Cage Fish Farming in Peninsular Malaysia: a Stochastic Frontier Production Approach" *Aquaculture Research*, Vol:47 (1), pp.101-113.
- Jarboui, S. A. M. I. Pascal, F. and Younes, B. (2013). "Public Road Transport Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis" *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, Vol:13(5), pp.64-71.
- Kadıoğlu, E. (2006). *Türkiye'de Aracı Kurumların Karlılığını Belirleyen Faktörler*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Kamande, M. (2010). *Technical and Environmental Efficiency of Kenya's Manufacturing Sector: A Stochastic Frontier Analysis*, (Unpublished Ph.D Thesis), University of Dares Salaam, Tanzania.
- Karakurt, E. (2011), *İstanbul Sanayi Odası'nın İlk 500 Büyük Sanayi Kuruluşunun Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kareem, M. A. (2015) *Technical Efficiency of Cassava Production in the Savannah Zone of Northern Ghana; Stochastic Frontier Analysis*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Karkacier, O. ve Yazgan, A. E. (2015). "Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümleri ve Havalimanı İşletmeciliği Sektöründe Bir Uygulama". *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi* Cilt:7 (2) s.15-28.
- Kıngır, S. ve Taşkiran, E. (2006). "Performans Değerlendirme Çalışmalarına İlişkin İşgören Görüşlerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma". *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi* Cilt: 8 Sayı:1 s.195-216.

- Kıyıldı, R. K. ve Karaşahin, M. (2006). “Türkiye'deki Hava Alanlarının Veri Zarflama Analizi ile Altyapı Performansının Değerlendirilmesi”. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt:10 (3) s.391-397.
- Kol, N. E. (2011). *İktisadi Etkinlik-İstihdam-Kariyer Planlaması İlişkisi: Türkiye Tarım Kredi Kooperatifleri Üzerine Bir Uygulama*, (Basılmamış Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Korul, V. ve Küçükönel, H. (2003). “Türk Sivil Havacılık Sisteminin Yapısal Analizi”. *Ege Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi* Cilt: 3 s. 24-38.
- Kumbhakar, S. C. and Lovell K. C.A. (2000). *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Lachaal, L, Karray, B, Dhehibi, B, and Chebil, A. (2005). “Technical Efficiency Measures and Its Determinants for Olive Producing Farms in Tunisia: A Stochastic Frontier Analysis” *African Development Review*, Vol:17 (3), pp.580-591.
- Lin, Z. Choo, Y. and Oum, T. H. (2013). “Efficiency Benchmarking of North American Airports: Comparative Results of Productivity Index, Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis”. *Journal of the Transportation Research Forum* Vol. 52, No. 1, pp. 47-67.
- Meeusen, W. and Broeck J. V. D. (1977). "Efficiency Estimation from C-D Production Functions with Composed Error" *International Economic Review*, Vol: 18, pp.435-444.
- Mercanlıoğlu, Ç. (2012). “Örgütlerde Performans Yönetimi ile İşgörenlerin Motivasyonu Arasındaki İlişki” *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, Cilt: 4 (1) s.41-52.
- Mokhtar, H. S. A, Abdullah, N, and Al-Habshi, S. M. (2006). “Efficiency of Islamic Banking in Malaysia: A Stochastic Frontier Approach” *Journal of Economic Cooperation*, Vol:27 (2), pp.37-70.
- Ng'ombe, J. and Kalinda, T. (2015). “A Stochastic Frontier Analysis of Technical Efficiency of Maize Production Under Minimum Tillage in Zambia” *Sustainable Agriculture Research*, Vol:4 (2), pp.31-46.
- Olgun, A. F, Artukoğlu, M. M. ve Adanacioğlu, H. (2011). “Türkiye'de Zeytin Sıkma Tesislerinin Karlılığı ve Etkinliği: Ege Bölgesi Örneği” *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt:48 (3) s.217-227.
- Öner, B. (2013). *Türkiye’de İllerin Ekonomik Performanslarının Veri Zarflama Analizi ve Temel Bileşenler Analizi Yöntemleri ile Değerlendirilmesi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), On dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Özgümüş, E, (2012). *Stokastik Sınır Analizi ile Üniversite Performanslarının Değerlendirilmesi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Pavlyuk, D. (2009). “Spatial Competition Pressure as a Factor of European Airports’ Efficiency” *Transport and Telecommunication*, Vol:10 (4), pp.8-17.
- Pavlyuk, D. (2010). “Spatial Competition and Cooperation Effects on European Airports' Efficiency” MPRA pp.1-15.

- Perelman, S. and Serebrisky, T. (2012). "Measuring the technical efficiency of airports in Latin America". *Utilities Policy*, Vol: 22, pp.1-7.
- Peresetsky, A. (2010). "Bank Cost Efficiency in Kazakhstan and Russia. BOFIT Discussion Papers", Bank of Finland. *Institute for Economies in Transition* pp.1-25.
- Polat, E. (2014). "Türkiye’de Düzey-2 Bölgeleri Kamu Yatırımları Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi İle Ölçülmesi" (Basılmamış Doktora Tezi) İnönü Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- Puig-Junoy, J. (2001). "Technical Inefficiency and Public Capital in US States: A Stochastic Frontier Approach" *Journal of Regional Science*, Vol:41 (1), pp.75-96.
- Rezaei, S, Zandian, H. Baniasadi, A, Moghadam, T. Z, Delavari, S. and Delavari, S. (2016). "Measuring the Efficiency of a Hospital based on the Econometric Stochastic Frontier Analysis (SFA) Method" *Electronic physician*, Vol: 8 (2), pp.2025-2029.
- Ruggiero, J. (2010). *Frontiers in major league baseball: Nonparametric Analysis of Performance Using Data Envelopment Analysis*, (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- Sahudin, Z. Mahmood, W. M. W, Isa, Z, and Shari, A. (2015) "Construction Firm's Efficiency in Malaysia" *Labuan e-Journal of Muamalat and Society* Vol:9 pp. 26-35.
- Sarı, Z. (2015). *Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi) Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sarkis, J. (2000). "An Analysis of the Operational Efficiency of Major Airports in the United States". *Journal of Operations management*, Vol:18 (3), pp.335-351.
- Scotti, D. Malighetti, P. Martini, G. and Volta, N. (2010). "The Impact of Airport Competition on Technical Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis Applied to Italian Airport". *Journal of Air Transport Management*, Vol:22, pp.1-30.
- Scotti, D. (2011). "Measuring Airports' Technical Efficiency: Evidence From Italy" (Doctoral dissertation, PhD thesis, University of Bergamo, Italy).
- Sena, V. (1999). "Stochastic Frontier Estimation: A Review of the Software Options". *Journal of Applied Econometrics*, Vol: 14 (5), pp.579-586.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) Faaliyet Raporu, 2015, Ankara.
- Siry, J. P. and Newman, D. H. (2001). "A Stochastic Production Frontier Analysis of Polish State Forests" *Forest Science*, Vol:47(4), pp.526-533.
- Taşdoğan, C, (2014). "Yeni Teşvik Programı: Stokastik Sınır Analizi ile Bir Değerlendirme" *Ekonomik Yaklaşım*, Cilt: 24 (89), s.1-23.
- Tezsürücü, D. (2013). *Tedarikçilerin Performans Etkinliğinin Ölçümünde Veri Zarflama Analizinden Yararlanma ve Bir Sanayi Uygulaması*, (Basılmamış Doktora Tezi), Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Theodoridis, A. M. and Psychoudakis, A. (2008). "Efficiency Measurement in Greek Dairy Farms: Stochastic Frontier vs. Data Envelopment Analysis" *International Journal of Economic Sciences and Applied Research*, Vol:1(2), pp.53-67.

- Tovar, B. and Martín-Cejas, R. R. (2010). "Technical efficiency and productivity changes in Spanish airports: A parametric distance functions approach". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol: 46(2), pp.249-260.
- Tsekeris, T. (2011). "Greek Airports: Efficiency Measurement and Analysis of Determinants". *Journal of Air Transport Management*, Vol:17 (2), pp.140-142.
- Tutulmaz, O. (2012). "Teknik Etkinlik Analizinde Stokastik Sınır Yöntemi Kullanımı Üzerine Bir Değerlendirme" *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt: 5, s.109-127.
- Tutulmaz, O. ve Şahin, H. (2014). "Türk Havayolu Ulaştırmasının Açılım Dönemine Yönelik Teknik Etkinlik Analizi: Bir Stokastik Sınır Yöntemi Uygulaması" *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:18 (2) s.49-73.
- Türkiye Sivil Havacılık Meclisi Sektör Raporu, Türkiye Odalar Borsalar Birliği, 2014, Ankara.
- Ulutaş, B. (2006). "Türkiyede'deki Havaalanı Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi" (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Wagenvoort, R. and Schure, P. (1999). "The Recursive Thick Frontier Approach to Estimating Efficiency" (No. 1999/2). European Investment Bank, Economics Department.
- Yapıcı, F. Ve Baş, H. (2015). "Verimlilikte Ergonomik Faktörler". *SDÜ Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, Cilt:3(3), s.591-595.
- Yaralıoğlu, K. (2001). "Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Proses" *D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi* Cilt:16 Sayı:1 ss.129-142.
- Yarlıkaş, S. (2007). *2006 Dünya Kupası Futbol Takımlarının Stokastik Sınır Analizi ile Performans Değerlendirmesi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yeni, O. (2012). "Türkiye İmalat Sanayinde Teknik Etkinlik: 2003-2008" Hacettepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Tartışma Metinleri Dizisi, Ankara.
- Yeşilyurt, C. ve Alan, M. A. (2003) "Fen Liselerinin 2002 Yılı Göreceli Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi İle Ölçülmesi" *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 4, Sayı 2,s.91-104.
- Yükçü, S. ve Atağan, G. (2009). "Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık" *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 23(4), s.1-13.
- Zhou, Y. H. Zhang, X. H., Xu, T. I. A. N., Geng, X. H., Zhang, P., and Yan, B. J. (2015). "Technical and Environmental Efficiency of Hog Production in China—A Stochastic Frontier Production Function Analysis". *Journal of Integrative Agriculture*, Vol:14 (6), pp.1069-1080.

İnternet Kaynakları

<http://www.thk-ucak.com/5-turk-sivil-havacilik-tarihi> Erişim Tarihi: 20.10.2016.

https://tr.wikipedia.org/wiki/Havacılık_tarihi Erişim Tarihi: 20.10.2016.

<http://www.sabah.com.tr/ekonomi/2015/10/14/isparta-turizmde-de-gulecek> Erişim Tarihi: 20.11.2016.

<http://www.turizmdebusabah.com/haberler/gulu-seven-asyali-turist,-ispartaya-geliyor-68246.html> Erişim Tarihi: 20.11.2016.

<http://www.turizmhaberleri.com/haberayrinti.asp?ID=30239> Erişim Tarihi: 20.11.2016.

<http://www.aljazeera.com.tr/al-jazeera-ozel/lavanta-kokulu-koy> Erişim Tarihi: 20.11.2016.

<http://www.milliyet.com.tr/isparta-gul-yagindan-sonra-lavantada-isparta-yerelhaber-1463460/> Erişim Tarihi: 20.11.2016.

<http://www.haberler.com/yalvac-ta-antik-kente-turist-akini-6732587-haberi/> Erişim Tarihi: 20.11.2016.

<http://www.timeturk.com/tr/2012/06/26/hristiyanligin-hac-merkezi-canlandiriliyor.html> Erişim Tarihi: 20.11.2016.

<http://www.dunya.com/ekonomi/turizme-yakit-destegi-2017de-de-surecek-haberi-339981> Erişim Tarihi: 20.11.2016.

https://tr.wikipedia.org/wiki/Kars_Harakani_Havaliman%C4%B1 Erişim Tarihi: 20.11.2016.

<http://www.hurriyet.com.tr/igdir-havalimani-ni-212-bin-851-yolcu-kullandi-37227359> Erişim Tarihi: 20.11.2016.

https://tr.wikipedia.org/wiki/U%C5%9Fak_Havaliman%C4%B1 Erişim Tarihi: 21.11.2016.

https://tr.wikipedia.org/wiki/Cengiz_Topel_Havaliman%C4%B1 Erişim Tarihi: 21.11.2016.

<http://www.ozgurkocaeli.com.tr/cengiz-topel-havaalani-hareketlendi-ama-294513h.htm> Erişim Tarihi: 21.11.2016.

<http://www.kokpit.aero/turkiyenin-inilmesi-en-zor-havalimani> Erişim Tarihi: 21.11.2016.

<http://www.siirtliler.net/siirt-havaalani-nicin-kullanilmaz--4461h.htm> Erişim Tarihi: 10.01.2017.

<http://www.burdurweb.com/web/burdurdan-suleyman-demirel-havalimanina-ozel-servis.html> Erişim Tarihi: 20.11.2016.

<http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> Erişim Tarihi: 20.10.2016.

Ek- 1 2013 yılı C-D Üretim Fonksiyonu FRONTIER 4.1 Sonuçları
Output from the program FRONTIER (Version 4.1c)
instruction file = terminal
data file = 2013.TXT

Error Components Frontier (see B&C 1992)
The model is a production function
The dependent variable is logged

the ols estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.39745011E+01	0.28517063E+00	0.13937274E+02
beta 1	0.13634373E+01	0.61962664E-01	0.22004174E+02
beta 2	-0.46589041E+00	0.11186256E+00	-0.41648468E+01
beta 3	-0.18143603E-01	0.71633912E-01	-0.25328231E+00
sigma-squared	0.83687787E-01		

log likelihood function = -0.57619015E+01

the estimates after the grid search were :

beta 0	0.42315115E+01
beta 1	0.13634373E+01
beta 2	-0.46589041E+00
beta 3	-0.18143603E-01
sigma-squared	0.14213417E+00
gamma	0.73000000E+00
mu is restricted to be zero	
eta is restricted to be zero	

iteration = 0 func evals = 20 llf = -0.50491503E+01
0.42315115E+01 0.13634373E+01 -0.46589041E+00 -0.18143603E-01 0.14213417E+00
0.73000000E+00

gradient step

iteration = 5 func evals = 48 llf = -0.41929756E+01
0.44167588E+01 0.12819966E+01 -0.36924332E+00 0.23153011E-02 0.15369346E+00
0.85811676E+00

iteration = 10 func evals = 130 llf = -0.39878144E+01
0.45353334E+01 0.12647340E+01 -0.37954286E+00 0.33653793E-01 0.16935306E+00
0.87485050E+00

search failed. fn val indep of search direction

iteration = 12 func evals = 151 llf = -0.39878121E+01
0.45351211E+01 0.12647501E+01 -0.37946961E+00 0.33537654E-01 0.16931965E+00
0.87480255E+00

the final mle estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.45351211E+01	0.24523777E+00	0.18492751E+02
beta 1	0.12647501E+01	0.75292608E-01	0.16797799E+02
beta 2	-0.37946961E+00	0.12857791E+00	-0.29512814E+01
beta 3	0.33537654E-01	0.61764402E-01	0.54299326E+00
sigma-squared	0.16931965E+00	0.48705621E-01	0.34763884E+01
gamma	0.87480255E+00	0.88812819E-01	0.98499581E+01
mu is restricted to be zero			
eta is restricted to be zero			

log likelihood function = -0.39878121E+01

LR test of the one-sided error = 0.35481789E+01
with number of restrictions = 1
[note that this statistic has a mixed chi-square distribution]

number of iterations = 12

(maximum number of iterations set at : 100)

number of cross-sections = 44

number of time periods = 1

total number of observations = 44

thus there are: 0 obsns not in the panel
covariance matrix :

```

0.60141565E-01 -0.59461411E-02 -0.56822360E-02 0.76499572E-02 0.36519855E-02
0.85039624E-02
-0.59461411E-02 0.56689768E-02 -0.81326384E-02 -0.12432302E-02 -0.13434937E-02
-0.40672009E-02
-0.56822360E-02 -0.81326384E-02 0.16532280E-01 -0.15729450E-02 0.18773966E-02
0.57143128E-02
0.76499572E-02 -0.12432302E-02 -0.15729450E-02 0.38148414E-02 0.77625041E-04
0.21423385E-03
0.36519855E-02 -0.13434937E-02 0.18773966E-02 0.77625041E-04 0.23722375E-02
0.29652679E-02
0.85039624E-02 -0.40672009E-02 0.57143128E-02 0.21423385E-03 0.29652679E-02
0.78877169E-02

```

technical efficiency estimates :

firm	eff.-est.
1	0.58909151E+00
2	0.83624189E+00
3	0.83956267E+00
4	0.74611124E+00
5	0.89253092E+00
6	0.81095448E+00
7	0.81878002E+00
8	0.82114631E+00
9	0.95727634E+00
10	0.86393297E+00
11	0.90482452E+00
12	0.84038353E+00
13	0.77631551E+00
14	0.85720125E+00
15	0.62819010E+00
16	0.48831734E+00
17	0.73159431E+00
18	0.86542614E+00
19	0.49926934E+00
20	0.72792861E+00
21	0.83179213E+00
22	0.72870418E+00
23	0.83135844E+00
24	0.85420895E+00
25	0.72364919E+00
26	0.78803853E+00
27	0.82278061E+00
28	0.80121911E+00

29	0.88306537E+00
30	0.65750510E+00
31	0.48568317E+00
32	0.84517729E+00
33	0.83032393E+00
34	0.79381570E+00
35	0.87724908E+00
36	0.82766424E+00
37	0.33316619E+00
38	0.85123136E+00
39	0.84535167E+00
40	0.89774871E+00
41	0.56467733E+00
42	0.47500463E+00
43	0.82179220E+00
44	0.79486953E+00

mean efficiency = 0.76502627E+00



Ek- 2 2014 yılı C-D Üretim Fonksiyonu FRONTIER 4.1 Sonuçları
Output from the program FRONTIER (Version 4.1c)

instruction file = terminal
data file = 2014c.txt

Error Components Frontier (see B&C 1992)
The model is a production function
The dependent variable is logged

the ols estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.41029254E+01	0.26353201E+00	0.15568983E+02
beta 1	0.12135035E+01	0.50389759E-01	0.24082345E+02
beta 2	-0.17270442E+00	0.84374111E-01	-0.20468888E+01
beta 3	-0.91508000E-01	0.71777570E-01	-0.12748829E+01
sigma-squared	0.74621105E-01		

log likelihood function = -0.39790877E+01

the estimates after the grid search were :

beta 0	0.44227738E+01
beta 1	0.12135035E+01
beta 2	-0.17270442E+00
beta 3	-0.91508000E-01
sigma-squared	0.17095439E+00
gamma	0.94000000E+00
mu is restricted to be zero	
eta is restricted to be zero	

iteration = 0 func evals = 20 llf = 0.16228018E+01
0.44227738E+01 0.12135035E+01 -0.17270442E+00 -0.91508000E-01 0.17095439E+00
0.94000000E+00
gradient step
iteration = 5 func evals = 52 llf = 0.64366937E+01
0.44666388E+01 0.11422106E+01 -0.79505474E-01 -0.75640951E-01 0.15378073E+00
0.96525984E+00
iteration = 10 func evals = 118 llf = 0.73697010E+01
0.46308540E+01 0.11233893E+01 -0.10123721E+00 -0.36579230E-01 0.15123553E+00
0.98768406E+00
search failed. fn val indep of search direction
iteration = 14 func evals = 162 llf = 0.73697365E+01
0.46318048E+01 0.11230354E+01 -0.10095115E+00 -0.36353143E-01 0.15130427E+00
0.98773732E+00

the final mle estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.46318048E+01	0.21247767E+00	0.21799019E+02
beta 1	0.11230354E+01	0.51310885E-01	0.21886884E+02
beta 2	-0.10095115E+00	0.46586855E-01	-0.21669449E+01

beta 3 -0.36353143E-01 0.52016198E-01 -0.69888120E+00
 sigma-squared 0.15130427E+00 0.35847592E-01 0.42207654E+01
 gamma 0.98773732E+00 0.19872302E-01 0.49704223E+02
 mu is restricted to be zero
 eta is restricted to be zero

log likelihood function = 0.73697365E+01

LR test of the one-sided error = 0.22697648E+02
 with number of restrictions = 1
 [note that this statistic has a mixed chi-square distribution]

number of iterations = 14

(maximum number of iterations set at : 100)

number of cross-sections = 50

number of time periods = 1

total number of observations = 50

thus there are: 0 obsns not in the panel

covariance matrix :

0.45146760E-01 -0.77827278E-02 -0.27209700E-04 0.77417214E-02 0.24007005E-02
 0.24956949E-02
 -0.77827278E-02 0.26328069E-02 -0.16026437E-02 -0.24279263E-02 -0.49074852E-03
 -0.55793649E-03
 -0.27209700E-04 -0.16026437E-02 0.21703350E-02 0.11110850E-02 0.19106030E-03
 0.21606420E-03
 0.77417214E-02 -0.24279263E-02 0.11110850E-02 0.27056849E-02 0.46246188E-03
 0.53766729E-03
 0.24007005E-02 -0.49074852E-03 0.19106030E-03 0.46246188E-03 0.12850498E-02
 0.37536351E-03
 0.24956949E-02 -0.55793649E-03 0.21606420E-03 0.53766729E-03 0.37536351E-03
 0.39490838E-03

technical efficiency estimates :

firm	eff.-est.
1	0.66538456E+00
2	0.79924897E+00
3	0.85811616E+00
4	0.87620515E+00
5	0.96274368E+00
6	0.84055429E+00
7	0.75218216E+00
8	0.85081015E+00
9	0.92633812E+00
10	0.80293171E+00
11	0.85087953E+00
12	0.89966364E+00
13	0.86634455E+00
14	0.51227538E+00
15	0.84659721E+00

16	0.83351787E+00
17	0.77897364E+00
18	0.42467017E+00
19	0.89391035E+00
20	0.82622433E+00
21	0.79046353E+00
22	0.84748032E+00
23	0.88068743E+00
24	0.70046819E+00
25	0.96666441E+00
26	0.97756196E+00
27	0.80629585E+00
28	0.94389254E+00
29	0.76122205E+00
30	0.74954005E+00
31	0.36406630E+00
32	0.79644772E+00
33	0.90691355E+00
34	0.87093186E+00
35	0.93679025E+00
36	0.86259555E+00
37	0.82902266E+00
38	0.42330481E+00
39	0.66566099E+00
40	0.84805580E+00
41	0.87299503E+00
42	0.82998967E+00
43	0.65922498E+00
44	0.40594052E+00
45	0.28302269E+00
46	0.90912533E+00
47	0.67324125E+00
48	0.67663906E+00
49	0.87096298E+00
50	0.95312856E+00

mean efficiency = 0.78259815E+00

Ek- 3 2015 yılı C-D Üretim Fonksiyonu FRONTIER 4.1 Sonuçları

Output from the program FRONTIER (Version 4.1c)

instruction file = terminal
data file = 2015c.txt

Error Components Frontier (see B&C 1992)
The model is a production function
The dependent variable is logged

the ols estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.47427341E+01	0.20554044E+00	0.23074458E+02
beta 1	0.10791752E+01	0.27876552E-01	0.38712648E+02
beta 2	-0.13692107E+00	0.69136764E-01	-0.19804379E+01
beta 3	0.54058009E-01	0.44366620E-01	0.12184387E+01
sigma-squared	0.28565641E-01		

log likelihood function = 0.19312440E+02

the estimates after the grid search were :

beta 0	0.49429114E+01
beta 1	0.10791752E+01
beta 2	-0.13692107E+00
beta 3	0.54058009E-01
sigma-squared	0.66256149E-01
gamma	0.95000000E+00
mu is restricted to be zero	
eta is restricted to be zero	

iteration = 0 func evals = 20 llf = 0.24400240E+02
0.49429114E+01 0.10791752E+01 -0.13692107E+00 0.54058009E-01 0.66256149E-01
0.95000000E+00

gradient step

iteration = 5 func evals = 39 llf = 0.27947578E+02
0.49503783E+01 0.10818156E+01 -0.11683982E+00 -0.25352820E-02 0.61112146E-01
0.98331624E+00

iteration = 10 func evals = 91 llf = 0.28604373E+02
0.48908549E+01 0.10817916E+01 -0.10005065E+00 -0.61771381E-02 0.65659406E-01
0.99235563E+00

iteration = 15 func evals = 173 llf = 0.28631310E+02
0.48880675E+01 0.10809274E+01 -0.98624905E-01 -0.50817586E-02 0.63542688E-01
0.99318263E+00

search failed. fn val indep of search direction

iteration = 16 func evals = 174 llf = 0.28631310E+02
0.48880675E+01 0.10809274E+01 -0.98624905E-01 -0.50817586E-02 0.63542688E-01
0.99318263E+00

the final mle estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.48880675E+01	0.17138279E+00	0.28521344E+02
beta 1	0.10809274E+01	0.21121881E-01	0.51175714E+02

beta 2 -0.98624905E-01 0.50341506E-01 -0.19591171E+01
 beta 3 -0.50817586E-02 0.27405101E-01 -0.18543112E+00
 sigma-squared 0.63542688E-01 0.14248302E-01 0.44596674E+01
 gamma 0.99318263E+00 0.96340124E-02 0.10309128E+03
 mu is restricted to be zero
 eta is restricted to be zero

log likelihood function = 0.28631310E+02

LR test of the one-sided error = 0.18637741E+02
 with number of restrictions = 1
 [note that this statistic has a mixed chi-square distribution]

number of iterations = 16

(maximum number of iterations set at : 100)

number of cross-sections = 48

number of time periods = 1

total number of observations = 48

thus there are: 0 obsns not in the panel

covariance matrix :

0.29372062E-01 -0.88862430E-03 -0.63575360E-02 0.35285473E-02 0.39921819E-03
 0.75332845E-03
 -0.88862430E-03 0.44613387E-03 -0.47311590E-03 -0.21639634E-03 -0.53347408E-04
 -0.68804060E-04
 -0.63575360E-02 -0.47311590E-03 0.25342673E-02 -0.75649166E-03 0.52518495E-05
 -0.59540380E-04
 0.35285473E-02 -0.21639634E-03 -0.75649166E-03 0.75103957E-03 0.41563197E-04
 0.69388949E-04
 0.39921819E-03 -0.53347408E-04 0.52518495E-05 0.41563197E-04 0.20301411E-03
 0.58436695E-04
 0.75332845E-03 -0.68804060E-04 -0.59540380E-04 0.69388949E-04 0.58436695E-04
 0.92814194E-04

technical efficiency estimates :

firm	eff.-est.
1	0.73629288E+00
2	0.84872672E+00
3	0.90033645E+00
4	0.94256491E+00
5	0.96764772E+00
6	0.86636136E+00
7	0.82580442E+00
8	0.85392056E+00
9	0.97157753E+00
10	0.88344065E+00
11	0.80494564E+00
12	0.96258347E+00
13	0.86428867E+00
14	0.65893489E+00
15	0.94380188E+00
16	0.94261979E+00

17	0.81165098E+00
18	0.84910499E+00
19	0.69040907E+00
20	0.81357423E+00
21	0.87425754E+00
22	0.91695133E+00
23	0.86572645E+00
24	0.83947350E+00
25	0.77388896E+00
26	0.95952402E+00
27	0.98778488E+00
28	0.77745486E+00
29	0.98546733E+00
30	0.74310071E+00
31	0.79262249E+00
32	0.83416967E+00
33	0.83485379E+00
34	0.93653812E+00
35	0.87027522E+00
36	0.96056081E+00
37	0.81656459E+00
38	0.87217882E+00
39	0.86060901E+00
40	0.47430052E+00
41	0.84690775E+00
42	0.87254535E+00
43	0.85776816E+00
44	0.93099785E+00
45	0.67022488E+00
46	0.46073626E+00
47	0.55154136E+00
48	0.96257790E+00

mean efficiency = 0.83892060E+00

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Engin YALÇIN

Doğum Tarihi- Yeri : 04.07.1990 - ANKARA

Adres : Pamukkale Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
İşletme Bölümü, Denizli

E-mail : eyalcin@pau.edu.tr

Yabancı Dil : İngilizce

Lisans : Gazi Üniversitesi İşletme Bölümü 2014

Yüksek Lisans : Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sayısal
Yöntemler Bilim Dalı- 2017