

**STOKASTİK SINIR ANALİZİ İLE ÜNİVERSİTELERİN  
PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Emel ÖZGÜMÜŞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İSTATİSTİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2012  
ANKARA**

Emel ÖZGÜMÜŞ tarafından hazırlanan STOKASTİK SINIR ANALİZİ İLE ÜNİVERSİTELERİN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İhsan ALP  
Tez Danışmanı, İstatistik Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İstatistik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Cevriye GENCER  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü. ....

Prof. Dr. İhsan ALP  
İstatistik Anabilim Dalı, G.Ü. ....

Prof. Dr. Hülya BAYRAK  
İstatistik Anabilim Dalı, G.Ü. ....

Prof. Dr. Hasan BAL  
İstatistik Anabilim Dalı, G.Ü. ....

Prof. Dr. Reşat KASAP  
İstatistik Anabilim Dalı, G.Ü. ....

Tarih: 13/07/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Emel ÖZGÜMÜŞ

**STOKASTİK SINIR ANALİZİ İLE ÜNİVERSİTELERİN  
PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Emel ÖZGÜMÜŞ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Temmuz 2012**

**ÖZET**

Bu çalışmada Türkiye'deki 40 kamu üniversitesinin etkinliğinin parametrik etkinlik ölçüm yöntemlerinden biri olan Stokastik Sınır Analizi (SSA) yöntemiyle ölçülmesi amaçlanmıştır. Çalışmada etkinliğin belirlenebilmesi için eğitim performansı ve yayın performansı olmak üzere iki farklı model oluşturulmuş ve FRONTIER Version 4.1 bilgisayar programı kullanılarak etkinlik hesaplamaları yapılmıştır. Analizin ikinci adımında her bir üniversite için oluşturulan modellerden elde edilen teknik etkinlik skorlarının ortalamaları alınarak her bir üniversite için genel bir etkinlik skoru elde edilmiştir. Buna göre teknik etkinlik skoru en yüksek olan üniversite Ortadoğu Teknik Üniversitesi olurken en düşük teknik etkinliğe sahip üniversite Balıkesir Üniversitesi olarak bulunmuştur.

**Bilim Kodu : 205.1.148**  
**Anahtar Kelimeler : Performans, Stokastik Sınır Analizi, Veri Zarflama Analizi, Üniversite**  
**Sayfa Adedi : 79**  
**Tez Yöneticisi : Prof. Dr. İhsan ALP**

**PERFORMANCE EVALUATION OF UNIVERSITIES  
WITH STOCHASTIC FRONTIER ANALYSIS  
(M.Sc. Thesis)**

**Emel ÖZGÜMÜŞ**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
July 2012**

**ABSTRACT**

The purpose of this study is to evaluate the efficiency of 40 Universities in Turkey by using Stochastic Frontier Analysis. To do this, two models were constructed depending on education and publish performances and were analyzed to calculate the efficiencies using FRONTIER Version 4.1 computer program. After that the general efficiency score for each university was calculated as the mean of the calculated efficiency scores according to the constructed two models. The general efficiency scores for each university indicated that Middle East Technical University had the highest general efficiency score in all the universities while the Balıkesir University's general efficiency score was the lowest.

**Science Code : 205.1.148**  
**Key Words : Performance, Stochastic Frontier Analysis, University, Data Envelopment Analysis**  
**Page Number : 79**  
**Adviser : Prof. Dr. İhsan ALP**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca yardımları ve katkılarıyla beni yönlendiren, bilgileri ile yol gösteren çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. İhsan ALP'e göstermiş olduğu sabır ve iyi niyet için teşekkürü bir borç bilirim.

Görev yapmakta olduğum Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Biyometri ve Genetik Anabilim Dalı'ndaki çok değerli hocalarım ve çalışma arkadaşlarıma yardımları ve anlayışları için teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince her zaman yanımda olan ve beni hep destekleyen Fatma ÖZCAN'a çok teşekkür ederim.

Son olarak, hayatımın her döneminde olduğu gibi bu dönemde de sonsuz desteklerini hep yanımda hissettiğim, varlıklarından güç aldığım, bugünlere gelmemi sağlayan sevgili annem Aytül ÖZGÜMÜŞ, biricik babam Şevki ÖZGÜMÜŞ ve canım kardeşim Berkay ÖZGÜMÜŞ'e en derin duygularıyla teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	x
1.GİRİŞ .....	1
2. TEMEL KAVRAMLAR VE ETKİNLİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....	5
2.1. Temel Kavramlar.....	5
2.1.1. Verimlilik.....	5
2.1.2. Etkinlik.....	5
2.1.3. Teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve toplam etkinlik.....	5
2.2. Etkinlik Ölçme Yöntemleri .....	6
2.2.1. Oran analizleri.....	6
2.2.2. Parametrik olmayan yöntemler .....	8
2.2.3. Parametrik yöntemler.....	10
3.STOKASTİK SINIR ANALİZİ.....	16
3.1. Stokastik Üretim Sınırı.....	17
3.2. Parametre Tahminleri .....	20
3.2.1. Normal-yarı normal model .....	20
3.2.2. Normal-üstel model .....	21
3.2.3. Normal-gamma model .....	21
3.2.4. Normal-kesilmiş normal model .....	22

	<b>Sayfa</b>
3.3. Teknik Etkinliğin Ölçümü.....	23
3.3.1. En küçük kareler metodu .....	23
3.3.2. Düzeltilmiş sıradan en küçük kareler yöntemi (COLS).....	24
3.3.3. Değiştirilmiş en küçük kareler yöntemi (MOLS).....	25
3.3.4. Maksimum olabilirlik yöntemi .....	26
3.4.Fonksiyonel Biçimler .....	28
3.5. Stokastik Sınır Modelleri .....	29
3.6. Teknik Etkinliğin Kestirimi .....	32
3.6.1. Karar verme birimine özgü etkinlik.....	32
3.6.2. Endüstri etkinliği.....	34
3.7. Hipotez Testleri .....	36
3.8. Panel Veri.....	38
3.9. Stokastik Üretim Sınırının Tahmini için Kullanılan Yazılımlar .....	39
4.UYGULAMA .....	41
4.1. Araştırmanın Amacı .....	41
4.2. Üniversite Etkinliklerinin Ölçümü için Literatür Taraması .....	41
4.3. Karar Verme Birimlerinin Seçimi .....	47
4.4. Girdi ve Çıktı Değişkenlerin Seçimi .....	48
4.5. Analiz Sonuçları.....	50
5. SONUÇ VE TARTIŞMA .....	59
KAYNAKLAR .....	611
EKLER.....	66
ÖZGEÇMİŞ .....	79

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Yazılımlarda kullanılan dağılım yaklaşımları.....	38
Çizelge 4.1. Üniversiteler ve Kuruluş Yılları.....	46
Çizelge 4.2. Değişkenler ve değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler.....	47
Çizelge 4.3. Model 1 için analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.4. Model 1 için etkinlik skorları .....	50
Çizelge 4.5. Model 2 için analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.6. Model 2 için etkinlik skorları.....	53
Çizelge 4.7. Sonuçların genel değerlendirilmesine ilişkin çizelge.....	54
Çizelge 4.8. Üniversitelerin ortalama etkinlik skorlarına göre sıra değerleri.....	56

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Stokastik Sınır Modeli.....	16
Şekil 3.2. Normal- Yarı Normal Model .....	19
Şekil 3.3. Normal- Kesilmiş Normal Model.....	20
Şekil 4.1. Sonuçların genel değerlendirilmesine ilişkin grafik.....	55

## 1.GİRİŞ

Kaynakların sınırlı olduğu günümüz dünyasında eldeki kaynakları en etkin şekilde kullanarak en fazla çıktıyı elde edebilmek, her sektörde büyük öneme sahiptir.

Bir ticari işletmenin elindeki kaynakları en fazla üretimi sağlayacak şekilde organize etmemesi, bir devlet kurumunun mevcut elemanlarını üretimi maksimum yapacak şekilde bir araya getirmemesi iktisadi mantığın gereklerine aykırılık göstermektedir[1].

Günümüzde yaşanan ekonomik krizlerin üstesinden gelmenin en önemli yolu üretim artışını sağlamaktır. Üretim artışı üç yolla sağlanabilir. Bunlardan biri yeni yatırım yapmak, diğeri mevcut kapasite ve kaynakları verimli kullanmak, bir diğeri ise atıl kapasiteyi minimum düzeyde tutabilmektedir. Tüm dünyada kaynak kıtlığının ön plana çıktığı göz önüne alındığında önceliğin kaynakların daha etkin kullanılmasında olduğu ve dolayısıyla da etkinlik ve verimlilik kavramlarının öneminin açıkça ortaya çıktığı görülmektedir[2].

Etkinlik ölçümü için kullanılan teknikler genel olarak; oran analizleri, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler olmak üzere üç temel gruba ayrılır. Oran analizleri, birçok eksikliği olmasına karşın basitliği ve kolay uygulanabilirliği sebebiyle tercih edilen bir etkinlik ölçüm yöntemidir.

Parametrik olmayan yöntemler, doğrusal programlamaya dayalı elde edilen etkinlik değerinin etkinlik sınırına olan uzaklığını ölçer. Parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemlerinden en yaygın olarak kullanılan tekniklerin başında literatürdeki adıyla Veri Zarflama Analizi-VZA(Data Envelopment Analysis-DEA) gelmektedir.

Parametrik yöntemlerle performans ölçümünün amaçlandığı çalışmalarda en çok kullanılan yöntemler Regresyon Analizi ve Stokastik Sınır Analizi-SSA (Stochastic Frontier Analysis-SFA) yöntemleridir.

SSA ile karar verme birimlerinin etkinlikleri ölçülürken, karar verme birimleri tarafından öngörülemeyen tesadüfi durumlar da dikkate alınmaktadır. Böylece karar verme birimlerinin karakteristik özellikleri de dikkate alınarak etkinlik düzeylerinin düşük çıkma nedenleri daha gerçekçi bir anlayışla belirlenebilmektedir[3].

Kar amacı olmayan kamu üniversitelerinin, vakıf üniversitelerinin sayısının gün geçtikçe arttığı ülkemizde daha uzun süre ve sağlıklı yaşayabilmeleri için ellerindeki kaynakları optimal şekilde kullanmaları gerektiği kaçınılmazdır.

Üniversitelerin performanslarına göre sıralanması fikri çok eski olmakla birlikte, ilk sıralama listeleri yakın tarihe kadar ortaya çıkmamıştır. Son yıllarda bilgiye ulaşmanın kolaylaşması ve özellikle arama motorlarında yapılan çok önemli yenilikler, daha önceleri neredeyse imkansız olan hızla bilgi toplama olanağı sağlamaktadır. Ülkemizde Yükseköğretim Kurulunun(YÖK) kuruluşuna kadar üniversitelerin büyük çoğunluğunda öğrenci ve öğretim üyeleri ile ilgili istatistiklerin hatasız olarak elde edilmesi neredeyse imkansızdı. Benzer şekilde üniversitelerin yıl içerisindeki yayın listelerine doğru şekilde ulaşabilmek son derece zordu. Bu bilgilere ulaşmak kolay ve çoğu zaman mümkün olmadığı için, eski üniversiteler köklü ve iyi, yeni üniversiteler ise gelişmemiş ve kötü kabul ediliyordu. YÖK'ün kurulmasından sonra öğrenci ve öğretim elemanlarına ilişkin detaylı istatistikler tutulmaya başlanmıştır. Doksanlı yılların sonlarında Türk Üniversiteleri'nin uluslararası ve indekslere giren yayınlarının listeleri YÖK tarafından toplanmaya başlanmıştır. Aynı yıllarda bilgisayar ve internet teknolojilerinin ilerlemesi ile dünyadaki bilimsel gelişmelerin takip edilmesi daha da kolaylaşmıştır. Ve böylece Türkiye'de ve dünyada, bölümleri, fakülteleri ve üniversiteleri mukayese etme hatta sıralama fikri ortaya çıkmıştır.

Dünyanın pek çok ülkesinde, o ülkenin üniversitelerinin sıralaması yapılmakta ve yayınlanmaktadır. İlk önemli ülke içi sıralama ABD'de, 1983 yılında "US News and World Report" dergisi tarafından "America's Best Colleges" raporu adı altında yayınlanmıştır.

Dünya üniversitelerinin sıralanmasının yapıldığı ilk çalışma, 2003 yılında Çin’de Shanghai Jiao Tong Üniversitesi’nden bir grup bilim adamının, kendi üniversitelerinin dünyadaki yerini bulabilmek için tamamen internet üzerinden ulaştıkları bilgiler ile, dünyanın ilk 500 üniversitesini sıraladıkları çalışmadır. Kapsamı en geniş dünya üniversite sıralaması ise 2004’te 4000 üniversitenin 2009’da ise 6000 üniversitenin sıralandığı bir web sayfasında yayınlanmıştır.(Webometrics). Dünya üniversitelerini farklı kriterlere göre sıralayan sistemlerin başında ARWU-Jiao Tong (Çin) , WEBOMETRICS (İspanya) ve TIMES (İngiltere), LEIDEN (Hollanda) sıralama sistemleri gelmektedir. Gelişebilmek ve en iyiler arasına girebilmek için her üniversitenin diğer üniversitelere göre konumunu öğrenmeye ihtiyacı vardır. Sıralama sistemlerinde açık ve güvenilir kaynaklardan elde edilen verilerin kullanılması bu sistemlerin objektifliğini artırmaktadır.

Ülkemizde yükseköğretim kurumlarını akademik başarıları doğrultusunda değerlendirebilmek için bilimsel metotlar geliştirmek ve yapılan çalışmaların sonuçlarını kamuoyu ile paylaşmak amacıyla 2009 yılında Ortadoğu Teknik Üniversitesi Enformatik Enstitüsü bünyesinde URAP Araştırma Laboratuvarı kurulmuştur.

Literatürde yükseköğretim kurumlarının performanslarının değerlendirilmesinde farklı yöntemler ve ölçütler geliştirilmiş ve kullanılmıştır.

Bu çalışmada Türkiye’deki 40 kamu üniversitesinin etkinliğinin SSA yöntemiyle ölçülmesi amaçlanmıştır. Çalışmada etkinliğin belirlenebilmesi için farklı modeller oluşturulmuş ve FRONTIER Version 4.1 bilgisayar programı kullanılarak etkinlik hesaplamaları yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde etkinlik ile ilgili temel kavramlardan bahsedilmiş, etkinlik ölçümü için kullanılan yöntemler kısaca tanıtılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde SSA yöntemi detaylı şekilde açıklanmış, yükseköğretim alanında yapılan etkinlik ölçümü çalışmaları ve SSA' nın kullanım alanlarından bahsedilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümü uygulama kısmı olup çalışmada kullanılan girdi ve çıktı değişkenler tanıtılmış, kurulan modeller analiz edilmiş ve analiz sonuçları yorumlanmıştır.

Çalışmanın son bölümünü oluşturan sonuç ve öneriler bölümünde ise elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

## **2. TEMEL KAVRAMLAR VE ETKİNLİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ**

### **2.1. Temel Kavramlar**

#### **2.1.1. Verimlilik**

Verimlilik, üretim süreci sonunda elde edilen çıktılar ile üretim sürecinde kullanılan girdi kaynaklarının oranı şeklinde tanımlanabilir. Bugünkü anlamıyla, toplam çıktının toplam girdiye oranı olarak ifade edilmektedir[4]. Mevcut girdi ile üretilebilecek maksimum çıktı üretilmeye çalışılır. Bu noktada sistemin bu üretimi sağlayıp sağlamadığı ve sağlıyorsa ne ölçüde sağladığı tartışması, verimlilik kavramını ortaya çıkarır.

#### **2.1.2. Etkinlik**

Etkinlik, yapılan üretimde kullanılan kaynakların ne kadar iyi kullanıldığını tanımlar. Etkinlik verimliliğin tamamlayıcı unsurudur. Verimlilik ve etkinlik çoğu zaman birbirinin yerine kullanılsa da anlam olarak farklıdır. Etkinlik çıktılarla verimlilik girdilerle ilgilenmektedir. Etkinlik, işletme düzeyinde kaynakların yani tüketiciye ulaşacak mal ve hizmetlerin üretilmesi için kullanılan girdi unsurlarının fiili kullanımının, belli tekniklerle saptanmış standartlarla karşılaştırılması yolu ile bulunan bir göstergedir. Yani etkinlik, çıktıları üretmede kaynakların optimal kullanılma derecesini belirlemektedir.

#### **2.1.3. Teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve toplam etkinlik**

Teknik etkinlik, eldeki girdi bileşiminin en verimli şekilde kullanılarak mümkün olan maksimum çıktıyı üretme başarısıdır. Teknik etkin olan karar birimlerinin üretim sınırı üzerinde yer almaları gerekmektedir. Koopmans'a göre bir çıktıda artış elde etmek en azından başka bir çıktıda azalma ya da herhangi bir girdide bir artış gerektiriyorsa yine herhangi bir girdideki bir azalma en azından başka bir girdide bir artış ya da herhangi bir çıktıda bir azalma gerektiriyorsa üretici teknik olarak

etkindir[5]. Teknik etkinlik girdi yönünden(input-oriented) ve çıktı yönünden(output-oriented) ele alınabilir.

Ölçek etkinliği adından da anlaşılacağı gibi çıktı/girdi oranının büyük olmasında dayanan bir etkinlik türüdür. Yani; uygun ölçekte üretim yapmadaki başarı olarak tanımlanabilir. Toplam etkinlik ise teknik etkinlik ile ölçek etkinliğinin çarpımı şeklinde ifade edilir.

## **2.2. Etkinlik Ölçme Yöntemleri**

Etkinlik ölçme yöntemleri; oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler olmak üzere üç temel gruba ayrılır.

### **2.2.1. Oran analizleri**

Örgütsel performansın ölçümünde en sık kullanılan yöntemdir. Tek girdi ve tek çıktı ile sınırlı olan oran analizinin yaygın olarak kullanılmasının nedeni, oldukça kolay bir yöntem olması ve çok az bilgi gerektirmesidir.

Tek bir çıktının tek bir girdiye oranı şeklinde tanımlanan bu yöntem, birden fazla girdi ve çıktının söz konusu olduğu durumlarda sadece ilgili boyutlardan sadece bir tanesini dikkate aldığından yetersiz kalmaktadır. Oran analizinin bir başka dezavantajı ise mutlaka bir şeylerle karşılaştırmaya gerek duyulmasıdır. Örneğin; oran analizi ile etkinlik ölçümü yapılan bir işletmedeki sayısal sonuçlar ya kendi içeriğindekiyle ya da diğer işletmelerin benzer değerleri ile ilişkilendirilmek zorundadır[6].

Oran analizi ile yapılan ölçümlerde, bazı oranlar örgütü son derece verimli gösterirken bazı oranlar da örgütü oldukça başarısız gösterebilmektedir. Bu sebeple genişletilmiş oran kümeleri geliştirilmiş ise de bu tek boyutlu yapıdan kurtulamamıştır. Bu nedenle, etkinlik ölçüm çalışmalarında değişik oranların anlamlı

bir şekilde ağırlıklandırılarak tek bir ölçütün türetilmesine fazlasıyla ihtiyaç duyulmaktadır[7]

Basit bir oran analizi için gerekli üç aşama vardır.Bunlar;

1. Karşılaştırılabilir bir karar birimi grubu oluşturulur. Bu grupta kümeleme analizi gibi istatistiksel tekniklere ve/veya uzmanların kişisel görüşlerine ve yargılarına dayanır. Böyle bir grubun oluşturulması karşılaştırma sonuçlarının anlamlı olması açısından önemlidir.
2. Bu aşamada önemli olduğu düşünülen çeşitli girdi- çıktı ve/veya çıktı-girdi oranları tanımlanır ve her karşılaştırılabilir karar birimi grubu için bu oranlar hesaplanır.
3. Karar birimlerine ait veriler, oranlar şeklinde hesaplanır ve her karar birimine ait oranın, tüm birimlerin toplamı için hesaplanan ortalama değerden farklılığını saptamak amacıyla karşılaştırma yapılır. Oran analizinde ölçek olarak oran ölçeği (ratio scala) kullanılır. Oran ölçeğinde başlangıç noktası sabit olmakla beraber ölçek üzerindeki noktalar birbirinin katı olarak ifade edilebilirler. Bu nedenle bu ölçekle ölçülmüş verilere tüm matematiksel işlemler uygulanabilir. Ağırlık, uzunluk, miktar ve fert sayısı gibi değişkenler oran ölçeğinde ifade edilebilirler[8].

Oran analizi, genel performans ölçümünde bir çok yetersizlikleri olmasına karşın tek girdili ve tek çıktılı durumlar için basitliği ve sadeliği nedeniyle en uygun değerlendirme yöntemi olarak görülebilir. Ancak oran analizindeki oranlama, göreceli de olsa en iyiye göre değil, var olan değerlerin birbirlerine bölümüyle elde edilir. Bu ise, bir performans iyileştirilmesine yönelik bir teknik değil, yalnızca bir durum belirlemesidir.

### 2.2.2. Parametrik olmayan yöntemler

Parametrik olmayan yöntemler, doğrusal programlama kökenli teknikler kullanarak hesaplama sonucunda elde edilen etkinlik değerinin etkinlik sınırına olan uzaklığını ölçer. Bu yöntemlerin parametrik yöntemler gibi bir takım davranışsal varsayımlara ihtiyaç duymamaları ve çok sayıda bağımlı ve bağımsız değişkeni kullanabilme özelliklerine sahip olmaları sebebiyle göreceli olarak daha avantajlı oldukları söylenebilir.

Buna karşın, rastgele bir hata terimi içermedikleri için, ölçüm hataları, veri hataları, şans ve diğer faktörler ile oluşabilecek hatalara karşı daha duyarlıdırlar. Yukarıda sayılan bu durumlarda etkinlik sınırının yanlış tespit edilebilmesi mümkündür[9]. Parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemlerinin büyük çoğunluğu seçilen girdi ve çıktı değişkenleri ölçüm birimlerinden bağımsızdır. Böylece işletmenin aynı anda farklı boyutlarının ölçülmesine imkan verir. Bu yöntemler göreceli etkinliği hesaplarken amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı en optimum yapar ve her bir karar verme birimi için en uygun amaç kümesini belirler.

Etkin sınırdan sapmaları etkinsizlik olarak değerlendiren parametrik olmayan yöntemler, çok girdi ve çok çıktı bulunan bir üretim sürecini bütün olarak ele alabilmektedir. Parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemlerinden en yaygın olarak kullanılanı matematik programlama tabanlı etkinlik ölçüm yöntemi olan Veri Zarflama Analizidir. Bu yöntem parametrik olmayan yöntemler arasında kesin bir üstünlüğe sahip olduğu için sadece Veri Zarflama Analizinden bahsedilecektir.

#### Veri zarflama analizi (VZA)

İlk olarak Farrell'in 1957 yılında ortaya koyduğu çalışmadan yola çıkarak Charnes, Cooper ve Rhodes(1978) tarafından, ürettikleri mal ya da hizmet açısından birbirlerine benzer ekonomik karar birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilen Veri Zarflama Analizi parametrik olmayan bir etkinlik ölçüm

yöntemidir. Etkinlik analizinde karşılaşılan tek bir çıktının tek bir girdiye oranlanmasıyla elde edilen etkinlik değerini çoklu çıktıların çoklu girdilere oranlanmasına genişletmişlerdir[10].

Tekli girdi tekli çıktı durumunda karar verme birimlerine ilişkin etkinlik oranını hesaplamak oldukça kolaydır. Fakat çoklu çıktı ile girdi arasındaki ilişkiyi birleştirerek ve bunu formüle ederek matematiksel işlemler yapmak ancak doğrusal programlama ile olanaklıdır. Doğrusal programlama problemi olarak ifade edilebilen bir problemde gerçekleşmesi arzu edilen amacın açık ve ölçülebilir bir şekilde bir doğrusal fonksiyon olarak tanımlanması, bu amacın gerçekleşme derecesini kısıtlayan sınırlı kaynakların (kısıtların) sınırlılık derecelerinin bilinmesi ve doğrusal eşitlik ya da eşitsizlik olarak ifade edilmesi gerekmektedir.

VZA, herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten “en iyi” gözlemleri, diğer bir ifadeyle etkinlik sınırını oluşturan karar verme birimlerini belirler. Söz konusu sınırı “referans” olarak kabul edip, etkin olmayan karar verme birimlerinin bu sınıra olan etkinlik düzeylerini radyal olarak ölçer. VZA çoklu girdi ve çıktı değişkenlerinin bir doğrusal programlama modelinde kullanılarak her bir gözlem için bir tek etkinlik skorunun elde edilmesini sağlar.

VZA, her bir karar verme biriminin görece verimliliğini, gözlemlenen girdi ve çıktılarından, ağırlıklı çıktıların ağırlıklı girdilere oranını hesaplayarak belirler. Her bir karar verme birimine ait her bir girdi ve çıktı için, bir optimizasyon prensibi çerçevesinde [simplex metodu tekrarlanarak] ağırlıklar seçilir. Charnes, Cooper ve Rhodes farklı karar birimleri için ortak ağırlıklar belirlemenin zorluklarını görerek, her bir birimin diğer birimlerle karşılaştırıldığında kendisini en iyi durumda gösteren bir ağırlıklar kümesi benimsemesinin uygun olacağını öne sürmüşlerdir.

$n$  tane karar verme birimi olmak üzere, ürettiği çıktı miktarı  $Y_{rk}$ ,  $r=1, \dots, s$  ve kullandığı girdi miktarı  $X_{ik}$ ,  $i=1, \dots, m$  olsun.  $k$ . Karar verme biriminin faktörlere

verdiği ağırlıklar çıktı ve girdiler için sırasıyla  $u_{rk}$ ,  $r=1, \dots, s$  ve  $v_{ik}$ ,  $i=1, \dots, m$  ise maksimize edilecek çıktı/girdi oranının matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir;

$$Maxh_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}} \quad (2.1)$$

$k$ . karar verme birimlerinin ağırlıklarını diğer karar verme birimleri de kullandığı zaman etkinliklerinin %100'ü geçmemesini sağlayan kısıt aşağıdaki şekilde tanımlanır;

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

Son olarak kullanılacak girdi ve çıktı ağırlıklarının negatif olmamasını sağlayan kısıtlarda aşağıdaki biçimdedir;

$$u_{rk} \geq 0 ; r = 1, \dots, s$$

$$v_{ik} \geq 0 ; i = 1, \dots, m$$

Bu eşitsizlikler setini doğrusal programlama formuna çevirip simpleks ya da benzeri algoritmalarla çözüme ulaşmak için maksimizasyon formundaki amaç fonksiyonunun paydasının 1'e eşitlenip bir kısıt haline getirilmesi yeterlidir[11].

### 2.2.3. Parametrik yöntemler

Bu yöntemlerde, etkinlik ölçümü gerçekleştirilecek olan endüstri dalına ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayımı yapılır ve bu fonksiyonun parametrelerinin belirlenmesine çalışılır. Performans ile ilgili çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanılan “Cobb-Douglas” tipi üretim fonksiyonuna

ilişkin parametrelerin belirlenmesi bu tür yöntemlere örnek olarak gösterilebilir[12]. Parametrik yöntemlerle performans ölçümünde, tahminler için çoğunlukla regresyon teknikleri kullanılır. Üretim fonksiyonu çoğunlukla bir tek çıktı birçok girdi ile ilişkilendirilerek tanımlanmaktadır. Parametrik etkinlik ölçüm yöntemlerinin en yaygın olarak bilineni olan regresyon analizi, aralarında neden sonuç ilişkisi olduğu varsayılan, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yapısını belirlemeye yönelik bir yöntemdir[13]. Fonksiyonel yapıyı öğrenmek için de, değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren nokta grafiklerinden yararlanılabilir[12].

Regresyon analizi ile performans değerlendirmesi regresyon doğrusuna göre yapılmaktadır. Regresyon doğrusunun üzerinde kalan karar birimleri göreceli olarak verimli, altında kalan karar birimleri ise verimsiz olarak değerlendirilmektedir. Göreceli teknik verimlilik, regresyon analizi sonuçlarında ortaya çıkan artık değerlerle (residual) yansıtılmaktadır. Pozitif artık değerler verimliliği, negatif artık değerler ise verimsiz karar birimlerini tanımlamaktadır. İki den fazla değişkenle değerlendirme yapabilme bakımından oran analizine göre daha kapsamlı ve daha gerçekçi olan regresyon analiziyle ölçüm yapmanın temelde üç farklı sakıncası vardır. İlk olarak, bir tek eşitlik denklemine dayanan bir fonksiyonu kullanan regresyon analizi, birden çok bağımsız(girdi) değişkene karşın ancak bir bağımlı (çıkıtı) değişkenin analizini yapabilmektedir. İkinci sakınca ise, regresyon analizi en iyi performansa göre verimlilik yerine ortalama performansa göre göreceli performansı ölçmektedir. Bu ise, en iyi performansı gösteren karar birimlerine göre diğer karar birimlerini iyileştirmeye olanak tanımaz ve hatta onları bile ortalamaya çekme gibi bir sonuca götürür. Bu da performans iyileştirme değil, en iyi performansı ortalama performans olarak kabul etmek anlamına gelir. Elde edilen bu sonuçlara göre regresyon analizinin bu açıdan performans değerlemede yetersiz kaldığı söylenebilir. Son olarak regresyon analizi, bir eşitlikte bulunan çıktılarla girdilerin nasıl ilişkilendirildiğine ilişkin parametrik bir üretim fonksiyonunun tanımlanmasını gerektirmekte ve verimsiz çalışan karar birimlerini tanımlayamamaktadır. Özellikle yapısal üretim fonksiyonunun tanımlanmasının güç olduğu kurumlarda regresyon analizi performans ölçümünde oldukça yetersiz kalmaktadır[11].

Etkinliği ve verimliliği ölçmek amacıyla kullanılan parametrik yöntemler şunlardır: Stokastik Sınır Analizi (Stochastic Frontier Analysis), Serbest Dağılım Yaklaşımı (Distribution-Free Approach) ve Kalın Sınır Yaklaşımı (Thick Frontier Approach). Parametrik yöntemlerde etkinlik sınırından sapmalar etkinsiz gözlem ve rastgele hata olmak üzere iki unsurdan oluşur. Bu iki hata bileşenin birbirinden ayırt edilebilmesi büyük önem taşır. Bu üç yöntemde birbirlerinden bu iki hata unsurunun nasıl dağıldığı ile ilgili varsayımlarla ayrılırlar.

### Stokastik sınır analizi (SSA)

Stokastik sınır analizi ilk kez Aigner, Lovell, Schmidt (1977) ve Meusen, Van den Broeck (1977) tarafından eş zamanlı olarak tanıtıldı. Stokastik sınır analizi üretim sınırından sapmaların tamamen üretim biriminden kaynaklanmadığı fikrinden esinlenerek tanıtılmıştır. Stokastik sınır analizi üretim girdileri ve çıktıları arasında parametrik bir fonksiyon olduğunu varsayar. VZA'ya alternatif olarak Stokastik sınır analizinin en büyük üstünlüğü sadece teknik etkinsizliği değil ayrıca üreticinin kontrolü dışında gelişen ve çıktıları etkileyebilecek rastgele durumları da dikkate alır. Bu nedenle stokastik sınır analizinin arkasındaki temel fikir hata teriminin iki bileşenden oluşuyor olmasıdır. Birinci bileşen istatistiksel gürültüyü temsil ederken ikincisi ise üreticilerin teknik etkinsizliğini gösterir. Stokastik sınır analizi üretilen bir tane çıktı olduğunda ya da birden çok çıktının tek bir çıktı olarak birleştirilmesi durumunda kullanılabilir.

Çalışmamızda stokastik sınır yaklaşımı kullanılacağından bu yöntemden ileriki bölümlerde daha detaylı bahsedilecektir.

### Serbest dağılım yaklaşımı (DFA)

Stokastik yönetime getirilen eleştiriler serbest dağılım yaklaşımının ön plana çıkmasına neden olmuştur. Bu yöntem, adından da anlaşılacağı gibi belli bazı kısıtlar altında hata terimlerinin ve onların bileşenlerinin herhangi bir dağılıma sahip

olabileceğini varsayar. Ancak panel verinin varlığı altında kullanılabilen DFA yönteminde, her firmanın uzun vadede verimliliği sabittir ve ölçüm hataları da yine uzun vadede sifıra yakınsar. Bu varsayımlar etkinsiz gözlemlerin pozitif olmaları şartıyla geçerlidir[9].

#### Kalın sınır yaklaşımı (TFA)

Kalın sınır yaklaşımı yöntemi, SSA ve DFA yöntemlerinden özellikle dağılım üzerine yaptığı varsayımlarla farklılaşır. Bu iki yöntemde gözlemlenen değerlerle varsayılan değerler arasındaki farkı oluşturan etkinsiz gözlem ve rassal hata unsurlarının dağılımlarına ilişkin varsayımları iki yöntem arasındaki temel farkı oluşturur. Buna karşılık TFA yönteminde bu iki unsurun beklenen dağılımlarına ilişkin herhangi bir varsayım yoktur. Sadece gözlemlenen ve beklenen değerler arasındaki farkların en büyük ve en küçük değerlerinin rassal hatayı, geri kalan değerlerin ise etkinsiz gözlemleri oluşturduğu varsayılır[9].

#### Veri zarflama analizi ve stokastik sınır analizinin karşılaştırılması

Etkinlik düzeyinin ölçülmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntemler VZA ve SSA'dır. VZA ve SSA tekniklerinin temel prensibi aynıdır. İki tekniğinde ortak hedefi organizasyonların etkinlik faaliyetlerini tanımlayan verileri kapsayan ve her bir organizasyonun etkinliğini ölçen optimal bir yöntem kurmaktır[14]. İki yönteminde çeşitli üstünlükleri ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- SSA'nın en önemli avantajı sınırdan sapmaların tamamen üretim biriminden kaynaklanmadığı fikrinden esinlenerek istatistiksel hatayı dikkate almasıdır. VZA'da ise rassal hataya yer olmadığı için ölçme yöntemleri ve verilerdeki gürültü ayıklanmaz ve verilerle ilgili problemler sonuçlara önemli oranda yansır.

- VZA yönteminin en önemli üstünlükleri, birden fazla çıktı olduğu durumlarda kullanılabilmesi ve üretim sınırının biçimine ilişkin belirli bir varsayım gerektirmemesidir. Buna karşın SSA da sadece bir çıktı kullanılmakta ve üretim sınırına ilişkin belirli bir fonksiyon biçimi varsayılmaktadır. Bu genellikle Cobb-Douglas benzeri veya translog fonksiyonel biçimidir.
- VZA etkin birimlerin etkinsiz birimlere göre ne kadar etkin olduklarını ortaya koyar, ancak teorik maksimuma göre nerede olduklarını göremez[15].
- VZA parametrik olmayan bir teknik olduğu için istatistiki hipotez testleri için uygun değildir.
- SSA da ortalama değere göre karşılaştırma yapılırken VZA ile karar birimleri doğrudan etkin olan bir referans birim ya da referans kümesi ile karşılaştırılır. Buna karşın karar verme birimlerinin teorik maksimuma göre karşılaştırmalarını yapamaz.
- VZA'nın klasik formülasyonu her karar birimi için ayrı bir doğrusal programlama oluşturduğundan büyük boyutlu problemler yoğun hesaplamalar gerektirmektedir.
- VZA doğrusal programlama tekniklerini kullanarak çözüme gider. Program doğrusal olduğundan sunulan sınır parçalı doğrusaldır. SSA, tersine, bir regresyon modelinin istatistiksel tahmini yoluyla çözüme ulaşır. Regresyon modeli parametrik olduğundan sunulan sınır düzdür.
- VZA yalnızca aynı nitelikli karar verme birimlerini kendi aralarında karşılaştırır.

- Parametrik bir yöntem olan SSA da girdi ve çıktı arasında fonksiyonel ilişki kurulmaktadır. VZA ise parametrik olmayan bir yöntem olduğundan girdi ve çıktı arasında fonksiyonel bir ilişki kurulmasına gerek yoktur.
- VZA, her ne kadar parametrik olmayan bir yöntem olarak tanıtılsa da, her bir karar birimine göre ayrı ayrı en iyilendiğinden çok fazla sayıda karar değişkeninin hesaplanmasına yol açar. Bu durum serbestlik derecesini oldukça yükseltir.

Karar verme birimleri ileri zamanlar için en uygun girdi ve çıktı miktarlarını belirlemeye çalışmaktadırlar. Fakat gelecekteki durum hiçbir zaman kesin olarak bilinemeyeceğinden yapılacak olan planlar kısmen stokastik bir hal almaktadır. Sonuç olarak bütün bunlar etkinlik analizlerinde ve performans değerlendirmelerinde tesadüfi yapının dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Dolayısıyla stokastik sınır analizi gün geçtikçe uygulamalarda daha çok kullanılan bir yöntem olmaktadır[3].

### 3.STOKASTİK SINIR ANALİZİ

Karar verme birimlerinin ekonomik etkinliklerinin ölçülmesinde iki bileşenden bahsedilir. Birincisi eldeki girdilerle maksimum çıktıyı elde edebilme olarak tanımlanan teknik etkinlik, diğeri ise girdilerin optimum fiyatları mevcut iken bu girdileri uygun oranda kullanabilme yeteneğini gösteren tahsis etkinliğidir. Bu iki ölçüt ile toplam ekonomik etkinliğin ölçülmesi amaçlanmıştır. Hesaplanan bu etkinlik ölçümleri gerçekte bilinmeyen etkin karar verme birimlerinin üretim sınırlarının tahminini içerir.

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında geliştirilen Veri Zarflama Analizi kullanılarak parametrik olmayan üretim sınırının tahmin edilebileceğinden bahsedilmiştir. Üretim sınırını tahmin etmek için bir diğeri yöntem Aigner ve Chu tarafından Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun bir formu olarak aşağıdaki gibi ele alınmıştır[16].

$$\ln y_i = x_i' \beta - u_i \quad i=1, \dots, N \quad (3.1)$$

Burada  $y_i$ ,  $i$ . firmanın çıktısını temsil eder.  $x_i$ , ilk elemanı 1 diğeri elemanları ise girdilerin logaritmasını içeren  $k \times 1$  boyutlu bir vektördür.  $\beta$ , bilinmeyen parametreler vektörü,  $u_i$  ise teknik etkinsizlik ile ilişkili negatif olmayan rastgele değişkendir. Burada amaç, üretim sınırının yapısını tanımlayan  $\beta$  vektörünün parametrelerinin kestirimlerini elde etmek ve aynı zamanda her bir üreticinin teknik etkinliğinin belirlenmesinde kullanılan  $u_i$ 'nin kestirimini elde etmektir[17].

Bu modeldeki bilinmeyen parametreleri tahmin etmek için kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Aigner ve Chu lineer programlamayı kullanırlarken Africat,  $u_i$ 'nin gamma dağılımına sahip rastgele değişken olduğunu varsayar ve bu yüzden maksimum olabilirlik metodunu kullanır[18]. Öte yandan Richmond en küçük kareler tekniğinin  $u_i$ 'lerin ortalamasının sıfır olduğunu varsaymasından ötürü gerçek

artıklara ulaşabilmek için en küçük kareler tekniği yerine değiştirilmiş en küçük kareler tekniğinin kullanılmasını önermiştir[19].

Yukarıdaki modelde verilen girdi vektörü bilindiğinde  $i$ . karar verme biriminin teknik etkinliği;

$$TE_i = \frac{y_i}{e^{x_i'\beta}} = e^{-u_i} \quad \text{olarak tanımlanır.} \quad (3.2)$$

Eşitlikteki üretim sınırı stokastik olmayan  $\exp(x_i'\beta)$  ile yukarıdan sınırlanmıştır. Ölçüm hataları ve istatistiksel gürültüden kaynaklanan hataların hesaba katılmamasından olan tüm sapmaların teknik verimsizlikten kaynaklandığının düşünülmesi bu modele yapılan başlıca eleştiridir. Bu sorunun çözülmesi için modele istatistiksel gürültüyü temsil eden başka bir rastgele değişken tanımlanmıştır. Teknik etkinsizliği temsil eden negatif olmayan rastgele hata ve istatistiksel gürültüyü temsil eden simetrik rastgele hatanın bulunduğu bu model, stokastik üretim sınırı olarak bilinir.

### 3.1. Stokastik Üretim Sınırı

Aigner, Lovell ve Schmidt (1977) ve Meeusen ve Van Den Broeck (1977) birbirlerinden bağımsız ve eş zamanlı olarak stokastik üretim sınırı fonksiyonunu aşağıdaki gibi önermişlerdir[20-21].

$$y_i = x_i'\beta_i + \varepsilon_i \quad \varepsilon_i = v_i - u_i \quad i=1, \dots, N \quad (3.3)$$

$y_i$  ,  $i$ . KVB'nin çıktı miktarı

$x_i$  ,  $i$ . KVB'nin girdilerini gösteren  $k \times 1$  boyutlu vektör

$\beta_i$  , bilinmeyen parametreler vektörü

$v_i$  , bağımsız ve  $N(0, \sigma_v^2)$  dağılım gösteren rastgele değişken

$u_i$  , teknik etkinsizliği gösteren negatif olmayan rastgele değişkendir.

Stokastik üretim sınır modeli,  $\varepsilon_i$ 'nin  $v_i$  ve  $u_i$  ile gösterilen iki bağımsız değişkenden meydana gelen birleşik hata olduğunu varsayar.  $v_i$  hata bileşeni istatistiksel gürültü, ölçüm hataları ve fonksiyonel formun seçimiyle ilgili yaklaşım hatalarının yanı sıra  $x$  vektöründen kaynaklanan ihmalleri de kapsar.

Eş.3.3'de verilen model stokastik sınır üretim fonksiyonu olarak isimlendirilir. Çıktı değişkeni rastgele değişken olan  $\exp(x_i\beta + v_i)$  ile üstten sınırlandırılır. Rastgele değişken  $v$ , negatif veya pozitif olabilir. Bu yüzden stokastik sınır çıktıları modelin deterministik kısmında farklılık gösterebilir.

Çıktıyı tek bir  $x$  girdisi ile oluşturduğumuzu varsayalım. Bu durumda Cobb-Douglas stokastik sınır modeli şu şekilde verilir.

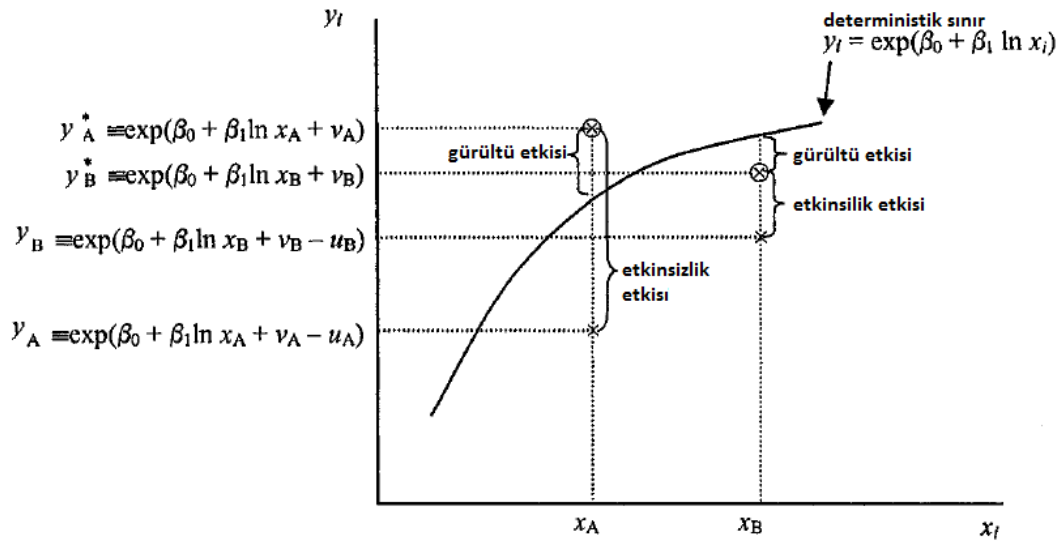
$$\ln y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i$$

veya

$$y_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i) \quad (3.4)$$

veya

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



Şekil 3.1. Stokastik sınır modeli

Deterministik bileşen, A ve B şeklindeki iki firmanın girdi ve çıktıları ölçeğe göre azalan getiri varsayımı altında Şekil 3.1. deki gibi verilmiştir. Girdi değerleri yatay, çıktı değerleri dikey ekseninde gösterilmiştir. A firması  $x_A$  girdisini kullanıp  $y_A$  çıktısını üretirken, B firması  $x_B$  girdisini kullanıp  $y_B$  çıktısını üretmektedir. Eğer etkinsizlik yoksa (yani  $u_A = 0$  ve  $u_B = 0$  ise) sınır çıktıları A ve B firmaları için sırasıyla aşağıdaki gibidir:

$$y_A^* = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_A + v_A) \quad y_B^* = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_B + v_B) \quad (3.4)$$

A firması için sınır çıktılarının üretim sınırının üstünde olduğu açıktır. Çünkü gürültü etkisi pozitiftir. B firmasının sınır çıktıları ise gürültü etkisi negatif olduğundan üretim sınırının altında kalmaktadır. Ayrıca, gürültü ve etkinsizlik etkilerinin toplamı negatif olduğundan A firmasının gözlenen çıktısının sınırın aşağısında kaldığı anlaşılır ( $v_A - u_A < 0$ ).

Sınır modelinin bu özellikleri birden fazla girdi kullanılması durumunda genelleştirilebilir. Stokastik sınır analizinde en önemli amaç etkinsizlik etkilerinin tahminine yöneliktir. En yaygın kullanılan çıktı yönlü teknik etkinlik gözlenen çıktıların stokastik sınırı karşılık gelen çıktıya oranıdır.

$$TE_i = \frac{y_i}{\exp(x_i' \beta + v_i)} = \frac{\exp(x_i' \beta + v_i - u_i)}{\exp(x_i' \beta + v_i)} = \exp(-u_i) \quad (3.5)$$

Teknik etkinliğin bu ölçümü 0 ile 1 arasında değer verir.  $i$ . karar verme biriminin çıktısının aynı girdi vektörünü kullanarak tam verimli karar verme birimi tarafından üretilebilecek olan çıktıya oranıdır.

### 3.2. Parametre Tahminleri

Verilen stokastik üretim sınırının parametrelerinin tahmininde ilk adım teknik etkinliğin öngörülmesidir. Bunu gerçekleştirmek üzere her bir karar verme birimi için hata terimini  $u_i$  ve  $v_i$  olarak ayırmak gerekir. Buda hata teriminin iki bileşeni için dağılım varsayımları gerektirir[22].

Stokastik sınır modelinde en çok tartışılan konu  $u_i$  teknik etkinsizlik etkisini gösteren hata bileşenin hangi dağılıma sahip olduğudur. İstatistiksel gürültüyü temsil eden  $v_i$  hata teriminin  $u_i$  'den bağımsız sıfır ortalama ve sabit varyanslı normal dağıldığı varsayılır.  $u_i$  'nin ise genellikle yarı normal, üstel, kesilmiş normal veya gamma dağılımına uyduğu varsayılır.

#### 3.2.1. Normal-yarı normal model

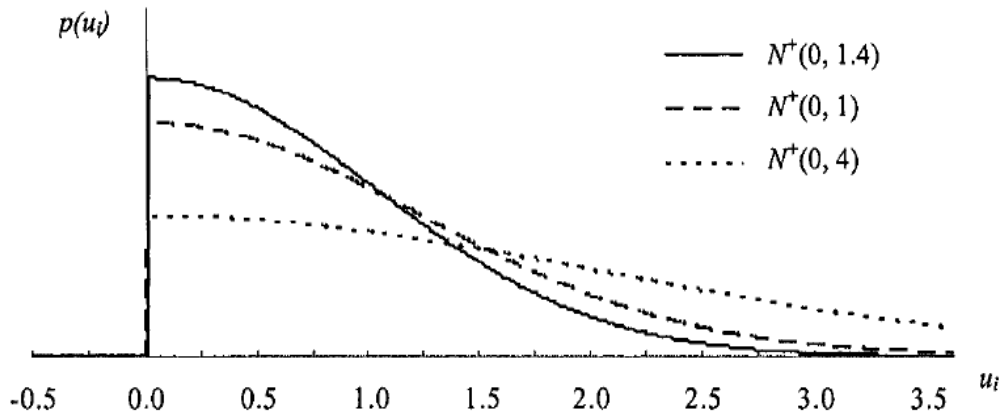
Aigner, Lovell ve Schmidt maksimum olabilirlik tahmin edicilerini aşağıdaki varsayımlar altında elde ederler[20];

$$v_i \sim \text{iidN}(0, \sigma_v^2) \quad (3.6)$$

$$u_i \sim \text{iidN}^+(0, \sigma_u^2) \quad (3.7)$$

Eş.3.6'daki varsayım  $v_i$ 'nin bağımsız ve 0 ortalamalı  $\sigma_v^2$  varyanslı normal dağılıma sahip olduğunu söyler. Eş.3.7 ise  $u_i$ 'nin bağımsız ölçek parametresi  $\sigma_u^2$  olan yarı normal dağıldığını söyler. Her bir  $u_i$ 'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu 0 ortalamalı  $\sigma_u^2$  varyansa sahip kesilmiş normal dağılımdır.

Üç ayrı  $\sigma_u^2$  için yarı normal dağılımların olasılık yoğunluk fonksiyonları Şekil 3.2. de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Normal- yarı normal model

### 3.2.2. Normal-üstel model

Varsayımları aşağıdaki gibidir;

$$v_i \sim \text{iidN}(0, \sigma_v^2) \quad (3.8)$$

$$u_i \sim \text{iid Üstel dağılır. } G(\lambda, 0) \quad (3.9)$$

$v_i$  ve  $u_i$ 'ler birbirlerinden ve açıklayıcı değişkenlerden bağımsız olarak dağılmışlardır.

### 3.2.3. Normal-gamma model

Varsayımlar aşağıdaki gibidir;

$$v_i \sim \text{iidN}(0, \sigma_v^2) \quad (3.10)$$

$$u_i \sim \text{iidG}(\lambda, m) \quad (3.11)$$

$v_i$  ve  $u_i$ 'ler birbirlerinden ve açıklayıcı değişkenlerden bağımsız olarak dağılmışlardır.

$\lambda$  dağılımının ortalaması,  $m$  serbestlik derecesidir.  $m=0$  olduğunda gamma yoğunluk fonksiyonu üstel dağılım yoğunluk fonksiyonuna dönüşür.

### 3.2.4. Normal-kesilmiş normal model

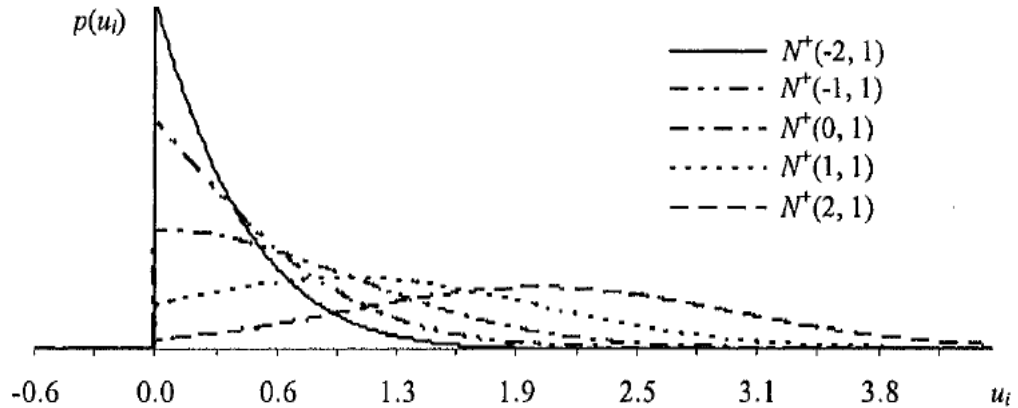
Varsayımları aşağıdaki gibidir;

$$v_i \sim \text{iidN}(0, \sigma_v^2) \quad (3.12)$$

$$u_i \sim \text{iidN}^+(\mu, \sigma_u^2) \quad (3.13)$$

$v_i$  ve  $u_i$ 'ler birbirlerinden ve açıklayıcı değişkenlerden bağımsız olarak dağılmışlardır.

Kesilmiş normal sınır modeli Stevenson(1980) ve gamma modeli Greene(1990) tarafından bulunmuştur[23-24]. Bu farklı modellerin log-olabilirlik fonksiyonları Kumbhakar ve Lovell(2000) tarafından bulunmuştur[25]. Bunlarda, tekrarlı optimizasyon teknikleri kullanılarak maksimize edilmelidir. İki sıfır içermeyen birden çok kesilmiş normal dağılımların olasılık yoğunluk fonksiyonları Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Normal- kesilmiş normal model

Her bilgisayar programı, her dağılım yaklaşımını kullanmaz. FRONTIER yarı normal ve kesilmiş normal modelleri kullanırken LIMDEP üstel ve gamma modellerini de kullanır. Dağılımların seçimi teorik hususlardan da etkilenir. Örneğin bazı araştırmacılar sıfır değerinde tepe değerine sahip olduğu için ve bu sebeple

etkinsizlik etkileri sıfır etrafında toplandığından yarı normal ve üstel dağılımdan kaçınırlar.

Yarı normal dağılım ve üstel dağılımın modu sıfır olduğu için bu durum teknik etkinsizlik etkilerinin de sıfır etrafında toplanmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla etkin karar verme birimleri ile karşılaşılması etkin olmayan karar verme birimleri ile karşılaşılmasından daha olasıdır. Kesilmiş normal ve gamma modelleri daha geniş bir aralıkta dağılım şekillerine izin verir. Bu esneklik, hesaplamalarda karmaşıklık ve daha çok parametre tahmini gerektirir. Ayrıca  $v_i$  ve  $u_i$ 'nin olasılık yoğunluk fonksiyonları benzer şekillerde olduğundan istatistiksel gürültüyü etkinsizlik etkilerinden ayırt etmek zor olabilir.

Her ne kadar literatürde farklı dağılımlar kullanılmışsa da Greene ile Ritter ve Simar(1997)  $u_i$ 'nin dağılımı ile ilgili varsayımın sonuçları çok fazla etkilemediğini göstermişlerdir[24-26]. Bu nedenle göreceli olarak daha basit olan dağılımların kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

### 3.3. Teknik Etkinliğin Ölçümü

#### 3.3.1. En küçük kareler metodu

Eş. 3.1.'da verilen stokastik sınır fonksiyonundaki bilinmeyen parametreler, en küçük kareler(EKK), maksimum olabilirlik metodu(ML), düzeltilmiş en küçük kareler metodu veya Richmond tarafından ortaya atılan düzeltilmiş en küçük kareler metodunun(COLS) değişik bir şekli olan değiştirilmiş en küçük kareler metodu(MOLS) kullanılarak tahmin edilebilir. Modelin sağ tarafında iki rastgele değişken bulunduğundan (simetrik hata  $v_i$ , negatif olmayan rastgele değişken  $u_i$ ) parametrelerin kestirimi güçtür. Bilindiği gibi tahmin yöntemleri bu iki rastgele değişkene ilişkin varsayımlar tarafından desteklenmektedir. Yaygın varsayım her  $v_i$ 'nin dağılımının her  $u_i$ 'den bağımsız olduğu ve her bir hatanın  $x_i$  açıklayıcı değişkeni ile ilişkisiz olduğudur.

$$E(v_i)=0 \quad (3.14)$$

$$E(v_i^2)=\sigma_v^2 \quad (3.15)$$

$$E(v_i v_j)=0 \text{ } i \neq j \text{ için} \quad (3.16)$$

$$E(u_i^2)=\text{sabit} \quad (3.17)$$

$$E(u_i u_j)=0 \text{ } i \neq j \text{ için} \quad (3.18)$$

Gürültü bileşeni olan  $v_i$ 'nin nin klasik lineer regresyon modelindeki gürültü bileşeni ile aynı özelliklere sahip olduğu varsayılır. Bu varsayımlar altında EKK yöntemini kullanarak eğim parametrelerini tahmin etmek mümkündür. Ancak EKK tahmin edicisinin sabiti negatif yönlüdür. Buda teknik etkinliği ölçmek için EKK kullanılmaz anlamına gelir. Bu sebeple EKK yerine COLS veya MOLS yöntemleri önerilmiştir.

### 3.3.2. 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 öncelikli olarak parametreler En Küçük Kareler Yöntemi ile tahmin edilerek parametre vektörü elde edilir[27].

EKK ile eğim parametrelerinin tutarlı ve yansız parametrelerini elde etmek mümkün iken  $u_i \geq 0$  olduğundan  $\beta_0$  in tahmini tutarlı fakat yanlıdır. Sonraki aşamada tahmin edilen üretim sınırı, verilerin tamamını yukarıdan kapsayacak şekilde düzeltilmektedir. Bu nedenle düzeltme için  $\hat{u}_i$  terimlerinden en büyük olanı kullanılmaktadır.

$$\ln(y_i) = \hat{\beta}_0 + \max(\hat{u}_i) + \sum_{n=1}^N \beta_n x_{ni} - \hat{u}_i + \max(\hat{u}_i) \quad i=1, \dots, I \quad n=1, \dots, N \quad (3.19)$$

Sabit terim ve artıklar aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned}\hat{\beta}_0^* &= \hat{\beta}_0 + \max(\hat{u}_i) \\ -\hat{u}_i^* &= \hat{u}_i - \max(\hat{u}_i)\end{aligned}\quad (3.20)$$

Bu durumda teknik etkinlik de şöyle hesaplanabilir.

$$TE_i = \exp(-u_i^*) \quad (3.21)$$

COLT ile ilgili problem sadece  $\beta_0$  düzeltildiği için tahmin edilen sınırın verileri mümkün olan en yakın mesafeden kapsayamamasıdır. Bu sebeple etkin üretim teknolojisinin yapısı daha az etkin olan üretim teknolojisinin yapısı ile aynı olur. Sınırdan olan sapmalar teknik etkinsizlik olarak görünür ve istatistiksel hata göz ardı edilir.

### 3.3.3. Değiştirilmiş en küçük kareler yöntemi (MOLS)

Afriat(1972) ve Richmond (1974) COLS modelinin farklı bir türünü geliştirmişlerdir. Bu yöntemin COLS yönteminden farkı hata terimi  $u_i$  nin tek yönlü bir dağılıma sahip olduğunun varsayılmasıdır(üstel, Yarı Normal). Bu yöntemde de COLS'da olduğu gibim üretim sınırının yapısını tanımlayan parametreler EKK ile kestirilir.  $\hat{\beta}_0$  'ı  $\max(\hat{u}_i)$  ile düzeltmek yerine  $E(\hat{u}_i)$  de bir düzeltme yapılmasını önermişlerdir. Bu düzeltme aşağıdaki gibidir[18-19].

$$\begin{aligned}\hat{\beta}_0^{**} &= \hat{\beta}_0 + E(\hat{u}_i) \\ -\hat{u}_i^{**} &= \hat{u}_i - E(\hat{u}_i)\end{aligned}\quad (3.22)$$

Bu modelin COLS'a ek olarak bazı dezavantajları daha vardır. Öncelikle EKK ile tahmin edilen sınır, bazı  $i$  değerleri için  $\hat{u}_i \geq E(\hat{u}_i)$  olabileceğinden yeterince ötelenemeyebilir. Bu durumda bazı karar verme birimlerinin etkinlik oranları 1'den büyük olacaktır. Diğer taraftan MOLS sınırı gereğinden fazla öteleyebilir ve bu durumda da karar verme birimlerinin hiçbirisinin etkinlik kat sayısı 1'e ulaşamayabilir.

### 3.3.4. Maksimum olabilirlik yöntemi

Maksimum olabilirlik yöntemi çok tercih edilen büyük örneklerde diğer tahmin edicilere göre daha etkindir. Coelli yaptığı Monte Carlo simülasyon deneyiyle çıktılardaki toplam varyans içerisinde teknik etkinsizlik etkisinin oranının büyük olduğu durumlarda maksimum olabilirlik yönteminin COLT'dan önemli ölçüde etkin olduğunu göstermiştir[28].

COLT yöntemi maksimum olabilirlik yöntemine göre uygulamada daha kolay bir yöntem olmasına karşın maksimum olabilirlik yönteminin tekrarlı maksimizasyondan kaynaklanan zorluklar geliştirilen bilgisayar yazılımlarının kullanılması ile giderilmiştir. White tarafından geliştirilen SHAZAM, Greene tarafından geliştirilen LIMDEP ve Coelli tarafından geliştirilen FRONTIER programları maksimum olabilirlik metodunun kullanılmasına imkan veren yazılımlara örnektir. Sonuç olarak maksimum olabilirlik yönteminin kullanılmasının mümkün olduğu durumlarda COLT yerine maksimum olabilirlik yönteminin kullanılmasının daha uygun olduğu söylenebilir.

Aigner, Lovell ve Schmidt yarı normal model olarak adlandırılan log maksimum olabilirlik fonksiyonunu  $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$  ve  $\lambda^2 = \sigma_u^2 / \sigma_v^2 \geq 0$  şeklinde parametrelemiştir[20]. Eğer  $\lambda = 0$  ise teknik etkinsizlik yoktur ve tüm sapmalar gürültüden kaynaklıdır anlamına gelir. Bu parametreleri kullanarak log-olabilirlik fonksiyonu;

$$\ln L(y|\beta, \sigma, \lambda) = -\frac{1}{2} \ln \left( \frac{\pi \sigma^2}{2} \right) + \sum_{i=1}^I \ln \Phi \left( -\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^I \varepsilon_i^2 \quad (3.23)$$

y, logaritmik çıktı vektörüdür.  $\varepsilon_i = v_i - u_i = \ln y_i - x_i' \beta$  birleşik hata terimidir.  $\phi(x)$  ise standart normal birikimli dağılım fonksiyonudur.  $\lambda$ , u ve v' nin  $\varepsilon$ ' ya görelilik katkıları gösterir.

$u_i$ 'nin nokta tahmini kullanılarak her bir üreticinin teknik etkinliği aşağıdaki gibi kestirilebilir.

$$TE_i = \exp(-\hat{u}_i) \quad (3.24)$$

Burada  $\hat{u}_i$ ,  $E(u_i|\varepsilon_i)$ 'dir. Yani  $u_i$ 'nin koşullu beklenen değeridir.

Log-olabilirlik fonksiyonunun maksimizasyonu bilinmeyen parametrelerine göre ilk türevleri alınıp sıfıra eşitlenmesiyle olur. Fakat Eş. 3.23'deki modelin birinci dereceden türevleri doğrusal değildir. Ve  $\beta, \sigma$  ve  $\lambda$  için analitik çözüm yoktur. Bu yüzden olabilirlik fonksiyonunu tekrarlı optimizasyon prosedürü kullanılarak maksimize etmek gerekir. Bu prosedür bilinmeyen parametreler için başlangıç değerleri seçer ve sistematik olarak bunları güncelleştirir. Güncelleştirmeler maksimum log-olabilirlik fonksiyonu bulununcaya kadar devam eder.

Battese ve Corra(1977), log-maksimum olabilirlik fonksiyonu parametreleri için aşağıdaki parametrelerin kullanılmasını önermişlerdir[29];

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \sigma_v^2 + \sigma_u^2 \\ \gamma &= \sigma_u^2 / \sigma \end{aligned} \quad (3.25)$$

Buradaki  $\gamma$  parametresi 0 ile 1 arasında değer alır.  $\gamma=0$  ise sınırdan olan tüm sapmalar gürültüden kaynaklanmaktadır demektir. Eğer  $\gamma=1$  ise sınırdan olan tüm sapmalar teknik etkinsizlikten kaynaklanmaktadır demektir.  $\gamma$  için parametre uzayı uygun bir başlangıç değeri belirlendiğinde tekrarlı maksimizasyon algoritmasının oluşturulmasında avantaj sağlamaktadır.

Battle ve Corra'nın önerdikleri parametreler ile oluşturulan log-olabilirlik fonksiyonu aşağıdaki şekildedir;

$$\ln(L) = -\frac{N}{2} \ln\left(\frac{\pi}{2}\right) - \frac{N}{2} \log(\sigma_s^2) + \sum_{i=1}^N \ln[1 - \phi(z_i)] - \frac{1}{2\sigma_s^2} \sum_{i=1}^N (\ln y_i - x_i \beta)^2 \quad (3.26)$$

$$z_i = \frac{(\ln y_i - x_i \beta)}{\sigma_s} \sqrt{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$$

$\beta, \sigma$  ve  $\lambda$ 'nin maksimum olabilirlik tahminleri yukarıdaki olabilirlik fonksiyonunun maksimumunun bulunmasıyla elde edilir.

### 3.4.Fonksiyonel Biçimler

Teknik etkinsizliğin analizinde kullanılan fonksiyonları temsilen doğrusal, log doğrusal, cobb-douglas, translog, CES, Zellner-Revenkar genel fonksiyonu veya doğrusal olmayan fonksiyonlar kullanılabilir. Uygulamada çoğunlukla doğrusal, cobb-douglas ve translog fonksiyonları kullanılır. İki girdi ve bir çıktı olduğu durumda söz konusu fonksiyon biçimleri şöyledir;

Doğrusal Üretim Fonksiyonu

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + u \quad (3.27)$$

Cobb-Douglas (log-log) üretim fonksiyonu

$$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(x_1) + \beta_2 \ln(x_2) + u \quad (3.28)$$

Translog Üretim Fonksiyonu

$$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(x_1) + \beta_2 \ln(x_2) + \beta_3 \ln(x_1)^2 + \beta_4 \ln(x_2)^2 + \beta_5 \ln(x_1 x_2) + u \quad (3.29)$$

Verilen fonksiyonların hangisinin daha uygun olduğu kendi başına bir çalışma konusudur. Bunun yanı sıra bu fonksiyonlar içerisinde çeşitli avantajları nedeni ile tahmin edilecek üretim fonksiyonu genellikle Cobb-Douglas fonksiyonu seçilmektedir. Basitliği, kolay anlaşılır oluşu ve yorumlama avantajlarının yanında sabit girdi esnekliğine sahiptir. İkama esnekliğinin değeri ise 1'dir.

Translog fonksiyonu ilk olarak Christensen, Jorgenson ve Lau(1975) tarafından ampirik çalışmalarda kullanılmıştır[30]. Translog fonksiyon formu yıllar boyu en popüler esnek fonksiyon formu olarak kalmayı başarmışlardır. Translog fonksiyonu ölçeğe göre getiri veya ikama olanakları üzerinde hiçbir kısıtlamaya gerek duymamaktadır.

Stokastik sınır modeli için Cobb-Douglas üretim fonksiyonu;

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^N \beta_j X_{jit} \quad (3.30)$$

ve translog üretim fonksiyonu;

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^N \beta_j X_{jit} + \sum_{j \in E} \sum_{k=1}^N \beta_{jk} X_{jit} X_{kit} \quad (3.31)$$

Girdilerin kareleri ve çapraz çarpımlarını içeren ikinci terim olmadığında fonksiyon Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna dönüşmektedir. Dolayısıyla translog üretim fonksiyonu daha genel bir formdur.

### 3.5. Stokastik Sınır Modelleri

#### Model 1: Battese&Coelli Spesifikasyonu (Zamana göre değişen Etkinsizlik Modeli)

Battese ve Coelli (1992), panel veri (dengesiz) için stokastik sınır üretim fonksiyonunu önermişlerdir. Firma etkilerinin kesilmiş normal rastgele değişken olarak dağıldığı ve zamanla sistematik farklılığa izin veren bu model aşağıdaki gibidir[31].

$$\begin{aligned} Y_{it} &= x_{it} \beta + (V_{it} - U_{it}) & i=1, \dots, N, t=1, \dots, T \\ U_{it} &= (U_i \exp(-\eta(t-T))) \end{aligned} \quad (3.32)$$

$Y_{it}$  , i. firmanın t. zaman periodunda üretiminin logaritması

$x_{it}$  , kx1 boyutlu i. firmanın t. zaman periodunda girdi miktarı vektörü(transforme edilmiş)

$\beta$ , tahmin edilecek parametre vektörü

$V_{it}$  , iidN(0,  $\sigma_v^2$ ) ve  $U_{it}$  'lerden bağımsız

$U_{it}$  , negatif olmayan üretimdeki teknik etkinsizliği gösteren sıfırda kesilmiş  $N(\mu, \sigma_u^2)$  rastgele değişken

$\eta$  , tahmin edilecek parametredir.

Ayrıca panel veri tam olmak zorunda değildir(Dengesiz panel veri).

Battese ve Cora'nın geliştirdiği parametreler kullanıldığında  $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$  ve  $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$  şeklinde ifade edilir. Bu model için maksimum olabilirlik tahminlerinin hesaplanması gereklidir. 0 ile 1 aralığında değişen  $\gamma$  parametresi maksimizasyon sürecinin iterasyonunda iyi bir başlangıç değeri sağlar.  $\gamma$  parametresinin önemliliğinin test edilmesi ile stokastik sınır üretim fonksiyonunun gerekliliği de test edilmiş olur. Eğer  $\gamma = 0$  hipotezi kabul edilirse bu,  $\sigma_u^2$ 'nin de sıfır olduğunu ve dolayısıyla  $u_i$  teriminin modelden kaldırılmasını gerektirir[32].

$\eta = 0$  olması ise zamanla değişmeyen modeli oluşturur.

Model, Aigner, Lovell, Schmidt (1977) modelinde birkaç açıdan açılım sağlayan bir uzantısı olarak özetlenebilir. Model dengesiz (unbalanced) panel verilerle tahmine;  $\eta$  ve  $\mu$  'yü tahmin ederek etkinsizliğin zamana göre değişen boyutu ve hata teriminin ortalama değeri üzerinde değerlendirme ve test imkanı sağlamaktadır[33].

### Model 2: Battese&Coelli(1995) Spesifikasyonu (Etkinsizlik Modeli)

Birçok ampirik çalışmada bu tahmin fonksiyonu kullanılarak firmalar düzeyinde etkinlikler öngörülmüş ve stokastik sınırlar tahmin edilmiştir. Sonrasında belli bir sektörde firmalar arasında öngörülen verimliliğin firmaya özgü değişkenlerden(yöneticilik deneyimi, sahiplik özellikleri..vb) kaynaklanan farklılıkların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu yöntem uzun süre yararlı bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Fakat iki aşamalı bu tahmin süreci etkinsizlik etkilerinin bağımsızlığı varsayımı ile tutarsızlık gösterir. İki aşamalı tahmin yöntemi ile elde edilen tahminlerin tek aşamalı tahmin prosedürü kullanılarak elde edilen tahminler kadar etkin olması pek mümkün değildir.

Bu konu Kumbhakar, Ghosh ve McGukin (1991) ile Reifschneider ve Stevenson(1991) tarafından ele alınmıştır ve stokastik sınır modelindeki etkinsizlik etkilerini firmaya özgü değişkenlerin ve rastgele hatanın bir fonksiyonu olarak ifade ederler.

Battese ve Coelli(1995), Kumbhakar ve arkadaşlarının önerdiği modele eşdeğer tahsis etkinliğinin var olduğu istisnalar dışında, birinci dereceden kar maksimizasyonuna ve panel veriye izin veren başka bir model önermişlerdir[34].

$$Y_{it} = x_{it}\beta + (v_{it} - u_{it}) \quad i=1, \dots, N, \quad t=1, \dots, T \quad (3.33)$$

$Y_{it}$ , i. firmanın t. zaman periodunda üretiminin logaritması

$x_{it}$ , kx1 boyutlu i. firmanın t. zaman periodunda girdi miktarı vektörü(transforme edilmiş)

$\beta$ , tahmin edilecek parametre vektörü

$v_{it}$ , iidN(0,  $\sigma_v^2$ ) ve  $U_{it}$  'lerden bağımsız

$U_{it}$ , negatif olmayan üretimdeki teknik etkinsizliği gösteren sıfırda kesilmiş N( $m_{it}, \sigma_u^2$ ) rastgele değişken

$m_{it} = z_{it}\delta$

$z_{it}$ , px1 boyutlu etkinsizliği etkileyebilecek değişkenler vektörü

$\delta$ , 1xp boyutlu tahmin edilecek parametre vektörü

Bu modelde bazı özel durumlarda diğer modelin özelliklerine sahip olur. T=1 ve  $z_{it}$  sabit değer olup başka hiçbir değişkeni kapsamıyorsa model Stevenson modeli olur ki  $\gamma_0$  Stevenson modelindeki  $\mu$  parametresi ile aynı olur.

Model 2 özetle, Aigner, Lovell, Schmidt modelinin panel veriye imkan veren ve etkinsizlik içinde etkisi olabilecek değişkenleri modele ilave eden bir uzantısı olarak tanımlanabilir.

### Maliyet Fonksiyonu

KVB'nin stokastik üretim sınırının altında çalışmasına neden olan  $u_i$  teknik etkinsizlik etkisiyle beraber, yukarıda verilen modellerin tamamı üretim fonksiyonu terimi ile ifade edilmiştir. Eğer stokastik üretim sınır fonksiyonu yerine stokastik maliyet sınır fonksiyonunu belirlemek istersek hata terimini  $(v_i - u_i)$  den  $(v_i + u_i)$ 'ye dönüştürmek gerekir.

$$Y_i = x_i \beta + (v_i + u_i) \quad i=1, \dots, N \quad (3.34)$$

$Y_i$ , i. firmanın üretim maliyetinin logaritması

$x_i$ , kx1 boyutlu i. firmanın girdi fiyatlarının vektörü (transforme edilmiş)

$\beta$ , bilinmeyen parametre vektörü

$v_i$ , iidN(0,  $\sigma_v^2$ ) ve  $u_i$ 'lerden bağımsız

$u_i$ , negatif olmayan, üretimdeki etkinsizliğin maliyetini gösteren

rastgele değişken iid  $|N(0, \sigma_u^2)|$ .

### **3.6. Teknik Etkinliğin Kestirimi**

Önceki bölümlerde, i. karar verme birimi için teknik etkinlik  $TE_i = \exp(-u_i)$  olarak bulunmuştu. Bu sonuç, hem karar verme birimi hem de endüstrilerin teknik etkinliğinin tahmini için bir temel oluşturur. Kestirim problemi için normal- yarı normal model kullanılmıştır.

#### **3.6.1. Karar verme birimine özgü etkinlik**

Teknik etkinliğin tahmini için  $u_i$  ile ilgili bazı bilgilere ihtiyacımız vardır.  $y_i$ 'yi belirlediğimiz zaman  $u_i$ 'nin koşullu birikimli olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$p(u_i | y_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_*^2}} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_*^2} (u_i - u_i^*)^2\right\} / \Phi\left(\frac{u_i^*}{\sigma_*}\right) \quad (3.35)$$

Burada  $u_i^* = -(\ln y_i - x_i' \beta) \sigma_u^2 / \sigma$  ve  $\sigma_*^2 = \sigma_v^2 \sigma_u^2 / \sigma$  'dir. Bu koşullu birikimli olasılık yoğunluk fonksiyonu  $i$ . karar verme birimi seçildikten ve  $y_i$  gözlendikten sonra  $u_i$ 'nin muhtemel ve olası değerleri hakkında bilgi verir. Öte yandan Jandrow ve arkadaşları  $u_i$ 'yi belirleyen aşağıdaki eşitliği kullanmışlardır[35].

$$\hat{u}_i = E \{u_i | y_i\} = u_i^* + \sigma_* \left[ \frac{\phi(u_i^* / \sigma_*)}{\Phi(u_i^* / \sigma_*)} \right] \quad (3.36)$$

Burada  $\phi(x)$  standart normal rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonudur.  $u_i$ 'nin en iyi kestirimi  $y_i$  bilindiğinde  $u_i$ 'nin koşullu beklenen değeridir.

Horrace ve Schmidt(1996) Eş.3.36'yı  $(1-\alpha) \times 100\%$  güven düzeyinde  $u_i | y_i$  için güven aralığı oluşturmada kullanılabileceğini göstermişlerdir[36].

$$L_i = u_i^* + \sigma_* \Phi^{-1} \left\{ (1-\alpha/2) \Phi(u_i^* / \sigma_*) \right\} \quad (3.37)$$

$$U_i = u_i^* + \sigma_* \Phi^{-1} \left\{ (\alpha/2) \Phi(u_i^* / \sigma_*) \right\} \quad (3.38)$$

Çoğu durumda ilgilenilen  $i$ . karar verme biriminin teknik etkinliği yani  $TE_i = \exp(-u_i)$  'dir. Battese ve Coelli (1988) tarafından  $p(u_i | y_i)$  kullanılarak alternatif bir tahmin edici Eş. 3.39.'da verildiği gibidir[37].

$$TE_i = E \{ \exp(-u_i) | y_i \} = \left[ \Phi \left( \frac{u_i^*}{\sigma_*} - \sigma_* \right) / \Phi \left( \frac{u_i^*}{\sigma_*} \right) \right] \exp \left\{ \frac{\sigma_*^2}{2} - u_i^* \right\} \quad (3.39)$$

Kestirim hata kareler ortalaması minimum olduğunda bu belirleyicinin optimum olduğu gösterilmiştir[28].

Hangi tahmin edicinin kullanıldığına bakılmaksızın  $(1-\alpha) \times 100\%$  tahmin aralığı için  $\exp(-U_i) < TE < \exp(-L_i)$  'dir.

Pratikte, tahmin aralıklarının oluşturulmasında geliştirilmiş paket programlar kullanılır. LIMDEP, FRONTIER ve SHAZAM gibi paket programları normal-yarı normal translog üretim sınırı modelini kullanarak  $u_i$  için hem nokta tahmin hem de tahmin aralığı vermektedirler.

Battese ve Coelli  $\exp(-u_i)$  ifadesinin en iyi kestiriminin aşağıdaki eşitlik ile elde edileceğini belirtmişlerdir.

$$E\left[\frac{e^{-u_i}}{e_i}\right] = \frac{1 - \Phi(\sigma_A + \gamma e_i / \sigma_A)}{1 - \Phi(\gamma e_i / \sigma_A)} e^{(\gamma e_i + \sigma_A^2 / 2)} \quad (3.40)$$

$$\sigma_A = \sqrt{\gamma(1 - \gamma)\sigma^2} \quad e_i = \ln(y_i) - x_i\beta$$

Bu eşitlikten elde edilen değerler ile Eş. 3.36.'dan elde edilen değerler aynı değildir. Bunun nedeni rastgele değişkenin doğrusal olmayan fonksiyonunun beklenen değeri ile rastgele değişkenin beklenen değerinin fonksiyonunun eşit olmamasının özel bir durumudur[3].

FRONTIER paket programındaki teknik etkinsizlik kestirimleri Eş. 3.40'da yer alan bilinmeyen parametrelerin yerine maksimum olabilirlik tahminlerinin konması ile elde edilir.

### 3.6.2. Endüstri etkinliği

Endüstri etkinliği, endüstrideki tüm firmaların(karar verme birimlerinin) etkinliklerinin ortalamalarının alınmasıyla hesaplanır. Bu yüzden endüstri etkinliğinin tahmin edicisi örnekteki tüm karar verme birimlerinin etkinliklerinin tahminlerinin ortalamasıdır.

$$TE\bar{E} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I TE\hat{E}_i \quad (3.41)$$

Bazı durumlarda endüstri etkinliğinin tahmininde ağırlıklandırılmış ortalamaların kullanılması gerekebilir. Çünkü kimi zaman etkinsizliğin büyüklüğü firmaların büyüklüğü ile ilişkili olabilir.

Endüstri etkinliği, herhangi bir karar verme birimi örneğe seçilmeden önce i. Karar verme biriminin etkinliğinin beklenen değeri olarak görülebilir.

$u_i$  için normal-yarı normal olasılık yoğunluk fonksiyonu Eş. 3.42'de verildiği gibidir.

$$p(u_i) = \frac{2}{\sqrt{2\pi\sigma_u^2}} \exp\left\{-\frac{u_i^2}{2\sigma_u^2}\right\} \quad (3.42)$$

Bu koşulsuz olasılık yoğunluk fonksiyonu karar verme birimine özgü sonuçların benzerlerini üretmek için kullanılabilir. Endüstri etkinliğinin optimum tahmin edicisi aşağıdaki gibidir;

$$TE = E\{\exp(-u_i)\} = 2\Phi(-\sigma_u) \exp\left\{-\frac{\sigma_u^2}{2}\right\} \quad (3.43)$$

Endüstri etkinliği için  $(1-\alpha) \times 100\%$  aralığında güven düzeyi Eş.3.44.'de verildiği gibidir.

$$\begin{aligned} \exp(-U) < TE < \exp(-L) \\ L = z_{.5+\alpha/4} \sigma_u \text{ ve } U = z_{1-\alpha/4} \sigma_u \end{aligned} \quad (3.44)$$

### 3.7. Hipotez Testleri

Stokastik sınır araştırıcıları  $\beta$  katsayılarının anlamlılığı ile ilgili hipotez kontrollerine ek olarak etkin olmama etkisinin yokluğuyla da ilgilenirler. Oluşturulan modelde teknik etkin olmama etkisinin testi için kontrol ve karşıt hipotezler kurulup gerekli değerlendirme yapılmalıdır.

Normal-yarı normal ve normal-üssel dağılım modelleri durumunda boş hipotez tek bir parametre içeren bir sınamadır. Eğer model maksimum olabilirlik metodu kullanılarak tahmin edilirse bilinen basit Z sınaması kullanılarak bu hipotez test edilebilir.

Örneğin normal-yarı normal modelde kontrol ve karşıt hipotezler aşağıdaki şekilde kurulur.

$$H_0 : \sigma_u^2 = 0$$

$$H_1 : \sigma_u^2 > 0$$

Alternatif olarak yukarıdaki hipotezlerin eş değeri olan hipotezler aşağıdaki gibi kurulabilir.

$$H_0 : \lambda = 0$$

$$H_1 : \lambda > 0$$

$$H_0 : \gamma = 0$$

$$H_1 : \gamma > 0$$

İlk hipotezde verilen  $\sigma_u^2$ , , sıfır ise tüm  $u_i$ 'ler sıfır olur. Buda tüm karar verme birimlerinin tamamen etkin olduğunu gösterir.

Kurulan hipotezlerin test edilmesinde kullanılan Wald İstatistiği, aslında bilinen basit Z testinden ibarettir. Maksimum olabilirlik tahmin edicisi ile tahmin edilen değerin tahmininin standart hatasına oranlanmasıyla bulunur.

Battese ve Corra'nın benimsediği parametreler ile hesaplanacak test istatistiği aşağıda verildiği gibidir.

$$\frac{\hat{\gamma}}{\sigma_{\hat{\gamma}}} \quad (3.45)$$

Hesaplanan değer kurulan hipotez tek taraflı olduğundan z kritik değeri 1.645'i aşar ise  $H_0$  hipotezi ret edilir.

Yapılan similasyon çalışmalarında Wald testinin küçük örneklerde yetersiz kaldığı ve önemsiz bir değere sahip olduğu gözlenmiştir.

Coelli yaptığı Monte Carlo çalışmasıyla çalışma başına 0.05 olarak belirlenen I.tip hata olasılığının 0.20 oranında gerçekleştiğini göstermiştir. Yani bunun anlamı yapılan 100 denemede gerçekte doğru olan  $H_0$  hipotezi 20 kez ret edilmiştir demektir[38].

Coelli, bu hipotezlerin kontrol edilmesinde literatürde "Likelihood-Ratio(LR) Test" olarak geçen tek yanlı genelleştirilmiş olabilirlik oran testinin kullanılması gerektiğini ortaya koyar.

Tek yanlı genelleştirilmiş olabilirlik oran testinin uygulanmasında kullanılacak test istatistiği aşağıdaki eşitlikte verildiği gibidir.

$$LR = -2 \{ \ln [L(H_0)] - \ln [L(H_1)] \} \quad (3.46)$$

$L(H_0)$  ve  $L(H_1)$  , kontrol ve karşıt hipotez altında olabilirlik fonksiyonunun değerleridir. Eğer  $H_0$  doğru ise bu test istatistiğinin dahil edilmiş kısıtlamaların sayısına eşit serbestlik derecesine sahip ki-kare dağıldığı varsayılır. Bununla beraber,  $H_0 : \gamma = 0$  kontrol hipotezini test ederken bazı zorluklar ortaya çıkmaktadır. Çünkü,

$\gamma = 0$   $\gamma$  parametresinin sınırında yer almaktadır. Bu durumda eğer  $H_0 : \gamma = 0$  kontrol hipotezi doğru ise genelleştirilmiş olabilirlik oran istatistiği (LR) ki-kare dağılımlarının karışımı olan ve aşağıda verilen asimptotik dağılıma sahiptir[38].

$$LR = \frac{1}{2} \chi_0^2 + \frac{1}{2} \chi_1^2 \quad (3.47)$$

$H_1 : \gamma > 0$ 'in  $H_0 : \gamma = 0$ 'a karşı kontrolü için bu tek taraflı genelleştirilmiş LR testlerinin hesaplanması oldukça basittir.  $\alpha$  büyüklüğünde bir testin kritik değeri  $X_1^2(2\alpha)$  değerine eşittir. Bu değer  $2\alpha$  aralığına eşit  $X_1^2$  tesadüfi değişkeni tarafından geçilen değerdir. Bu yüzden,  $\alpha$  büyüklüğünde LR testine göre LR  $X_1^2(2\alpha)$ 'yı geçiyorsa  $H_0 : \gamma = 0$  ,  $H_1 : \gamma > 0$  lehine ret edilmektedir. Dolayısıyla örneğin  $\alpha = 0.05$  büyüklüğünde bir testin kritik değeri  $X^2$  tablosundaki 3.84 değeri değil Kodde-Palm tablosundaki 2.71 olmalıdır.

### 3.8. Panel Veri

Karar verme birimlerinden aynı değişkenlere ilişkin veriler belirli zaman aralıklarıyla tekrarlı olarak gözleniyorsa elde edilen verilere panel veri denir. Gerekli şartlar sağlandığında panel veriler hem teknik değişimin hem de etkinlikte zamanla oluşan değişimin incelenebilmesine imkan tanır. Panel verilerin kullanılabilmesi için teknik değişimin uygun bir parametrik model ile tanımlanmış olması, stokastik sınır modelindeki teknik etkinsizlik etkilerinin stokastik olması ve belirlenen dağılıma sahip olmaları gerekir[3].

Normal-yarı normal modelin panel veriye uyarlanmış hali Eş. 3.48.'de verildiği gibi tanımlanır.

$$\ln(y_{it})=x_{it}\beta+v_{it}-u_{it} \quad i=1,\dots,N \quad t=1,\dots,T \quad (3.48)$$

$y_{it}$ , i.firmanın t.zamandaki çıktı değeri

$x_{it}$ , (1xk)'lık girdi matrisi

$v_{it}$ , tesadüfi hatadır. Bağımsız ve özdeş dağılır. Ortalaması 0 varyansı  $\sigma_v^2$ 'dir.

$u_{it}$ , teknik etkin olmama etkileridir.  $v_{it}$ 'lerden bağımsızdır.

### 3.9. Stokastik Üretim Sınırının Tahmini için Kullanılan Yazılımlar

Stokastik sınırın tahmin edilmesinde kullanılan bir dizi istatistiksel ve ekonometrik yazılımlar mevcuttur. Bunlardan bazıları; LIMDEP, FRONTIER, Stata, WinBUGS, Shazam, SAS...vs şeklinde sıralanabilir. Pratikte bu amaç için en çok tercih edilenler, kullanımı daha kolay olan FRONTIER ve LIMDEP yazılımlarıdır.

FRONTIER 4.1 programı, Tim COELLI(1996) tarafından stokastik sınır analizi için geliştirilmiş özel amaçlı bir yazılımdır. Literatürde, stokastik sınırların tahmini için en yaygın olarak kullanılan paket programdır. Bu program, parametrelerin maksimum olasılık tahminlerini içermektedir. Tahmin süreci, üç temel adımdan oluşur. İlk olarak EKK yöntemi ile  $\beta$ 'lar için yansız tahmin ediciler oluşturulur. Hesaplanan bu EKK tahminleri, en çok olasılık modelinin tahmini için başlangıç değeri olarak kullanılır. En çok olasılık fonksiyonunun değeri EKK ile tahmin edilen  $\beta$ 'lar kullanılarak 0 ile 1 arasındaki farklı  $\gamma$  değerleri için hesaplanır. Son olarak Davidon-Fletcher-Powell algoritmasıyla EKK ile tahmin edilen  $\beta$ 'lar ve ara adımda hesaplanan  $\gamma$  kullanılarak hesaplanır.

Üretim sınırının tahmini için özel olarak geliştirilen program, stokastik sınır modellerinin tahmini için kullanımı oldukça kolay bir araçtır. Hem üretim ve maliyet fonksiyonlarının tahmininde, hem panel hem de zamanla değişen ve zamanla değişmeyen etkisizliklerin tahmininde kullanılır. Ayrıca, fonksiyonel formun bağımlı değişkeninin logaritmik olduğu durumlarda da kullanılır.

LIMDEP, William H.Greene(1995) tarafından geliştirilen stokastik sınır modellerinin tahmini için kullanılabilen çok amaçlı ekonometrik bir paket programdır. Etkinsizlik teriminin hem yarı normal veya kesilmiş normal hem de üstel veya gamma dağılımına sahip olduğu durumlarda kullanılır. Bu sebeple etkinsizlik teriminin üstel veya gamma dağılım gösterdiğine ilişkin güçlü kanıtlar varsa LIMDEP, FRONTIER'e göre daha iyi bir seçenek olacaktır.

Çizelge 3.1. Yazılımlarda kullanılan dağılım yaklaşımları

DAĞILIMLAR	LIMDEP 7.0	FRONTIER 4.1
<i>Kesitsel Veriler İçin</i>		
Yarı Normal Dağılım	Evet	Evet
Kesilmiş Normal Dağılım	Evet	Evet
Üstel Dağılım	Evet	Hayır
Gamma Dağılım	Evet	Hayır
<i>Panel Veriler İçin</i>		
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, V.,(1999)**

## **4.UYGULAMA**

### **4.1. Araştırmanın Amacı**

Bu çalışmada Stokastik Sınır Analizi kullanılarak Türkiye'deki kamu üniversitelerinin performansları belirlenmek istenmektedir. Performans ölçümü için belirlenen model iki ayrı modelin birleşiminden oluşmaktadır. Stokastik sınır analizi yöntemi uygulanırken her modelde sadece bir çıktı kullanılabilirdiğinden, üniversitelerin performansları eğitim performansı ve yayın performansı olarak iki ayrı modelle ölçülmüştür. Analizin ilk aşamasında tüm üniversiteler için, oluşturulan modeller kullanılarak etkinlik ölçümü yapılmıştır. Sonraki aşamada her bir üniversite için eğitim performansı modeli kullanılarak hesaplanan etkinlik skoru ile yayın performansı kullanılarak hesaplanan etkinlik skorlarının ortalaması alınmış, böylece her bir üniversite için tek bir etkinlik skoru elde edilmiştir. Üniversitelerin performanslarına göre sıralanmasında elde edilen ortalama etkinlik skorları kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında stokastik sınır modellerinden hata bileşenleri modeli kullanılmıştır. Oluşturulan modellerle yapılan parametre tahminleri, gamma değerleri, en çok olabilirlik kestirimleri ve her bir üniversiteye ait teknik etkinlik değerleri FRONTIER 4.1 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

### **4.2. Üniversite Etkinliklerinin Ölçümü için Literatür Taraması**

Birçok ülkede çeşitli amaçlarla yüksek öğrenim kurumları etkinlik değerlendirme süreçlerinden geçmektedir. Bu sebeple son yıllarda yapılan bazı çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Kutlar ve ark. tarafından yapılan çalışmada Cumhuriyet Üniversitesi'nin öğrenci alan sekiz Fakültesinin VZA ile performans değerlendirmesi yapılmıştır. Girdi olarak akademik personel sayısı, idari personel sayısı, personel giderleri ve yüz ölçümleri,

çıktı olarak ise öğrenci sayıları ve öğrenci harç miktarları kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda Tıp, Diş Hekimliği, Güzel Sanatlar ile İlahiyat Fakültesinin seçilen girdi ve çıktılar çerçevesinde, diğer fakültelere göre, etkinlik skorlarının daha düşük olduğu tespit edilmiştir[4].

Aslan ve ark. yaptıkları çalışmada Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nin 1999-2001 yıllarına ait veriler kullanılarak etkinliğinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Fakülteye ait altı bölümün akademik personel yardımcı personel ve hasta sayıları ile net karları girdi ve çıktı değişkenler olarak belirlenmiştir. Değerlendirmeye alınan bölümlerin verimsizliğinin nedenlerini ortaya koymak için örnek edinme yapılmıştır[39].

Kutlar ve Babacan, tarafından yapılan çalışmada Türkiye'deki kamu üniversitelerinin görelî etkinlik ölçümleri VZA kullanılarak hesaplanmıştır. Girdi ve çıktı yönlü olarak iki model kurulmuş, 53 devlet üniversitesi karar verme birimi olarak kullanılmıştır. Bu karar verme birimlerine ait gözlenmiş 8 girdi ve 6 çıktı kullanılarak analizler beş yıl için yapılmıştır. CCR modeline göre yapılan analizler sonucunda Türk Kamu Üniversitelerinde etkinsizlik gittikçe arttığı sonucuna varılmıştır[40].

Oruç ve ark. Türkiye'deki 24 devlet üniversitesinin 2006 yılı etkinlik ölçümlerini bulanık veri zarflama analizini kullanarak hesaplamışlardır. Çalışmada, geleneksel VZA modellerinden farklı olarak girdi ve çıktılara verilen ağırlıklarda tüm üniversiteler için ortak ağırlık kümesi kullanılmıştır. Etkinlik ölçümünde 6 adet girdi ve 7 adet çıktı kullanılmış uygulama sonunda; Sakarya, Afyon Kocatepe, Yıldız Teknik ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitelerinin etkinlik değerleri %95-100 aralığında bulunmuştur[41].

Abbott ve Doucouliagos, 36 Avustralya üniversitesinin etkinliklerini 1995 yılına ait verileri kullanarak ölçmeyi amaçlamıştır. Çalışmada personel gideri hariç tüm giderler, cari olmayan aktifler, akademik personel sayısı ve idari personel sayısı girdi

değişken; öğrenci sayısı ve araştırma ödeneği ise çıktı değişken olarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda ortalama etkinlik değerleri oldukça yüksek bulunmuştur[42].

Önel ve Saatçioğlu, yaptıkları çalışmada Türkiye'deki bir üniversiteye ait 1970-1991 yıllarının verilerini kullanarak araştırma performanslarındaki değişimi trend analizi ile belirlemeyi ve performansı etkileyecek faktörleri incelemeyi amaçlamışlardır. Araştırma çalışmalarını etkileyen faktörlerin belirlenmesinde çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. Çalışma üniversite çapında ve sadece fen-edebiyat fakültesi için iki aşamalı olarak yürütülmüştür. Profesör başına düşen uluslararası dergilerde yayınlanmış makale sayısı bağımlı değişken olarak belirlenmiş stepwise regresyon tekniği ile bağımlı değişken olarak profesör sayısının tüm öğretim üyesi sayısına oranı ve profesör başına düşen doktora derecesi sayısı anlamlı bulunmuştur. Fen-edebiyat fakültesi için yapılan analizde ise sadece profesör sayısının tüm öğretim üyesi sayısına oranı olarak hesaplanan değişken anlamlı bulunmuştur[43].

Sarıca, hazırladığı yüksek lisans çalışmasında üniversitelerin performansa göre yönetimi için VZA tabanlı bir karar destek sistemi tasarlamayı amaçlamıştır. Belirli girdi ve çıktıları kullanarak bağlı bulunan üniversitelerin hangi biriminin veya birimlerinin en kaliteli ve etkin hizmeti sunduğu araştırılmak istenmiştir. Tıp, Fen-Edebiyat, Eğitim ve İktisadi İdari Bilimler Fakültelerinin analizi yapılan her iki yıl içinde etkin çıktığı sonucuna ulaşılmıştır[44].

Baysal ve ark. yaptıkları çalışmada Türkiye'deki devlet üniversitelerinin 2004 yılı performanslarını VZA ile belirleyip 2005 yılı bütçe tahsislerini buna göre hazırlamayı amaçlamışlardır. Personel giderleri, cari giderler, yatırım giderleri, transfer harcamaları ve öğretim üyesi sayıları girdi değişkenler olarak belirlenmiş çıktı değişkenler olarak ise lisans, yüksek lisans, doktora öğrenci ve yayın sayıları belirlenmiştir. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında yapılan analiz sonucunda elli üniversitenin yirmi beşi etkin bulunmuştur[45].

Avkıran, çalışmasında Avustralya üniversitelerinin etkinliklerini incelemek istemiştir. Bu amaçla genel performans, eğitim hizmetleri performansı ve ücret performansı olmak üzere üç model geliştirmiştir. 1995 verileri için temel bulgular üniversite sektöründe teknik ve ölçek etkinliğinin genel olarak yüksek olduğu, üretim performansı için ise geliştirmeler yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır[46].

Flegg ve ark. İngiltere'deki üniversitelerin etkinliklerinin ölçümünü amaçlamışlardır. Akademik personel sayısı, akademik personel ve sermaye giderleri hariç tüm giderler, lisans öğrenci sayısı ve yüksek lisans öğrenci sayıları girdi değişken; mezun lisans öğrenci sayısı, mezun yüksek lisans öğrenci sayısı ve araştırma danışmanlık giderleri çıktı değişken olarak belirlenmiştir. Çalışmada üniversitelerin birbirleriyle karşılaştırmasını değil, KVB olarak yılları seçerek İngiltere'deki yükseköğretimin 13 yıllık etkinliğini ölçmüşlerdir. Statik etkinliğinin ölçülmesinde VZA, etkinliğin zaman içinde değişiminin ölçülmesinde ise Malmquist İndeksi kullanılmıştır[47].

Fandel, çalışmasında 15 Alman üniversitesinin performansını VZA ile ölçmeyi amaçlamıştır. Sabit getiri varsayımı altında fakülteler bazında ve tüm bölümleri kapsayacak şekilde ayrı ayrı analizler yapılmıştır. Öğrenci sayısı, akademik personel sayısı ve dışsal kaynaklar girdi, mezun lisans ve yüksek lisans öğrenci sayıları çıktı değişken olarak belirlenmiştir[48].

Johnes, çalışmasında 2000-2001 yıllarına ait verileri kullanarak İngiltere'deki yüzde fazla yüksek öğretim kurumunun etkinliğini ölçmeyi amaçlamıştır. Değişken getiri varsayımı altında çıktı yönlü olarak modellenen çalışmada altı girdi ve üç çıktı kullanılmış, analizi sonucunda teknik ve ölçek etkinliğinin İngiltere'deki yüksek öğretim kurumlarında ortalamadan yüksek olduğu sonucuna varılmıştır[49].

Rhodes ve Southwick, yaptıkları çalışmada Amerika'daki 96 devlet ve 54 özel üniversitenin etkinliğini karşılaştırmak istemişlerdir. 5 girdi ve 6 çıktı kullanılan çalışmanın sonucunda özel üniversitelerin devlet üniversitelerine göre daha etkin çıktığı sonucuna varılmıştır[50].

Sinuanay ve ark. çalışmalarında Ben--Gurion Üniversitesi'ndeki 21 bölümün etkinliğini VZA ile ölçmüşlerdir. İşletme harcamaları ve öğretim elemanı maaşları girdi; ödenek, yayın sayısı ve ders kredisi çıktı değişkenler olarak belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca girdi ve çıktı değişkenlerinin etkinlik değerleri üzerindeki etkileri de test edilmiştir[51].

Giménez ve Martínez, yaptıkları çalışmada Barselona Özerk Üniversitesi'nin kırk iki bölümünde 1994-1998 dönemlerine ait verileri kullanarak VZA çerçevesinde maliyet etkinlikleri hesaplanmıştır. Değişken öğretim ve araştırma harcamaları, sabit öğretim ve araştırma harcamaları ve işletme harcamaları girdi; yeni araştırma çalışmaları, bölüm kredisi ve öğretim kalitesi çıktı değişken olarak alınmıştır. Analiz sonucunda kırk iki bölümün on dokuzu etkin, yirmi üçü etkinsiz bulunmuştur[52].

Kuah ve Wong, çalışmalarında 30 üniversiteye ait varsayımsal veriler kullanarak farklı girdi ve çıktı kümeleri oluşturarak teknik etkinlik, araştırma etkinliği ve genel etkinliği ölçmeyi amaçlamışlardır. Yapılan analiz sonucunda bazı üniversitelerin yüksek teknik etkinliğe sahipken araştırma etkinliklerinin çok düşük çıktığı; bazı üniversiteler için ise tam tersi durumun yaşandığı gözlenmiştir. Ayrıca etkin olmayan üniversitelerin performanslarını hangi yönde artırmaları gerektiği de belirtilmiştir[53].

Ng ve Li, çalışmalarında reform sonrası dönemde Çin'de bulunan 242 kıyı ve 180 iç kesimde bulunan üniversitelerin etkinliklerini ve üretimlerindeki büyümeleri araştırmışlardır. 1998-2002 yıllarına ait verilerin kullanıldığı çalışmada öğretim üyesi sayısı, araştırma görevlisi sayısı, araştırma ödeneği, yurt içi ve yurt dışı ödüller, yurt içi ve yurt dışında yayınlanan yayın ve kitap sayıları ile diğer yayın sayıları girdi ve çıktı kümelerini oluşturmuştur. Malmquist İndeksin kullanıldığı çalışmada etkinliklerin incelenen dönem için artış gösterdiği sonuca varılmıştır. Ayrıca toplam verimlilikte kayda değer bölgesel bir farklılığa rastlanmamıştır[54].

Li, yaptığı çalışmada Çin’de bulunan 42 üniversitenin 2008 yılı verilerini kullanarak VZA yöntemiyle sosyal araştırma etkinliklerini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma da girdi değişken olarak kullanılabilir alan, kütüphane büyüklüğü, tam zamanlı öğretim üyesi sayısı, bilimsel araştırma harcamaları ve branş seviyeleri kullanılırken; çıktı değişken olarak ise öğrenci sayısı, mezun öğrenci aylık geliri ve işe girme oranları kullanılmıştır. Analiz sonucunda üniversitelerin çoğunun teknik etkinliğe ulaşamadığı görülmüştür[55].

Worthington ve Lee, yaptıkları çalışmada Avustralya’daki 35 üniversitenin 1998-2003 yılları için etkinlik değerlerini Malmquist İndek kullanarak hesaplamışlardır. Etkinlik artışı; teknik etkinlik ve teknolojik değişim bileşenlerine ayrılarak üç farklı model için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Araştırma çalışmalarının etkinlik düzeyinin öğretim çalışmalarınınkinden daha yüksek olduğu görülmüştür[56].

Katharaki ve Katharakis, yaptıkları çalışmada kantitatif analizler ile Yunan üniversitelerinin etkinliklerinin karşılaştırmalı bir analizi yapmak istemişlerdir. 20 devlet üniversitesinin 2004 yılına ait verileri performans göstergeleri, VZA ve ekonomik yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Performans göstergesi olarak 5 farklı gösterge kullanılmış ve oran analizi yapılmıştır. VZA için aynı girdiler farklı çıktılar kullanılarak 2 farklı model oluşturulmuştur. Çoklu regresyon analizi ve faktör analizi ekonomik yöntemler olarak kullanılmıştır. Üç yöntemle bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır[57].

Abramo ve ark. çalışmalarında 2004-2008 yıllarını kapsayan 5 yıllık dönem için İtalyan üniversite sisteminin verilerini kullanmışlardır. Teknik etkinlik ve tahsis etkinliğinin ölçülmesinde girdi olarak öğretim elemanı sayılarını kullanırken; çıktı olarak ise söz konusu öğretim elemanları tarafından yazılan bilimsel yayın sayıları kullanılmıştır. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında çıktı yönlü olarak kurulan modelin analizi sonucunda 28 üniversitenin çoğunun tahsis etkinliği değerleri yüksek fakat teknik etkinlik değerleri düşük çıkmıştır[58].

Ruggiero, yaptığı çalışmada Monte Carlo tekniğini kullanarak kesitsel model için stokastik sınır modelinin geçerliliğini test etmek istemiştir. Simülasyonlar; 25, 50, 75, 100 ve 200 örnek genişliklerinde farklı hata değerleri için ve 5 farklı model kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar tekniğin toplam hatanın içerisinde etkinsizlik ve gürültü bileşenlerinin tam olarak içermediğini ancak deterministik model kadar iyi olduğunu göstermiştir[59].

Horne ve Hu, yaptıkları çalışmada Avustralya üniversitelerinin etkinliklerini stokastik sınır analizi kullanarak ölçmeyi amaçlamışlardır. 36 üniversitenin öğrenci, personel ve harcama verileri kullanılmıştır. Çalışmada 1995-2002 dönemi boyunca üniversitelerin maliyet etkinliği tahmin edilmiştir. Sabit etkili model ve rassal etkili modelin her ikisi de kullanılmıştır. Analiz sonucunda söz konusu üniversitelerin yıllar için ortalama etkinlik değerlerinin 0,67 ile 0,55 arasında değiştiği ve etkin biçimde faaliyet göstermedikleri sonucuna varılmıştır[60].

Çelik ve Ecer, yaptıkları çalışmada Türkiye'deki 45 devlet üniversitesinde lisans düzeyinde verilen muhasebe eğitiminin etkinliğini araştırmak istemişlerdir. Etkinliğin ölçümü için 11 girdi değişkeni belirlenmiş; faktör analizi ile öğrenci, öğretim üyesi, finansal kaynaklar ve programlar başlıkları altına toplanmıştır. Çıktı değişkeni olarak ise KPSS sınav sonuçları kullanılmıştır. Analiz sonucunda çalışmaya alınan üniversitelerin 35'i etkin 10'u etkinsiz olarak bulunmuştur[61].

### **4.3. Karar Verme Birimlerinin Seçimi**

Sağlıklı bir etkinlik analizi yapılabilmesi için seçilecek karar verme birimlerinin homojen bir yapıya sahip olması ve benzer girdileri kullanarak benzer çıktıları üretmesi gerekmektedir. Çalışmamızda Türkiye'deki kamu üniversitelerinden kırk tanesi karar verme birimleri olarak belirlenmiştir. Karar verme birimlerinin seçiminde ilk kıstas 2000 yılı öncesi kurulmuş olması şartıdır. Bu şartı sağladıkları halde bazı değişkenlere ait verilere ulaşılamaması ve değişkenler bazında karar verme birimlerinin homojenliğini bozacak küçük(az) veya büyük(çok) değerlere

sahip üniversiteler analiz kapsamına alınmamıştır. Analiz kapsamındaki üniversiteler ve kuruluş yılları aşağıdaki çizelgeye yansıtılmıştır.

Çizelge 4.1. Üniversiteler ve Kuruluş Yılları

Abant İzzet Baysal Üniversitesi(1992)	Harran Üniversitesi(1992)
Adnan Menderes Üniversitesi(1992)	İnönü Üniversitesi(1975)
Afyon Kocatepe Üniversitesi(1992)	İstanbul Teknik Üniversitesi(1973/1944)
Akdeniz Üniversitesi(1982)	İstanbul Üniversitesi(1453/1933)
Ankara Üniversitesi(1946)	K. Sütçü İmam Üniversitesi(1992)
Atatürk Üniversitesi(1957)	Karadeniz Teknik Üniversitesi(1955)
Balıkesir Üniversitesi(1992)	Marmara Üniversitesi(1883/1982)
Boğaziçi Üniversitesi(1863/1917)	Mersin Üniversitesi(1992)
Celal Bayar Üniversitesi(1992)	Ondokuz Mayıs Üniversitesi(1975)
Cumhuriyet Üniversitesi(1974)	Ortadoğu Teknik Üniversitesi(1956)
Ç. 18 Mart Üniversitesi(1992)	Osmangazi Üniversitesi(1970)
Çukurova Üniversitesi(1973)	Pamukkale Üniversitesi(1992)
Dicle Üniversitesi(1974)	Sakarya Üniversitesi(1970)
Dokuz Eylül Üniversitesi(1982)	Selçuk Üniversitesi(1975)
Ege Üniversitesi(1955)	Süleyman Demirel Üniversitesi(1992)
Erciyes Üniversitesi(1978)	Trakya Üniversitesi(1982)
Fırat Üniversitesi(1967/1975)	Uludağ Üniversitesi(1975)
Gazi Üniversitesi(1926)	Yıldız Teknik Üniversitesi(1911/1982)
Gaziantep Üniversitesi(1987)	Yüzüncü Yıl Üniversitesi(1982)
Hacettepe Üniversitesi(1967)	Bülent Ecevit Üniversitesi(1992)

#### 4.4. Girdi ve Çıktı Değişkenlerin Seçimi

Her ne kadar fonksiyonel bir varsayım bulunmasa da, aynı karar verme birimi için farklı girdi ve farklı çıktılarının farklı etkinlik skoru vereceği açıktır. Bu yüzden girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi etkinlik analizinde önemli bir adımdır. Ayrıca, modele gereğinden fazla girdi ve çıktı eklenmesi, veri toplanmasını zorlaştırmasının yanı sıra etkin ve etkisiz birimlerin birbirinden ayırıştırma yeteneğini düşürmektedir. Çalışma kapsamında kullanılacak girdi ve çıktı değişkenleri belirlenirken literatürde

üniversitelerin performans ölçümünde kullanılan değişkenler incelenmiş ve seçimler buna göre yapılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan girdi ve çıktı değişkenler ile bu değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler aşağıdaki çizelgeye yansıtılmıştır.

Çizelge 4.2. Değişkenler ve değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler

<b>Değişkenler</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
<b>Net Yayın</b>	447,1	49,4	106,0	1270,0
<b>Lisans Öğrenci Sayısı</b>	25860	2068	2130	68452
<b>Lisansüstü Öğrenci Sayısı</b>	2797	400	341	9135
<b>Mezun Öğrenci Sayısı</b>	5308	459	1357	16779
<b>Öğretim Elemanı Sayısı</b>	739,5	78,2	244	2508

*Net yayın sayısı:* Çalışmamızda kullanılan yayın sayıları; ISI Web of Science veri tabanında yer alan indekslerdeki dergilerde yayımlanan tam makalelere ait sayılardır. Yayımlanan makaleler Üniversite adreslidir. Yayınlar, Üniversitelerin kadrolu öğretim üyelerince yapılmıştır. Net yayın sayıları SCI, SSCI ve AHCI tarafından taranan dergilerde yer alabilen makaleler içerisinde her indekste sadece bir defa yer alan makalelerin belirlenmesi ile oluşturulmuştur. Net yayın sayılarına ilişkin veriler Yükseköğretim Kurulu Başkanlığının 2008 yılı yayın istatistiklerinden elde edilmiştir.

*Lisans öğrenci sayısı:* Çalışmamızda kullanılan lisans öğrenci sayıları söz konusu üniversitelerin lisans düzeyinde eğitim veren fakültelerinde 2008 yılında aktif olarak kaydı bulunan öğrenci sayıdır. Bu değişkene ait veriler Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezinin 2008-2009 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri kitabından alınmıştır.

*Lisansüstü öğrenci sayısı:* Çalışmamızda kullanılan yüksek lisans öğrenci sayıları söz konusu üniversitelerin barındırdığı enstitülerde 2008 yılında aktif olarak lisansüstü programlara kayıtlı öğrenci sayılarıdır. Bu değişkene ait veriler Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezinin 2008-2009 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri kitabından alınmıştır.

*Mezun öğrenci sayısı:* Çalışmamızda kullanılan mezun öğrenci sayısı değişkeni söz konusu üniversiteden 2008-2009 öğretim yılında eğitimini tamamlayıp mezun olmaya hak kazanan lisans öğrenci sayılarıdır. Bu değişkene ait veriler Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezinin 2009-2010 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri kitabından alınmıştır.

*Öğretim elemanı sayısı:* Çalışmamızda kullanılan öğretim elemanı sayısı değişkeni, üniversitelerde profesör, doçent ve yardımcı doçent unvanı ile görev yapan toplam öğretim elemanı sayısıdır. Söz konusu değişkene ait veriler Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezinin 2007-2008 öğretim yılı yükseköğretim istatistikleri kitabından alınmıştır.

#### **4.5. Analiz Sonuçları**

##### *Model 1(Yayın Performansı Modeli)*

Girdiler: Öğretim elemanı sayısı(ÖES), Lisansüstü öğrenci sayısı(LÜÖS)

Çıktı: Net yayın sayısı(NYS)

Veri Tipi: 2008 yılına ait kesit veri

Yayın performansı modeline ilişkin kullanılacak değişkenlerin belirlenmesinin ardından Frontier 4.1 programı kullanılarak model, aşağıdaki şekilde tahmin edilmiştir.

$$\text{LnNYS} = -0,34496 + 0,92267 \text{LnÖES} + 0,46350 \text{LnLÜÖS}$$

Modeldeki katsayıların anlamlılığın sınanması için  $t_{hesap}$  değerleri,  $t_{tablo}$  değeri olan  $t_{0,05,38}=2,024$  değeri ile karşılaştırılmıştır ve katsayıların tamamı 0,95 güvenlilikle anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Model 1 için analiz sonuçları

	<b>Katsayı</b>	<b>Standart hata</b>	<b>t-değeri</b>
$\beta_0$	-0,34496	0,13744	-2,50978
$\beta_1$	0,92267	0,17198	5,36473
$\beta_2$	0,46350	0,11207	4,13571
$\sigma^2$	0,14552	0,06183	2,35537
$\gamma$	0,72412	0,25589	2,82981

Tüm değişkenlerin doğal logaritması alındıktan sonra ÖES değişkeninin 1 birim artmasına karşılık NYS değişkeninin kendi birimi cinsinden 0,92 birim arttığı ve benzer şekilde LÜÖS değişkeninin 1 birim artmasına karşılık NYS değişkeninin kendi birimi cinsinden 0,46 birim arttığı sonucuna varılmaktadır. Çıktı değişken ile her iki girdi arasında pozitif yönlü bir ilişki vardır.

Modelde teknik etkinsizlik olup olmadığının test edilmesi için kullanılacak olabilirlik oran istatistiği  $LR= 80,44$  olarak bulunmuştur. 0,05 anlamlılık düzeyinde 1 kısıtlamalı Kodde-Palm tablo değeri 2,706'dır.

$$H_0: \gamma=0$$

$$H_1: \gamma \neq 0$$

80,44 değeri 2,706 tablo değerinden büyük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilir. Modelde istatistiksel olarak anlamlı bir teknik etkinsizlik vardır.

Modele göre elde edilen gamma değeri 0,7241'dir. Bunun anlamı artık varyansın %72,41'lik bölümünün etkin olmama etkisi  $u_i$ 'den kaynaklandığı, geri kalan %27,59'luk bölümünün ise tesadüfi hata  $v_i$ 'den kaynaklandığı anlamına gelir.

Çalışma kapsamındaki 40 üniversitenin yayın performansı bakımından ortalama etkinlik değeri 0,7873 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu 40 üniversiteden 25 tanesinin yayın performansı bakımından teknik etkinlik düzeyinin ortalama teknik etkinlik düzeyinden yüksek olduğu görülürken, geriye kalan 15 üniversitenin teknik etkinlik düzeyi ortalama teknik etkinlik düzeyinin altında yer almaktadır.

Üniversitelerin Model 1'e ilişkin teknik etkinlik skorları ve sıraları Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Model 1 için etkinlik skorları

ÜNİVERSİTE	E.Skoru	Rank	ÜNİVERSİTE	E.Skoru	Rank
Ortadoğu Teknik Üniversitesi	0,92787	1	Trakya Üniversitesi	0,80954	21
Gaziantep Üniversitesi	0,91708	2	İnönü Üniversitesi	0,80543	22
Gazi Üniversitesi	0,91513	3	Uludağ Üniversitesi	0,80190	23
Hacettepe Üniversitesi	0,90588	4	Süleyman Demirel Üniversitesi	0,79640	24
Ankara Üniversitesi	0,88751	5	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	0,79371	25
Boğaziçi Üniversitesi	0,88397	6	Atatürk Üniversitesi	0,78636	26
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	0,86970	7	Osmangazi Üniversitesi	0,77719	27
İstanbul Üniversitesi	0,86763	8	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi	0,76729	28
Erciyes Üniversitesi	0,85109	9	Afyon Kocatepe Üniversitesi	0,75910	29
Bülent Ecevit Üniversitesi	0,84897	10	Akdeniz Üniversitesi	0,74942	30
Pamukkale Üniversitesi	0,84192	11	Karadeniz Teknik Üniversitesi	0,73508	31
K. Sütçü İmam Üniversitesi	0,83887	12	Dicle Üniversitesi	0,72856	32
Harran Üniversitesi	0,83138	13	Cumhuriyet Üniversitesi	0,71140	33
Ege Üniversitesi	0,83136	14	Mersin Üniversitesi	0,70635	34
İstanbul Teknik Üniversitesi	0,83042	15	Celal Bayar Üniversitesi	0,70329	35
Selçuk Üniversitesi	0,82896	16	Adnan Menderes Üniversitesi	0,64120	36
Çukurova Üniversitesi	0,82834	17	Yüzüncü Yıl Üniversitesi	0,63907	37
Fırat Üniversitesi	0,82753	18	Balıkesir Üniversitesi	0,58986	38
Dokuz Eylül Üniversitesi	0,82701	19	Marmara Üniversitesi	0,55294	39
Yıldız Teknik Üniversitesi	0,81243	20	Sakarya Üniversitesi	0,46538	40

Çizelge 4.4. incelendiğinde söz konusu 40 üniversite arasında, teknik etkinlik düzeyi en yüksek olan ilk üç üniversite sırasıyla Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Gaziantep

Üniversitesi ve Gazi Üniversitesi iken teknik etkinlik düzeyi en düşük olan üniversite Sakarya Üniversitesi'dir.

Model 2(Eğitim Performansı Modeli)

Girdiler: Öğretim elemanı sayısı(ÖES), Lisans öğrenci sayısı(LÖS)

Çıktı: Mezun öğrenci sayısı(MÖS)

Veri Tipi: 2008 yılına ait kesit veri

Eğitim performansı modeline ilişkin kullanılacak değişkenlerin belirlenmesinin ardından Frontier 4.1 programı kullanılarak model, aşağıdaki şekilde tahmin edilmiştir.

$$\text{LnMÖS}=1,10387+2,09882\text{LnÖES}+0,15704\text{LnLÖS}$$

Modeldeki katsayıların anlamlılığın sınanması için  $t_{\text{hesap}}$  değerleri,  $t_{\text{tablo}}$  değeri olan  $t_{0,05,38}=2,024$  değeri ile karşılaştırılmıştır ve katsayıların tamamı 0,95 güvenlilikle anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Model 2 için analiz sonuçları

	<b>Katsayı</b>	<b>Standart hata</b>	<b>t-değeri</b>
$\beta_0$	1,10387	0,10532	10,4804
$\beta_1$	2,09882	0,67830	3,09419
$\beta_2$	0,15704	0,05215	3,01142
$\sigma^2$	0,16694	0,00891	1,87449
$\gamma$	0,70473	0,38223	2,84372

Tüm değişkenlerin doğal logaritması alındıktan sonra ÖES değişkeninin 1 birim artmasına karşılık MÖS değişkeninin kendi birimi cinsinden 2,10 birim arttığı ve benzer şekilde LÖS değişkeninin 1 birim artmasına karşılık MÖS değişkeninin kendi birimi cinsinden 0,16 birim arttığı sonucuna varılmaktadır. Çıktı değişken ile her iki girdi arasında pozitif yönlü bir ilişki vardır.

Modelde teknik etkinsizlik olup olmadığının test edilmesi için kullanılacak olabilirlik oran istatistiği  $LR= 49,39$  olarak bulunmuştur.  $0,05$  anlamlılık düzeyinde  $1$  kısıtlamalı Kodde-Palm tablo değeri  $2,706$ 'dır.

$H_0: \gamma=0$

$H_1: \gamma \neq 0$

$49,39$  değeri  $2,706$  tablo değerinden büyük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilir. Modelde istatistiksel olarak anlamlı bir teknik etkinsizlik vardır.

Modele göre elde edilen gamma değeri  $0,7047$ 'dir. Bunun anlamı artık varyansın  $\%70,47$ 'lik bölümünün etkin olmama etkisi  $u_i$ 'den kaynaklandığı, geri kalan  $\%29,53$ 'lük bölümünün ise tesadüfi hata  $v_i$ 'den kaynaklandığı anlamına gelir.

Çalışma kapsamındaki  $40$  üniversitenin eğitim performansı bakımından ortalama etkinlik değeri  $0,9193$  olarak hesaplanmıştır. Söz konusu  $40$  üniversiteden  $23$  tanesinin yayın performansı bakımından teknik etkinlik düzeyinin ortalama teknik etkinlik düzeyinden yüksek olduğu görülürken, geriye kalan  $17$  üniversitenin teknik etkinlik düzeyi ortalama teknik etkinlik düzeyinin altında yer almaktadır.

Üniversitelerin Model 2'ye ilişkin teknik etkinlik skorları ve sıraları Çizelge 4.6. 'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. incelendiğinde söz konusu  $40$  üniversite arasında, teknik etkinlik düzeyi en yüksek olan üç üniversite sırasıyla Hacettepe Üniversitesi, Ortadoğu teknik Üniversitesi ve Boğaziçi Üniversitesi olurken, teknik etkinlik düzeyi en düşük olan üniversite Balıkesir Üniversitesi'dir.

Çizelge 4.6. Model 2 için etkinlik skorları

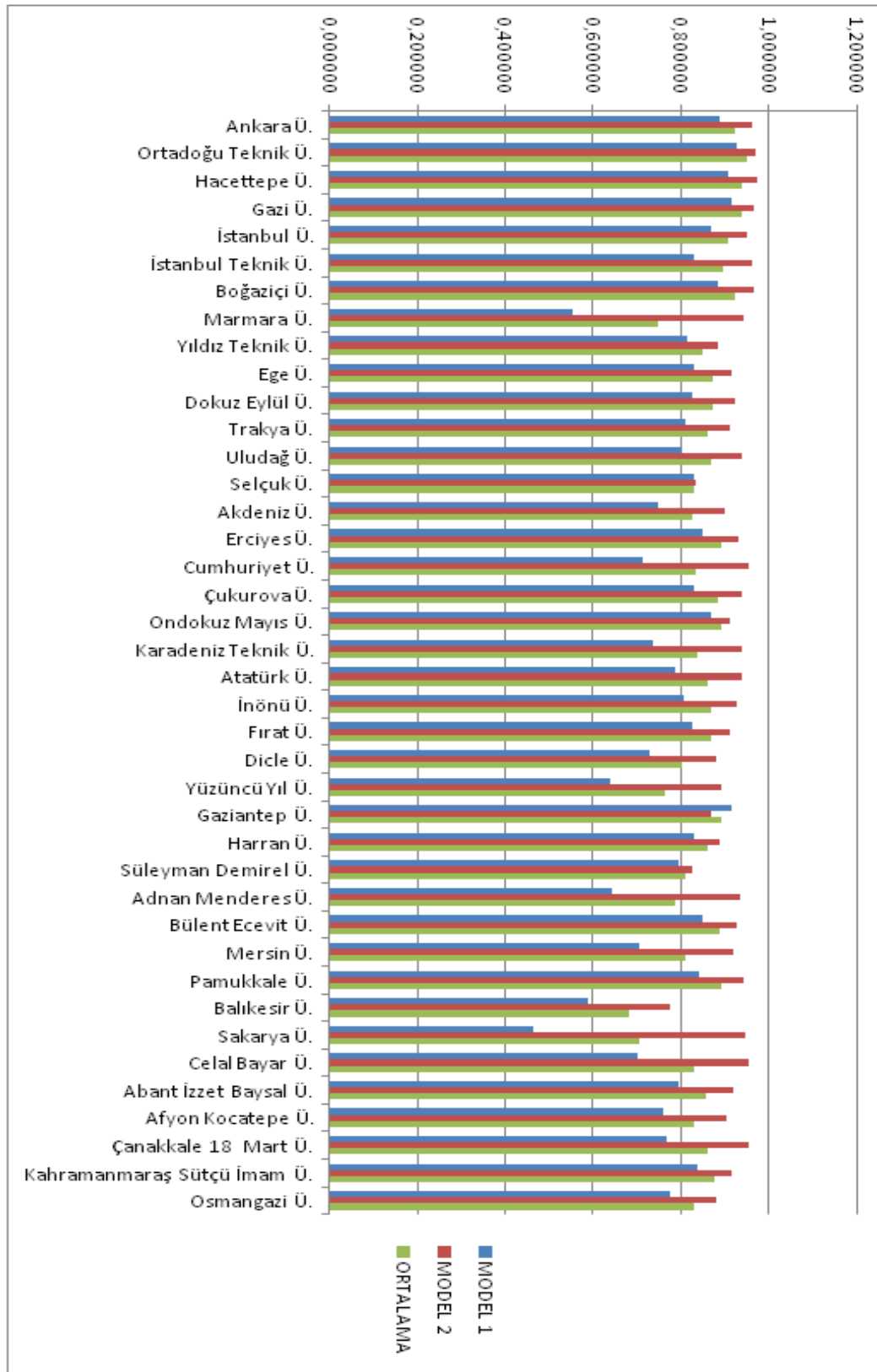
ÜNİVERSİTE	E.Skoru	Rank	ÜNİVERSİTE	E.Skoru	Rank
Hacettepe Üniversitesi	0,97265	1	Bülent Ecevit Üniversitesi	0,92735	21
Ortadoğu Teknik Üniversitesi	0,97024	2	Dokuz Eylül Üniversitesi	0,92149	22
Boğaziçi Üniversitesi	0,96521	3	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	0,92081	23
Gazi Üniversitesi	0,96449	4	Mersin Üniversitesi	0,91771	24
İstanbul Teknik Üniversitesi	0,96307	5	K. Sütçü İmam Üniversitesi	0,91534	25
Ankara Üniversitesi	0,96029	6	Ege Üniversitesi	0,91515	26
Cumhuriyet Üniversitesi	0,95505	7	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	0,91303	27
Çanakkale 18 Mart Üniversitesi	0,95391	8	Fırat Üniversitesi	0,91252	28
Celal Bayar Üniversitesi	0,95374	9	Trakya Üniversitesi	0,91179	29
İstanbul Üniversitesi	0,94962	10	Afyon Kocatepe Üniversitesi	0,90206	30
Sakarya Üniversitesi	0,94499	11	Akdeniz Üniversitesi	0,90151	31
Pamukkale Üniversitesi	0,94078	12	Yüzüncü Yıl Üniversitesi	0,89059	32
Marmara Üniversitesi	0,94068	13	Harran Üniversitesi	0,88847	33
Uludağ Üniversitesi	0,93915	14	Yıldız Teknik Üniversitesi	0,88448	34
Çukurova Üniversitesi	0,93874	15	Osmangazi Üniversitesi	0,88054	35
Karadeniz Teknik Üniversitesi	0,93865	16	Dicle Üniversitesi	0,88014	36
Atatürk Üniversitesi	0,93668	17	Gaziantep Üniversitesi	0,86877	37
Adnan Menderes Üniversitesi	0,93416	18	Selçuk Üniversitesi	0,83291	38
Erciyes Üniversitesi	0,93226	19	Süleyman Demirel Üniversitesi	0,82666	39
İnönü Üniversitesi	0,92873	20	Balıkesir Üniversitesi	0,77665	40

### Sonuçların genel değerlendirilmesi

Çalışma kapsamındaki 40 kamu üniversitesinin yayın ve eğitim performans değerlendirmelerine ait sonuçlar ve bu sonuçların ortalamaları Çizelge 4.7.'de ve Şekil 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Sonuçların genel değerlendirilmesine ilişkin çizelge

ÜNİVERSİTELER	MODEL 1	MODEL 2	ORTALAMA
Ankara Üniversitesi	0,887513	0,960294	0,92390
Ortadoğu Teknik Üniversitesi	0,927872	0,970244	0,94906
Hacettepe Üniversitesi	0,905880	0,972649	0,93926
Gazi Üniversitesi	0,915131	0,964495	0,93981
İstanbul Üniversitesi	0,867635	0,949625	0,90863
İstanbul Teknik Üniversitesi	0,830424	0,963068	0,89675
Boğaziçi Üniversitesi	0,883972	0,965211	0,92459
Marmara Üniversitesi	0,552938	0,940682	0,74681
Yıldız Teknik Üniversitesi	0,812434	0,884477	0,84846
Ege Üniversitesi	0,831358	0,915149	0,87325
Dokuz Eylül Üniversitesi	0,827008	0,921485	0,87425
Trakya Üniversitesi	0,809540	0,911788	0,86066
Uludağ Üniversitesi	0,801898	0,939154	0,87053
Selçuk Üniversitesi	0,828958	0,832913	0,83094
Akdeniz Üniversitesi	0,749420	0,901505	0,82546
Erciyes Üniversitesi	0,851092	0,932263	0,89168
Cumhuriyet Üniversitesi	0,711401	0,955046	0,83322
Çukurova Üniversitesi	0,828342	0,938742	0,88354
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	0,869695	0,913030	0,89136
Karadeniz Teknik Üniversitesi	0,735083	0,938651	0,83687
Atatürk Üniversitesi	0,786359	0,936682	0,86152
İnönü Üniversitesi	0,805432	0,928732	0,86708
Fırat Üniversitesi	0,827531	0,912518	0,87002
Dicle Üniversitesi	0,728560	0,880139	0,80435
Yüzüncü Yıl Üniversitesi	0,639067	0,890589	0,76483
Gaziantep Üniversitesi	0,917085	0,868768	0,89293
Harran Üniversitesi	0,831378	0,888467	0,85992
Süleyman Demirel Üniversitesi	0,796395	0,826656	0,81153
Adnan Menderes Üniversitesi	0,641197	0,934159	0,78768
Zonguldak Karaelmas Üniversitesi	0,848966	0,927354	0,88816
Mersin Üniversitesi	0,706351	0,917708	0,81203
Pamukkale Üniversitesi	0,841917	0,940777	0,89135
Balıkesir Üniversitesi	0,589856	0,776648	0,68325
Sakarya Üniversitesi	0,465375	0,944987	0,70518
Celal Bayar Üniversitesi	0,703291	0,953740	0,82852
Abant İzzet Baysal Üniversitesi	0,793712	0,920813	0,85726
Afyon Kocatepe Üniversitesi	0,759102	0,902063	0,83058
Çanakkale 18 Mart Üniversitesi	0,767287	0,953910	0,86060
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	0,838871	0,915339	0,87711
Osmangazi Üniversitesi	0,777189	0,880539	0,82886



Şekil 4.1. Sonuçların genel değerlendirilmesine ilişkin grafik

Elde edilen ortalama teknik etkinlik skorlarına göre üniversiteler Çizelge 4.8.'de sıralanmıştır.

Çizelge 4.8. Üniversitelerin ortalama etkinlik skorlarına göre sıra değerleri

ÜNİVERSİTE	E.Skoru	Rank	ÜNİVERSİTE	E.Skoru	Rank
Ortadoğu Teknik Üniversitesi	0,94906	1	Trakya Üniversitesi	0,86066	21
Gazi Üniversitesi	0,93981	2	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi	0,86060	22
Hacettepe Üniversitesi	0,93926	3	Harran Üniversitesi	0,85992	23
Boğaziçi Üniversitesi	0,92459	4	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	0,85726	24
Ankara Üniversitesi	0,92390	5	Yıldız Teknik Üniversitesi	0,84846	25
İstanbul Üniversitesi	0,90863	6	Karadeniz Teknik Üniversitesi	0,83687	26
İstanbul Teknik Üniversitesi	0,89675	7	Cumhuriyet Üniversitesi	0,83322	27
Gaziantep Üniversitesi	0,89293	8	Selçuk Üniversitesi	0,83094	28
Erciyes Üniversitesi	0,89168	9	Afyon Kocatepe Üniversitesi	0,83058	29
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	0,89136	10	Osmangazi Üniversitesi	0,82886	30
Pamukkale Üniversitesi	0,89135	11	Celal Bayar Üniversitesi	0,82852	31
Bülent Ecevit Üniversitesi	0,88816	12	Akdeniz Üniversitesi	0,82546	32
Çukurova Üniversitesi	0,88354	13	Mersin Üniversitesi	0,81203	33
K. Sütçü İmam Üniversitesi	0,87711	14	Süleyman Demirel Üniversitesi	0,81153	34
Dokuz Eylül Üniversitesi	0,87425	15	Dicle Üniversitesi	0,80435	35
Ege Üniversitesi	0,87325	16	Adnan Menderes Üniversitesi	0,78768	36
Uludağ Üniversitesi	0,87053	17	Yüzüncü Yıl Üniversitesi	0,76483	37
Fırat Üniversitesi	0,87002	18	Marmara Üniversitesi	0,74681	38
İnönü Üniversitesi	0,86708	19	Sakarya Üniversitesi	0,70518	39
Atatürk Üniversitesi	0,86152	20	Balıkesir Üniversitesi	0,68325	40

Her iki performans modeli dikkate alınarak elde edilen ortalama etkinlik skorlarına göre söz konusu 40 kamu üniversitesinden teknik etkinlik skoru en yüksek olan ilk üç üniversite sırasıyla Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Gazi Üniversitesi ve Hacettepe Üniversitesi iken, teknik etkinlik skoru en düşük olan üniversite Balıkesir Üniversitesi olarak tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Hazırlanan tez çalışmasında stokastik sınır analizi yöntemi tanıtılmış ve yöntemle ilgili temel kavramlar verilmiştir. Yapılan uygulama çalışmasında Türkiye'deki 40 kamu üniversitesinin 2008 yılı verileri kullanılarak performansları belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında söz konusu üniversitelerin performanslarının ölçümü için iki ayrı model oluşturulmuştur. İlk model, yayın performansı modeli olarak adlandırılmıştır. Çıktı değişkeni olarak üniversitelerin 2008 yılı içinde gerçekleştirdiği net yayın sayıları alınmıştır. Girdi değişkeni olarak ise öğretim elamanı sayıları ve lisansüstü öğrenci sayıları alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yayın performansı bakımından en etkin üniversite Ortadoğu Teknik Üniversitesi olarak belirlenmişken teknik etkinlik değeri en düşük olan üniversite Sakarya Üniversitesi olarak bulunmuştur. Oluşturulan ilk model için ortalama teknik etkinlik skoru 0,7873 olarak bulunmuştur. Oluşturulan ikinci model ise, eğitim performansı modeli olarak adlandırılmıştır. Çıktı değişkeni olarak mezun öğrenci sayıları alınırken, girdi değişkeni olarak ise öğretim elamanı sayıları ve lisans öğrenci sayıları alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre eğitim performansı bakımından en etkin üniversite Hacettepe Üniversitesi olarak belirlenirken, teknik etkinlik değeri en düşük olan üniversite Balıkesir Üniversitesi olarak bulunmuştur. Oluşturulan ikinci model için ortalama teknik etkinlik skoru 0,9193 olarak hesaplanmıştır. Üniversitelerin ortalama teknik etkinlik skorlarına bakıldığında eğitim performanslarının yayın performanslarına oranla daha yüksek olduğu gözlenmektedir.

Analizin ikinci adımında her bir üniversite için oluşturulan modellerden elde edilen teknik etkinlik skorlarının ortalamaları alınarak her bir üniversite için genel bir etkinlik skoru elde edilmiştir. Buna göre teknik etkinlik skoru en yüksek olan üniversite Ortadoğu Teknik Üniversitesi olurken en düşük teknik etkinliğe sahip üniversite Balıkesir Üniversitesi olarak bulunmuştur.

URAP tarafından 2009 yılında belirlenen dokuz kritere göre Türkiye'deki üniversiteler sıralanmıştır. Farklı kategorilere göre yapılan sıralamalardan, 2000 yılı öncesinde kurulan üniversiteler için yapılan sıralama dikkate alınmıştır. Bu sıralamada, tez çalışmasında karar verme birimi olarak ele alınan üniversiteler belirlenmiş ve Spearman sıra korelasyon katsayısı 0,651 olarak hesaplanmıştır ( $p < 0.01$ ). Her iki değerlendirmede de ilk 10'a giren üniversitelerin büyük ölçüde aynı olduğu gözlenmiştir. Sakarya ve Balıkesir Üniversiteleri ise her iki sıralamada da son sırada yer almışlardır.

Üniversitelerin fakülteler bazında sıralanması daha güvenilir sonuçların elde edilmesini sağlayabilir. Örneğin, bünyesinde tıp fakültesi bulunan üniversitelerin yayın sayıları daha fazla olacaktır. Bu durum tıp fakültesi bulunmayan üniversitelerin aleyhine olabilir. Bu nedenle tıp fakültesi bulunan ve bulunmayan üniversitelerin ayrı ayrı değerlendirilmesi daha geçerli bilgilerin elde edilmesi bakımından yararlı olabilir.

## KAYNAKLAR

1. Şahin, H., “Currency substitution in Turkey”, *Working paper, Faculty of Political Science Research Center For Development & Society, Ankara*, 39: (2002).
2. Özcan, A. İ., ANIL, N. K., “Manisa’daki meslek yüksekokullarının verimlilik ölçümü”, *Review of Social, Economic & Business Studies*, 7/8: 349-358 (2005-2006).
3. Yarlıkaş, S., “2006 Dünya kupası futbol takımlarının stokastik sınır analizi ile performans değerlendirmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007).
4. Kutlar, A., Güçlü, A., Karagöz, Y., “Cumhuriyet Üniversitesi Fakültelerinin Performans Değerlendirmesi”, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5(2): 139 (2004).
5. Kopmans, T.C. , ”An analysis of production as an efficient combination of activities” , Activity Analysis of Production and Allocation, *Cowles Commission for Research in Economicsö Monograph*, 13, John Wiley and Sons Inc, New York, (1951).
6. Oruç, K. O., “Veri zarflama analizi ile bulanık ortamda etkinlik ölçümleri ve üniversitelerde bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Isparta, (2008).
7. Yolalan, R., “İşletmeler arası göreceli etkinlik ölçümü” , *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*, 483: (1993).
8. Gülen, K. G., “İşletme performans ölçüm teknikleri ve çimento sanayi uygulaması”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, (1994).
9. Berger, A., Humphrey, D., “Efficiency of financial institutions : international survey and directions for research”, *European Journal of Operational Research*, 98: (1997)
10. Bal, H., Örkçü, H. H., “Combining the discriminant analysis and the data envelopment analysis in view of multiple criteria decision making: A new model”, *Gazi University Journ of Science*, 18(3):355-364 (2005).
11. Charnes, A. and Cooper, W.W., “Programming With Linear Fractional Functionals”, *Naval Research Logistics Quarterly*, 9: 3-4 (1962).
12. Yeşilyurt, C., Alan, M. A., “ Fen liselerinin 2002 yılı göreceli etkinliğinin veri zarflama analizi yöntemi ile ölçülmesi”, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(2): (2003).

13. Hays, W.L., "Statistics for the Social Sciences", Newyork, 676: (1973).
14. Lim, D. J., "A comparative study of performance measurement in Korean local governments using data envelopment analysis and stochastic frontier analysis", Doktora Tezi, **Presented to the Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Arlington in Partial Fulfillment of the Requirements**, Texas, (2007).
15. Yalçın, K., Atan, M., Kayacan, M., Boztosun, D., "İMKB 30 endeksinde etkinlik analizi ile hisse senedi seçimi", **I.Uluslararası Manas Üniversitesi Ekonomi Konferansı**, Kırgızistan, 530 – 532(2004).
16. Aigner, D. J., Chu, S. F., "On Estimating the Industry Production Function", **American Economic Review**, 58: 826-839 (1968).
17. Kumbhakar S. C., Lovell C. A. K., "Stochastic Frontier Analysis", **Cambridge University Press**, (2000).
18. Afriat, S. N., "Efficiency Estimation of Production Functions", **International Economic Review**, 13: 568-598 (1972).
19. Richmond, J., "Estimating the Efficiency of Production", **International Economic Review**, 15: 515-521 (1974).
20. Aigner, D. J., Lovell, C. A. K., Schmidt, P., "Stochastic Frontier Production Function Models", **Journal of Econometrics**, 6: 21-37 (1977).
21. Meeusen, W., van den Broeck, J., "Efficiency estimation from cobb- douglas production functions with composed error", **International Economic Review**, 18: 435-444 (1977).
22. Şahinler, H. E., "Etkinlik analizlerine alternatif bir yaklaşım: stokastik sınır analizi ve örnek bir uygulama", Yüksek Lisans Tezi, **Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimler Enstitüsü**, Ankara, (2006).
23. Stevenson, R. E., "Likelihood functions for generalised stochastic frontier estimation", **Journal of Econometrics**, 13: 57-66 (1980).
24. Greene, W. H., "A Gamma-distributed Stochastic Frontier Model", **Journal of Econometrics**, 46: 141-164 (1990).
25. Kumbhakar S. C., Lovell C. A. K., **Stochastic Frontier Analysis**, **Cambridge University Press**, 2000.
26. Ritter, C., Simar, L., "Pitfalls of normal-gamma stochastic frontier models", **Journal of Productivity Analysis**, 8(2):167–182 (1997).
27. Gabrielsen, A., "On Estimating Efficient Production Functions Working Paper", **Chr. Michelsen Institute, Department of Humanities and Social Sciences**, Bergen, Norway, 35: (1975).

28. Coelli, J. T., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., Battese, G. E., "Stochastic frontier analysis", A Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, *Springer*, United States of America, 241-261(2005).
29. Battese, G. E, Corra, G. S., "Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia", *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21: 169-179 (1977).
30. Christensen, L. R., Jorganson, D. W., Lau, L. J., "Transcendental logarithmic utility functions", *The American Economic Review*, 65(3):367-383(1975).
31. Battese, G. E., Coelli, T. J., "Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India", *Journal of Productivity Analysis*, 3: 153-169 (1992).
32. Coelli, T. J., "A Guide to FRONTIER Version 4.1: A computer program for frontier production function estimation", *CEPA Working Paper 96/07*, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, 3-24 (1996).
33. Tutulmaz, O., "Ulaştırma sektörü ve Türk havayolu ulaştırmasında stokastik sınır yöntemiyle etkinlik analizi", Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, (2005).
34. Battese, G. E., Coelli, T. J., "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production for panel data", *Empirical Economics*, 20: 325-332 (1995).
35. Jondrow, J., Lovell, C. A. K, Materov, I. S., Schmidt, P., "On estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model", *Journal of Econometrics*, 19: 233-238 (1982).
36. Horrace, W.C., Schmidt, P., "Confidence statements for efficiency estimates from stochastic frontier models", *Journal of Productivity Analysis*, 7: 257-282 (1996).
37. Battese, G. E., Coelli, T.J., "Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalised frontier production function and panel data", *Journal of Econometrics*, 38: 387-399 (1988).
38. Coelli, T. J., "Estimators and hypothesis tests for a stochastic frontier function: a monte carlo analysis", *Journal of Productivity Analysis*, 6:247-268 (1995).
39. Gülcü, A., Coşkun, A., Yeşilyurt, C., Coşkun, S., Esener, T., "Cumhuriyet Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi'nin veri zarflama analizi yöntemiyle göreceli etkinlik analizi", *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5 (2): 87 (2004).
40. Kutlar, A., Babacan, A., "Türkiye'deki kamu üniversitelerinde CCR etkinliği-ölçek etkinliği analizi: DEA tekniği uygulaması", *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15: 148-172 (2008).

41. Oruç, K. O., Güngör, İ., Demiral, M. F., “ Üniversitelerin etkinlik ölçümünde bulanık veri zarflama analizi uygulaması”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22: 279-294 (2009).
42. Abbott, M., Doucouliagos, C., “The efficiency of Australian universities: A data envelopment analysis”, *Economics of Education Review*, 22: 89-97 (2003).
43. Önel, A., Saatçioğlu, Ö., Trend analysis and regression modelling for the assessment of research performance at a Turkish university”, *Transactions on Operational Research*, 7(1): 1-12(1995).
44. Sarıca, S., “Üniversitelerin performansa göre yönetimi için veri zarflama analizi tabanlı bir karar destek sisteminin tasarımı ve geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, (2007).
45. Baysal, M. E., Alçılar, B., Çerçioğlu, H., Toklu, B., “Türkiye’deki devlet üniversitelerinin 2004 yılı performanslarının, veri zarflama analizi yöntemiyle belirlenip buna göre 2005 yılı bütçe tahsislerinin yapılması”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): (2005).
46. Avkıran, N. K., “Investigating technical and scale efficiencies of Australian Universities through data envelopment analysis”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 35: 57-80(2001).
47. Flegg, A.T., Allen, D.O., Field, K., Thurlow, T.W., “Measuring the efficiency of British Universities: a multi period data envelopment analysis” *Education Economics*, 12: 231-239 (2004).
48. Fandel, G., “On the performance of universities in North Rhine Westphalia Germany: government’s redistribution of funds judged using DEA efficiency measures”, *European Journal of Operational Research*, 176: 521-533 (2007).
49. Johnes, J., “Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education”, *Economics of Education Review*, 25: 273–288 (2006).
50. Rhodes, E.L., Southwick, L., “Determinants of efficiency in public and private universities”, *Working paper, School of Environmental and Public Affairs, Indiana University, Bloomington*, (1986).
51. Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A., Barbooy, A., “Academic departments efficiency via DEA”, *Computers and Operations Research*, 21: 543-556 (1994).
52. Giménez, V. M., Martínez J. L., “Cost efficiency in the university: A departmental evaluation model”, *Economics of Education Review*, 25(5): 543-553(2006).

53. Kuah, C. T., Wong, K. Y., “Efficiency assessment of universities through data envelopment analysis”, *Procedia Computer Science*, 3: 499-506(2011).
54. NG, Y. C., LI, S., “Efficiency and productivity growth in Chinese universities during the post-reform period”, *China Economic Review*, 20(2): 183-192(2009).
55. Li, G., “Output efficiency evaluation of university human resource based on DEA”, *Procedia Engineering*, 15:4707-4711(2011).
56. Worthington, A. C., Lee, B., “Efficiency, technology and productivity change in Australian universities, 1998-2003”, *Economics of Education Review*, 27: 285-298 (2008).
57. Katharaki, M., Katharakis, G., “A comparative assessment of Greek universities’ efficiency using quantitative analysis”, *International Journal of Educational Research*, 49(4-5): 115-128(2010).
58. Abramo, G., Cicero, T., D'Angelo, C. A., “A field-standardized application of DEA to national-scale research assessment of universities”, *Journal of Informetrics*, 1(5): 618-628 (2011).
59. Ruggiero, J., “Efficiency estimation and error decomposition in the stochastic frontier model: A Monte Carlo analysis”, *European Journal of Operational Research*, 115: 555-563 (1999).
60. Horne, J., Hu, B., “Estimation of cost efficiency of Australian universities”, *Mathematics and Computers in Simulation*, 78(2-3): 266-275(2008).
61. Çelik, O., Ecer, A., “Efficiency in accounting education: evidence from Turkish universities”, *Critical Perspectives on Accounting*, 20(5): 614-634(2009).

**EKLER**

## EK-1 Yayın Etkinliği Modeli

Output from the program FRONTIER (Version 4.1c)

instruction file = terminal

data file = dn31-dta.txt

Error Components Frontier (see B&amp;C 1992)

The model is a production function

The dependent variable is logged

the ols estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	-0.51190132E+00	0.14861739E+00	-0.34444240E+01
beta 1	0.10223765E+01	0.16421816E+00	0.62257211E+01
beta 2	-0.20359483E-01	0.10562678E+00	-0.19274925E+00
sigma-squared	0.84777028E-01		

log likelihood function = -0.58436961E+01

## EK-1 (Devam) Yayın Etkinliği Modeli

the estimates after the grid search were :

beta 0    -0.28576930E+00  
 beta 1    0.10223765E+01  
 beta 2    -0.20359483E-01  
 sigma-squared 0.12955444E+00  
 gamma    0.62000000E+00  
 mu is restricted to be zero  
 eta is restricted to be zero

iteration = 0 func evals = 20 llf = -0.56132605E+01

-0.28576930E+00 0.10223765E+01 -0.20359483E-01 0.12955444E+00 0.62000000E+00

gradient step

iteration = 5 func evals = 51 llf = -0.54441255E+01

-0.34724932E+00 0.92508059E+00 0.44566809E-01 0.14156782E+00 0.71448134E+00

iteration = 10 func evals = 132 llf = -0.54414789E+01

-0.34495744E+00 0.92266620E+00 0.46350860E-01 0.14552046E+00 0.72412436E+00

the final mle estimates are :

coefficient    standard-error    t-ratio

## EK-1 (Devam) Yayın Etkinliği Modeli

beta 0    -0.34495744E+00  0.13744512E+00 -0.25097831E+01  
 beta 1     0.92266620E+00  0.17198726E+00  0.53647358E+01  
 beta 2     0.46350860E+00  0.11207482E+00  0.41357067E+01  
 sigma-squared 0.14552046E+00 0.61826275E-01 0.23536993E+01  
 gamma     0.72412436E+00 0.25589118E+00 0.28298137E+01  
 mu is restricted to be zero  
 eta is restricted to be zero

log likelihood function = -0.54414789E+01

LR test of the one-sided error = 0.80443448E+02

with number of restrictions = 1

[note that this statistic has a mixed chi-square distribution]

number of iterations = 10

(maximum number of iterations set at : 100)

number of cross-sections = 40

number of time periods = 1

total number of observations = 40

## EK-1 (Devam) Yayın Etkinliği Modeli

thus there are: 0 obsns not in the panel

covariance matrix :

```

0.18891162E-01 0.17690917E-01 -0.11338959E-01 0.13560452E-02 0.27180904E-02
0.17690917E-01 0.29579617E-01 -0.17286120E-01 -0.43262269E-02 -0.21966973E-01
-0.11338959E-01 -0.17286120E-01 0.12560766E-01 0.28436935E-02 0.14438395E-01
0.13560452E-02 -0.43262269E-02 0.28436935E-02 0.38224882E-02 0.13391059E-01
0.27180904E-02 -0.21966973E-01 0.14438395E-01 0.13391059E-01 0.65480294E-01

```

technical efficiency estimates :

firm	eff.-est.
1	0.88751337E+00
2	0.92787176E+00
3	0.90587974E+00
4	0.91513124E+00
5	0.86763456E+00

## EK-1 (Devam) Yayın Etkinliği Modeli

6	0.83042446E+00
7	0.88397161E+00
8	0.55293837E+00
9	0.81243388E+00
10	0.83135790E+00
11	0.82700762E+00
12	0.80954041E+00
13	0.80189793E+00
14	0.82895770E+00
15	0.74941997E+00
16	0.85109221E+00
17	0.71140135E+00
18	0.82834219E+00
19	0.86969518E+00
20	0.73508327E+00
21	0.78635905E+00
22	0.80543224E+00
23	0.82753091E+00
24	0.72856034E+00
25	0.63906660E+00
26	0.91708456E+00
27	0.83137797E+00
28	0.79639526E+00
29	0.64119689E+00

## EK-1 (Devam) Yayın Etkinliği Modeli

30	0.84896633E+00
31	0.70635094E+00
32	0.84191706E+00
33	0.58985555E+00
34	0.46537517E+00
35	0.70329055E+00
36	0.79371196E+00
37	0.75910224E+00
38	0.76728745E+00
39	0.83887114E+00
40	0.77718918E+00

mean efficiency = 0.78731290E+00

## EK-2 Eğitim Etkinliği Modeli

Output from the program FRONTIER (Version 4.1c)

instruction file = terminal

data file = dn31-dta.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	0.97760378E+00	0.67684118E-01	0.14443622E+02
beta 1	0.24968730E+01	0.64841217E+00	0.38507497E+01
beta 2	0.14958213E+00	0.55118838E-01	0.27138113E+01
sigma-squared	0.98953938E-02		

log likelihood function = 0.37115409E+02

## EK-2 (Devam) Eğitim Etkinliği Modeli

the estimates after the grid search were :

beta 0 0.10429799E+01

beta 1 0.24968730E+01

beta 2 0.14958213E+00

sigma-squared 0.13427273E-01

gamma 0.50000000E+00

mu is restricted to be zero

eta is restricted to be zero

iteration = 0 func evals = 20 llf = 0.37209165E+02

0.10429799E+01 0.24968730E+01 0.14958213E+00 0.13427273E-01 0.50000000E+00

gradient step

iteration = 5 func evals = 47 llf = 0.37345349E+02

0.10956804E+01 0.21342007E+01 0.15714744E+00 0.15548707E-01 0.67905094E+00

iteration = 10 func evals = 131 llf = 0.37362381E+02

0.11038717E+01 0.20988206E+01 0.15704379E+00 0.16694241E-01 0.70472912E+00

iteration = 11 func evals = 134 llf = 0.37362381E+02

0.11038717E+01 0.20988206E+01 0.15704379E+00 0.16694241E-01 0.70472912E+00

the final mle estimates are :

coefficient standard-error t-ratio

## EK-2 (Devam) Eğitim Etkinliği Modeli

beta 0      0.11038717E+01 0.10532661E+00 0.10480463E+02  
 beta 1      0.20988206E+01 0.67830996E+00 0.30941910E+01  
 beta 2      0.15704379E+00 0.52149320E-01 0.30114255E+01  
 sigma-squared 0.16694241E-01 0.89060161E-02 0.18744903E+01  
 gamma      0.70472912E+00 0.38223149E+00 0.28437233E+01  
 mu is restricted to be zero  
 eta is restricted to be zero

log likelihood function = 0.37362381E+02

LR test of the one-sided error = 0.49394523E+02

with number of restrictions = 1

[note that this statistic has a mixed chi-square distribution]

number of iterations = 11

(maximum number of iterations set at : 100)

number of cross-sections = 40

number of time periods = 1

total number of observations = 40

## EK-2 (Devam) Eğitim Etkinliği Modeli

thus there are: 0 obsns not in the panel

covariance matrix :

```

0.11093695E-01 -0.63679208E-01 0.15754151E-03 0.73450471E-03 0.34128614E-01
-0.63679208E-01 0.46010440E+00 -0.12279018E-01 -0.35212721E-02 -0.17294172E+00
0.15754151E-03 -0.12279018E-01 0.27195516E-02 0.52332132E-04 0.27224640E-02
0.73450471E-03 -0.35212721E-02 0.52332132E-04 0.79317123E-04 0.30603393E-02
0.34128614E-01 -0.17294172E+00 0.27224640E-02 0.30603393E-02 0.14610092E+00

```

technical efficiency estimates :

firm	eff.-est.
1	0.96029404E+00
2	0.97024432E+00
3	0.97264858E+00
4	0.96449491E+00
5	0.94962470E+00

## EK-2 (Devam) Eğitim Etkinliği Modeli

6	0.96306836E+00
7	0.96521092E+00
8	0.94068170E+00
9	0.88447710E+00
10	0.91514949E+00
11	0.92148508E+00
12	0.91178797E+00
13	0.93915423E+00
14	0.83291324E+00
15	0.90150500E+00
16	0.93226344E+00
17	0.95504585E+00
18	0.93874153E+00
19	0.91302957E+00
20	0.93865112E+00
21	0.93668212E+00
22	0.92873207E+00
23	0.91251765E+00
24	0.88013908E+00
25	0.89058898E+00
26	0.86876829E+00
27	0.88846720E+00
28	0.82665574E+00
29	0.93415886E+00

## EK-2 (Devam) Eğitim Etkinliği Modeli

30	0.92735364E+00
31	0.91770795E+00
32	0.94077689E+00
33	0.77664830E+00
34	0.94498733E+00
35	0.95373998E+00
36	0.92081338E+00
37	0.90206345E+00
38	0.95390999E+00
39	0.91533934E+00
40	0.88053921E+00

mean efficiency = 0.91927652E+00

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZGÜMÜŞ, Emel  
 Uyuşuğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 09.05.1986 Çayeli  
 Medeni hali : Bekar  
 Telefon : 0 (312) 596 13 27  
 e-mail : [ozgumus@ankara.edu.tr](mailto:ozgumus@ankara.edu.tr)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ İstatistik Bölümü	2008
Lise	Arhavi Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi	2004

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-2012	Ankara Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

- Özgümüş, E., Alp İ. , Kocabaő, Z., “Veri Zarflama Analizi ile Avrupa Ülkelerinin Hayvansal Üretim Etkinliğinin Ölçülmesi” 7.Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Adana, 2011.
- Albayrak, R. , Özgümüş, E., Özkan, M.M., Kocabaő, Z., “Normallikten Sapma ve Farklı Örnek Genişliklerinde Parametrik ve Parametrik Olmayan İlişki Ölçütlerinin I. Tip Hatası” 7.Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Adana, 2011.