

STOKASTİK SINIR ANALİZİ İLE HAVALİMANLARININ ETKİNLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ¹

Engin YALÇIN

Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Doktora Programı Öğrencisi,
enginyalcin@ankara.edu.tr

Makale Geliş Tarihi: 28.09.2017 Makale Kabul Tarihi: 10.01.2018

Öz

Bu çalışmada Türkiye’de faaliyet gösteren havalimanlarının etkinliği, Aigner, Lovell ve Schmidt (1977) ve Meeusen ve van den Broeck (1977) tarafından geliştirilen parametrik bir etkinlik ölçme yöntemi olan stokastik sınır analizi ile ölçülmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada Devlet Hava Meydanları İşletmesi istatistik yıllığından elde edilen veriler kullanılarak 2013, 2014 ve 2015 yılları analize tabi tutulmuştur. Çalışmada yolcu sayısı çıktı olarak kullanılırken ticari uçak sayısı, personel sayısı ve check-in kontuar sayısı girdi olarak kullanılmıştır.

İktisadi faaliyetler içerisinde üretim faaliyetlerini temsilen çeşitli fonksiyonlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada fonksiyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu için üretim fonksiyonlarından Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Cobb-Douglas fonksiyonu sonuçları, analiz edilen tüm yıllarda uçak sayısı ve personel sayısı parametre katsayıları istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koyarken check-in kontuar sayısı parametresinin ise analiz edilen hiçbir yılda anlamlı bulunmadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca incelenen tüm yıllarda Isparta Süleyman Demirel Havalimanı ilk sırada yer almıştır.

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

EFFICIENCY MEASUREMENT OF AIRPORTS IN TURKEY BY STOCHASTIC FRONTIER ANALYSIS

Abstract

In this study, efficiency measurement of Turkish airports is carried out by stochastic frontier analysis, a parametric efficiency measurement method introduced by Aigner, Lovell and Schmidt (1977) and Meeusen and van den Broeck (1977). The study is carried out for 2013, 2014 and 2015 data obtained by State Airports Management annual reports. In the study, the number of passenger is used as output while the number of commercial airliner; number of staff and number of check-in are used as inputs.

There are several economic functions used to represent the productive activity. In this study Cobb-Douglas production function is used out of production functions as it is statistically significant. Cobb-Douglas production function results present that commercial airliner number and staff number parameters are found statistically significant while check-in counter number parameter isn’t found statistically significant at any model analyzed. Isparta Süleyman Demirel Airport takes the first rank at every year analyzed.

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

¹ Bu çalışma Engin YALÇIN’ın yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

1. Giriş:

Günümüzde havacılık dünyada eskiye nazaran çok fazla gelişme göstermektedir. 2014 yılı verilerine göre dünyada 1402 havayolu şirketi, askeri bölgeler dahil 41788 uçuş alanı bulunmaktadır. Ayrıca 2015 yılında dünyada 3,57 milyar yolcu taşınmıştır. Havacılık sektörü dünya genelinde 62,7 milyon kişiye istihdam yaratmaktadır. Dünyada her gün 9,8 milyon yolcu havayolu ile ulaşımı tercih etmektedir. Ayrıca dünyada her gün 104 bin uçuş gerçekleşmekte ve 17,5 milyar dolarlık mal taşınmaktadır. Hava ulaşımı ile taşınan mallar hacim olarak ticaret hacminin %0,5'e karşılık gelirken değer olarak ticaret hacminin %34,6'sına denk gelmektedir. Havacılık sektörünün bir ülke olarak kabul edilse İsviçre ve İsveç ekonomileri kadar büyük olan yapısı sektörün ne denli gelişim kaydettiğini ve önemli bir noktaya geldiğini ortaya koymaktadır². Türkiye'deki duruma bakıldığında ise, dünyadaki gelişmeye paralel bir ilerleme görülmektedir. Türkiye'de inen kalkan toplam uçak sayısı 2002 yılında 376.041 iken 2015 yılında bu rakam 1.456.673 düzeyine ulaşmıştır. Yolcu sayısı 2002 yılında 33.755.452 iken bu rakam 2015 yılında bu rakam 181.074.531'e ulaşmıştır³. Bu sebeple bu büyük sektörün can damarları olan havalimanlarının etkinliğinin ölçülmesi büyük önem arz etmektedir.

Etkinlik ölçme yöntemleri temelde oran analizi, parametrik olmayan yöntemler ve parametrik yöntemler olmak üzere üç ana başlık altında ele alınmaktadır. Oran analizi etkinlik ölçümünde en fazla kullanılan yöntemlerden birisidir ve uygulaması oldukça basittir. Oran analizinin basitliği analiz tek girdi ve çıktıyla gerçekleştirilmesinden ve az bilgi gerektirmesinden kaynaklanmaktadır (Yeşilyurt ve Alan, 2003: 92). Oran analizi, performans değerlemede birçok eksikliği olmasına rağmen basitliği sebebiyle tek girdili ve tek çıktılı durumlar için en uygun yöntem olarak görülmektedir. Ancak mevcut değerlerin birbirine bölünmesiyle elde edildiğinden bir performans iyileştirmesinden ziyade durum tespiti özelliği göstermektedir (Gülcü, Yeşilyurt, Coşkun, Coşkun ve Esener, 2004: 93). Diğer etkinlik ölçme yöntemi ise parametrik olmayan yöntemlerdir. Parametrik olmayan yöntemler, doğrusal programlamaya dayalı olarak elde edilen etkinlik ölçütünün, etkinlik sınırına yakınlığını hesaplamaktadır. Ayrıca parametrik olmayan yöntemler, performans ölçümünde herhangi bir üretim fonksiyonuna ihtiyaç duymaması ve çoklu girdi ve çıktıyla çalışabilmesi bu yöntemlere avantaj katmaktadır (Özgümüş, 2012: 8). Diğer bir etkinlik ölçme başlığı ise parametrik yöntemlerdir. Parametrik yöntemler, fonksiyonel biçimi önceden bilinen bir sınırın parametrelerini tahmin edip sonrasında her bir gözlemin bu sınıra olan uzaklığını ölçen yöntemlerdir (Çakmak, Dudu ve Öcal 2008: 34). Parametrik yöntemlerde bir örneklem kümesi esas alınır ve bu kümede en iyi performansın regresyon doğrusu üzerinde olduğu

² ATAG (Air Transport Action Group), Aviation Benefits Beyond Borders 2016.

³ <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (Erişim Tarihi: 20.10.2016).

düşünülecek bu sınırdan sapma göstermeyen gözlemlerin etkin, sapma gösterenlerin ise etkin olmadığı ifade edilmektedir. Başarısızlıktan kastedilen aynı çıktı düzeyinde yüksek maliyet ya da aynı girdi düzeyinde düşük çıktı olduğudur ve üretilen birimlerin homojen oldukları varsayılmaktadır. Ayrıca parametrik yöntemler rassal hatanın olduğunu varsaymaktadır (Ekren ve Emiral, 2002: 3).

Stokastik sınır analizi parametrik etkinlik ölçme yöntemlerinden birisidir. Stokastik sınır analizi, sınır fonksiyonlarını tahmin etmek ve üretim etkinliğini ölçmek için kullanılan ekonometrik tabanlı bir etkinlik yöntemidir (Özgür, 2012: 17). Stokastik sınır analizi, parametrik yapıyla etkinliği incelenen birimleri teorik bir sınırla karşılaştırmaktadır. Stokastik sınır analizinin veri zarflama analizine göre en büyük avantajı modele rassal hataları dahil edebilmesidir (Atılğan, 2012: 2). Veri zarflamada analizinde rassal hata yer almadığından dolayı verilerdeki gürültü ayıklanamaz ve ölçmede problemler yaşanmaktadır (Özgümüş, 2012: 13).

Bu çalışmada Türkiye’de faaliyet gösteren havalimanlarının etkinliği parametrik bir etkinlik ölçme yöntemi olan stokastik sınır analizi ile ölçülmüştür. Çalışmanın ilk bölümünde analizin gerçekleştirildiği stokastik sınır analizi yöntemine ayrıntılı şekilde yer verilmiştir. Sonrasında havalimanı etkinliği ile ilgili gerçekleştirilmiş çalışmalara yer verildikten sonra, ilgili model kurularak Türkiye’deki havalimanlarının etkinliği stokastik sınır analizi yardımıyla gerçekleştirilip sonuçlar yorumlanmıştır.

Havalimanlarının etkinliğinin ölçümü için birçok neden bulunmaktadır. Bunların birkaçı şu şekilde sıralanabilir: Havalimanı yönetimleri rekabetçi ortamda kendi faaliyetlerini geliştirme adına etkinlik çalışmalarına ve kıyaslamalarına ihtiyaç duyarlar. Aynı şekilde belediyeler de kendi bölgelerine turist ve işletmeleri çekmek için etkin havalimanlarına ihtiyaç duyarlar. Diğer taraftan politikacılar kaynakların tahsisi konusunda ve havalimanlarının geliştirilmesi için gerek duyulan politikalar nedeniyle etkinlik kıyaslamalarına ihtiyaç duymaktadırlar. Bu sebeple etkin olan ve olmayan havalimanlarının belirlenmesi birçok kuruma ve yöneticiye rehber niteliğindedir. Ülkemizde ise bu kadar büyük ekonomiye sahip bir sektörün yeteri karar analiz edilmediği görülmektedir. Bu çalışmanın bu alandaki eksikliği gidermede pay sahibi olacağı düşünülmektedir.

Havalimanları Etkinliğine İlişkin Çalışmalar

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

Lin, Choo ve Oum (2013) çalışmalarında Kanada ve ABD’de faaliyet gösteren 62 adet havalimanının etkinliğini verimlilik endeksi, veri zarflama analizi ve stokastik sınır analizi yöntemleriyle analiz etmişlerdir. Modelde kullanılan değişkenler yolcu sayısı, uçak hareket sayısı, havacılık dışı gelir, çalışan sayısı ve inşaat maliyetleridir. Sonuçlar incelendiğinde uygulanan üç yöntemde ilk ve son 15 havalimanının etkinlik sonuçları birbirine yakın bir seyir izlerken, orta sıralardaki havaalanlarının etkinlik skorları kayda değer farklılıklar göstermiştir.

Tsekeris (2011) çalışmasında Yunanistan’da yer alan 39 adet havalimanının etkinliğini veri zarflama yöntemiyle analiz etmiştir. Çalışmada yolcu sayısı, kargo miktarı ve uçuş sayısı çıktı olarak kullanılırken çalışma saatleri, terminal alanı (m²) ve park alanı(m²) girdi olarak kullanılmıştır. Yunan havalimanlarının toplam etkinliğinin ortalama seviyesi optimum etkinlik seviyesinin yarısından biraz fazladır. Bu sonuç şu anda boşa harcanan kaynakların daha etkin kullanılabilmesi için uygun politikalara olan ihtiyaca vurgu yapmaktadır.

Scotti, Malighetti, Martini ve Volta (2010) çalışmalarında İtalya’daki 38 havalimanının 2005-2008 dönemindeki etkinliğini stokastik sınır analiziyle incelemişlerdir. Modelde iş yükü birimi çıktı olarak kullanılırken terminal kapasitesi, toplam uçak park etme yeri sayısı, check-in kontuar sayısı, bagaj teslim yeri sayısı ve yer hizmetleriyle ilgili olmayan personel sayısı girdi olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak mevsimsellik etkinlik üzerinde negatif bir etki yaratmıştır. Ayrıca yüksek rekabet ortamındaki havalimanlarının diğerlerine kıyasla daha az etkin olduğu belirlenmiştir.

Uygulama

Uygulamanın Amaç, Kapsam ve Yöntemi

Bu çalışmada, Devlet Hava Meydanları İşletmesi’nden elde edilen veriler kullanılarak havalimanlarının etkinliği stokastik sınır analizi kullanılarak ölçülmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada Türkiye’de faaliyet gösteren 55 havalimanından verilerine ulaşılabilen havalimanları analize tabi tutulmuştur. Çalışmada kullanılan veriler DHMİ’nin (Devlet Hava Meydanları İşletmesi) her yıl hazırladığı istatistik yıllığından elde edilmiştir. DHMİ istatistik yıllığından elde edilen veriler kullanılarak 2013, 2014 ve 2015 yıllarının havalimanı bazlı etkinliği stokastik sınır analizi kullanılarak elde edilmiştir. Etkinliklerin incelenmesinde Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan yararlanılmıştır. Stokastik sınır analizi modelinde bir çıktı kullanılabilirken birden fazla girdi kullanılabilir. Çalışmada her bir model 3 yıl için ayrı ayrı denenmiş ve Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun sonuçları hipotez testi sonucunda anlamlı bulunduğu için translog üretim fonksiyonu sonuçları paylaşılmamıştır. Böylece Cobb-Douglas üretim fonksiyonu sonuçları esas alınarak havalimanlarının etkinliği irdelenmiştir.

Çalışmada stokastik sınır analizi modellerinden hata bileşenleri modeli kullanılmıştır. Analiz edilen modellerde parametre tahminleri, gamma (γ) değerleri

ve havaalanlarının teknik etkinlik skorları Cobb-Douglas fonksiyonu kullanılarak bilgisayar programı yardımıyla elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Karar Verme Birimlerinin Belirlenmesi

Türkiye’de yer alan 55 sivil havalimanından DHMİ istatistiklerinde verilerine ulaşılabilen havalimanları analize tabi tutulmuştur. Analize tabi tutulan havalimanları yıllar itibarıyla farklılık göstermektedir. Uygulamada 2013 yılında 44, 2014 yılında 50, 2015 yılında 48 havalimanı analize tabi tutulmuştur. Analize tabi tutulan havalimanları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Karar Verme Birimleri

Havalimanları	Havalimanları
Adana Şakirpaşa Havalimanı	Kahramanmaraş Havalimanı
Adıyaman Havalimanı	Kapadokya Havalimanı
Ağrı Ahmed-i Hani Havalimanı	Kars Harakani Havalimanı
Amasya Merzifon Havalimanı	Kastamonu Havalimanı
Ankara Esenboğa Havalimanı	Kayseri Havalimanı
Antalya Havalimanı	Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı
Balıkesir Koca Seyit Havalimanı	Konya Havalimanı
Balıkesir Merkez Havalimanı	Malatya Havalimanı
Batman Havalimanı	Mardin Havalimanı
Bingöl Havalimanı	Muğla Dalaman Havalimanı
Bursa Yenişehir Havalimanı	Muğla Milas-Bodrum Havalimanı
Çanakkale Havalimanı	Muş Havalimanı
Denizli Çardak Havalimanı	Samsun Çarşamba Havalimanı
Diyarbakır Havalimanı	Siirt Havalimanı
Elazığ Havalimanı	Sinop Havalimanı
Erzincan Havalimanı	Sivas Nuri Demirağ Havalimanı
Erzurum Havalimanı	Şanlıurfa GAP Havalimanı
Eskişehir Anadolu Havalimanı	Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanı
Gaziantep Havalimanı	Tekirdağ Çorlu Havalimanı
Hatay Havalimanı	Tokat Havalimanı
İğdır Havalimanı	Trabzon Havalimanı
Isparta Süleyman Demirel Havalimanı	Uşak Havalimanı
İstanbul Atatürk Havalimanı	Van Ferit Melen Havalimanı
İzmir Adnan Menderes Havalimanı	Zafer Havalimanı
İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı	Zonguldak Çaycuma Havalimanı

Değişkenlerin Belirlenmesi

Modelde kullanılacak değişkenlerin belirlenmesi çok hassas ve sonuca etki edebilecek bir konudur. Dolayısıyla modele dâhil edilecek ve modelden çıkarılacak

değişkenlerin çok iyi bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Uygun olmayan bir değişkenin modelde yer alması hatalı etkinlik sıralamalarına yol açabilir.

Çalışmada kullanılan değişkenler belirlenirken literatürde havalimanları ile ilgili etkinlik ölçme çalışmalarında kullanılan değişkenler incelenmiş ve değişken seçimi Tovar ve Martín-Cejas (2010), Scotti (2011), Pavyluk (2010) çalışmaları esas alınarak belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan çıktı değişkeni aşağıda verilmiştir:

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

Çalışmada kullanılan girdi değişkenler aşağıda verilmiştir:

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

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

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

Havalimanlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Girdiler ve Çıktıya İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Yıl	Değişkenler	Min.	Maks.	Ortanca	Ortalama	Standart Sapma
2013	Yolcu Sayısı	2876	51.297.790	338.626	3110734.104	8674795.5
	Ticari Uçak Sayısı	85	385.998	2528	22049.5833	62635.9
	Personel Sayısı	15	1170	101.5	188.5625	264.9
	Check-in Kontuar Sayısı	1	320	12.5	30.16667	56.3
2014	Yolcu Sayısı	534	56.695.166	306200.5	3299907.84	9326088.8
	Ticari Uçak Sayısı	7	419897	2429	23091.26	66656
	Personel Sayısı	15	1149	93.5	172.96	227.3
	Check-in Kontuar Sayısı	1	320	13.5	31.7	56.5
2015	Yolcu Sayısı	286	61.332.124	352260.5	3164132.208	9625601.4
	Ticari Uçak Sayısı	3	446944	2758.5	21705.0833	68001
	Personel Sayısı	39	1129	101	174.5	222.6
	Check-in Kontuar Sayısı	1	352	13.5	31.5	60.3

Yöntem

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

Stokastik Sınır Analizi, Aigner, Lovell ve Schmidt (1977), Meeusen ve van den Broeck (1977) tarafından birbirinden bağımsız ve eş zamanlı olarak ortaya

atılmıştır. Jondrow, Lovell, Materov ve Schmidt (1982) hata terimini, etkinsizlik terimi ve rassal hata terimi olarak ayırtmıştır. Schmidt (1985) ve Fried, Schmidt ve Lovell(1993) etkinlik tahmin yöntemlerini iki kategoride ele almaktadır. Birincisi üretim fonksiyonlarının parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerle ele alınmasıken, ikincisi işletmenin üretim sınırından sapmasını ilgilendiren modelin stokastik ya da deterministik olmasıyla ilişkilidir. (Dudu, 2006, 46; Atılğan, 2012: 30).

Stokastik Üretim Sınır Fonksiyonu

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

$$\varepsilon_i = v_i - u_i \quad (1.2)$$

Bu eşitlikte y_i , i . karar biriminin çıktı miktarını; β , tahmin edilecek (Kx1) boyutlu girdi vektörü parametrelerini; x_i (K+1) boyutlu girdi satır vektörünü ifade etmektedir. Eşitlikte v_i ve u_i olmak üzere iki hata terimi bulunmaktadır. Stokastik üretim sınır modeli, ε_i 'nin u_i ve v_i 'den meydana gelen iki bağımsız değişkenden meydana geldiğini varsaymaktadır. v_i istatistiksel gürültüyü, ölçüm hatalarını, işletme kontrolü dışındaki rasgele faktörleri ve üretim fonksiyonuna katılmamış rasgele değişkenleri ifade etmektedir. u_i ise negatif olmayan, etkinsizliği temsil eden rasgele bir değişkendir (Coelli, Rao, O'Donnell ve Battese, 2005: 243).

Stokastik sınır analizinde en fazla uygulanan modellerden biri olan Cobb-Douglas formunda model aşağıdaki şekillerde ifade edilmektedir (Coelli, Rao, O'Donnell ve Battese, 2005: 243).

$$\ln y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i \quad (1.3)$$

$$y_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i) \quad (1.4)$$

$$y_i = \underbrace{\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i)}_{\text{Deterministik Bileşen}} * \underbrace{\exp(v_i)}_{\text{Rassal Hata}} * \underbrace{\exp(-u_i)}_{\text{Etkinsizlik}} \quad (1.5)$$

Deterministik Bileşen Rassal Hata Etkinsizlik

Eşitlik (1.3), (1.4) ve (1.5) stokastik üretim sınırının Cobb-Douglas formunda farklı ifade biçimlerini göstermektedir Coelli, Rao, O'Donnell ve Battese, 2005: 243).

Üretim fonksiyonunda etkinsizliğin olmadığı, üretim sınırında gerçekleşen ve etkin durumu tanımlayan çıktı aşağıdaki gibi gösterilebilir (Atılğan, 2012: 33):

$$y_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i) = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i) * \exp(u_i) \quad (1.6)$$

Teknik etkinlik ise; gözlenen çıktının üretilebilecek maksimum çıktı sınırına oranlaması olarak eşitlik (1.7)'de tanımlanmaktadır (Coelli, Rao, O'Donnell ve Battese, 2005: 243).

$$TE = y_i = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i)}{\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i)} = \exp(-u_i) \quad (1.7)$$

Stokastik Maliyet Sınır Fonksiyonu

Yukarıda anlatıldığı üzere stokastik üretim sınır fonksiyonunda hata teriminin ($v_i - u_i$) olduğu ifade edilmiştir. Stokastik üretim sınır fonksiyonu yerine maliyet fonksiyonu hesaplanmak istenirse hata teriminde ($v_i + u_i$) dönüşümü yapmak gerekmektedir. Bu durum etkinsizlik ölçümünün maliyet fonksiyonu üzerinden değerlendirildiğinde, etkinsizliğin firmanın maliyet sınırı üzerinde faaliyet göstermesinden kaynaklanmaktadır (Atılgan, 2012: 40).

Etkinliğin Ölçümünde Kullanılan Üretim Fonksiyonları

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

Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu

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

Cobb-Douglas üretim fonksiyonu doğrusal fonksiyonun logaritması alınarak elde edilmektedir. Stokastik sınır analizi için ortaya atılmış Cobb-Douglas üretim fonksiyonu eşitlik (1.8)'deki gibidir (Tutulmaz ve Şahin, 2014: 57).

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^N \beta_j x_{it} \quad (1.8)$$

Burada,

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

x_{it} : logaritmik girdi

β_i : Parametreler ($i=1, \dots, n$)

N : Girdi sayısını

ifade etmektedir.

Translog Üretim Fonksiyonu

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

Translog üretim fonksiyonu ilk olarak Christensen, Jorgensen ve Lau (1973) tarafından geliştirilmiştir (Işık ve Acar, 2006: 99). Translog üretim fonksiyonunun ölçeğe göre getiri veya ikame olanakları üzerinde hiçbir kısıtlamaya gitmemesi fonksiyona esneklik kazandırmıştır (Özgümüş, 2012: 29).

Translog üretim fonksiyonunda girdiler modele tek tek, birbirleriyle çarpılarak ve her birinin karesi alınarak girer. Translog üretim fonksiyonunda üç girdili bir model eşitlik (1.9)'teki gibi oluşturulmaktadır:

$$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(x_1) + \beta_2 \ln(x_2) + \beta_3 \ln(x_3) + \beta_4 \ln(x_1)^2 + \beta_5 \ln(x_2)^2 + \beta_6 \ln(x_3)^2 + \beta_7 \ln(x_1 \cdot x_2) + \beta_8 \ln(x_1 \cdot x_3) + \beta_9 \ln(x_2 \cdot x_3) \quad (1.9)$$

Stokastik sınır analizi için genelleştirilmiş translog üretim fonksiyonu ise eşitlik (1.10)'daki gibidir (Tutulmaz ve Şahin, 2014: 57):

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^N \beta_j x_{jit} + \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N \beta_{jk} x_{jit} x_{kit} \quad (1.10)$$

Burada,

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

x_{it} : logaritmik girdi

β_i : Parametreler (i=1,...,n)

N : Girdi sayısını

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

$$LR = -2\{\ln[(L_0)] - \ln[(L_A)]\} \quad (1.11)$$

Test istatistiğinde $\ln[(L_0)]$ boş hipotez altında log-olabilirlik değeri, $\ln[(L_A)]$ alternatif hipotez altındaki olabilirlik fonksiyonu değerleridir.

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

$$H_0: \lambda = 0 \quad (1.12)$$

$$H_A: \lambda > 0 \quad (1.13)$$

olarak kurulmaktadır. LR istatistiği, Kodde-Palm tablo değerinden büyük olduğunda H_0 hipotezi red edilir ve modelde istatistiksel olarak anlamlı bir teknik etkinsizlik vardır (Coelli, 1995: 252).

Bulgular

Uygun modelin seçimi için eşitlik (1.11)'de yer alan genelleştirilmiş olabilirlik testi kullanılmıştır. Analiz edilen tüm yıllarda, H_A reddedilip H_0 kabul edilmiştir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun kullanımı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sebeple translog üretim fonksiyonunun sonuçları paylaşılmamıştır.

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

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

tys = Ticari Yolcu Sayısı

us = Uçak Sayısı

ps = Personel Sayısı

cks = Check-in Kontuar Sayısı

β = Parametre katsayıları

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

2013 Yılı Sonuçları

2013 yılında verilerine ulaşılabilen 44 havalimanı analize tabi tutulmuştur. Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna ait katsayı değerleri ve katsayıların anlamlılığı Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3: 2013 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Analizi

Parametre	Boş	Katsayı	Standart.	t-değeri	P değeri
β_0	$H_0: \beta_0 = 0$	4,5351211	0.24523777	18.492751	$p < 0.0001^{***}$
β_1	$H_0: \beta_1 = 0$	1.2647501	0.075292608	16.797799	$p < 0.0001^{***}$
β_2	$H_0: \beta_2 = 0$	-0.37946961	0.12857791	-2.9512814	
β_3	$H_0: \beta_3 = 0$	0.033537654	0.061764402	0.54299326	$p < 0.29596$
σ^2		0.16931965	0.048705621	3.4763884	
γ		0.87480255	0.088812819		
LR		3.5481789			

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

Elde edilen analiz sonuçlarına göre ticari uçak sayısı (β_1) ve personel sayısı (β_2) 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı iken, check-in kontuar sayısı (β_3) istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. Ticari uçak sayısındaki %1'lik artış yolcu sayısında %1.26'lık bir artış meydana getirmektedir. Personel sayısındaki %1'lik artış

yolcu sayısında %0.37'lik bir azalış meydana getirmiştir. Check-in kontuar sayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunamadığı için yorumlanamamıştır.

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

2013 yılı için Cobb-Douglas modelinin etkinlik sonuçları, etkinlik sıralaması ve ortalama etkinlik sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4: 2013 yılı Cobb-Douglas Etkinlik Sonuçları

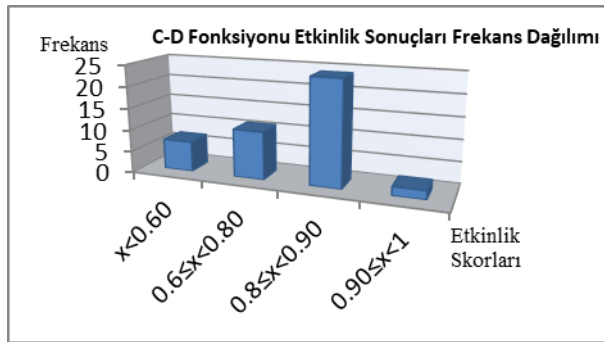
Etkinlik Sıralaması	Havalimanı İsmi	Havalimanı Etkinlik Skoru
1	Isparta Süleyman Demirel	0.9573
2	Erzurum	0.9048
3	Şırnak Şerafettin Elçi	0.8977
4	Muğla Dalaman	0.8925
5	Kastamonu	0.8831
6	Muş	0.8772
7	Bingöl	0.8654
8	Nevşehir Kapadokya	0.8639
9	Ağrı	0.8572
10	Erzincan	0.8542
11	Sivas Nuri Demirağ	0.8512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

Skolastik Sınır Analizi İle Havalimanlarının Etkinliklerinin Ölçülmesi: Türkiye Örneği

32	Batman	0.7316
33	Diyarbakır	0.7287
34	Çanakkale	0.7279
35	Hatay	0.7236
36	Kayseri	0.6575
37	Balıkesir Koca Seyit	0.6282
38	İstanbul Atatürk	0.5891
39	Tekirdağ Çorlu	0.5647
40	Bursa Yenişehir	0.4993
41	Balıkesir Merkez	0.4883
42	Kocaeli Cengiz Topel	0.4857
43	Tokat	0.4750
44	Siirt	0.3332
Ortalama Etkinlik Düzeyi		0.7650

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

2013 yılı için Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan elde edilen etkinlik sonuçlarının frekans dağılımı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. 2013 yılı Cobb-Douglas fonksiyonu etkinlik sonuçları frekans dağılımı

2014 Yılı Sonuçları

2014 yılında verilerine ulaşılabilen 50 havalimanı analize tabi tutulmuştur. Cobb -Douglas üretim fonksiyonuna ait katsayı değerleri ve katsayıların anlamlılığı Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. 2014 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Analizi

Parametre	Boş	Katsayı	Standart.	t-değeri	P değeri
β_0	$H_0 : \beta_0 = 0$	4.6318048	0.21247767	21.799019	$p < 0.00001$ ***
β_1	$H_0 : \beta_1 = 0$	1.1230354	0.051310885	21.886884	$p < 0.00001$ ***
β_2	$H_0 : \beta_2 = 0$	-0.10095115	0.046586855	-2.166944	$p < 0.020398$ ***
β_3	$H_0 : \beta_3 = 0$	-	0,052016198	-	$p < 0.275608$
σ^2		0.15130427	0.035847592		
γ		0.98773732	0.019872302		
LR		22.697648			

$p < 0.10$ (*)%10’a göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır.

$p < 0.05$ (**)%5’e göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır.

$p < 0.01$ (***)%1’e göre anlamlılık sınaması H_0 red edilir ve β parametresi anlamlıdır.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre ticari uçak sayısı $[(\beta)_1]$ 0.01 düzeyinde, personel sayısı $[(\beta)_2]$ 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunurken check-in kontuar sayısı $[(\beta)_3]$ anlamlı bulunamamıştır. Ticari uçak sayısındaki %1’lik artış toplam yolcu sayısında %1.12’lik artışa yol açacaktır. Personel sayısındaki %1’lik artış ise toplam yolcu sayısında %0.10’luk azalmaya sebep olacaktır. Check-in kontuar sayısı parametresi ise istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır.

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

2014 yılı için Cobb-Douglas modelinin etkinlik sonuçları, etkinlik sıralaması ve ortalama etkinlik sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6: 2014 yılı Cobb-Douglas Etkinlik Sonuçları

Etkinlik Sıralaması	Havalimanı İsmi	Havalimanı Etkinlik Skoru
1	Isparta Süleyman Demirel	0.9776
2	İğdır	0.9667

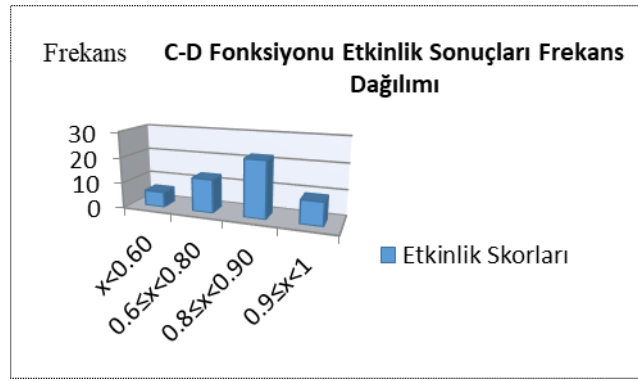
Skolastik Sınır Analizi İle Havalimanlarının Etkinliklerinin Ölçülmesi: Türkiye Örneği

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

2014 yılı Cobb-Douglas üretim fonksiyonu sonuçlarına göre en etkin havalimanı Isparta Süleyman Demirel olurken, Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nı sırasıyla Iğdır ve Muğla Dalaman Havalimanları izlemiştir. 2014 yılında

son üç sırada ise sırasıyla Tokat, Kocaeli Cengiz Topel ve Uşak Havalimanları yer almıştır. Son sıradaki Uşak Havalimanının etkinlik skoru ise 0.28'dir. Ortalama etkinlik düzeyi %78 olarak gerçekleşmiştir. 16 havalimanı ortalama etkinlik düzeyinin altında yer alırken, geri kalan 34 havalimanı ortalama etkinlik düzeyinin üstünde yer almışlardır.

2014 yılı için Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan elde edilen frekans dağılımına Şekil 2'de yer verilmiştir.



Şekil 2. 2014 yılı Cobb-Douglas üretim fonksiyonu etkinlik sonuçları frekans dağılımı

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

2015 Yılı Sonuçları

2015 yılında Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ile analize tabi tutulan 48 havalimanına ait katsayı değerleri ve katsayı değerlerinin anlamlılığı Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: 2015 yılı Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu Analizi

Parametre	Boş	Katsayı	Standart Hata	t-değeri	P değeri
β_0	$H_0 : \beta_0 = 0$	4.8880675	0.17138279	28.521344	$p < 0.00001$ ***
β_1	$H_0 : \beta_1 = 0$	1.0809274	0.021121881	51.175714	$p < 0.00001$ ***
β_2	$H_0 : \beta_2 = 0$	-0.098624905	0.050341506	1.9591171	$p < 0.28515$ **
β_3	$H_0 : \beta_3 = 0$	-	0.027405101	-	$p < 0.4289$
σ^2		0.063542688	0.014248302	44596674	
γ		0.99318263	0.0096340124	103.09128	
LR		18.637741			

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

2015 yılında Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan elde edilen sonuçlara göre, ticari uçak sayısı $[(\beta)_1]$ 0.01 düzeyinde, personel sayısı $[(\beta)_2]$ 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunurken check-in kontuar sayısı $[(\beta)_3]$ anlamlı bulunamamıştır. Ticari uçak sayısındaki %1'lik artış yolcu sayısında %1.08'lik artışa sebep olmaktadır. Personel sayısındaki %1'lik artış yolcu sayısında yaklaşık % 0.09'luk azalışa sebep olacaktır. Check-in kontuar sayısı parametresi anlamlı bulunamadığından yorumlanmamıştır. Modelde teknik etkisizliğin olup olmadığının test edilebilmesi için kullanılan LR test istatistiği değeri 18.63774 olarak bulunmuştur. Bu değer 0.05 anlamlılık düzeyinde tek kısıtlamalı Kodde Palm tablo değeri 2.71 değerinden büyük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmiştir. Modelde anlamlı bir teknik etkisizlik vardır. Modelde elde edilen gamma (γ) değeri yaklaşık 0.99'dur. Bunun anlamı ise, modeldeki artık varyansın %99'luk kısmının etkin olmama etkisi (u_i)'den geri kalan %1'lik kısım ise rassal hatalardan (v_i) kaynaklanmaktadır.

2015 yılı için Cobb-Douglas modelinin etkinlik sonuçları, etkinlik sıralaması ve ortalama etkinlik sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

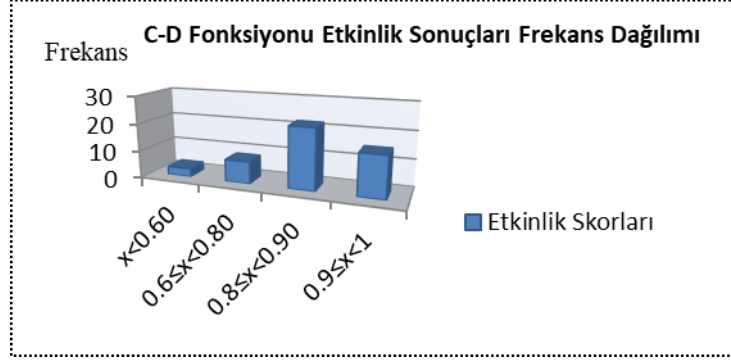
Tablo 8: 2015 yılı Cobb Douglas Etkinlik Sonuçları

Etkinlik Sıralaması	Havalimanı İsmi	Havalimanı Etkinlik Skoru
1	Isparta Süleyman Demirel	0.9878
2	Kars Harakani	0.9855
3	Erzurum	0.9716
4	Muğla Dalaman	0.9676
5	Ağrı Ahmed-i Hani	0.9626
6	Van Ferit Melen	0.9626
7	Muş	0.9606
8	Iğdır	0.9595
9	Balıkesir Merkez	0.9438
10	Batman	0.9426
11	Antalya	0.9426
12	Malatya	0.9365
13	Şırnak Şerafettin Elçi	0.9310
14	Elazığ	0.9170
15	İzmir Adnan Menderes	0.9003
16	Gaziantep	0.8834
17	Diyarbakır	0.8743
18	Sivas Nuri Demirağ	0.8725
19	Ordu-Giresun	0.8722
20	Mardin	0.8703
21	Muğla Milas-Bodrum	0.8664
22	Erzincan	0.8657
23	Amasya Merzifon	0.8643
24	Samsun Çarşamba	0.8606
25	Şanlıurfa GAP	0.8578

Engin YALÇIN

26	Trabzon	0.8539	
27	Bursa Yenişehir	0.8491	
28	Ankara Esenboğa	0.8487	
29	Sinop	0.8469	
30	Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	0.8395	
31	Konya	0.8349	
32	Kocaeli Cengiz Topel	0.8342	
33	Adana	0.8258	
34	Kapadokya	0.8166	
35	Denizli Çardak	0.8136	
36	Bingöl	0.8117	
37	Adıyaman	0.8049	
38	Kayseri	0.7926	
39	Kahramanmaraş	0.7775	
40	Hatay	0.7739	
41	Kastamonu	0.7431	
42	İstanbul Atatürk	0.7363	
43	Çanakkale	0.6904	20
44	Tekirdağ Çorlu	0.6702	15 yılı
45	Balıkesir Koca Seyit	0.6589	Cobb-
46	Uşak	0.5515	Douglas
47	Siirt	0.4743	üretim
48	Tokat	0.4607	fonksiyonu
Ortalama			sonuçların
Etkinlik Düzeyi		0.8389	a göre

Isparta Süleyman Demirel Havalimanı ilk sırayı alırken, Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nı sırasıyla Kars Harakani ve Erzurum Havalimanı izlemiştir. En etkin havalimanı olan Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nın etkinlik skoru % 98 olarak gerçekleşmiştir. Son üç sırada ise sırasıyla Uşak, Siirt ve Tokat Havalimanları yer almıştır. Son sırada yer alan Tokat Havalimanı'nın etkinlik skoru %46'dır. 2015 yılı ortalama etkinlik düzeyi ise % 83 olarak gerçekleşmiştir. 18 havalimanı ortalama etkinlik seviyesinin altında iken geri kalan 30 havalimanı ortalama etkinlik seviyesinin üzerinde yer almıştır. 2015 yılı Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun etkinlik sonuçlarının frekans dağılımı Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. 2015 yılı Cobb-Douglas üretim fonksiyonu etkinlik sonuçları frekans dağılımı

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

Sonuç ve Tartışma

Günümüzde performans kavramı hem bireyler hem de üretim gerçekleştiren birimler açısından çok önemli bir yere sahiptir. Bir işletmenin başarısı performans ölçümü ile belirlenmektedir. İşletmelerde performansın ölçülmesi, önceden koyulan hedeflere ne ölçüde varıldığını gösteren bir ölçüttür. Performans değerlendirmesi işletmelerdeki karar alıcıların doğru karar alabilmeleri ve bunun sonucu olarak başarılı olabilmeleri için büyük önem arz etmektedir. Bunların yanı sıra işletmenin yaptığı hataları ve eksiklikleri gidermesi, geleceğe yönelik hedeflerini daha gerçekçi temeller üzerine oturtması, hedeflere zamanında ulaşması vb. amaçlar için performans değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Ölçülemeyen bir olgunun saptanıp geliştirilmesi de mümkün olmayacağından performans göstergelerinin belirlenip değerlendirilmeye tabi tutulması büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada parametrik etkinlik ölçme yöntemlerinden olan stokastik sınır analizi kullanılarak havalimanlarının 2013-2015 dönemi etkinliğinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Çalışmada tek yıl yerine üç yıllık dönem kullanılmıştır. Tek yıl yerine birden fazla yıl performansının görülmesinin daha net bir gözlem imkânı sunacağı düşünülmektedir. Ayrıca çalışmada havalimanı sayısı yıllar itibarıyla yeni açılan havalimanları ve veri eksikliği sebebiyle farklılıklar göstermektedir. Bu sebeple panel veriyle çalışan Malmquist toplam faktör verimliliği, veri seti için uygun görünmemektedir. Çalışmada hipotez testi sonucunda Cobb-Douglas (C-D) üretim fonksiyonunun kullanılması uygun bulunmuştur. C-D üretim fonksiyonu incelendiğinde ticari uçak sayısında gerçekleşecek artışın yolcu sayısında artışa yol açacağı görülmektedir. Check-in kontuar sayısı parametresi istatistiksel olarak

anamlı bulunamadığından yorumlanamamıştır. Bu sonuç Scotti, Malighetti, Martini, Volta (2010) çalışmasıyla benzerlik göstermektedir.

Elde edilen etkinlik sonuçları irdelendiğinde incelenen bütün yıllarda C-D üretim fonksiyonunda Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nın ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Isparta Süleyman Demirel Havalimanı uçak başına düşen yolcu sayısı ile üst sıralarda kendine yer bulmaktadır. Isparta'nın son dönemdeki turizme vermiş olduğu önem göz önüne alındığında bu sonucun sürpriz olarak görülmemesi gerekmektedir. Isparta, gül ve lavanta üretimindeki başarısını turizme de yansıtmaya başlamıştır. Yapılan gül parkları ve gül festivalleri Uzak Doğulu turistlerin dikkatini çekmiş durumdadır. Bunlara ek olarak Antiocheia Antik Kenti'nin inanç turizmi açısından çok önemli bir yere sahip olması, Burdur halkının havalimanı ihtiyacını karşılaması vb. faktörler Isparta'yı ön plana çıkarmaktadır. Bunun yanı sıra Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın açıkladığı Türkiye'ye turist getiren uçaklara verdiği yakıt desteği listesine 2017 yılı için Isparta Süleyman Demirel Havalimanı'nı da dahil etmesi Isparta'nın mevcut turizm potansiyelinin devlet nezdinde de karşılık bulmaya başladığını göstermektedir. 2013 yılı sonuçlarında ikinci sırayı Erzurum Havalimanı'nın aldığı görülmektedir. Erzurum Havalimanı bir önceki yıla göre yolcu sayısını iç hatlarda %10, dış hatlarda ise %42 artırarak önemli bir başarı sağlamıştır. Bu başarının altında yatan sebep olarak Erzurum'un kış turizminde sağladığı ivme düşünülmektedir. Bir diğer etkin havalimanı Kars Harakani Havalimanı'dır. Kars Harakani Havalimanı'nın son yıllarda büyük gelişme kaydettiği görülmektedir. Özellikle 2013 yılında hizmete giren Doğu Anadolu'nun en büyük terminal binasıyla birlikte çok büyük önem kazanmıştır. Kars Harakani Havalimanı yalnızca Kars halkının değil ayrıca Ardahan'ın da havalimanı ihtiyacını karşılamaktadır. Son yıllarda etkinliğini artıran bir diğer havalimanı ise Iğdır Havalimanı'dır. Türkiye'nin en doğusunda yer alan havalimanı olan Iğdır Havalimanı, 2015 yılında şehir nüfusundan daha fazla insana hizmet vermiştir. Bu duruma şehrin büyükşehirlerle uzak coğrafi konumu ve komşu ülkelerden gelen yolcuların da diğer şehirlere seyahat etmesini sağlayarak bir üs vazifesi görmesinin neden olduğu düşünülmektedir.

Son sıralar incelendiğinde analiz sonuçlarına göre Uşak Havalimanı'nın 2014 ve 2015'de son sıralarda yer aldığı görülmektedir. Uşak Havalimanı faaliyete başlayıp talep yetersizliğinden kapatılmıştır. Sonrasında tekrar faaliyete başlayan havalimanında talep yetersizliği sorunundan dolayı uçuşlar iptal edilmiştir. Hem 2014 hem de 2015 sonuçları incelendiğinde Uşak Havalimanı'nın kapasitesini yeterli kullanmadığı görülmektedir. Aynı şekilde Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı'nın talep konusunda ciddi sıkıntılar yaşadığı görülmektedir. Bu duruma sebep olarak yöre halkının havalimanına rağbet etmemesi gösterilebilir. Ayrıca Kocaeli'nin İstanbul'a olan yakın mesafenin Kocaeli 'deki havalimanına negatif etki yaptığı düşünülmektedir. Etkin olmayan bir diğer havalimanı ise Siirt Havalimanı'dır. Siirt'teki uçak yolcularının büyük bir kısmı Siirt'te havalimanı olmasına rağmen Batman Havalimanı'nı kullanmaktadırlar. Bu duruma ise Batman Havalimanı'nın

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

Analiz sonuçlarına göre, İstanbul Atatürk, İstanbul Sabiha Gökçen, Ankara Esenboğa gibi büyük kapasiteli havalimanlarının etkinlik sıralanmasında orta sıralarda yer aldığı görülmektedir. Bu sonuç stokastik sınır analiziyle daha önce havalimanlarında gerçekleştirilmiş çalışmalarda elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Küçük ölçekli havalimanları, büyük ölçekli havalimanlarına kıyasla daha az uçakla ve personelle faaliyet gösterdiği için etkin olabilmeleri nispeten daha kolaydır. Ölçeği büyüyen havalimanlarının etkinlik sıralamasında daha üst sıralarda yer bulması zorlaşmaktadır. Aynı zamanda havalimanlarının İstanbul'a olan mesafesi arttıkça etkinliğin arttığı görülmektedir. Bu durum İstanbul'a olan mesafenin artmasıyla uçakla seyahatin ön plana çıkmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca küçük ölçekli havalimanlarının genel olarak daha etkin olduğu görülmektedir.

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

Kaynaklar

- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37.
- ATAG (Air Transport Action Group) (2016). Air Transport Action Group, Aviation Benefits Beyond Borders.
- Atılğan, E. (2012). Hastane Etkinliğinin Stokastik Sınır Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi: TC Sağlık Bakanlığı Hastaneleri için Bir Uygulama. Yayınlanmamış doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Çakmak, E. H. Dudu, H. & Öcal, N. (2008). Türk Tarım Sektöründe Etkinlik: Yöntem ve Hane halkı Düzeyinde Nicel Analiz. Ankara: TEPAV Yayınları.
- Coelli, T. J. (1995). Estimators and hypothesis tests for a stochastic frontier function: A monte carlo analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 6, 247-268.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. USA: Springer Science and Business Media.
- Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) (2013). 2013 İstatistik Yıllığı, Ankara.

Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI) (2014). 2014 İstatistik Yıllığı, Ankara.

Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI) (2015). 2015 İstatistik Yıllığı, Ankara.

Dudu, H. (2006). Efficiency in Turkish Agriculture: A Farm Household Level Analysis. Unpublished doctoral dissertation, Middle East Technical University, The Graduate School of Social Sciences, Ankara.

Ekren, N. & Emiral, F. (2002). Türk bankacılık sistemindeki etkinlik analizi veri zarflama analizi uygulaması. *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, 4(24), 1-32.

Fried, H. O., Schmidt, S. S., & Lovell, C. K. (1993). *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*. UK: Oxford University Press.

Gülcü, A., Coşkun, A., Yeşilyurt, C., Coşkun, S. & Esener, T. (2004). Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nin veri zarflama analizi yöntemiyle göreceli etkinlik analizi. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5, 87-104.

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

Işık, N. & Acar M. (2006). İmalat sanayi ve tekstil sektörü için Cobb Douglas, Ces ve Translog üretim fonksiyonlarının tahmini. *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 1(11), 91-109.

Jondrow, J., Lovell, C. A. K., Materov, I. S. & Schmidt, P. (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *Journal of Econometrics*. 19:233–238.

Kareem, M. A. (2015). Technical Efficiency of Cassava Production in the Savannah Zone of Northern Ghana; Stochastic Frontier Analysis. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Karkacier, O. & Yazgan, A. E. (2015). Veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümleri ve havalimanı işletmeciliği sektöründe bir uygulama. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7, 15-28.

Lawson, L. G., Bruun, J., Coelli, T., Agger, J. F., & Lund, M. (2004). Relationships of efficiency to reproductive disorders in Danish milk production: A stochastic frontier analysis. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 212-224.

Lin, Z. Choo, Y. & Oum, T. H. (2013). Efficiency benchmarking of North American Airports: Comparative Results of productivity index, data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Journal of the Transportation Research Forum*, 52, 47-67.

Meeusen, W., & van den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2). 435-444.

Özgümüş, E. (2012). Stokastik Sınır Analizi ile Üniversite Performanslarının Değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Özgür, I. (2012). Stokastik Sınır Analizi İle OECD Ülkelerinin Enerji Tabanlı Gelişmişlik Performanslarının Ölçülmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Pavlyuk, D. (2010). Spatial competition and cooperation effects on European airports' efficiency, Unpublished working paper. https://mpr.ub.uni-muenchen.de/25050/1/MPRA_paper_25050.pdf (Erişim tarihi: 09.01.2018)

Schmidt, P. (1985). Frontier Production Functions. *Econometric Review*, 4(2), 289-328.

Scotti, D. (2011). Measuring Airports' Technical Efficiency: Evidence from Italy. Unpublished Doctoral dissertation, University of Bergamo, Italy.

Scotti, D., Malighetti, P. Martini, G. & Volta, N. (2010). The impact of airport competition on technical efficiency: A Stochastic frontier analysis applied to Italian airport. *Journal of Air Transport Management*, 22, 1-30.

Tovar, B. & Martín-Cejas, R. R. (2010). Technical efficiency and productivity changes in Spanish airports: A parametric distance functions approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46, 249-260.

Tsekeris, T. (2011). Greek airports: Efficiency measurement and analysis of determinants. *Journal of Air Transport Management*, 17, 140-142.

Tutulmaz, O. & Şahin, H. (2014). Türk havayolu ulaştırmasının açılım dönemine yönelik teknik etkinlik analizi: Bir stokastik sınır yöntemi uygulaması. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18, 49-73.

Tutulmaz, O. (2012). Teknik etkinlik analizinde stokastik sınır yöntemi kullanımı üzerine bir değerlendirme. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5, 109-127.

Yarlıkaş, S. (2007). 2006 Dünya Kupası Futbol Takımlarının Stokastik Sınır Analizi ile Performans Değerlendirmesi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yeşilyurt, C. & Alan, M. A. (2003). Fen liselerinin 2002 yılı göreceli etkinliğinin veri zarflama analizi (VZA) yöntemi ile ölçülmesi. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4, 91-104.

EXTENDED ABSTRACT

1. Introduction

Efficiency is one of the most important issues for the firms. Because firms must realize their efficiency level among their rivals. Observing their performance among their rivals can enable them to ameliorate their efficiency level. In general, there are three main efficiency measurement methods: Ratio analysis, parametric methods, and non-parametric methods. Ratio analysis is an easy method but its disadvantage is that it can be only used when there is single input and output. However in real economy generally economic operations come true with multi input and output. In this case this method remains pathetic. Another efficiency

measurement method is non-parametric methods. The basic point of non-parametric methods is that it doesn't take into consideration the random effect. The third efficiency measurement method is parametric methods. Parametric methods are more accurate than non-parametric methods as it takes into the random effect. The most used parametric method is stochastic frontier analysis. Stochastic frontier analysis is a parametric method used to measure efficiency of decision making units.

There are lots of reasons to measure efficiency level of airports. Some of them can be lined up as follows: Airport managers need efficiency studies and comparisons in order to compete with their rival. By the same token municipalities also need efficiency measurement to attract tourists. On the other hand, policymakers need efficiency measurement to develop new strategies. Taking into consideration all these factors, efficiency measurement of airports is substantial issue for all circles. Literature review reveals that there has been a serious vacancy for airport efficiency in Turkey. Therefore it is expected that this study will contribute to fill this vacancy.

2. Method

Stochastic frontier analysis was firstly introduced by Aigner Lovell and Schmidt (1977), Meeusen and van den Broeck (1977). Then Jondrow, Lovell, Materov and Schmidt (1982) implemented the decomposition of the error term in a regression model into an inefficiency component and a random error component (Lawson, Bruun, Coelli, Agger, and Lund, 2004: 214). Stochastic frontier analysis is one of the parametric methods. Stochastic frontier analysis is an econometric method to measure frontier functions and production efficiency.

In this study, efficiency measurement of Turkish airports is carried out by stochastic frontier analysis, a parametric method. The study is carried out for 2013, 2014 and 2015 years. Data is obtained by State Airports Management annual reports. There are several economic functions used to represent the productive activity. Stochastic frontier analysis needs production functions to measure efficiency. There are a lot of production functions to measure the efficiency. The most used production functions are Cobb-Douglas and translog production functions. In this study Cobb-Douglas production function is used out of production functions in the wake of hypothesis test. Translog production function results aren't found significant statistically. That's why the results of translog production function results aren't shared. In this study, production oriented stochastic frontier analysis is used to measure efficiency as the purpose of the study is to test decision making units producing maximum output with minimum input. As stochastic frontier analysis depends on regression analysis there is only one output in the model. On the other hand, the selection variables is of utmost importance because an inappropriate variable may lead to wrong results. Therefore the variable selection for airport efficiency is carried out by depending on previous studies. In

the study, the number of passenger is used as output while number of commercial airliner; the number of staff and the number of check-in are used as inputs. Parameter coefficients about model, t values with regard to significance of coefficients and efficiency scores are obtained by computer program developed by Tim Coelli.

3. Results and Discussion

Cobb-Douglas production function results present that commercial airliner number and staff number parameters are found statistically significant while check-in counter number parameter isn't found statistically significant at any model analyzed. On the other hand, as the commercial airliner number increases the passenger number tends to go up. Another result of analysis is that as the staff number increases the passenger number decreases. Passengers have tended to use online channels for their transactions therefore the necessity for staff may have started to decline. Besides, analysis results illustrate that average efficiency level is high. This result shows that the analyzed sector operates efficiently. But the average efficiency level can be gone up roughly 20% percent by minimizing available input. Efficiency ranking of Turkish airports presents that Isparta Süleyman Demirel Airport takes the first rank at all years analyzed. If we investigate the success of Isparta Süleyman Demirel Airport, it can be said that Isparta has attracted foreign tourist with its natural beauties and it is the airport that produces maximum output with minimum input. It is observed that Uşak, Siirt, Tokat, Cengiz Topel Airports take the last ranks. It can be easily seen that they experience some interruptions during their operation period. In next studies, airport efficiency can be investigated using by different variables and analysis with panel data seems logical alternative.