

## ***Türk Havayolu Ulaştırmasının Açılım Dönemine Yönelik Teknik Etkinlik Analizi: Bir Stokastik Sınır Yöntemi Uygulaması<sup>1</sup>***

*Technical Efficiency Analysis over the Liberalization Period of the Turkish Air Transportation Case: A Stochastic Frontier Method Application*

Onur TUTULMAZ<sup>2</sup>

Hasan ŞAHİN<sup>3</sup>

### **ÖZET**

Etkinlik genel anlamda ideal seviyeye yaklaşma oranı olarak tanımlanabilir. Teknik etkinliğin fonksiyonlar üzerinden tanımlanması, onun performans ölçümlerinde sıkça kullanılmasına neden olmaktadır. Stokastik sınır yöntemi de, etkinlik ölçümlerinin ekonometrik yöntemlerle tahminini sağladığından oldukça ilgi görmüştür. Çalışmamızda, stokastik sınır yöntemi kullanılarak, Türk hava ulaştırmasına yönelik bir etkinlik analizi ele alınmaktadır. Ele alınan dönem, Türk hava ulaştırması için önem taşımaktadır. Geçen yüzyılın ikinci yarısında sektörün dünyadaki çarpıcı başarısının aynı dönemde Türkiye’de görülemediği, buna karşın yeni yüzyılın başında gecikmeli olarak açılım hamlelerinin uygulamaya konulduğu bu dönemin incelemesinin daha sonraki süreçte elde edilen ilerlemenin değerlendirilmesinde oldukça önemli olacağı düşünülmektedir. Tahminler sonunda % 57 seviyelerindeki teknik etkinlik değerlerinin, çalışmamızda tespit edilen kurumsal ve istatistiksel yetersizlikler dolayısıyla kardinal bir değerlendirmeye çok uygun olmamasına karşın, ordinal düzeyde etkinlik açısından oldukça yol alınabileceğini gösterdiğini, bu anlamda söz konusu döneme ilişkin ilk saptamayı desteklediğini söylemek mümkündür.

**Anahtar Kelimeler:** Etkinlik, Teknik Etkinlik, Stokastik Sınır, Hava Ulaştırması, Havacılık, Türkiye

### **ABSTRACT**

Efficiency can be defined as the rate of approach to optimal values. Technical efficiency, defined by functional forms, is often used in performance evaluations. Stochastic frontier method has been widely applied because it makes econometric estimations possible. Our study carries out a stochastic frontier application on Turkish air transportation case. The period studied here is important for Turkish air transportation. The striking success of the global air transportation sector couldn't be mentionable for the local sector in Turkey for the same period. On the other hand, deregulations have been started to be applied at the beginning of the new century. Inspection of this important period is, therefore, being evaluated as important to evaluate success of later developments. Despite some methodical and empirical statistical insufficiencies, the efficiency level of mentioned period as 57 % is evaluated that there were a lot to do in terms of improving the efficiency level of the sector. This last point also can be accepted as supporting argument for the previous evaluation on the period of the Turkish air transportation.

**Keywords:** Efficiency, Technical Efficiency, Stochastic Frontier, Air Transportation, Aviation, Turkey

<sup>1</sup>Bu çalışmada SHGM (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü) yönetimi tarafından yazara verilen idari ve manevi destek için yazarlar tarafından SHGM'ne teşekkür edilmektedir.

<sup>2</sup>Yar.Doç.Dr., Hitit Üniversitesi İİBF İktisat Bölümü, [otutulmaz@gmail.com](mailto:otutulmaz@gmail.com); [tutulmaz@hacettepe.edu.tr](mailto:tutulmaz@hacettepe.edu.tr)

<sup>3</sup>Prof.Dr., Ankara Üniversitesi SBF İktisat Bölümü

## 1. GİRİŞ

Etkinlik, kelime anlamı olarak bakıldığında pozitif anlamda bir çok duruma istinaden kullanılabilen, bu durum ise neyi tanımladığını belirsizleştirmektedir. Buna karşın, etkinliğin ekonomi içerisindeki kullanımı teknik terimler düzeyindedir. En geniş tanımla etkinlik, gözlenen değerlerin ideal değerlere yakınlığı olarak tanımlanabilir. Fonksiyon olarak temsil edilebilen faaliyetlerde gözlenen değerlerin ideal değerlere yakınlık oranı ise, etkinlik oranı olarak kullanılmaktadır. Söz konusu faaliyeti üretim faaliyeti olarak ele aldığımızda etkinliğin iktisat içindeki günümüze kadar olan gelişimini görebiliriz.

Etkinlik kavramı teknik etkinlik (technical efficiency) ve tahsis etkinliği (allocative efficiency) ayrımında ele alınabilir. Teknik etkinlik, genellikle üretim fonksiyonları üzerinden tanımlanması nedeniyle üretim etkinliği olarak da adlandırılabilir. Tahsis etkinliği ise, eldeki kaynakların optimum kullanımına yönelik olduğu için, ekonominin genel tanımına yakın bulunarak çoğu zaman ekonomik etkinlik olarak kullanılabilir (örn. Lee, 2012; Battese ve Coelli, 1991, s.2). Diğer yandan, teknik etkinliğin hesaplamaya daha elverişli yapısı ve net sonuçlar verebilmesi onu performans ölçümleri açısından önemli ve yaygın kullanılan bir konuma getirmektedir. Bu ayrım içinde de teknik etkinliğe girdi yönünden (input-oriented) ve çıktı yönünden (output-oriented) yaklaşmak mümkündür. Bu noktada belirtmek gerekir ki, her iki tür etkinliğin, teknik etkinliğin, ekonomik/ tahsis etkinliğin veya toplam (overall) etkinliğin kısaca etkinlik olarak kullanıldığına tanık olunabilir<sup>1</sup>.

Performans ölçümleri günümüz ekonomik ve iş hayatında önemli bir yer tutmaktadır. Performans ölçümleri yönünden oldukça elverişli olduğu için, etkinlik ve verimlilik gibi kavramların genellikle performans uygulamalarında sıkça kullanıldığı göze çarpmaktadır. Gerçekten de etkinlik ölçümüne yönelik çalışmaların çok çeşitli sektörel uygulamaları olduğunu görmekteyiz. Bu çeşitliliğe birkaç örnek vermek gerekirse: Banka şubeleri (örn. Berg vd., 1993; Das vd., 2009; Kneip vd., 2011; Porembski vd., 2005); geleneksel tarım (örn. Thiam vd., 2001); eğitim (örn. Lovell vd., 1990; Dodson ve Garrett, 2004; Dolton vd., 2003); hastaneler (örn. Street, 2003; Fujii, 2001); kamu servisi (örn. Smith ve Street, 2005), çevre performansı (örn. Zaim, 2004) ve performans ölçümlerine elverişli yapısı nedeniyle ulaştırma (örn. Coelli vd., 1999; 2002; Cornwell vd., 1990; Duke ve Torres, 2005; Good vd., 1991; Kumbhakar, 1987b; Marin, 1995; Ray ve Mukherje, 1996; Scherega, 2004; Schmidt ve Sickles, 1984; Sickles, 1985; Sickles vd., 2002) alanları bu çeşitliliğe verilecek sadece birkaç örneği teşkil etmektedir.

<sup>1</sup>Tahsis etkinliğinin ekonominin tanımına yakınlığı ve ekonomik etkinlik olarak da kullanılabilmesinden dolayı kısaltılmış kullanıma daha uygun olduğu düşünülebilirken, toplam etkinlik kavramının iki ölçümü de (teknik etkinlik ve tahsis etkinliği) kapsamından dolayı kısa form kullanıma daha uygun olduğu değerlendirilebilir. Bu mevcut farklı kullanımlarına karşın, etkinlik kavramının bir çatı kavram olarak kullanılması kanımızca daha tutarlı olacaktır. Battese ve Coelli, 1991; Fried vd., 2008; Kumbhakar ve Lovell., 2000 ve Lee, 2012 çalışmaları bu farklı kullanımlara örnek olarak verilebilir.

Çalışmamızda ise etkinliğin Türk hava ulaştırma sektörüne yönelik bir uygulaması ele alınacaktır. Ele alınan dönem olan 21. yüzyılın ilk yılları, Türk hava ulaştırması için önem taşımaktadır. 20. yüzyılın ikinci yarısında çarpıcı bir gelişmeyle büyüyerek modern ulaştırma yapısını kalıcı olarak değiştiren hava ulaştırması sektörünün genelindeki başarısı, yeni yüzyıla girildiğinde Türk hava ulaştırmasında görülmemektedir. Hava ulaştırması sektörünün dünyadaki gözalıcı başarısının altındaki temel nedenler arasında, 1970'lerde başlayan serbestleştirme<sup>2</sup> hareketleriyle beraber, global düzeydeki rekabette en iyiler olarak ayakta kalan işletmelerin gösterdiği büyük başarıları kabul edebiliriz. Buna karşın, dünyadaki gelişmelerin Türkiye'ye yansımada gecikmeler görülmektedir. Bunun nedenlerini çok farklı yaklaşımlarla açıklamak mümkündür. Dünyadaki liberal ekonomik iklim değişimlerinin etkisiyle 1980'lerde Türkiye'nin kimi başarılı kimi başarısız sayılabilecek dışa açılım çabaları dikkat çekmektedir (Ayrıca, havaalanlarına yapılan bazı yatırımlardan bahsetmek mümkündür). 1990'larda ise, dünyada değişimini tamamlamış sektörel gelişmeleri Türkiye'nin de takip etmesi beklenirken, yerel sektörel atılıma elverişli bu yılların (veya daha açık ifadeyle bu onyılların) ekonomik krizler, siyasi istikrarsız ve siyasi güçsüz dönemlerle geçirildiği görüşünü bu olası açıklamalar arasında savunmak mümkündür.

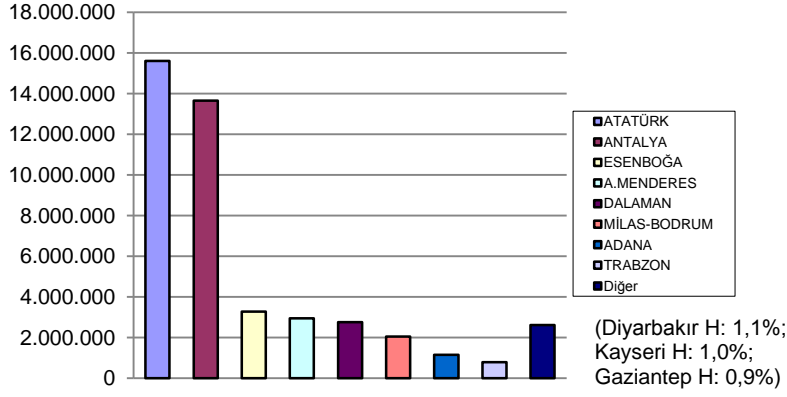
21. yüzyıla girildiğinde, 2001 krizi ardından yapılan seçimler sonrasında, sektörün uzun süredir ertelenen beklentileri doğrultusunda gerçekleşen açılımların hızla etkisini gösterdiği görülmektedir. İçhatlardaki monopolcü yapının kalkmasıyla birlikte 2002 sonunda 1, 2003'te 2 işletmenin içhatlarda tarifeli seferlere başlamasıyla, içhatlarda tarifeli sefer yapan işletmelerin sayısı 1'den 2004'de 4'e çıkmış, monopolcü yapının kalkmasının hızla etkisini gösterdiği görülmüştür. 2002 yılına kadar Türkiye'de kurulu havayolu işletmeleri içhatlarda sadece dönemsel veya bağlantı uçuşları gibi tarifesiz uçuşlarda bulunduğu için yurtiçi havayolu ulaştırmasındaki payları çok düşüktür. Buna karşın, SHGM<sup>3</sup> tarafından yurtiçi piyasasının liberalizasyonu ile birlikte yurtiçi hava ulaştırması piyasasındaki payların paylaşımı hızla değişmiş THY'nin % 99 olan payı 2 yıl içinde %70 gerilemiştir (DHMI 2002; 2003;2004).

Yüzyılın başına gelindiğinde Türk hava ulaştırması için oluşan, esas olarak turizme ve yurtdışı piyasasının talebine dayanan bu yapıyı, Şekil 1 aracılığıyla, havaalanlarında kaydedilen trafik üzerinden de görmek mümkündür. Sektörün çıktısının (trafik değerleri cinsinden) bir başka açıdan havaalanlarından takip edilebileceğini dikkate alırsak, 2004

<sup>2</sup>Serbestleştirme/deregülasyon (liberalization & deregulation) olarak bilinen hareketlerin Amerika'da önemli bir geçmişi bulunmaktadır. Amerika'da başından beri özel girişimlerle sürüklenmiş bir ulaştırma sektörü bulunurken; dünya savaşları ve sonrasındaki Keynezyen dönemde tüm ulaştırma sistemlerinde federal mekanizmaların öne çıktığı görülmüştür. Buna karşın, Keynezyen görüşe karşı çıkan liberal görüşün iktisadi iklimde ağır basmaya başlamasıyla beraber, 60'lar sonundan itibaren serbestleştirme fikri Amerika'da hakim olmaya başlamıştır. 1970'lerde uygulamaya geçen Amerika'daki bu hareketlerin, 1980'lerden itibaren Avrupa'da takip edildiği görülmektedir (Sektör açısından önemli olan bu tartışma için bkz. Fuller, 1983, s.1-17; 78-86; Geddes, 2010, s.26; Whitnah, 1998, s.15-40, 149; ayrıca tartışmaya önemli katkıları için bkz. Nelson 1942;47;62a,b;73;77;81).

<sup>3</sup>SHGM: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. Ulaştırma Bakanlığı altında yapılandırılan SHGM, aynı zamanda ICAO'yu temsil eden ülke düzeyindeki havacılık otoritesi durumundadır.

yılı itibariyle mevcut bulunan toplam 64 havaalanında gerçekleşen trafiğin yoğunlaşma biçimi Şekil 3’de görülebilir. 2004 yılında bu havaalanlarındaki faaliyetlerin yolcu trafiği açısından yüzde 90’ı, (5’i turizm bölgesi olan) 6 havaalanında; yüzde 65’i ise sadece İstanbul Atatürk ve Antalya Havaalanlarında gerçekleşmiştir (Şekil 1).



**Şekil 1: 2004 yılı yolcu trafiğinin havaalanlarına göre dağılımı**

Kaynak: DHMİ, 2004 İstatistik Yıllığı

ICAO’nun verilerine göre 2001 yılı için yapılan analizlerde Türkiye’nin 15 milyar yolcu-km’lik toplam ürünü içerisinde 12 milyar yolcu-km’sinin uluslararası uçuşlardan gelmesi, ülkenin hava ulaştırma sektörünün turizme bağlılık derecesinin bir yansımasıdır. Buna karşın, 3 milyar yolcu-km olan yurtiçi uçuşların çıktısının<sup>4</sup>, ABD’nin yurtiçi sektör çıktısının yaklaşık 250’de biri olması ise, havayolu sektörünün yurt içi pazarlara yeteri kadar ulaşamadığını gösterebilmektedir. Küresel gelişmelerin takibinde bu şekilde bir aksama ve gecikmenin yaşanması sonucu, 21. yüzyıl başında içhat piyasalarına dair gözlenen bu net başarısızlık, aslında açılım yıllarını izleyen gözalcı gelişme (örneğin söz konusu açılımın ardından içhat yolcu sayısının sürekli bir artışla sadece 5-6 yıl içinde, 2009 yılında, dış hat yolcu sayılarıyla eşit düzeye gelmesi gibi) dikkate alındığında daha da açık gözükcektir. Buna karşın, açılım sonrası yaşanan gelişmeler süreci çalışmamızın dışında kalmakta olup, bu önemli dönem sonrasında yaşanan gelişmelerin incelenmesi diğer çalışmalara bir çağrı olarak bırakılmakta, çalışmamız ise bu dönemin ayrıntılı analizini amaçlayarak, asıl bu noktaya gelinceye kadar gelen sürece yönelik bir vurguyu amaçlamaktadır. Ayrıca, bir dönüm noktasının ayrıntılı incelenemesinin, daha sonraki döneme yönelik ilerlemenin incelendiği çalışmalara bir referans noktası oluşturabileceğini düşünerek, kaydedilen gelişmenin değerlendirilmesine katkıda bulunacağı tarafımızdan değerlendirilmektedir.

Türk hava ulaştırmasının 21. yüzyıl başında geldiği durumu bu şekilde özetledikten sonra ve çalışılan dönemin sektörün açılım dönemi olması dolayısıyla önemini vurguladıktan sonra, Türk hava ulaştırması üzerine ilgili dönem için uygulanacak

<sup>4</sup>Yurtdışı uçuşların aktarmalarının da bu klasmanda sayıldığı göz önüne alınırsa, yurt içi pazarın ne kadar küçük kaldığı daha iyi anlaşılacaktır.

etkinlik analizinin teknik özelliklerini incelemeye başlayabiliriz. Bu şekilde yapılacak bir irdelemeyi ele alırken, ilk önce teknik etkinlik ölçümünde kullanılacak yöntemi incelemek ve sonrasında bu yöntemle uygulanacak tahminleri gerçekleştirmek gerekir. Bu amaca yönelik olarak İkinci Bölümde stokastik sınır yöntemi tanıtılacak, Üçüncü Bölümde çalışmamızda uygulayacağımız model ve veri seti tanıtılacaktır. Dördüncü Bölümde çalışmanın ampirik sonuçlarına yer verilirken, Beşinci Bölümde bu sonuçlar değerlendirilecektir. Elde edilen bulgular son bölümde bir sonuca bağlanacaktır.

## 2. STOKASTİK SINIR (FRONTİER) TAHMİNİ

### 2.1. Gelişimi

Farrel (1957)'in dönüm noktası niteliğindeki makalesinde, matematiksel programlama yöntemiyle teknik etkinlik ve tahsis etkinliği ölçümleri yerine getirilirken non-parametrik bir şablon izlenmektedir. Bununla beraber, Farrel aynı makalede parametrik bir yaklaşımın da önerisinde bulunmuştur. Farrell'ı takip eden Aigner ve Chu (1968, s.831) tarafından kullanılan Cobb-Douglas üretim fonksiyonu, Eşitlik 1'de verildiği gibi bir parametrik fonksiyon kullanılarak genellenebilir:

$$y = f(x^0) \cdot e^u \quad (\text{Eş. 1})$$

- y :çıktı  
x<sup>0</sup> :girdiler (Aigner x<sub>1</sub> ve x<sub>2</sub> gibi iki girdi alır, bkz. Aigner vd. 1968, s.831)  
f(.) :parametrik (üretim) fonksiyonu (Aigner, Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanmıştır, bkz. Aigner vd., 1968, s.831)  
u :olasılıklı hata terimi

Aigner ve Chu (1968) sınırı deterministik olarak,  $y_F = f(x)$  şeklinde, almış ve matematiksel programlama yöntemleriyle belirlemeyi önermiştir. Afriat (1972), Richmond (1974) Daha sonra aynı yöntemi takip etmişleridir. Timmer (1971) ve daha sonra Dugger (1974) aynı matematiksel yöntemleri kullanmakla beraber süreci istatistiksel özellikler ile tanımlamışlar ve bunu olasılıklı sınır (probabilistic frontier) olarak isimlendirmişlerdir. Aslında istatistiksel özellikleri olan hata terimini örtük olarak kabul etmişlerdir.

Schmidt (1976), sınıra ait bu ikinci hata teriminin istatistiksel özelliklerini ilk kez açıkça tartışmış, ve bunun ardından Aigner, Lovell ve Schmidt (Aigner vd., 1977) tarafından şu anda yaygın olarak kullanılan stokastik sınır (stochastic frontier) tanımlanmıştır. Bu çerçevede maksimum olabilirlik (maximum likelihood) yöntemiyle yapılan stokastik sınırın ekonometrik tahmini ilk kez literatüre kazandırılmıştır. Böylece ortaya çıkan stokastik sınır modeli en basit şekliyle Eşitlik 2'deki gibidir:

$$y = f(x) \cdot e^{(u-v)} \text{ yada logaritmik formda verirsek,} \\ Y = \beta X + (u-v)$$

u :olasılıklı hata terimi  
v :etkinsizliği temsil eden sapma (bu formülasyonda pozitif) (Eş. 2)

Aigner, Lovell ve Schmidt (Aigner vd., 1977)'in çizdiği çerçeve ekonometrik tahmin yönteminin sağlam bir temeli olmuştur; bundan hemen sonra, iteratif sürecin işlenmesine ve veri setinin kullanımına yönelik önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

- Batters ve Cora (1977),  $\gamma$  parametresini tanımlayarak iterasyonda kolaylık getirmiştir.
- Jondrow vd., (1982), ML tahmini sonuçlarını kullanarak firma teknik etkinlik değerlerini bulabilmişlerdir.
- Battese ve Coelli (1988), Kumbhakar (1987b, 1990), Schmidt ve Sickles (1984), yaptıkları çalışmalarla ekonometrik tahmini panel serilerle yapmışlardır.

Literatürdeki çalışmalarda, fonksiyon türüne, veri türüne, sapma tanımlarına ve iterasyon süreci gibi çeşitli etkenlere göre farklı yöntemler görülebilmektedir. Bunlardan bazıları, ekonometrik yöntem (örn. Das vd. 2009; Dolton vd. 2003; Kumbhakar, 1990; Schmidt ve Sickles, 1984; Smith ve Street, 2005) yanında, FDH (Free Disposal Hull: örn. Mairesse ve Vanden-Eeckaut, 2002; Tulkens, 1993), DEA (Data Envelopment Analysis: örn. Porembski vd., 2005; Reichmann ve Sommersguter-Reichmann, 2006; Serrano-Cinca, vd., 2005; Takamura ve Tone, 2003), matematiksel programlama yöntemleri (örn. Cullinane vd., 2005; Foroughi vd., 2005) gibi örneklendirilebilir. Hızla artan çalışmalarda en çok kullanılan yöntem olan ekonometrik yöntem de, bahsettiğimiz etkenlere göre kendi içinde farklılaşmaktadır. Stokastik frontier tahminine temel oluşturan Aigner, Lovell ve Schmidt'in (Aigner vd., 1977) ortaya koyduğu tahmin yönteminin hızlı bir incelemesine aşağıda yer verilmiştir.

## 2.2. Tahmin Edici

M.A. Weinstein (1964) tarafından türetilen, normal ve yarı normal dağılımın toplamı bir rassal değişkenin istatistiksel özellikleri aşağıdaki gibidir: Sıklık işlevi Eşitlik 3'de verilmektedir,

$$f(\varepsilon) = \frac{2}{\sigma} \cdot f^* \left( \frac{\varepsilon}{\sigma} \right) \cdot \left[ 1 - F^* \left( \frac{\varepsilon}{\sigma} \cdot \lambda \right) \right] \quad (\text{Eş. 3})$$

$$-\infty \leq \varepsilon \leq \infty$$

$$\varepsilon = u + v$$

$f^*(\cdot)$  ; standart normal dağılım sıklık işlevi

$$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$$

$F^*(\cdot)$  ; standart normal dağılım birikimli sıklık işlevi

$$\lambda = [\sigma_u / \sigma_v]$$

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

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

Sıklık işlevini kullanarak log-olabilirlik fonksiyonunu oluşturabiliriz (Eş. 4):

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

(Eş. 4)

Eşitlik 2 ile verilen,  $Y=X\beta+U-V$  modeli için maksimum olabilirlik (ML) tahmin edicilerinin ilk sıra koşulları:

Birinci Derece Koşulları (FOC):

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

(Eş. 5)

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

(Eş. 6)

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

(Eş. 7)

$x_i$  bir  $(k \times 1)$  vektördür ve  $X$  matrisinin  $i$ 'nci sırasıdır;  
 $\beta$ ,  $(k \times 1)$  katsayı vektörüdür.

$$(Eş. 6)' dan \longrightarrow \sum_{i=1}^N \frac{f_i^*}{(1-F_i^*)} (y_i - \beta'x_i) = 0$$

elde edilir, bunu (Eş. 5)' de yerine koyalım.

$$(Eş. 5)' den \longrightarrow -\frac{N}{2\sigma^2} + \frac{1}{2\sigma^4} \sum_{i=1}^N (y_i - \beta'x_i)^2 = 0$$

buradan  $\sigma$ 'yi çekersek Eşitlik 8'e ulaşılır:

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

(Eş. 8)

Eşitlik 8 ile varyansın tahmin edicisi elde edilmiştir. Fakat  $\hat{\beta}$  diğer denklemlerde  $\hat{\sigma}^2$ 'den bağımsız elde edilemediği için iteratif bir çözüm söz konusu olacaktır. Aigner vd., (1977) yukarıdaki sonucu ileriye götürmek suretiyle iteratif süreci de geliştirmiştir. Buna karşın optimizasyona yönelik bir çok algoritmanın varlığından ve yenilerinin üretilmesinden bahsetmek mümkündür.

Batesse ve Cora (1977) algoritması, sürecin nasıl işlediğini göstermek açısından özet bir algoritma olarak incelenebilir. Log-olabilirlik (log-likelihood) fonksiyonu Eşitlik 9 ve devamındaki iterasyon algoritması ile verilmektedir:

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

(Eş. 9)

$$z_i = [(y_i - \beta'x_i) / \sigma] \cdot \sqrt{(\gamma/1-\gamma)}$$

- 1- EKK uygulanarak  $\beta$ ,  $\sigma^2$  için başlangıç tahminleri elde edilir ( $\beta$ ,  $\sigma^2$  tahminleri sapmalıdır)
- 2-  $\gamma \in [0, 1]$  olan  $\gamma$  değerleri için ln L hesaplanır.
- 3- İlk iki adımdan elde edilen  $\beta, \sigma^2$  ve  $\gamma$  değerlerini kullanarak, yakınsayınca kadar iteratif maksimizasyon süreci izlenir.

### 3. MODEL ve VERİLER

#### 3.1. Model

Havayolu ulaştırması sektöründe üretim fonksiyonunu Eşitlik 10'daki şekliyle bir kapalı fonksiyon halinde tanımlayabiliriz.

$$F = (Y, K, L, E) \quad (\text{Eş. 10})$$

- Y: çıktı (yolcu-km veya ton-km)  
K: sermaye (koltuk veya para cinsinden) girdisi  
L: işgücü girdisi  
E: yakıt (enerji) girdisi

Bu fonksiyonun girdi ve çıktı değerlerini tanımlayabilmek için havayolu ulaştırması sektörüne daha yakından bakmak gerekir. Havayolu ulaştırması sektörü bir hizmet sektörü ve havayolu işletmeleri de hizmet üreten işletmelerdir. Üretilen hizmet yolcuların taşınmasıdır (yük taşınması da bir başka üretilen hizmet olmaktadır). Dolayısıyla üretim olarak bu ulaştırmanın ölçüsünü vermek gerekmektedir. Akla ilk gelen, hizmet karşılığı elde edilen parasal değer, bir başka deyişle hasılattır. Fakat bu her zaman üretilen hizmeti doğru temsil etmeyebilir; şöyle ki, işletmeler ülke içindeki monopolcü gücüne veya rekabetçi gücüne dayanarak, hatta ülke refah düzeyine



dayanarak hizmetlerine farklı fiyatlar biçebilirler. Bu durum, dünya hava ulaştırması içindeki değerleri karşılaştırmayı zorlaştırır. Ayrıca parasal değerlerle izlenen verilerin güvenilirliğinin her zaman ve her yerde yüksek olmaması da tercih edilmeme için bir başka nedendir. Bu nedenle üretimin bir fiziksel değerle temsil edilebilmesi daha anlamlıdır.

Taşınan yolcu bir ölçme değeri olmakla beraber tam isteneni karşılamaz; çünkü 200 km'ye yolcu taşımak ile dünyanın öbür yanına yolcu taşımak aynı şey değildir. Ölçme birimi olarak yolcu-km, bazı eksiklikleri olmakla beraber, insan ulaştırması için en uygun çıktı değeri olmaktadır. Ayrıca fiyatlar ve maliyetler, bire bir olmasa da mesafeye göre arttığı için, bu ölçüler sektörel hasılayı da daha doğru olarak yansıtacaktır. Aynı şekilde, yük ulaştırmasında kullanılan yük-km (ton-km) değerleri de benzer durumdadır.

Çıktı değeri bu şekilde tanımlanan bir havayolu üretim fonksiyonu için literatürde genel kabul gören girdiler: sermaye, işgücü ve yakıttır (Good vd., 1991; Kumbhakar, 1987a; Marin, 1995; Sickles, 1985). Sermaye, işletmenin toplam varlıkları veya toplam harcamaları gibi parasal değerlerle temsil edilebildiği (Schmidt ve Sickles, 1984) gibi, işletmenin sahip olduğu toplam koltuk sayısı ile de temsil edilebilir (P.L.Marin, 1995). İşgücü girdisi için, toplam çalışan sayısı veya ICAO (International Civil Aviation Organisation)' nun 6 sınıfta yaptığı sınıflandırmayla oluşturulan bir indeks kullanılabilir. Yakıt ise işletmelerin uçuşlarında kullandığı yakıt olup çeşitli birimlerde verilebilir. Bunun dışında bazı çalışmalarda, sigorta, reklam, haberleşme, ikram gibi birçok operasyonel veya operasyonel olmayan kalemlerden oluşan ve sayıları 50-60'a kadar varan sınıflandırma gruplarını içeren bir materyal girdisi, dördüncü bir değişken olarak üretim fonksiyonunda kullanılmıştır (Cornwell vd., 1990; Schmidt ve Sickles, 1984; Sickles vd., 1986; Tsionas ve Christopoulos, 2001).

Ekonometrik modellemede doğrusal dönüşüme yatkınlıklarıyla sağladığı avantajlar nedeniyle, üretim fonksiyonu olarak Cobb-Douglas ve translog üretim fonksiyonları yaygın olarak kullanılmaktadır. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu Eşitlik 11'de verildiği gibidir.

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^N \beta_j \chi_{jit} \quad (\text{Eş. 11})$$

Translog üretim fonksiyonu Eşitlik 12'deki gibi verilebilir.

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^N \beta_j \chi_{jit} + \sum_{j \leq k} \sum_{k=1}^N \beta_{jk} \chi_{jit} \chi_{kit} \quad (\text{Eş. 12})$$

Y : çıktı  
χ : logaritmik girdi  
N : girdi sayısı  
i, j, t : i'nci üreticiyi; j'nci girdiyi; t'inci zaman birimini belirtir,

Girdilerin kareleri ve çarpaz çarpımlarını içeren ikinci toplam terim olmadığında, fonksiyon Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna dönüşmektedir. Dolayısıyla translog üretim fonksiyonu daha genel form olarak tanımlanabilir.

Üretim fonksiyonunu bu şekilde belirledikten sonra etkinlik tahminlerini yapacağımız stokastik sınır (frontier) modellerine gelebiliriz. Yönteme temel oluşturan Aigner, Lovell ve Schmidt (Aigner vd., 1977) modelinin, onu baz alarak değişik açılardan geliştirmeye çalışan uzantısı şeklinde çok sayıda çalışmalar bulunmaktadır. Çalışmamızda ele alacağımız modeller yine bu modelin uzantısı olan Battese-Coelli (1992) ile Battese-Coelli (1995) modelleridir:

**Model 1:** Zaman-değişken etkinsizlik modeli (time-varying inefficiency model),

*Battese-Coelli (1992) Spesifikasyonu*

$$Y_{it} = x_{it} \beta + (V_{it} - U_{it}), \quad i=1, \dots, N; t=1, \dots, T \quad (\text{Eş. 13})$$

$$U_{it} = U_i \exp(-\eta(t-T))$$

$Y_{it}$ ,  $i$ 'nci firma ve  $t$ 'inci zaman için üretimin logaritmik hali

$x_{it}$ ,  $i$ 'nci firma ve  $t$ 'inci zaman için (üretim fonksiyonuna göre transforme edilmiş) girdi miktarları vektörü ( $1 \times K$ )

$\beta$ , tahmin edilecek parametre vektörü ( $K \times 1$ )

$V$ , iid  $N(0, \sigma_v^2)$ ; bağımsız ve türdeş olarak dağıtılmış rassal değişken (iid-independent and identically distributed)

$U$ , iid sıfırda kesikli  $N(\mu, \sigma_u^2)$ ; negatif olmayan, bağımsız ve türdeş olarak dağıtılmış rassal değişken

$(\gamma, \gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2))$ ; hata terimi ayrıştırma ve iterasyon sürecinde kullanılır (bkz. Eş.9). Battese ve Cora, 1977)

Model 1'i, Aigner, Lovell ve Schmidt (Aigner vd., 1977) modelinde birkaç açıdan açılım sağlayan bir uzantısı olarak özetleyebiliriz. Model dengesiz (unbalanced) panel verilerle tahmine imkan sağlamaktadır. Model 1 ayrıca,  $\eta$  ve  $\mu$ ' yü tahmin ederek etkinsizliğin zamana göre değişen boyutu üzerinde ve hata teriminin ortalama değeri üzerinde değerlendirme ve test imkanı sağlamaktadır.

**Model 2:** Etkinsizlik etkenleri modeli (inefficiency effects model), *Battese-Coelli (1995) Spesifikasyonu*

$$Y_{it} = x_{it} \beta + (V_{it} - U_{it}), \quad i=1, \dots, N; t=1, \dots, T \quad (\text{Eş. 14})$$

$$U_{it} = z_{it} \delta + W_{it}$$

$Y_{it}$ ,  $i$ 'nci firma ve  $t$ 'inci zaman için üretimin logaritmik hali

$x_{it}$ ,  $i$ 'nci firma ve  $t$ 'inci zaman için (üretim fonksiyonuna göre transforme edilmiş) girdi miktarları vektörü ( $1 \times K$ )

$\beta$ , tahmin edilecek parametre vektörü ( $K \times 1$ )

$V$ , iid  $N(0, \sigma_v^2)$ ; bağımsız ve türdeş olarak dağıtılmış rassal değişken

$U$ , iid sıfırda kesikli  $N(\mu, \sigma_u^2)$ ,  $\mu_{it} = z_{it} \delta$ ; negatif olmayan, bağımsız ve türdeş olarak dağıtılmış rassal değişken

$z_{it}$  , etkinsizlik etkenlerine ilişkin olarak etkinsizliği etkileyebilecek değişkenlerin (1xP) vektörü

$\delta$  , parametre vektörü (Px1)

W, iid gözlenemeyen rassal değişken

$(\gamma, \gamma = \sigma_U^2 / (\sigma_V^2 + \sigma_U^2))$ ; hata terimi ayrıştırma ve iterasyon sürecinde kullanılır (bkz. Eş.9). Battese ve Cora, 1977)

Model 2'yi de özetle, Aigner, Lovell ve Schmidt (Aigner vd., 1977) modelinin panel veriye imkan veren ve etkinsizlik (U hata terimi) içinde etkili olabilecek değişkenleri modele ilave eden bir uzantısı olarak tanımlayabiliriz.

Ayrıca, bu modeller içinde çıktığı veya etkinsizliği etkilediği düşünülen zaman ve ölçek kuklası gibi, trend değişkeni gibi kukla değişkenlere (teoriye uygun olarak), x veya z içinde olacak şekilde yer verilebilir.

### 3.2. Veriler

Çalışmanın yapıldığı dönem, 2002/01 ve 2004/09 arasını içeren 33 aylık dönemi kapsamaktadır. 2004 yılında faaliyette olan 15 işletmenin 2'si kargo işletmesi olduğu, 3'ü bu dönemin sonunda kurulduğu için analize dahil değildir. Bunun dışında KTHY işletmesi spesifik bir alan olarak Kıbrıs üzerine çalışması itibarıyla piyasa dışında kabul edilmiş geri kalanlardan verileri mevcut 8 işletme analize dahil edilmiştir<sup>5</sup>. Analize konu verilerin elde edilmesinde, 2005 yılında SHGM tarafından söz konusu dönem için işletmelerden istenen “Havayolu İşletmeleri Bilgileri” soru formu ve ICAO tarafından yıllık düzende istenen “Form A” istatistik formundan yararlanılmıştır.

Çalışmanın konusu havayolu yolcu ulaştırması piyasası üzerine olduğu için, çıktı değeri yolcu-km biriminde alınmıştır. Girdiler yukarıda verilen referanslara uygun olarak sermayeyi temsilen koltuk sayısı, işgücünü temsilen ağırlıklandırılmış personel sayısı ve yakıt için litre cinsinden sarfiyat olarak verilmiştir. Farklı birimlerdeki yakıt verileri, JET A1 dönüşüm tablosu (JET A1 conversion table) kullanılarak litreye çevrilmiştir<sup>6</sup>. Havayolu İşletmeleri Bilgileri formundaki pilot ve personel sayıları % 50-50 ağırlıklandırılarak işgücü verisi oluşturulmuştur. Fly ve MNG-Yolcu işletmelerinin 2002 verileri bulunmadığı için toplam 240 (6 x 33 + 2 x 21) veriden oluşan dengesiz (unbalanced) panel veri seti ile stokastik sınırın, maksimum olabilirlik (ML) tahminleri yapılmıştır.

<sup>5</sup>Bu 8 işletme şu şekildedir: THY, Fly Air, Onur Air, Sky Airlines, Pegasus Airlines, Sun Air, MNG Airlines, Freebird Airlines

<sup>6</sup>Örnek bir çevirim tablosu için bkz.

[http://www.aral.de/liveassets/bp\\_internet/australia/corporate\\_australia/STAGING/local\\_assets/downloads\\_pdfs/a/Aust\\_airbp\\_news\\_jeta1\\_conv\\_table.pdf](http://www.aral.de/liveassets/bp_internet/australia/corporate_australia/STAGING/local_assets/downloads_pdfs/a/Aust_airbp_news_jeta1_conv_table.pdf)

#### 4. TAHMİN SONUÇLARI

Tahmin sonuçları, stokastik sınırı maksimum olasılık (ML) yöntemiyle ve Battese ve Cora (1977) algoritmasına uygun bir iterasyon süreciyle tahmin eden Frontier 4.1 programı ile üretilmiştir. Frontier 4.1 programı literatürde daha önce stokastik sınır (frontier) tahmini için geniş ölçüde kullanılmış olup, metodolojisi ile ilgili geniş bilgi Coelli (1996) makalesinde bulunabilir (Ayrıca bkz. Sena, 1999).

Tahmin için önceki alt bölümde verilen Model 1 ve Model 2 esas alınarak, verilerden ve iktisadi analizden gelen bilgilere uygun olarak sistemde etkili olması muhtemel bazı kukla değişkenlerin eklendiği çeşitli model spesifikasyonları oluşturulmuş ve birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu değişkenlerin ilki, yolcu-km değerlerinde Temmuz ve Ağustos aylarındaki önemli mevsimsel değişimin etkisini temsil etmek için dahil edilen “mevsim kuklası”dır. Diğer bir değişken de “trend” değişkenidir. Trend değişkeni, çıktıda zamana göre değişen bir yapıyı temsil edeceğinden bize teknolojik değişimin anlamlılığını test etme ve eğer anlamlı ise değişimin yönü ve büyüklüğünü görme imkanı verir.

Üçüncü olarak, analize dahil 8 işletme içinde THY'nin ölçek olarak diğerlerinden çok büyük olduğu göz önünde bulundurularak (koltuk sayısında toplamın ortalama % 47'si; personel sayısında toplamın ortalama % 76'sı), bu büyüklükteki ölçekte beklenen çıktı büyüklüğünün aynı kurallara tabi olamayabileceğini test eden bir kukla değişkene yer verilmiştir. Bu kukla değişken, ölçek dışındaki diğer nedenlerden dolayı üretim fonksiyonundaki farklılaşmayı da kapsayacağı için, bu kuklayı “THY için üretim kuklası” olarak adlandırabiliriz.

Eşitlik 14 ile özellikleri verilen Model 2'de, THY'nin kamu işletmesi olması, etkinsizlikteki etkenleri belirten “z” değişkeni olarak alınmıştır. Bir başka deyişle, adından da anlaşılacağı gibi Model 2'nin ana amacı olan etkinsizlikteki etkenlerin araştırılması için *U* hata terimi içine konarak etkinsizlikteki rolü sınanan “z” değişkeni olarak THY kuklasına yer verilerek, THY'nin kamu sahipliğinin etkinsizlikte bir farklılaşmaya sebep olup olmadığının araştırılması amaçlanmıştır. Bu sebeple bu kuklaya “THY için etkinsizlik kuklası” adı verilebilir. THY kuklaları arasındaki farkı netleştirmek gerekirse, Model 1'deki kukla THY'nin ölçek gibi farklı özelliklerinden doğan üretim fonksiyonundaki farklılaşmayı temsil ederken, Model 2'deki kukla THY'nin kamu sahipliği gibi özelliklerinin etkinsizlikte yarattığı farklılaşmayı temsil etmektedir.

**Tablo 1.: Tahminleri yapılan Model 1 ve Model 2 spesifikasyonları**

MODEL 1 – (Battese-Coelli, 1992 : Time varying inefficiency model)			
* Translog Üretim Fonk. (Mevsim Kuk+Trend+THY İçin Üretim Kuk)	logL=-65.71 γ=0.840	Cobb-Douglas Ü. Fonk. (Mevsim.Kuk.+Trend+THY İçin Üretim Kuk)	logL=-109.97 γ=0.980
Translog Üretim Fonk. (Mevsim.Kuk.+Trend)	logL=-67.75 γ=0.868	Cobb-Douglas Ü. Fonk. (Mevsim.Kuk.+Trend)	logL=-110.43 γ=0.978
Translog Üretim Fonk. (-)	logL=-78.67 γ=0.734	Cobb-Douglas Ü. Fonk. (-)	logL=-275.19 γ=0.967
MODEL 2 – (Battese-Coelli, 1995 : Inefficiency effects model) (Z: THY İçin Etkinsizlik Kuklası –kamu sahipliği etkisi-)			
Translog Üretim Fonk. (Mevsim Kuk+Trend+ THY için Etkinsizlik K.)	logL=-136.84 γ=0.050	Cobb-Douglas Ü. Fonk. (Mevsim Kuk.+Trend+ THY İçin Etkinsizlik K.)	logL=-207.44 γ=0.978
Translog Üretim Fonk. (Mevsim Kuk.+Trend)	logL=-127.81 γ=0.542	Cobb-Douglas Ü. Fonk. (Mevsim Kuk.+Trend)	logL=-156.11 γ=0.800
Translog Üretim Fonk. (-)	logL=-125.87 γ=0.862	Cobb-Douglas Ü. Fonk. (-)	logL=-185.41 γ=0.503

\*: LR- olabilirlik oranı testleri ve diğer karşılaştırmalar sonucu tercih edilen model spesifikasyonudur.

Tablo 1’de yer alan Model 1 ve Model 2 spesifikasyonları, kendi içinde LR (olabilirlik oranı; likelihood ratio) yöntemi ile  $\chi^2$  sınamasına tabi tutulabilir (Bu  $\chi^2$  testinin sonucu Tablo 2’de verilmektedir). Tablodaki log-olabilirlik (logL) değerleri göze alındığında, test sonuçlarının Model 1 için en geniş spesifikasyonun tercihi ile sonuçlandığı, ayrıca üretim fonksiyonu olarak translog üretim fonksiyonunun tercih edildiği görülebilir. Bu şekilde formel test sonuçlarına dayanarak, Model 1 ve translog üretim fonksiyonuyla yapılan tahmin sonuçlarının daha anlamlı olduğu değerlendirilmektedir. Tahminler sonucunda tercih edilen modelin açık hali ve tahmin sonuçları aşağıda verilmektedir (Tablo 2).

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot K_{it} + \beta_2 \cdot L_{it} + \beta_3 \cdot E_{it} + \beta_{11} \cdot K_{it}^2 + \beta_{22} \cdot L_{it}^2 + \beta_{33} \cdot E_{it}^2 + \beta_{12} \cdot K_{it} \cdot L_{it} + \beta_{13} \cdot K_{it} \cdot E_{it} + \beta_{23} \cdot L_{it} \cdot E_{it} + \beta_4 \cdot (\text{Trend})_{it} + \beta_5 \cdot (\text{Mev.kuklası})_{it} + \beta_6 \cdot (\text{THY için üretim kuklası})_{it} + U_{it} + V_{it}$$

(Y, K, L, E logaritmik formdadır.)

Tablo 2. Model 1 tahmin sonuçları

	Katsayı	standart-hata	t-oranı
Beta 0	-35.016009	3.4683309	-10.095925
Sermaye (K)	-0.0000101	0.00000079	-12.797874
İşgücü (L)	0.87833847	1.4967558	0.58682817
Enerji (E)	0.00000916	0.00001483	0.61769878
Sermaye <sup>2</sup>	4.1128690	0.62451431	6.5857082
İşgücü <sup>2</sup>	0.00004069	0.0000063	6.4735448
Enerji <sup>2</sup>	0.88336850	0.66783007	1.3227444
Sermaye x İşgücü	0.00000642	0.00000659	0.97403603
Sermaye x Enerji	-0.02141206	0.10331898	-0.20724230
İşgücü x Enerji	-0.00000004	0.00000145	-0.02562044
Trend	-0.09547703	0.02027086	-4.7100643
Mevsim kuklası	0.0000107	0.00000080	1.3250592
THY için üretim kuk.	-0.10452710	0.05075854	-2.0593006
sigma-kare	0.55112514		
gamma	0.83974749	0.16697569	5.0291601
mu	0.25311782	0.85581174	0.29576343
eta	0.00055623	0.00287172	0.19369162
log olabilirlik fonksiyonu = -65.706932 LR testi (tek taraflı hata terimi için) = 143.92199 kısıt sayısı = 3 [bu istatistik tek taraflı karma ki-kare dağılıma sahiptir]			
yatay kesit sayısı = 8 zaman periyodu sayısı = 33 toplam gözlem sayısı = 240 (panelde 24 gözlem eksik)			

Tahmin sonucuna göre dönüştürülmüş girdilerin (transformed inputs) dördünün katsayısı istatistiki olarak anlamlı çıkmaktadır. Mevsim kuklasının katsayısı anlamlıdır ve Temmuz, Ağustos aylarındaki dönemsel sıçramayı temsil etmektedir. Trend değişkeninin katsayısı istatistiki olarak anlamsızdır; bu sonuç incelediğimiz dönemde teknolojik değişimin olmadığını veya istatistiki olarak önemli olmayacak kadar düşük olduğunu göstermektedir. Aylık veriler ile 33 dönemi kapsayan seri, tahmin için yeterli uzunlukta olsa dahi, sonuçta yaklaşık üç senelik bir dönemin teknolojik değişim için kısa olması doğal olacağından, sonuç makul gözükmemektedir.

Model seçimi yapılırken (Tablo 1’de) geniş spesifikasyonların tercih edildiği görülmüştür; buna uygun olarak Tablo 2’de verilen tahmin sonuçlarında, THY için üretim kuklasının katsayısı anlamlı çıkmaktadır. Model 2 tercih edilmediği için “THY için etkinsizlik kuklası” kullanılmayacaktır; buna karşın Model 1’de “THY için üretim kuklası” anlamlı olduğu için kullanılacaktır. Tahmin sonuçlarının THY kuklaları açısından taşıdığı anlamı netleştirirsek: THY için diğer firmalardan farklı olarak etkinsizlik yaratacak sebeplerin varlığı sistem tarafından tercih edilmemiştir. THY’nin, diğer işletmelerin tümünün etkinsizlikte tabi olduklarının dışında bir kurala tabi olmadığı ortaya çıkmaktadır. Buna karşın THY’nin farklı özelliklerinden dolayı üretim sınırını (üretim kuklasının işareti eksi olduğu için) daha aşağıya çekecek bir düzeltme anlamlı olmaktadır. Üretim sınırının aşağıya doğru düzeltilmesi, dolaylı olarak etkinlik

oranlarının da yukarı doğru düzeltilmesi anlamına gelir. THY'nin üretimini farklı kılan bir üretim kuklasının hangi özellikleri içereceğine gelince, üretim kuklası sadece THY için tanımlandığı için THY'nin bütün farklı özelliklerini kapsayacağından, net olarak bir ayırım yapmak mümkün değildir. Fakat başta bu kuklayı koyarken yaptığımız gibi, teoriden yararlanarak ve kuklanın üretim fonksiyonu içinde yer alarak doğrudan çıktı düzeyini etkilediğini dikkate alarak, THY'nin çıktı düzeyini doğrudan etkileyecek en belirgin farklılığı olan ölçek büyüklüğünü asıl saik olarak ele almak yanlış olmayacaktır.

Frontier 4.1 programı ile yapılan tahminler sırasında, alınan ilk değerlere bağlı olarak iterasyon sonucu katsayı tahminlerinin fazla değişmediği, buna karşın katsayıların varyanslarındaki değişikliklerin katsayıların anlamlılığını değiştirecek düzeyde olabildiği görülmüştür. Katsayıların tahminlerinin sayısal değerleri aynı noktaya yaklaşmakla beraber, özellikle mutlak olarak büyük girdi katsayılarının değerlerindeki küçük değişimler (bu katsayı istatistiki olarak anlamsız dahi olsa) girdi esneklikleri üzerinde önemli değişimlere yol açabilmektedir. Dolayısıyla tahminler sonucunda çıkan katsayı değerleriyle ortalama girdi değerlerinde hesaplanan çıktının girdi esneklikleri, büyüklük olarak değil de işaretine yönelik olarak incelenmiş, çıktının üç girdi içinde pozitif esnekliklerinin olduğu görülmüştür.

**Tablo 3.: Olabilirlik Oranı (LR) test sonuçları**

Boş Hipotez	Log-olabilirlik	$\lambda$	Kritik Tablo Değeri	Karar
<b>Model 1*</b>	-65.7069			
$H_0 : \gamma=0$	-137.6679	143.922	7.05*	$H_0$ RED
$H_0 : \eta=0$	-65.7249	0.036	3.84	$H_0$ KABUL
$H_0 : \mu=0$	-65.7301	0.0232	3.84	$H_0$ KABUL

\* Kritik değerler Kodde & Palm (1986), Tablo 1'den alınmıştır.

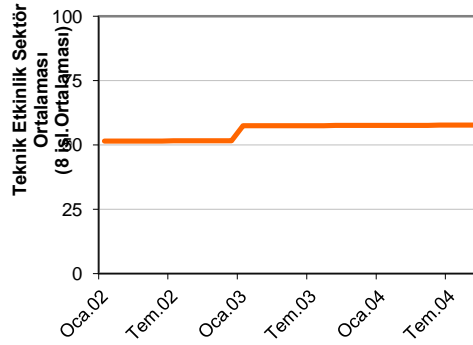
Tablo 2'deki modelin diğer parametre tahmin değerleri ve etkinsizlik hata terimi için LR (olabilirlik oranı) testi sonuçlarını değerlendirmeden önce, bazı parametreler üzerine yapılan LR testi hipotez ve sonuçlarının beraberce sergilendiği Tablo 3'ü ele alalım. Gamma değerini sıfır kabul eden boş hipotezi, yüksek bir log-olabilirlik değeri ile reddedilmiştir. Bu sonuç, Tablo 2'deki 0.83975'lik yüksek gamma-tahmin değerinden de görülebilmektedir.  $\mu$  parametresi için yapılan test sonucuna göre, kesilmiş hata teriminin ortalamasının istatistiki olarak anlamlı olabilecek derecede sıfırdan farklı olmadığı ortaya çıkmaktadır.

Son olarak,  $\eta$  parametresi için Tablo 2'deki tahmin değeri pozitif olup, Tablo 3'de  $\eta$  için sıfır değerini öngören boş hipotez reddedilememiştir. Bu sonuçları beraber değerlendirecek olursak, tahmin sonucu modele zaman-değişken etkinlik hesaplama yetisi veren  $\eta$  parametresi istatistiksel anlamlılıkta sıfırdan farklı belirlenemediği için modelin zaman-değişken etkinlik hesaplaması kullanılmamakta, klasik yöntemlerde

olduğu gibi dönem içindeki üretim faaliyetleri için ortalama etkinlik değeri belirlenmektedir. Tahmin işlemi, tek taraflı hata teriminin dönemlere göre değişen değil de, ortalama değerlerinde temsili için daha yüksek log-olabilirlik değeri verdiği için bu doğrultuda  $\eta$  parametre tahmin değeri istatistiki olarak anlamsız çıkmıştır. Şekil 4’de yataya yakın ortalama etkinlik eğrisi bunun sonucudur. 2003 yılındaki değişme ise, analize giren firma sayısının bu dönemde altıdan sekize çıkmasındandır. İşletmelerin teknik etkinlik eğrileri çizilirse aynı şekilde yataya yakın düz doğrular olarak gözükülecektir. Ortalama teknik etkinlik eğrisinin (ve aynı şekilde işletme etkinlik eğrilerinin) pozitif eğimi  $\eta$  parametresinin pozitif değerinden gelmekte, fakat parametrenin istatistiksel olarak anlamlı olmaması eğimin fark edilemeyecek kadar küçük olmasına sebep olmaktadır. Buna karşın, etkinlik değerlerindeki küçük derecede artış eğilimini bu noktada belirtmek gerekir.

Şekil 2’de görüldüğü üzere sektörün ortalama etkinlik değeri 6 işletmenin bulunduğu 2002 döneminde yaklaşık % 51,5 düzeyindeyken, iki işletmenin katılmasıyla 2003 ve sonraki dönemde % 57,5 düzeyinde belirlenmiştir. İşletmelerin 5’i ortalamanın üzerinde, 3 işletme de ortalamanın altında etkinlik değerine sahiptir.

Ortaya çıkan etkinlik değerlerinin iktisadi anlamları üzerinde durmak gerekirse, etkinlik değeri 0.60 ( veya yüzde ile ifadesi % 60 ) olan bir işletmenin o dönem içinde üretebileceği maksimum çıktının yüzde 60’ını ürettiği söylenmiş olmaktadır. Bu durumda firma, sektörün ortalamasına göre maksimum üretim sınırına daha yakın (daha etkin) üretim yapmaktadır. Elde edilen sonuç, kavramsal tartışma içinde düşünülürse, üretim fonksiyonunun çıktıları üzerinden ölçme yapıldığı için buradaki değerlendirme çıktı yönlü teknik etkinlik değerlendirmesidir. Girdi yönlü bir değerlendirmenin aynı sonuçları verme zorunluluğu yoktur.



İşletme Ort. Teknik Etkinlik Değerleri	
THY	92,7
FLY	91,6
ONUR	31,4
SKY	22,2
PEGASUS	47,0
SUN	58,9
MNG	57,9
FREEBIRD	58,3

Şekil 2. Sektör Ortalama Teknik Etkinliği ve İşletme Ort. Teknik Etkinlik değerleri (2002-2004)



Bu noktada değinilmesi gereken bir nokta, tahminlerin örnekleme göre sınırı tahmin etmesidir. Dolayısıyla örneklemin büyüklüğünün veya içeriğindeki örneklerin değişmesi sınırı değiştirdiği ölçüde etkinlik değerlerini de değiştireceği için, tahmin sonuçlarının mutlak bir standarda göre verilmesinin imkansızlığı ortadadır. Dolayısıyla, sonuçlar üzerinden yapılacak değerlendirmelerde bu görecelik göz önünde bulundurulmalıdır.

## 5. TAHMİN SONUÇLARIN DEĞERLENDİRMESİ

Model çerçevesinde tahmin edilen stokastik sınır (frontier) üretim fonksiyonu ve buna göre belirlenen işletmelerin etkinlik değerleri üzerine yapılacak eleştiriler iki başlık altında toparlanabilir. Birincisi, verilerin güvenilirliği ve üretim fonksiyonunun özelliklerini yansıtabilme gücü üzerinedir. Özellikle hizmet sektöründe faaliyetlerin takibi amacıyla istatistik oluşturma mekanizmalarının oturmadığı Türkiye gibi ülkelerde, verilerin güvenilirliğinin şüpheli olması yanında, serilerin tam olarak değil de yaklaşım yoluyla üretilmesi yöntemlerine başvurulduğu bir gerçekliktir. Bu pratiğin analizlerde sapmaya sebebiyet verebilmesi muhtemeldir. Bu durum daha somut örneklerle açıklanabilir. Örneğin, çalışmada kullanılan panel veri seti ve daha detaylı bilgi için bu veri setinin oluşturulmasında yararlanılan “Havayolu İşletmeleri Bilgi Formları” incelendiğinde görülmektedir ki bir çok işletme için (sermayeyi temsil eden) koltuk sayısı bir dönem sabit gitmekte, filo ya yeni bir uçağın katılması veya ayrılması ile değiştiği görülmektedir. Oysa işletmelerin özellikle dönemsel olarak yoğun talebin olduğu zamanlarda, çeşitli kiralama yöntemleri ile geçici hava aracı (ve mürettebat) kullanımına başvurarak talebi karşılamaya çalışmasının, sektörde sık kullanılan işlek mekanizmalardan olduğu bilinmektedir.

Verilerdeki bu görece statik durum, söz konusu işlek mekanizmaların verilere yansıtılmasındaki zorluklar göze alındığında, koltuk ve personel sayılarında işletmelerin çoğunlukla sadece öz kaynaklarını yansıtabildiği şüphesi etrafında bir handikap oluşturmaktadır. Böyle durumlarda girdiler üretim çıktısındaki değişimleri temsil gücünü kaybedebilir, bunun sonucunda üretim fonksiyonunun farklı tahmin edilmesine, farklı tahmin edilen bir üretim fonksiyonuna göre belirlenen teknik etkinlik seviyeleri ise tamamen farklı etkinlik değerlerinin ortaya çıkmasına sebep olabilir. Bunun dışında, yakıt sarfiyatı verilerinin (modelde enerji değişkenini temsilen kullanılmıştır) tutulması yöntemine bağlı olarak, eğer sarfiyat mali kayıtlardan yakıtı yapılan ödeme ile takip ediliyorsa ödemelerin toplu olarak belli dönemlerde yapılması durumunda, bu yöntem sarfiyat verilerinde dönemsel gecikmelere sebep vererek üretim fonksiyonunun tahmininde sapmalara yol açabilir (İşletmelerin doldurduğu ICAO bilgi formları ve İşletme bilgi formları üzerine yapılan değerlendirmeler sonucunda, bu genelleme ve yaklaşık hesaplama yöntemlerinin THY dışındaki firmalarca kullanılabildiği görülmüştür).

Diğer taraftan, daha genel olarak panel veri, stokastik sınır (frontier) yöntemi üzerine, model ve programın kullandığı iterasyon sürecine yönelik bazı eleştiriler yöneltmek mümkündür. İlk olarak, daha önce ayrıntılı olarak verildiği gibi sınır tahmini için çeşitli yöntemler olduğu gibi, ekonometrik yöntem olarak stokastik sınır tahmin yönteminde de yapılan varsayımlara, temel modellere getirilen açılımlara ve iterasyon süreçlerine göre temel modellerin sayısız uzantıları ve farklı versiyonları mevcuttur. Burada bu modellerin farklı iki versiyonuyla, farklı üretim fonksiyonu ve bu fonksiyonlarda içerilen farklı değişken spesifikasyonları ile oluşturulan modellerin birbiri ile karşılaştırılmasında, log-olabilirlik değerleri ve parametre tahminlerinin iktisadi anlamlılıkları üzerinden tercih yürütülmeye çalışılmıştır. Ekonometrik modellerin değerlendirilmesinde hata terimlerinin özelliklerinin incelenmesi çok önemli olup, hata teriminin incelenmesi yoluyla ve hata teriminde içerilen sorunların derecesi (varsayımlardan sapmaların boyutu) yoluyla modelin gerçeği ne ölçüde yakalama gücü olduğu analiz edilebilir, buradan yola çıkılarak model seçiminde de daha doğru kararlar verilebilir. Ekonometrinin son zamanlar hızla gelişen panel seri tahminlerinde bu araçların bir çoğu yeni gelişmekte olup, bu araçların panel serilerdeki, dengesiz (unbalanced) panel serilerdeki kullanılabilirliği ve belirleyiciliği üzerinde literatürde birçok tartışma mevcuttur ve devam etmektedir (Greene, 2008). Durum böyle iken, hata terimlerini (farklı dağılımlara sahip) iki hata terimine çıkartan stokastik sınır (frontier) tahmin yönteminde panel serilerin kullanılması sonucu bu zorluk ve belirsizlikler kat kat artmaktadır. Benzer şekilde, hata terimini farklı dağılımlara sahip iki terime çıkartan stokastik sınır tahmin yöntemlerinde birim kök sorunu gibi zaman serisi boyutundan gelen sorunların uygulaması hemen hemen hiç yapılmamış olup, literatürde bu konuda geliştirilecek araçlar konusunda büyük boşluk bulunmaktadır<sup>7</sup>. Sonuç olarak, klasik ekonometrik araçların stokastik sınır tahmini uygulamasında henüz güçsüz oluşu ve bu alanlarda birçok ilerlemenin kaydedileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Yukarıdaki eleştirilerin bir yada daha fazlasının etkili olması sonucu, işletme teknik etkinlik değerlerinde münferiden sapmaların olması veya sistemi etkilemesi yoluyla bütün olarak analizde sapmalara neden olması muhtemeldir. Ayrıca, etkinlik ile mali başarıların arasında birebir ilişki olmadığı belirtilmelidir. Çok üretmek karlı üretmek anlamına gelmemektedir. Buna benzer bir açıklama Schmidt ve Sickles (1984) tarafından değişik bir ifadeyle “bir firma A’dan B’ye uçmakta iyi olabilir ama A’ya veya B’ye uçmayı seçmekte, veya seçimini değiştirmekte iyi olmayabilir” şeklinde ifade edilmiş; söz konusu çalışmada analiz edilen dönemde, çok yüksek etkinlik değerlerine sahip havayolu işletmelerinin bu dönemden sonra birçoğunun iflas ettiği veya iflasın eşiğine geldiği belirtilmiştir.

Bu eleştiriler ışığında, formel testlerle tercih edilen modelin tahmin sonuçlarında THY ve FLY işletmelerinin etkinliğinin % 90’lı seviyelerde yer almasına karşın Onur ve Sky gibi işletmelerin söz konusu dönem etkinliklerin % 20-30 gibi çok düşük düzeylerde kalması, istatistiklerden kaynaklanabilecek sapmalar dışında sektörel sebeplerle tamamen açıklamak fazla imkan dahilinde görülmemektedir. Buna karşın, söz konusu açılım döneminde THY’nin yurtiçi uçuşlardaki tekel gücünün devriminin devam ettiğini

<sup>7</sup>Referans çalışmaları yazarlarından olan Perelman’ın (e-posta yoluyla belirttiği) bu doğrultudaki görüşleri mevcuttur (bkz. Coelli vd. 1999).

gözönünde bulundurmak gerekir. Yurtiçi piyasaya giriş yapan firmalar hızla belli hatlarda seferlerini arttırsalar da, genelde yine de tamamen piyasaya yerleşik bir THY ile aynı imkanlara kısa zamanda erişmelerini beklemek gerçekçi olmayacaktır. Örneğin slot tahsisinde kısıtlamalar, Ankara Esenboğa Havaalanından uçuşlarına izin verilmemesi gibi uygulamalar tam bir serbest rekabetin sağlanması için daha oldukça yol alınması gerektiğini göstermektedir.

Bunun dışında, etkinlik ve üretim faaliyetiyle yakından ilgili olan “kalite”nin de, analiz sonuçlarını değiştirebilecek bir etken olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Farklı kalitedeki iki çıktının birinin kalitesini diğerinin seviyesine çektiğimizde, söz konusu ekonomik ajanın üretim seviyesi düşecek, böylece etkinlik değerleri değişecektir. Neticede, teknik etkinlik analizinde ön kabul olarak üretimin aynı kalitede olduğunun kabul edilmesi, gerçek durumdan bir sapma olarak düşünülmelidir.

## 6. SONUÇ

Hava ulaştırmasının geçen yüzyılın ikinci yarısındaki önemli başarısının aynı dönemde Türkiye’de görülemediği ve dünyadaki gelişmelerin takip edilmesinde geç kaldığı tespit edilmektedir. Yeni yüzyılın başlarına bu şekilde giren Türk hava ulaştırması için çalışmamızda ele alınan açılım dönemi önem taşımaktadır. Yüzyılın başına bir dönüm noktası niteliğindeki bu döneme yönelik yapılacak saptamalar, daha sonra yapılacak ilerlemenin tespit edilmesi açısından da ayrıca önem taşımaktadır.

Türk Havayolu İşletmeleri üzerine 2002-2004 arası 33 aylık bir dönemi konu alan ampirik çalışma, literatürdeki referanslarını takip ederek şekillendirilmiştir. Tahmin sonuçlarını en kısa şekliyle değerlendirmek gerekirse, sektörün ortalama teknik etkinlik değerinin son dönemde %57.5 olduğu, sektörün aynı kaynakları kullanarak çok daha fazla üretim yapabileceği söylenebilir.

2001 krizi, ülke tarihinde yaşanan en önemli ekonomik krizlerden biridir ve bu sebeple hemen sonrasında ekonomide yapısal adımların atılması beklenen bir gelişmedir. Havayolu sektöründe de beklenen yurtiçi piyasasına yönelik rekabete açılma adımı, bu kriz sonrası dönemin başında gerçekleştirilmiştir. Buna karşın, çalışmamızda yer alan etkinlik analizinde THY’nin % 90’lı seviyelerde ve özel firmalara göre çok önde çıkması, yurtiçi uçuşlarda THY’nin tekel döneminden gelen üstünlüğünün doğrudan ve dolaylı olarak momentum etkisini sürdürmesi şeklinde yorumlanabilir.

Ampirik sonuçlar eldeki ekonometrik araçlarla test edilmiş, iktisadi olarak değerlendirilmiş ve zayıf noktaları eleştiriye tabi tutulmuştur. Akademik literatüre uygunluğun aranması yanında, ortaya çıkan etkinlik değerlerinin sektörel yorumunda ortaya çıkabilecek yanlış değerlendirmelerin önüne geçilmesi için ayrıntılı yorumlara yer verilmiştir. Bu açıdan tahmin sonuçlarından öne çıkan bazı noktaların tekrar altını çizmekte yarar bulunmaktadır. Stokastik sınır tahmini sonucu ortaya çıkan teknik etkinlik değerleri, mutlak olarak değil, görece özellikleri itibarıyla değerlendirilmelidir. Ayrıca, modelin öncül varsayımlarındaki sapmaların tahmin sonuçlarını değiştirebileceği ve sonuçlarda belirsizliğe neden olacağından yola çıkarak ampirik

sonuçlara getirilen eleştiriler iki başlık altında toplanmıştır. Birincisi verilerin tanımlanmasında kabul edilen varsayımlardan sapmalar, ikincisi ise ekonometrik kabullerden dolayı bahis konusu olan sapmalardan oluşmaktadır. Bu başlıklar altında en önemli bulgular, sektörde sık görülen ani talep artışlarının kısa süreli uçak (ve mürettebat) kiralama yöntemiyle karşılanması yönündeki hareketliliğin verilere yansımaması, dolayısıyla girdi çıktı arasındaki ilişkinin temsilindeki olası zafiyet ve zaman serisinden gelen sorunların üzerine literatürdeki boşluktan dolayı gidilmemesi olmuştur. Gerekli istatistiksel yeterlilikleri sağlayan modelin sonuçlarının sektörel bazda değerlendirilmesinde temkinli olunmasının ve döneme ait sektörel değerlendirmenin başlıca THY ve ülke geneline yönelik makro verilere dayandırılması sözü geçen mikro düzey sapmalara bağlanmalıdır.

### KAYNAKÇA

- Afriat, S.N. (1972). "Efficiency estimation of production functions", *International Economic Review*,13, 568-598
- Aigner, D.J. and Chu S. (1968). 'On Estimating the Industry Production Function', *American Economic Review*, 58: 826-835.
- Aigner, D.J., Lovell, C.A.K. and Schmidt, P. (1977). "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, 6, 21- 37.
- Battese, G.E. and Broca, S.S. (1997). "Functional Forms of Stochastic Frontier Production Functions and Models for Technical inefficiency Effects: A Comparative Study for Wheat Farmers in Pakistan", *Journal of Productivity Analysis*, 8, 395-414.
- Battese, G.E. and Coelli, T.J. (1988). "Prediction of Firm-Level Technical Efficiencies With a Generalised Frontier Production Function and Panel Data", *Journal of Econometrics*, 38, 387-399.
- Battese, G.E. and Coelli, T.J. (1991). "Frontier Production Functions, Technical Efficiency And Panel Data: With Application To Paddy Farmers In Indiaa ". *Working Papers in Econometrics and Applied Statistics*. No.56, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
- Battese, G.E. and Coelli, T.J. (1992). "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India", *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169.
- Battese, G.E. and Coelli, T.J. (1995). "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data", *Empirical Economics*, 20, 325-332.

- Battese, G.E. and Corra, G.S. (1977). "Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia", *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21, 169-179.
- Berg, S.A., Forsund, F.R., Hjalmarsson, L. and Suominen, M. (1993). "Banking Efficiency in the Nordic Countries". *Journal of Banking & Finance*. (17) 2-3, 371-388.
- Coelli, T.J. 1996. "A Guide to Frontier Version 4.1. A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation." *Working Paper 7/96*, CEPA- Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of New England.
- Coelli, T.J., Grifell-Tatje, E. and Perelman, S. (2002). "Capacity Utilisation and Profitability: A Decomposition of Short-Run Profit Efficiency", *International Journal of Production Economics*, 79(3), 261-78.
- Coelli, T.J., Perelman, S. and Romano, E. (1999). "Accounting for environmental influences in stochastic frontier models: With application to international airlines", *Journal of Productivity Analysis*, 11, 251-273.
- Cornwell, C., Schmidt, P. and Sickles, R.C. (1990). "Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels", *Journal of Econometrics*, vol. 46, 185-200.
- Cullinane, K., Song, D.W. and Wang, T. (2005). "The Application of Mathematical Programming Approaches to Estimating Container Port Production Efficiency", *Journal of Productivity Analysis*, 24(1), 73-92.
- Das, A., A. Nag and S.C. Ray (2009). "Labor-use Efficiency in Indian Banking: A Branch-level Analysis". *Omega*, 37 (2009) 411-425.
- Dodson, M.E. and Garrett, T.A. (2004). "Inefficient Education Spending in Public School Districts: A Case for Consolidation". *Contemporary Economic Policy*, 22(2), 270-280.
- Dolton, P., Marcenaro, O.D. and Navarro, L. (2003). "The Effective Use of Student Time: A Stochastic Frontier Production Function Case Study". *Economics of Education Review*, 22(6), 547-560.
- Duke, J. and Torres, V. (2005). "Multifactor Productivity Change in the Air Transportation Industry". *Monthly Labor Review*, 25(8), 32-45.
- EC, (2001). *White Paper: Time to Decide*, European Commission, Brussels.
- Farrel, M. (1957). 'The Measurement of Productive Efficiency', *Journal of the Royal Statistical Society*, A120: 253-81.
- Fried, H.O., Lovell, C.A.K. and Schmidt, P.(eds.) (2008). *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, Oxford University Press, New York

- Foroughi, A.A., Jones, D.F. and Tamiz, M. (2005). "A Selection Method for a Preferential Election". *Applied Mathematics and Computation*, 163(1), 107-116.
- Fuiji, A. (2001). "Determinants and probability distribution of inefficiency in the stochastic cost frontier in Japanese hospitals". *Applied Economics Letters*, 8, 807-812.
- Fuller, J.W. (1983). *Regulation and Competition in Transportation*. Center for Transportation Studies, University of British Columbia. Vancouver, Canada.
- Geddes, R.R. (2010). *The Road to Renewal: Private investment in US Transportation Infrastructure*. American Enterprise Institute, Washington, DC.
- Good, D.H., Nadiri, M.I. and Sickles, R.C. (1991). "The structure of production, technical change and efficiency in a multinational industry: An application to U.S. airlines", *National Bureau of Economic Research*, NBER Working Paper No:3939.
- Greene, W.H. (2008). "The Econometric Approach to Efficiency Analysis" in H.O Fried, C.A.K Lovell and S.S Schmidt (eds) *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, 92-251, Oxford University Press, New York.
- ICAO, (2004). *The World of Civil Aviation, 2001-2004*, Circular 291-AT/123 (11/02 E/P1/1400), ICAO HQ, Montreal
- Jondrow, J., Lovell, C.A.K., Materov, I.S. and Schmidt, P. (1982). "On estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model", *Journal of Econometrics*, 19, 233-238.
- Kneip A., Sickles R. C. and Song W. (2011). "A new panel data Treatment for heterogeneity in time: Forthcoming in *Econometric Theory*". *Working Paper*. Rice University, Houston .
- Kodde, D.A. and Palm, F.C. (1986). "Wald criteria for jointly testing equality and inequality restrictions", *Econometrica*, 54, 1243-1248.
- Kumbhakar, S.C. (1987a). "The specification of technical and allocative inefficiency in stochastic production and profit frontiers", *Journal of Econometrics*, 34, 335-348.
- Kumbhakar, S.C. (1987b). "Production Frontiers, Panel Data: An Application of U.S. Class 1 Railroad", *Journal of Business and Economic Statistics*, 5 (2): 249-255.
- Kumbhakar, S.C. (1990). "Production frontiers, panel data and time-varying technical inefficiency", *Journal of Econometrics*, 46:1/2 (October /November), 201-12.
- Kumbhakar, S.C. and Lovell, C.A.K. (2000). *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press, New York.

- Lee, R.D. (2012). “Economic Efficiency”. *FEE-Foundation for Economical Education*. [http://www.fee.org/the\\_freeman/detail/economic-efficiency/#axzz2F1VAFZw1](http://www.fee.org/the_freeman/detail/economic-efficiency/#axzz2F1VAFZw1). Erişim tarihi: 13/08/2012.
- Lovell, C.A.K., Walters, L.C. and Wood, L.L. (1990). “Stratified Models of Education Production Using DEA and Regression Analysis”, Working Paper No.90-5, Department of Economics, University of North Carolina in A. Charnes, W.W. Cooper, A.Y. Levin and L.M. Seiford (eds.) *Data Envelopment Analysis: Theory, method and process*. IC<sup>2</sup>, Management and Management Science Series. Quorum Books, New York.
- Mairesse, F. and Vanden-Eeckaut, P. (2002). “Museum Assesment and FDH Technology: Towards a Global Approach”. *Journal of Cultural Economics*, 26 (4), 261-286.
- Nelson, J.C. (1942). New Concepts in Transportation Regulation. In *Transportation and National Policy* (197-237). US Government Printing Office. Washington, DC.
- Nelson, J.C. (1947). Some Problems of Postwar Air Transportation. *American Economic Review*. 2 (37), 492-97.
- Nelson, J.C. (1962a). The Pricing of Highway, Waterways and airways Facilities. *American Economic Review*. 2 (52), 15-22; 426-33.
- Nelson, J.C. (1962b). Government’s Role Toward Transportation. *Transportation Journal*. 4 (1), 15-22.
- Nelson, J.C. (1973). A Critic of Governmental Intervention in Transport. In Joseph S. De Salvo (ed.) *Perspectives on Regional Transportation Planning*. Lexington Books, Lexington. Massachussets.
- Nelson, J.C. ve Heaver, T.D. (1977). *Railway Pricing Under Commercial Freedom: The Canadian Experience*. Center for Transportation Studies, University of British Columbia. Vancouver, Canada.
- Nelson, J.C. (1981). British Deregulation and US Transport Policy. In Kenneth D. Boyer and William G. Sheherd (eds.) *Economic Regulation: Essays in Honor of James R. Nelson*. Michigan State University. East Lansing, Michigan.
- Nelson, J.C. (1981). British Deregulation and US Transport Policy. In Kenneth D. Boyer and William G. Sheherd (eds.) *Economic Regulation: Essays in Honor of James R. Nelson*. Michigan State University. East Lansing, Michigan.
- Marin, P.L. (1995). “Productivity differences in the airline industry: Partial deregulation versus short-run protection”, *JEL Discussion Paper*, No.EI/11, JEL Nos.:D24,L59,L23,L93.
- Porembski, M., Breitenstein, K. and Alpar, P. (2005). “Visualising Efficiency and Reference Relations in Data Envelopment Analysis with an Application to the Branches of a German Bank”, *Journal of Productivity Analysis*, 23 (2), 203-21.

- Ray, S.C. and Mukherje, K. (1996), "Decomposition of the Fisher ideal index of productivity: A non-parametric dual analysis of US Airlines Data", *The Economic Journal*, vol.106, no.439, 1659-1678.
- Reichmann, G. and Sommersguter-Reichmann, M. (2006). "University Library Benchmarking: An International Comparison Using DEA", *International Journal of Production Economics*, 100 (2), 131-147.
- Richmond, J. (1974). "Estimating the efficiency of production", *International Economic Review*, 15, 515-521.
- Scheraga, C.A. (2004). "Operational Efficiency Versus Financial Mobility in the Global Airline Industry: A Data Envelopment and Tobit Analysis", *Transportation Research Part, 38(5)*, 383-404.
- Schmidt, P. (1976). "On the Statistical Estimation of Parametric Frontier Production Functions", *The Review of Economics and Statistics*, vol.58, issue 2, 238-239.
- Schmidt, P. and Sickles R.C. (1984). "Production Frontiers and Panel Data", *Journal of Business & Economic Statistics*, vol. 2, No. 4, 367-374.
- Serrano-Cinca, C., Fuertes-Callen and Mar-Molinero, C. (2005). "Measuring DEA Efficiency in Internet Companies", *Decision Support System*, 38 (4): 557-573.
- Sena, V. (1999). "Stochastic Frontier Estimation: A Review of the Software Options", *Journal Of Applied Econometrics*, 14 (3): 579-586.
- Sickles, R.C. (1985). "A nonlinear multivariate error components analysis of technology and specific factor productivity growth with an application to the U.S. airlines", *Journal of Econometrics*, 27, 61-78.
- Sickles, R.C., Good, D. and Johnson, R.L. (1986). "Allocative distortions and the regulatory transition of the U.S. airline industry", *Journal of Econometrics*, 33, 143-163.
- Sickles, R.C., Good, D. and Geatchaw, L. (2002). "Specification of Distance Function Using Semi- and Non-parametric Methods with and Application to the Dynamic Performance of Eastern and Western European Air Carriers", *Journal of Productivity Analysis*, 17(1.2), 133-155.
- Smith, P.C. and Street, A. (2005). "Measuring the efficiency of public services: the limits of analysis". *Journal of Royal Statistical Society*. 168, 401-417.
- Street, A. (2003). "How much condence should we place in efficiency estimates?" *Health Economics*, 12 (11), 895-907.
- Takamura, Y. and Tone, K. (2003). "A Comparative Site Evaluation Study for Relocating Japanese Government Agencies Out of Tokyo". *Socio-economic Planning Science*. 37(2), 85-102.
- Thiam, A. et al. (2001). "Technical efficiency in developing country agriculture: a meta-analysis". *Agricultural Economics*. 25, 235-243.



- Timmer, C. (1971). "Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency", *Journal Of Political Economy*, 79: 776-794.
- Tsionas, E. and Christopoulos, D. (2001). "Efficiency measurement with nonstationary variables: an application of panel cointegration techniques", *Economic Bulletin*, Vol.3, No.14, 1-7.
- Tulkens, H. (1993). "On FDH Efficiency Analysis: Some Methodological Issues and Applications to Retail Banking, Courts and Urban Transit", *Journal of productivity Analysis*, 4 (1/2), 183-210.
- Weinstein, M.A. (1964). "The sum of values from a normal and truncated normal distribution", *Technometrics*, 6, 104-105 and 469-470.
- Whitnah, D.R. (1998). *US Department of Transportation*. Greenwood Press, Westport CT, USA.
- Zaim, O. (2004). "Measuring Environmental Performance of Government Manufacturing Through Changes in Pollution Intensities: DEA Framework", *Ecological Economics*, 48 (1), 37-47.