

ETKİNLİĞİN HESAPLANMASINDA VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE STOKASTİK SINIR YAKLAŞIMI YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (TRA1 ALT BÖLGESİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA)

Yusuf AKAN¹
Gürkan ÇALMAŞUR²

Özet: Bu çalışmanın amacı, 2004-2007 dönemi için TRA1 alt bölgesi imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların teknik etkinlik düzeylerini, veri zarflama ve stokastik sınır analizi yöntemleri yardımı ile tahmin etmek ve iki yöntemi mukayese etmektir. Bu yöntemlerle elde edilen etkinlik değerlerinin karşılaştırılması sonucu, iki yöntemin firmaların etkinlik ölçümünde önemli derecede farklılık oluşturduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Stokastik Sınır Yaklaşımı, Veri Zarflama Analizi, Teknik Etkinlik

Abstract: The aim of this paper is to compare and to estimate Data Envelopment Analysis (DEA) and Stochastic Frontier Analysis (SFA) methods by estimating technical efficiency in the manufacturing industry in TRA1 sub-sectors for the period 2004-2007. The comparison of the efficiency scores obtained from these two methods show that there is a significant difference in measuring the efficiencies of the firms.

Key Words: Stochastic Frontier Analysis, Data Envelopment Analysis, Technical Efficiency

I.Giriş

İmalat sanayi; ülkemiz milli geliri içerisinde oldukça önemli bir paya sahip bulunmaktadır. Yine imalat sanayi, ticarete açık sektörler içerisinde görece verimliliği yüksek olan sektör olma özelliğini taşımaktadır. Bu nedenle, ülkemiz ekonomik büyümesinin anahtar sektörlerinden biridir.

İmalat sanayinde etkinlik ve verimlilik göstergeleri pek çok açıdan önem arz etmektedir. Sanayileşmenin göstergelerinden birisinin de imalat sanayinde verimlilik olduğunu söylemek yanlış olmaz. Hangi düzeyde olursa olsun etkinlik ve verimlilik üzerine bir şeyler söyleyebilmek, etkinlik ve verimlilikte iyileşme sağlayabilmek için öncelikle etkinliğin ve verimliliğin ölçülmesi gerekmektedir (Büyükkılıç ve Yavuz, 2005: 13). Etkinlik ve verimlilikteki artış kaynakların daha etkin biçimde yeniden dağılması, teknolojik gelişme, daha etkin bir yönetim ve bilgi artışları gibi olumlu sonuçlara neden olmaktadır.

Ekonomik anlamda büyümenin gerçekleştirilmesi verimlilik artışı ile mümkün olmaktadır. Verimlilik artışının sağlanmış olması, ülkenin sahip olduğu kaynakları optimum şekilde kullandığını göstermektedir. Kaynakların optimum kullanımı ile üretim artışı sağlanacaktır. Üretimde meydana gelen bu artış,

¹ Prof.Dr., Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

² Arş. Gör., Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,

ekonomik anlamda büyümeyi beraberinde getirecektir.

Etkinlik, hedeflere ulaşma derecesini ve istenilen etki ile gerçekleşen etki arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Etkinlik üzerinde durulurken çıktılarla, sonuçlar arasında ayırım yapmak önem arz etmektedir. Sonuçları ölçmek ve değerlendirmek, girdi-çıktıları ölçmek ve değerlendirmekten daha zordur (Gülcü vd., 2004: 91).

Etkinlik ölçümü, mevcut rekabet ortamı içinde firmanın nerede olduğunun belirlenmesine olanak sağlamak ve eldeki girdilerden ne denli iyi bir biçimde çıktı üretebileceğini göstermektedir (Yolalan, 1993: 6).

Etkinlik analizi için kullanılan ölçüm sistemleri; oran analizleri, parametrik yöntemler ve nonparametrik yöntemler olmak üzere üç temel gruba ayrılmaktadır. Oran analizi, kapsam ve amaç açısından tek boyutlu analizleri içermektedir. Verimlilik ölçümünde hesaplanan değişik oranların ağırlıklandırılarak tek bir ölçüt elde edilmesi gereksinimi, bu yöntemin önemli bir eksikliği olarak ortaya çıkmaktadır. Parametrik yöntemler, verimlilik ölçümü yapılan firmalara ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğunu varsaymaktadır. Nonparametrik yöntemler ise üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmeyen esnek bir yapıya sahiptir ve çözüm yöntemi olarak genellikle matematiksel programlamayı kullanmaktadır.

Ekonometrik yaklaşım olarak da bilinen stokastik sınır yaklaşımı, maliyet, kâr ve üretim gibi açıklanan değişkenlerle; girdi, çıktı ve çevresel faktörler gibi açıklayıcı değişkenler arasında işlevsel bir ilişki kurmakta ve hata terimine de modelde yer vermektedir (Berger ve Humphrey, 1997: 178).

Veri zarflama analizi, ürettikleri mal veya hizmet açısından birbirine benzer niteliklere sahip olan karar birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilmiş nonparametrik etkinlik ölçme yöntemidir (Boussofiane, Dyson ve Rhodes, 1991: 1-15).

Bu çalışmanın temel amacı, İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırmasına göre TRA1 alt bölgesinde (Erzurum, Erzincan, Bayburt) faaliyet gösteren firmaların teknik etkinlik düzeylerini veri zarflama analizi ve stokastik sınır analizi yöntemleri yardımı ile tahmin etmek ve iki yöntemi mukayese etmektir. Bu amacı gerçekleştirmek için, 2004–2007 dönemine ait Bayburt ilinde 25, Erzincan ilinde 120 ve Erzurum ilinde 156 olmak üzere toplam 301 firmaya anket uygulanmıştır. Bu çalışmada, Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Üretim Fonksiyonu Tekniği kullanılarak TRA1 alt bölgesi imalat sanayi firmalarından anket yolu ile alınan veriler, DEAP 2.1 ve FRONTIER 4.1 programları yardımıyla analiz edilmiştir. İki yöntemin birbirine göre avantaj ve dezavantajları ortaya konulmuş ve iki yöntemden elde edilen teknik etkinlik değerleri mukayese edilmiştir.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünü takip eden ikinci bölümde, çalışmanın metodolojisi ele alınmıştır. Üçüncü bölümde veri, değişken tanımlarına ve literatür özetine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde

tahmin sonuçları özetlenmiş ve yorumlanmıştır. Beşinci ve son bölümde ise araştırmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

II. Metodoloji

Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Yaklaşımı etkinliğin ölçülmesinde sıkça kullanılan iki yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Veri Zarflama Analizi, ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında benzer mal veya hizmet üreten ekonomik karar birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacı ile geliştirilmiş olan doğrusal programlama esaslı bir yöntemdir (Banker; 1992: 74). Yöntem, klasik regresyon tekniğinin doğrudan uygulanamadığı çoklu girdi ve çoklu çıktılar için üretim ilişkilerinde performans karşılaştırmalarında kullanılmaktadır (Yavuz, 2001: 15). Stokastik Sınır Yaklaşımı ise Aigner vd. (1977), Battese ve Corra (1977) ve Meeusen ve Van den Broeck (1977) tarafından geliştirilen ve üretim sınırı tahmininde istatistiki hataları açıkça hesaba katan model olarak karşımıza çıkmaktadır (Kök vd., 2004: 14). Her iki yöntemin kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

A. Stokastik Sınır Analizi

Stokastik üretim sınırı yaklaşımı, veri girdi düzeyinde firmaların en fazla belirli bir miktarda çıktı üretebileceğini varsaymaktadır. Firmaların üretim sınırı tarafından tanımlanan düzeyde üretim yapamamasının iki nedeni olabilir. İlk olarak, firma tarafından öngörülemeyen üretim sürecinde beklenmedik sorunlar, girdi kalitesinde değişimler, işçilerin çalışma temposundaki değişiklikler, vb. söz konusudur. İkinci olarak, firma tam etkin olarak çalışmadığı için beklenen en yüksek üretim düzeyinin altında kalabilir. Bu iki etken ve stokastik üretim sınırı, üretim sınırının formuna ilişkin belirli varsayımlar altında tahmin edilebilir. Yöntem, firma düzeyinde girdi-çıkıtı verisine ve üretim sınırı uyarlanmasına dayanmaktadır. Teknolojik değişme hızı, üretim sınırının kayma oranı ile ölçülmektedir. Teknik etkinlik düzeyi de, firmanın gerçekleştirdiği çıktı düzeyi ile mevcut girdileri kullanarak gerçekleştirebileceği çıktı arasındaki oran olarak tanımlanmaktadır (Taymaz, 2001: 102).

Stokastik sınır üretim fonksiyonu yaklaşımı, bazı birimlerin kaynaklarını etkin bir biçimde kullanmadıkları varsayımını esas almaktadır. Bu birimler, en iyi üretim teknolojisi ile tanımlanan üretim sınırının altında faaliyet göstermektedirler. Stokastik üretim eğrisi modelleri Aigner, Lovell, Schmidt (1977), Meeusen ve Van den Broeck (1977) tarafından geliştirilmiştir. Bu model üretim sınırının tahmininde istatistiki hataları açıkça hesaba katan model olarak karşımıza çıkmaktadır (Kök vd., 2004: 14).

Aigner, Lovell, Schmidt (1977) tarafından Stokastik sınır üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$Y_i = X_i\beta + (V_i - U_i) \quad i= 1, 2, 3, \dots, N$$

Burada Y_i , i. firmanın üretiminin doğal logaritması, X_i , i. firmanın (1xK)'lık girdi vektörünü, β , tahmin edilmesi gereken bilinmeyen parametreler vektörünü, V_i bağımsız ve $N(0, \sigma^2)$ dağılım gösteren rassal değişken, U_i ise negatif değer almayan teknik etkinsizliği ölçen $N(0, \sigma^2)$ dağılım gösteren rassal değişkendir.

Aigner Schmid Lovell (1977) tarafından önerilen modelin uzantısı olarak farklı versiyonlar da geliştirilmiştir (Schmidt 1985-1986, Greene, 1993). Battase ve Coelli (1995) zaman içinde teknik etkinsizliğe ve panel veri kullanımına izin veren aşağıdaki modeli önermiştir.

$$Y_{it} = X_{it}\beta + (V_{it} - U_{it}) \quad i=1, 2, 3, \dots, N \quad t=1, 2, 3, \dots, T$$

Burada Y_{it} , i. firmanın t yılındaki üretiminin doğal logaritması, X_{it} , i. firmanın t yılındaki (1xK)'lık girdi vektörünü, β , tahmin edilmesi gereken bilinmeyen parametreler vektörünü, V_{it} i.i.d (identical, independently distributed) olduğu varsayılan ve $N(0, \sigma^2)$ dağılım gösteren rassal değişken, U_{it} ise negatif değer almayan teknik etkinsizliği ölçen $N(m_{it}, \sigma^2)$ dağılım gösteren rassal değişkendir. $m_{it} = z_{it}\delta$ olarak tanımlanmıştır. z_{it} , bir firmanın etkinliğini etkileyen (1xP)'lık değişkenlerin vektörünü, δ ise bu matrisle uyumlu bir biçimde tahmin edilecek (1xP)'lık parametrelerin vektörünü ifade etmektedir. i. firmanın t yılındaki teknik etkinliği; $TE_{it} = \exp(-u_{it})$ biçiminde tanımlanmaktadır.

Bu denklem ile tanımlanan sınır modeli için, sıfır hipotezi ($H_0 = \sigma^2 = 0$) alternatif hipotez ($H_1 = \sigma^2 > 0$) karşısında test edilmektedir. Hipotez testleri için test istatistiği ise aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmaktadır (Yeşilyurt ve Yeşilyurt, 2008: 5):

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

Çalışmamızda Stokastik Sınır Yaklaşımı model tahmini Timothy James Coelli tarafından 1996 yılında geliştirilen FRONTIER 4.1 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Stokastik Sınır Yaklaşımının önemli avantajlarından birisi istatistiksel hataları, etkinsizlikten kaynaklanan hatalardan ayırması olarak karşımıza çıkmaktadır. Öte yandan, yöntemin önemli dezavantajlarından birisi ise, ölçülecek etkinlik türüne göre bir fonksiyonel yapının belirlenmesini gerektirmesidir (Turgutlu vd., 2007: 92).

B. Veri Zarflama Analizi

Homojen karar verme birimlerinin göreceli etkinliğini ölçmeye yarayan VZA'da, çok girdi ve çok çıktı faktörlü bir etkinlik skoru şöyle tanımlanmaktadır (Talluri, 2000: 8): Etkinlik = Ağırlıklandırılmış Toplam Çıktı / Ağırlıklandırılmış Toplam Girdi

VZA, çok sayıda değişken ve ilişkilerin birarada değerlendirildiği "matematiksel programlama" gibi teknikleri kullandığı için çok sayıda girdi ve

çığıtının bir arada değerlendirilmesine olanak vermeyen ve karar vericiyi sınırlandıran diğer tekniklere göre kullanıcıya daha rahat çalışılabılme imkânı sunmaktadır. Çünkü, politika üretilen ve yönetimsel kararların alındığı gerçek hayat problemleri, pek çok faktörün aynı anda değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir yapıya sahiptir. Bununla birlikte VZA, matematiksel programlamanın sahip olduğu geniş teori ve yöntem birikimi sayesinde yol gösterici analizlerin ve yorumların yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Sayıllara ek olarak, VZA başka önemli fırsatları da beraberinde kullanıcıya sunmaktadır. Bu fırsatlar, kullanıcı ile karar vericilere, girdi ve çığıtların seğimi ya da çeşitli senaryoların değerlendirilmesi gibi konularda işbirliği yapabilmeleri için olanak tanınması şeklinde özetlenebilir (Cooper vd., 2000: 2). VZA yönteminin önemli avantajlarından biri girdiler ve çığıtlar arasındaki üretim ilişkisinin fonksiyonel formu üzerinde sınırlamalara yer vermemesidir. VZA, çoklu girdilere ve çoklu çığıtlara eř zamanlı uygulanabilmektedir. VZA'nın başlıca dezavantajlardan birisi ise, değişken seğimine ve veri hatalarına oldukça duyarlı olmasıdır (Kalirajan ve Shand, 1999: 167).

Birçok girdi ve çığıtının gözlendiği ve gözlenen bu girdi ve çığıtların tek bir toplam girdi ve çığıtıya dönüştürülemeyeceği durumlarda üretim etkinliğini ölçmek için kullanılan veri zarflama analizi, sık kullanılan nonparametrik yöntemlerden birisidir (Bülbül ve Akhisar, 2005: 2).

Veri Zarflama Analizi kullanılarak, her karar birimindeki etkin olmamanın miktarı ve kaynakları tanımlanabilmektedir. Bu şekilde, etkin olmayan birimlerin girdi miktarında ne kadarlık bir azalış ve/veya çığıtı miktarında ne kadarlık bir artış yapmak gerektiğine ilişkin olarak bir değerlendirme yapılabilir (Charnes vd., 1981: 429-444).

VZA'nın temel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Yun vd., 2004: 87-88):

- Girdi ve çığıtı değerlerine herhangi bir ağırlık ataması yapmadan karar verme birimlerinin etkinlik analizi yapılabilir.
- Üretim fonksiyonu bilinmeden de gözlemlenen verilere dayanılarak etkinlik ölçümü yapılabilir.
- Karar vericilerin tercihleri birleştirilmektedir.

VZA metodu, girdiye ve çığıtıya yönelik olarak iki yönlü kullanılabılme özelliğine sahiptir. Girdiye yönelik VZA modelleri, belirli bir çığıtı bileşimini en etkin bir şekilde üretebilmek amacıyla, kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırmaktadır. Çığıtıya yönelik VZA modelleri ise belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çığıtı bileşiminin elde edilebileceğini araştırmaktadır (Charnes vd., 1981: 669).

Bu çalışmada Charnes vd. tarafından 1978 yılında geliştirilmiş olan çığıtı odaklı VZA modeli kullanılacaktır. N tane firmanın K tane girdi kullanarak tek bir çığıtı ürettiğini düşünürsek ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında çığıtı odaklı VZA modeli şöyle tanımlanabilmektedir:

Max: η

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$x_{0t} - X\mu \geq 0$$

$$-\eta y_{0t} + Y\mu \geq 0$$

$$\mu \geq 0$$

η , çıktıların faktör ağırlıklı vektörlerini, y_{0t} , o. karar verme biriminin t yılında üretmiş olduğu çıktıyı, Y, bütün karar verme birimlerinin üretmiş olduğu çıktıyı, μ , çıktının faktör ağırlıklı vektörlerini, x_{0t} , o. karar verme biriminin t yılında tüketmiş olduğu girdiyi ve X, bütün karar verme birimlerinin tüketmiş olduğu girdiyi göstermektedir.

Çalışmamızda Veri Zarflama Analizi model tahmini Timothy James Coelli tarafından 1996 yılında geliştirilen DEAP 2.1 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

III. Veri ve Literatür Özeti

Etkinlik analizlerinde kullanılan girdiler ve çıktılar sonuçlar üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Bu uygulamada kullanılacak girdi ve çıktıları karar vermek için, literatürdeki çalışmalarda kullanılmış olan girdi ve çıktılar incelenmiştir. Çalışmada, imalat sanayinin çıktısı olarak Türkiye İstatistik Kurumunun Yıllık İmalat Sanayii İstatistiklerinde verilen “çıktı” değişkeni, girdi değişkenleri olarak, Devlet İstatistik Enstitüsünün tanımı ile girdi, işgücü değişkeni olarak yılda çalışılan işçi-saat toplamı ve sermaye değişkeni olarak ise yılsonunda kurulu olan toplam çevirici güç kapasitesi kullanılmıştır. Tablo 1’de değişkenler, tanımları ile birlikte yer almaktadır.

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Değişkenler	Birim
Çıktı değişkeni	
Çıktı (Q) Satışlar ve başkalarına yapılan hizmetler karşılığı elde edilen gelirler, yılsonu mamul ve yarı mamul stokları, yıl içinde dışarıya satılan elektrik değeri ile kendi personeline yaptığı sabit değerler üretim değeri toplamından yılbaşı mamul ve yarı mamul stoklarının çıkarılmasıyla elde edilmiştir.	TL
Girdi Değişkenleri	
Girdi (I) Satın ve devralınan mal ve hizmetlerin değeri, yılbaşı stokları (hammadde, yardımcı maddeler, ambalaj malzemesi ve yakıtlar) değeri ile dışarıdan satın alınan elektrik değeri toplamından yılsonu stok değerlerinin (hammadde, yardımcı maddeler, ambalaj malzemesi ve yakıtlar) çıkarılmasıyla elde edilmiştir.	TL

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Girdi ve Çıktı Değişkenleri (Devam)

Sermaye (K) Yıl Sonunda Kurulu Olan Çevirici Güç Tesisatı Kapasitesi: Yılsonunda işyerinin sahip olduğu taşıt araçları motorları dışındaki çeviricilerin kapasite ve sayısına, kullanılan ve ihtiyat olarak muhafaza edilen elektrik motorlarının kapasite ve sayılarının ilavesiyle bulunmuştur. Çeviricilere ve elektrik motorlarına ilave edilen sabit ve hareketli birimler ile makinelere takılan motorlar kapasiteye dâhildir.	Beygirgücü
İşgücü (L) Yılda çalışılan işçi-saat toplamı	Saat

Kaynak: Büyükkılıç ve Yavuz, 2005: 61

Erzurum, Erzincan, Bayburt illerinin sektörel verileri iki basamaklı ISIC (International Standart Industrial Classification of All Economic Activities, Tüm Ekonomik Faaliyetlerin Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması) imalat sanayi sınıflamasına göre alt sektörlerle ait çıktı, işgücü, sermaye ve girdi verilerinden oluşmaktadır. ISIC Rev. 3 sınıflandırmasına göre imalat sanayi ikili kodlu alt kollarında bulunan sektörler Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2: ISIC Rev.3’e Göre İmalat Sanayi İkili Kodlu Alt Sektörler

ISIC Kodu	Sektör
15	Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı
16	Tütün Ürünleri İmalatı
17	Tekstil Ürünleri İmalatı
18	Giyim Eşyası İmalatı; Kürkün İşlenmesi ve Boyanması
19	Dabaklanmış Deri, Bavul, El Çantası, Saraciye ve Ayakkabı İmalatı
20	Ağaç ve Mantar Ürün. (Mobilya Hariç); Hasır vb. Örülerek Yap. Md. İm.
21	Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İmalatı
22	Basım ve Yayım; Plak, Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması
23	Kok Kömürü, Rafine Edilmiş Petrol Ürünleri ve Nükleer Yakıt İmalatı
24	Kimyasal Madde ve Ürünlerin İmalatı
25	Plastik ve Kauçuk Ürünlerin İmalatı
26	Metalik Olmayan Diğer Mineral Ürünlerin İmalatı
27	Ana Metal Sanayi
28	Metal Eşya Sanayi (Makine ve Teçhizatı Hariç)
29	Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Teçhizat İmalatı
30	Büro, Muhasebe ve Bilgi İşlem Makineleri İmalatı
31	Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektrikli Makine ve Cihazlar İmalatı
32	Radyo, Televizyon, Haberleşme Teçhizatı ve Cihazları İmalatı
33	Tıbbi Aletler; Hassas Optik Aletler ve Saat İmalatı
34	Motorlu Kara Taşıtı ve Römorklar İmalatı
35	Diğer Ulaşım Araçları İmalatı
36	Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı
37	Yeniden Değerlendirme

Kaynak: www.tuik.gov.tr

Çalışmada yer alan imalat sanayine ilişkin veriler, Bayburt ilinde 25, Erzincan ilinde 120 ve Erzurum ilinde 156 olmak üzere toplam 301 firmadan anket yolu ile temin edilmiştir.

Tablo 3: *Veri Setinin Özellikleri (301 firmaya ait 1204 gözlem)*

Değişken	Birim	Ortalama	Min.	Maks.	Standart Hata
Çıktı (Q)	TL	14.318	10	60.000	5.807
İşgücü (L)	Saat	111,9	7	6000	360,8
Sermaye (K)	Beygirgücü	598,7	15	150000	8649,5
Girdi (I)	TL	2.543	850	38.500	23.228

Tablo 3'e bakıldığında TRA1 alt bölgesi imalat sanayinde, firmaların ortalama çıktı miktarının 14.318 TL, işgücü miktarının 111.9 saat, sermayenin 598.7 beygir gücü ve girdi miktarının ise 2.543 TL olduğu görülmektedir.

Literatür incelendiğinde Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Yaklaşımı yardımı ile etkinliği ölçen ve bu iki yöntemi mukayese eden yerli ve yabancı çalışmalara rastlamak mümkündür. Aşağıda, geçmiş yıllarda yapılmış yerli ve yabancı çalışmalardan bazıları yer almaktadır.

Önder vd., 2003 yılında 1990-1998 dönemi panel verileri yardımı ile Türk imalat sanayiinde seçilmiş illerde teknik etkinlik düzeyini Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Analizi yöntemlerini kullanarak tahmin etmiş ayrıca bu iki yöntemi karşılaştırmışlardır. Çalışmada, iki yöntemle elde edilen etkinlik değerlerinin illerin etkinlik sıralamasında önemli derecede farklılık yarattığı; ortalama firma büyüklüğü ve bölgesel yığılmanın etkinlik üzerinde etkide bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kasman ve Turgutlu, 2007 yılında 1999-2005 dönemi için Sigorta Şirketlerinin teknik etkinlik düzeyini veri zarflama analizi ve stokastik sınır analizi ve şans kısıtlı Veri Zarflama Analizi yöntemlerini kullanarak tahmin etmişlerdir. Araştırma sonucuna göre, kullanılan yöntemlerin etkinlik sonuçları üzerinde önemli farklılıklar oluşturduğu tespit edilmiştir.

Chen, 2002 yılında Taiwan'da faaliyette bulunan 39 bankanın teknik etkinlik düzeylerini Veri Zarflama Analizi, şans kısıtlı Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Analizi yöntemlerini kullanarak tahmin etmiş bu iki yöntemi karşılaştırmıştır. Yöntemlere göre tahmin edilen etkinlik sonuçlarının önemli farklılıklar oluşturduğu tespit edilmiştir.

Yen, 2005 yılında 79 orman ve kâğıt firmasının teknik etkinlik düzeylerini Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Analizi yöntemlerini kullanarak tahmin etmiş, bu iki yöntemi karşılaştırmıştır. Araştırma sonucunda ortalama teknik etkinlik skoru Stokastik Sınır Analizi yöntemine göre 0.706 ve Veri Zarflama Analizine göre ise 0.788 olarak tahmin edilmiştir.

Allen vd., 2005 yılında 1994-2002 dönemi için Amerika Kamyon Sanayinde faaliyet gösteren firmaların teknik etkinlik düzeylerini Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Analizi yöntemlerini kullanarak tahmin etmiş, bu iki yöntemi karşılaştırmışlardır. Araştırmada, Veri Zarflama Analizine göre elde edilen ortalama teknik etkinlik değerlerinin Stokastik Sınır Yaklaşımına göre elde edilen ortalama teknik etkinlik değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Margari vd., 2007 yılında 1993-1999 dönemi panel verileri yardımı ile İtalya'da toplu ulaşım taşımacılığında faaliyette bulunan firmaların teknik etkinlik düzeylerini Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Analizi yöntemlerini kullanarak karşılaştırmışlardır. Çalışmada, Stokastik Sınır Yaklaşımına göre ortalama teknik etkinlik değeri 0.989, Veri Zarflama Analizine göre ise 0.931 olarak tahmin edilmiştir.

Wadud ve White, 2000 yılında Bangladeş'te pirinç çiftçilerinin etkinlik düzeylerini Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Analizi yöntemlerini kullanarak tahmin etmişlerdir. Her iki yaklaşımla elde edilen sonuçlar da sulama altyapısı ve çevresel bozulmanın etkinliği önemli ölçüde etkileyen faktörler olduğu belirtilmiştir.

Lin ve Tseng, 2005 yılında 1999-2002 dönemi için 27 uluslararası konteynır limanının etkinlik düzeylerini Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Analizi yöntemlerini kullanarak tahmin etmişlerdir. Araştırmada Veri Zarflama analizine göre elde edilen ortalama teknik etkinlik değerlerinin Stokastik sınır Yaklaşımına göre elde edilen ortalama teknik etkinlik değerlerine göre farklılıklar sergilediği tespit edilmiştir.

Odeck, 1987-1997 dönemi panel verileri kullanarak 2007 yılında Norveç hububat üreticilerinin etkinlik düzeylerini Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Analizi yöntemlerini kullanarak tahmin etmiştir. Çalışmada Stokastik Sınır Yaklaşımına göre ortalama teknik etkinlik değeri 0.70, Veri Zarflama Analizine göre ise 0.75 olarak tahmin edilmiştir.

IV. Ampirik Bulgular

Stokastik Sınır Yaklaşımı iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, fonksiyonel kalıp belirlenmekte ve daha sonra hata terimleri modellenerek etkinlik düzeyleri belirlenmektedir.

Çalışmada fonksiyonel kalıbın belirlenmesi için hipotez testleri uygulanmaktadır. Hipotez testlerinin uygulanacağı fonksiyonel kalıplardan ilki Cobb-Douglas üretim fonksiyonu, ikincisi teknolojik değişimin bulunmadığı Cobb-Douglas üretim fonksiyonu, teknolojik değişimin olmadığı Hicks üretim fonksiyonu, Hicks-neutral üretim fonksiyonu ve translog üretim fonksiyonudur.

Bütün fonksiyonel kalıplardan elde edilen sonuçlar Tablo 4'de yer almaktadır.

Tablo 4: Stokastik Üretim Sınırı Tahmin Sonuçları

Değişken	Cobb-Douglas Üretim Fonks.	Cobb-Douglas Üretim Fonks. (Tek. Değ. Yok)	Teknolojik Değişme Yok	Hicks-nötr Üretim Fonksiyonu	Translog Üretim Fonks.
Sabit (β_0)	0.602 (2.119)	0.770 (8.849)	0.261 (4.863)	0.167 (2.548)	0.222 (3.984)
LnK (β_1)	-0.489 (-5.891)	-0.482 (-5.753)	-0.457 (-5.060)	-0.492 (-5.263)	-0.508 (-6.648)
LnL (β_2)	0.286 (2.219)	0.119 (5.815)	-0.910 (-4.849)	-0.100 (-5.413)	0.112 (5.594)
LnI (β_3)	0.307 (2.259)	0.241 (1.609)	0.159 (1.089)	0.166 (1.100)	0.336 (2.238)
t (β_4)	0.195 (2.806)			0.479 (3.272)	0.334 (2.304)
LnK ² (β_{11})			0.236 (2.137)	0.154 (1.383)	0.723 (6.089)
LnL ² (β_{22})			0.916 (9.097)	0.592 (6.741)	0.292 (1.899)
LnI ² (β_{33})			0.527 (6.963)	0.284 (2.279)	0.218 (1.810)
t ² (β_{44})				0.123 (5.685)	0.473 (2.790)
LnK x LnL (β_{12})			0.293 (2.534)	0.193 (2.174)	0.746 (8.876)
LnK x LnI (β_{13})			0.122 (1.485)	0.993 (1.148)	0.397 (4.880)
LnL x LnI (β_{23})			0.519 (6.232)	-0.150 (-2.872)	-0.155 (-4.163)
LnK x t (β_{14})					-0.288 (-3.537)
LnL x t (β_{24})					0.782 (2.575)
LnI x t (β_{34})					0.516 (2.456)

Tablo 4: Stokastik Üretim Sınırı Tahmin Sonuçları (Devam)

σ^2	0.105 (1.241)	0.105 (1.963)	0.123 (1.726)	0.254 (6.205)	0.598 (1.832)
γ	0.988 (9.826)	0.990 (1.796)	0.902 (1.439)	0.947 (1.118)	0.981 (8.540)
μ	0.338 (4.039)	0.163 (3.266)	0.426 (2.267)	-0.255 (-1.809)	-0.153 (-1.934)
η	0.111 (9.977)	0.148 (2.693)	0.292 (1.182)	0.225 (4.124)	0.499 (1.254)
Log Olabilirlik Fonk.	11.980	10.006	25.414	26.519	30.473

*Parantez içerisindeki değerler t değerlerini göstermektedir.

Tablo 4'te elde edilen sonuçlar ışığında hangi modelin tercih edileceğine ilişkin yapılan hipotez testlerine ait sonuçlar Tablo 5'de sunulmaktadır.

Tablo 5: Stokastik Üretim Sınırı Hipotez Testleri

H ₀ Hipotezi	Log-Likelihood ^a	Test İstatistiği ^b	Kritik Değer ^c	Karar
Tek. değişimin olmadığı Cobb-Douglas Üretim fonksiyonu (bütün $\beta_{ij}=0$ ve $\beta_4=0$)	-56.631	51.986	16.274	H ₀ Red
Cobb-Douglas Üretim fonksiyonu (bütün $\beta_{ij}=0$)	-51.084	39.645	14.853	H ₀ Red
Teknolojik değişme yoktur ($\beta_{14}=\beta_{24}=\beta_{34}=\beta_{44}=\beta_4=0$)	-34.915	20.404	8.761	H ₀ Red
Hicks nötr üretim fonksiyonu ($\beta_{14}=\beta_{24}=\beta_{34}=0$)	-11.153	37.412	7.045	H ₀ Red
Etkinsizlik yoktur ($\gamma=\delta_0=\delta_1=\delta_2=0$)	-36.964	25.388	5.138	H ₀ Red

^a: Sıfır hipotezi altındaki Log-Likelihood değeri

^b: $LR = -2[\ln[L(H_0)/L(H_1)]] = -2\{\ln[L(H_0)] - \ln[L(H_1)]\}$ formülü ile hesaplanan test istatistiği

^c: Kodde ve Palm (1986) tarafından ortaya konulan dağılım tablosundaki kritik değer

Tablo 5'de fonksiyonel kalıplara göre elde edilen log-likelihood değerleri, bu değerlere göre elde edilen test istatistikleri ile Kodde ve Palm tarafından 1986 yılında oluşturulan dağılım tablosundaki kritik değerler yer almaktadır.

Tabloya göre tüm sıfır hipotezler alternatif hipotezler karşısında reddedilmektedir. Böylece alternatif hipotez olan translog üretim fonksiyonun etkinsizlik etkileri analizleri için kullanılmasına karar verilmiştir. Q; çıktıyı, K;

sermayeyi, L; işgücünü, I; girdiyi ve t zaman trendi değişkeni olduğu varsayımı altında translog üretim fonksiyonu aşağıdaki biçimde formülize edilebilmektedir:

$$\ln Q = \beta_0 + \beta_1 \ln K + \beta_2 \ln L + \beta_3 \ln I + \beta_4 t + 0.5[\beta_{11}(\ln K)^2 + \beta_{22}(\ln L)^2 + \beta_{33}(\ln I)^2 + \beta_{44}t^2] + \beta_{12}(\ln K)(\ln L) + \beta_{13}(\ln K)(\ln I) + \beta_{23}(\ln L)(\ln I) + \beta_{14}(\ln K)t + \beta_{24}(\ln L)t + \beta_{34}(\ln I)t$$

Erzurum-Erzincan-Bayburt İmalat Sanayinde etkinsizliğe neden olabilecek değişkenlerin ortalama firma büyüklüğü ve zaman trendi olabileceği düşünülmüştür. Bu değişkenlerin eklenmesi ile oluşturulan etkinsizlik etkileri Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6: *Etkinsizlik Etkileri Sonuçları*

Parametre	Değişken	Katsayı	t Değeri
β_0	Sabit	0.319	5.426
β_1	LnK	-0.697	-6.172
β_2	LnL	0.315	3.758
β_3	LnI	0.258	3.172
β_4	t	-0.415	-0.546
β_{11}	LnK ²	0.113	3.285
β_{22}	LnL ²	0.802	4.079
β_{33}	LnI ²	0.615	5.269
β_{44}	t ²	-0.921	-1.402
β_{12}	LnK x LnL	-0.266	-4.646
β_{13}	LnK x LnI	-0.175	-3.286
β_{23}	LnL x LnI	0.168	4.849
β_{14}	LnK x t	0.239	4.292
β_{24}	LnL x t	-0.204	-1.107
β_{34}	LnI x t	-0.146	-1.442
δ_0	Sabit	0.933	1.421
δ_1	Ortalama Firma Büyüklüğü	0.115	4.809
δ_2	Zaman trendi (yıl)	-0.246	-2.372
σ^2		0.151	3.617
η		0.986	4.837

Tablo 6'ya bakıldığında ortalama firma büyüklüğündeki artışın etkinlik seviyesini azalttığı ve etkinsizlik seviyesini ise arttırdığı görülmektedir. Ortalama firma büyüklüğündeki 0.01 birimlik bir artış, etkinliği 0.115 birim azaltmaktadır. Aynı zamanda, zaman trendindeki artışın etkinlik seviyesini

arttırdığı ve etkinsizlik seviyesini ise azalttığı görülmektedir. Zaman trendindeki 0.01 birimlik bir artış etkinliği 0.246 birim arttırmaktadır.

Etkinsizlik etkileri açıklandıktan sonra 2004-2007 dönemi için, Erzurum-Erzincan-Bayburt İmalat Sanayinde faaliyet gösteren firmaların, aynı girdi ve çıktı değişkenlerini kullandıkları, ölçüğe göre sabit ve ölçüğe göre değişen getiri varsayımı altında çıktı odaklı VZA modeli tahmin edilmiştir. Tablo 7’de Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Yaklaşımı kullanılarak elde edilen etkinlik sonuçları yer almaktadır.

Tablo 7: Etkinlik Sonuçlarının Karşılaştırılması

		Gözlem Sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama
Toplam	Stokastik Sınır Yaklaşımı	301	0.586	0.986	0.914
	Ölçüğe Göre Sabit Getiri	301	0.647	1.000	0.923
	Ölçüğe Göre Değişen Getiri	301	0.663	1.000	0.964
Erzurum	Stokastik Sınır Yaklaşımı	156	0.513	0.896	0.842
	Ölçüğe Göre Sabit Getiri	156	0.671	1.000	0.846
	Ölçüğe Göre Değişen Getiri	156	0.693	1.000	0.874
Erzincan	Stokastik Sınır Yaklaşımı	120	0.325	0.967	0.821
	Ölçüğe Göre Sabit Getiri	120	0.526	1.000	0.963
	Ölçüğe Göre Değişen Getiri	120	0.537	1.000	0.992
Bayburt	Stokastik Sınır Yaklaşımı	25	0.423	0.896	0.802
	Ölçüğe Göre Sabit Getiri	25	0.553	1.000	0.734
	Ölçüğe Göre Değişen Getiri	25	0.541	1.000	0.747

Tablo 7'ye bakıldığında Stokastik Sınır Yaklaşımına göre hesaplanan ortalama etkinlik değerlerinin Veri Zarflama Analizi yöntemine göre hesaplanan ortalama etkinlik değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Stokastik Sınır Yaklaşımına göre elde edilen etkinlik skorları 0.325-0.986 arasında değişirken, Veri Zarflama Analizine göre elde edilen etkinlik skorları 0.541-1.000 arasında değişim sergilemektedir. Ortalama etkinlik skorlarına bakıldığında ise Erzincan ilinin ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında daha iyi performans ortaya koyduğu görülmektedir.

Stokastik Sınır Yaklaşımı ve Veri Zarflama Analizine göre elde edilen etkinlik skorları arasındaki Spearman korelasyon testi sonuçları Tablo 8'de görülmektedir.

Tablo 8: *Spearman Korelasyon Test Sonuçları*

	Stokastik Sınır Yaklaşımı	Ölçeğe Göre Sabit Getiri	Ölçeğe Göre Değişen Getiri
Stokastik Sınır Yaklaşımı	1.000	0.612*	0.763*
Ölçeğe Göre Sabit Getiri	0.612*	1.000	0.885*
Ölçeğe Göre Değişen Getiri	0.763*	0.885*	1.000

*: %5 önem düzeyinde korelasyonun anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 8'e bakıldığında %5 önem düzeyinde korelasyon katsayılarının istatistiki bakımdan anlamlı olduğu görülmektedir. En zayıf korelasyon Stokastik Sınır Yaklaşımı ve ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında Veri Zarflama Analizi arasında gerçekleşmiştir. En yüksek korelasyon ise ölçeğe göre sabit getiri ve ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında Veri Zarflama Analizi arasında gerçekleşmiştir.

Erzurum-Erzincan-Bayburt İmalat Sanayinde faaliyet gösteren firmaların, ISIC. Rev.2 sınıflandırmasına göre sektörlere göre Stokastik Sınır Yaklaşımı ve Veri Zarflama Analizine göre tahmin edilen etkinlik değerleri Tablo 9'da sunulmaktadır.

Tablo 9: Ortalama Teknik Etkinlik Değerleri

Kod	Stokastik Sınır Yaklaşımı	Ölçeğe Göre Sabit Getiri	Ölçeğe Göre Değişen Getiri
15	0.955	0.984	1.000
17	0.727	0.876	0.883
18	0.696	0.796	0.805
19	0.672	0.779	1.000
20	0.524	1.000	1.000
21	0.953	0.942	0.955
22	0.641	0.422	0.427
24	0.801	0.436	0.499
25	0.817	0.909	0.911
26	0.599	0.668	0.669
27	0.817	0.946	0.950
28	0.905	0.977	0.981
29	0.646	0.878	0.889
31	0.815	0.910	1.000
34	0.460	0.559	0.565
36	0.974	1.000	1.000

Tablo 9'a bakıldığında Stokastik Sınır Yaklaşımı ve ölçeğe göre sabit ve ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında Veri Zarflama Analizi yaklaşımı yardımı ile elde edilen etkinlik değerleri arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Stokastik Sınır Yaklaşımına göre, 2004-2007 dönemi için TRA1 alt bölgesi imalat sanayinde faaliyet gösteren firmalar içerisinde 36 kodlu Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı sektörü en yüksek etkinlik değerine sahip iken, 34 kodlu Motorlu Kara Taşıtı ve Römorklar İmalatı sektörü en düşük etkinlik değerine sahip bulunmaktadır.

Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında Veri Zarflama Analizi yaklaşımına göre ise en düşük etkinlik değeri 22 kodlu Basım ve Yayım; Plak, Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması sektöründe en yüksek etkinlik değeri ise 20 kodlu Ağaç ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç); Hasır vb. Örülerek Yapılan Maddelerin İmalatı sektörü ve 36 kodlu Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı sektöründe gerçekleşmiştir.

Ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında Veri Zarflama Analizi yaklaşımına göre ise en düşük etkinlik değeri 22 kodlu Basım ve Yayım; Plak,

Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması sektöründe en yüksek etkinlik değeri ise 15 kodlu Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı, 19 kodlu Dabaklanmış Deri, Bavul, El Çantası, Saraciye ve Ayakkabı İmalatı, 20 kodlu Ağaç ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç); Hasır Vb. Örülerek Yapılan Maddelerin İmalatı, 31 kodlu Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektrikli Makine ve Cihazlar İmalatı ve 36 kodlu Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı sektöründe gerçekleşmiştir.

Kumbhakar ve Bhattacharya (1992), Taymaz ve Saatçi (1997), Wadud ve White (2000) yapmış oldukları çalışmalarda etkinsizliğin farklı sebeplerden kaynaklandığını vurgulamaktadır. Sosyo-ekonomik, bölgesel, çevresel, demografik ve fiziksel olmayan faktörler etkinlik farklılığının kaynakları arasında gösterilmektedir (Önder vd., 2003:86).

Çalışmamızda Erzurum-Erzincan-Bayburt İmalat Sanayinde etkinsizliğe neden olabilecek değişkenlerin ortalama firma büyüklüğü ve zaman trendi olabileceği düşünülmüştür. Tablo 10’da etkinsizliğin kaynakları sunulmaktadır.

Tablo 10: *Etkinsizliğin Kaynakları*

Parametre	Stokastik Sınır Yaklaşımı	Veri Zarflama Analizi (Ölçeğe Göre Sabit Getiri)	Veri Zarflama Analizi (Ölçeğe Göre Değişen Getiri)
Sabit	0.933 (1.421)	0.133 (4.342)	0.235 (5.861)
Ortalama Firma Büyüklüğü	0.115 (4.809)	-0.013 (-1.102)	0.053 (3.746)
Zaman trendi (yıl)	-0.246 (-2.372)	-0.126 (-3.397)	-0.230 (-5.163)
R ²		0.079	0.263

Veri Zarflama Analizinde etkinsizliğin kaynakları iki aşamalı tahmin metodu ile tahmin edilmiştir. İlk aşamada, doğrusal programlama yardımı ile etkinsizlik skorları bulunmuştur. Sonraki aşamada ise etkinsizliği etkileyen değişkenler regresyona tabi tutulmuştur (Coelli vd., 1998: 171; Aktaran: Önder vd., 2003: 86).

Tablo 10’a bakıldığında ortalama firma büyüklüğünün hem Stokastik Sınır Yaklaşımı ve hem de ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında Veri Zarflama Analizi yaklaşımında pozitif, ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında Veri Zarflama Analizi yaklaşımında negatif ve %5 önem düzeyinde istatistikî açıdan anlamlı olduğu görülmektedir. Aynı zamanda zaman trendi değişkeninin negatif ve her üç yaklaşımda da %5 önem düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

V. Sonuç

Bu çalışma, 2004-2007 dönemi için TRA1 alt bölgesi imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların teknik etkinlik düzeylerini, veri zarflama ve stokastik sınır analizi yöntemleri yardımı ile tahmin ederek iki yöntemi mukayese etmektedir. Bu yöntemlerle elde edilen etkinlik değerlerinin karşılaştırılması sonucunda, iki yöntemin firmaların etkinlik ölçümünde önemli derecede farklılıklar oluşturduğu görülmektedir.

Her iki yaklaşımda da etkinsizliğin kaynaklarının ortalama firma büyüklüğü ve zaman trendi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama firma büyüklüğü, etkinliği olumsuz yönde etkilerken zaman trendi ise etkinliği olumlu yönde etkilemektedir.

Teknik etkinlik ölçümleri Stokastik Sınır Yaklaşımında translog üretim fonksiyonu yardımı ile ve Veri Zarflama Analizinde ise ölçeğe göre sabit ve ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında çıktı odaklı VZA metodu ile tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre Veri Zarflama Analizi yardımı ile tahmin edilen ortalama teknik etkinlik değerlerinin Stokastik Sınır Yaklaşımı ile tahmin edilen ortalama teknik etkinlik değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Öte yandan iki metot arasında pozitif ve %5 önem düzeyinde istatistiki bakımdan anlamlı korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynakça

- AİGNER, D.J., LOVELL, C.A.K. ve SCHMİDt,P. (1977), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, 6, ss. 21-37.
- ALLEN, A. J., SALEEM, S., ESTRADA, J. K. (2005), "An Assessment of the Efficiency of Agribusiness Trucking Companies: A Data Envelopment Analysis Approach", *Southern Agricultural Economics Association, 2005 Annual Meeting, February 5-9, Little Rock, Arkansas.*
- BANKER, R. D. (1992), "Estimation of Returns to Scale Using Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, Vol: 62, ss. 74-84.
- BATTESE, G. E. ve COELLİ, T.J. (1992), "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India", *Journal of Productivity Analysis*, 3, ss. 153-169.
- BATTESE, G. E. ve 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, ss. 169-179.
- BERGER, A. ve HUMPHREY, D. B. (1997), "Efficiency of Financial Institutions: International Survey and Directions for Future Research", *European Journal of Operational Research*, Vol: 98, ss. 175-212.

- BOUSSOFİANE, A., Dyson, R. ve Rhodes, E.; “Applied Data Envelopment Analysis”, European Journal of Operational Research, II, No: 6, 1991, ss. 1-15.
- BÜLBÜL, S. ve AKHİSAR, İ. (2005), “Türk Sigorta Şirketlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Araştırılması”, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Yüksek Okulu, http://www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o_3s2.pdf, S.E.T. 17.04.2007.
- BÜYÜKKILIÇ, D. ve YAVUZ, İ. (2005), İmalat Sanayinde Toplam Faktör Verimliliği: Teknik Değişim, Teknik Etkinlik (1994-2001), MPM Yayınları No: 685, Ankara.
- CHARNES, A., COOPER, W. W. ve RHODES, E. (1981), “Evaluating Program And Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through ”, Management Science, Vol: 27, No: 6, ss. 668-697.
- CHARNES, A., COOPER, W. W. ve RHODES, E. (1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, European Journal of Operational Research, 2, ss. 429-444.
- CHEN, T. Y. (2002), “A Comparison of Chance-Constrained DEA and Stochastic Frontier Analysis: Bank Efficiency in Taiwan”, The Journal of the Operational Research Society, Vol: 53, ss. 492-500.
- COELLİ, T. J., CHRISTOPHER, J. O., RAO, D.S. P. ve BATTESE, G. E. (1998), An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Kluwer Publication, Boston.
- COELLİ, T. J. (1996), “A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program”, Center for Efficiency and Productive Analysis Working Paper, No: 8.
- COELLİ, T. J. (1996), “A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation”, Center for Efficiency and Productive Analysis Working Paper, No: 7.
- COOPER, W. W., SEİFORD, L. M. ve TONE, K. (2000), DEA; A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- GREENE, W. H. (1993), “The Econometric Approach to Efficiency Analysis. In: Fried HO, Lovell CAK, Schmidt SS (eds.)”, The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications, Oxford University Press, New York, ss. 68-119.
- GÜLCÜ, A., COŞKUN, A., YEŞİLYURT, C., COŞKUN, Esener, S., ve ESENER, T. (2004), “Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Göreceli Etkinlik Analizi”, Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt: 5, Sayı: 2, ss. 87-104.

- KALİRAJAN, K. ve SHAND, R. T. (1999), "Frontier Production Functions and Technical Efficiency Measures", *Journal of Economic Surveys*, 13(2), ss. 149-172.
- KASMAN, A. ve TURGUTLU, E. (2007), "A Comparison of Chance-constrained DEA and Stochastic Frontier Analysis: An Application to the Turkish Life Insurance Industry", 8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- KODDE, D. A. ve PALM F. C. (1986), "Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Inequality Restrictions", *Econometrica*, No: 54, ss: 1243-1248.
- KUMBHAKAR S. C. ve BHATTACHARYA A. (1992), "Price Distortion and Resource Use Efficiency in Indian Agriculture: A Restricted Profit Function Approach", *Review of Economics and Statistics*, 74, ss. 231-239.
- LEE, J. (2005), "Comparing SFA and DEA Methods on Measuring Production Efficiency for Forest and Paper Companies", *Forest Products Journal*, Vol. 55, ss.51-56.
- LİN, L. C. ve TSENG, L. A. (2005), "Application of DEA and SFA on the Measurement of Operating Efficiencies for 27 International Container Ports", *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, ss. 592 – 607.
- MARGARİ, B. B., ERBETTA, F., CARMELO, P., ve PIACENZA, M. (2007), "Regulatory and Environmental Effects on Public Transit Efficiency: A Mixed DEA-SFA Approach", *Journal of Regulatory Economics*, Vol: 32, ss. 131-151.
- MEEUSEN, W. ve BROECK, J. V. (1977), "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error", *International Economic Review*, 18, ss. 435-444.
- ODECK, J. (2007), "Measuring Technical Efficiency and Productivity Growth: A Comparison of SFA and DEA on Norwegian Grain Production Data", *Applied Economics*, Volume:39, Issue:20, ss. 2617 – 2630.
- ÖNDER, Ö., DELİKTAŞ, E. ve KARADAĞ, M. (2003), "The Comparison of DEA and SFA Methods In The Efficiency of The Turkish Manufacturing Industry", *D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi*, Cilt:18, Sayı:1, ss: 71-92.
- SCHMİDT, P. (1986), "Frontier Production Functions", *Econometric Reviews*, 4, ss. 289-328.
- TALLURİ, S. (2000), "Data Envelopment Analysis: Models and Extensions", *Production/Operations Management Decision Line*, ss. 8-11.
- TAYMAZ, E. ve SAATÇI, G. (1997), "Technical Change and Efficiency in Turkish Manufacturing Industries", *Journal of Productivity Analysis*, 8, ss. 461-475.

- TAYMAZ, E. (2001), Ulusal Yenilik Sistemi: Türkiye İmalat Sanayiinde Teknolojik Değişim ve Yenilik Süreçleri, TUBITAK/TTGV/SIS, Ankara.
- TURGUTLU, E., KÖK, R. ve Kasman, A. (2007), “Türk Sigortacılık Şirketlerinde Etkinlik: Deterministik ve Şans Kısıtlı Veri Zarflama Analizi”, İktisat İşletme ve Finans Dergisi, Sayı: 22, ss. 85-102.
- WADUD, A. ve WHITE, B. (2000), “Farm Household Efficiency in Bangladesh: A Comparison of Stochastic Frontier and DEA Methods”, Applied Economics, 32, ss. 1665-1673.
- YAVUZ, İ. (2001), Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü (Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama), MPM Yayınları, No: 654, Ankara.
- YEŞİLYURT, M. E. ve YEŞİLYURT, F. (2008), “Etkinliğin Doğası ve Nedenleri Üzerine Bir Araştırma: Türkiye Örneği-1987-2001”, 2. Ulusal İktisat Kongresi, İzmir.
- YOLALAN, R. (1993), İşletmelerarası Göreli Etkinlik Ölçümü, Ankara, MPM Yayınları No: 483.
- YUN, Y. B., Nakayama, H. ve Tanino, T. (2004), “A Generalized Model for Data Envelopment Analysis”, European Journal of Operational Research, 157, 2004, ss. 87-105.