

TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİNİN BİR BİLEŞENİ OLARAK TEKNİK ETKİNLİK: STOKASTİK ÜRETİM SINIRI YAKLAŞIMI İLE TÜRKİYE ÖZEL İMALAT SANAYİ ÜZERİNE AMPİRİK BİR ÇALIŞMA

Önder YERLİKAYA¹

ABSTRACT

When we talk about productivity, we refer to total factor productivity which is a productivity measure including all production factors. According to Solow *residual* approach, the unique source of total factor productivity is technical progress. In this study, technical efficiency as a source of total factor productivity growth, is estimated by means of stochastic production frontier approach with cross-sectional data in Turkish private manufacturing industries at three-digit level. In 1985 and 1990, the vast majority of variations in the growth rate of residual are clarified by technical inefficiency. In 1995, these variations are clarified by random effects.

Keywords: Total Factor Productivity, Solow Residual, Technical Efficiency, Stochastic Production Frontier.

ÖZET

Bir üretim biriminin verimliliğinden anlaşılan tüm üretim faktörlerinin verimliliğini kapsayan toplam faktör verimliliğidir. Solow'un *artık* yaklaşımına göre toplam faktör verimliliğinin tek kaynağı teknik ilerlemedir. Bu çalışmada, Türkiye özel imalat sanayi üçlü ana iktisadi faaliyet kollarında toplam faktör verimliliğinin kaynağı olarak teknik etkinlik, stokastik üretim sınırı yaklaşımı ile kesit veri kullanılarak tahmin edilmektedir. 1985 ve 1990 yıllarında, artıktaki değişimlerin çok büyük bir bölümünü teknik etkinsizlik açıklamaktadır. 1995 yılında ise bu değişimler, rastlantısal etkiler tarafından açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Toplam Faktör Verimliliği, Solow Artığı, Teknik Etkinlik, Stokastik Üretim Sınırı.

¹ Araştırma Görevlisi, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi İngilizce İktisat Teorisi Anabilim Dalı.

GİRİŞ

Üretim birimlerinin performanslarının ölçülmesi hem iktisatçılar hem de politika yapımcılar için önemlidir. Bir üretim biriminin performansından bahsederken söz konusu birimin verimli ya da verimsiz olduğu noktasında birleşilir. Üretim teorisine dayanan verimlilik kavramı, çıktı miktarının girdi miktarına oranı olarak tanımlanır. Üretim fonksiyonu, çıktı ile üretim faktörleri arasındaki fonksiyonel ilişkiyi gösterdiğinden, verimlilik ile üretim fonksiyonu arasındaki çok sıkı bir bağ vardır.

Bu bağlamda, üretim fonksiyonundaki yukarı doğru kaymalar verimlilik artışının bir sonucudur. Aynı miktar girdi ile daha fazla ürün elde etmek ya da aynı miktar ürünü daha az girdi ile üretmek mümkün olur.

Verimlilik toplam ya da kısmi olmak üzere iki açıdan değerlendirilebilir. Toplam faktör verimliliği, üretime katılan tüm faktörlerin verimliliğini kapsar. Bu anlamda toplam faktör verimliliği, üretim sonucunda elde edilen ekonomik değerin ya da çıktının, bu değerin yaratılmasında kullanılan tüm üretim faktörlerinin değerine bölünmesiyle bulunur. Buna göre toplam faktör verimliliği en basit haliyle,

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} \quad (1)$$

olarak tanımlanabilir. Eşitlik (1) ile gösterilen verimlilik ölçüsü toplam çıktının ve üretim faktörlerinin fiziki birimleri üzerinden ifade edildiğini gösterir. Üretim sürecinde tek bir girdi ile tek bir çıktı elde ediliyorsa böyle bir tanımlama uygun olacaktır. Ne var ki, üretim süreci birden fazla girdi ve bunun sonucunda elde edilen bir ya da daha fazla ürünü ihtiva ettiğinden toplam faktör verimliliğini ölçmek için üretim faktörleri ile çıktının toplam değerinin skaler bir büyüklük olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Bunun için fiyat ve miktar endekslerinden yararlanılır. Böyle bir tanımlama fiziki olmaktan çok iktisadidir.

$$\text{Toplam Faktör Verimliliği} = \frac{\text{Çıktı miktarının iktisadi değeri}}{\text{Girdi miktarının iktisadi değeri}} \quad (2)$$

Eşitlik (2) ile gösterilen tanımlamaya uygun ölçmenin yapılabilmesi için endeks sayılardan (*index*

numbers) yararlanılır. Bir endeks sayısı, ele alınan değişkenin temel yıl ile cari yıl arasında gösterdiği değişimleri ölçer ve söz konusu değişkenin zaman içerisindeki niceliğinin ne yönde değiştiğini gösterir. Örneğin bir malın değerinin temel alınan yıldan cari yıla değişimini hesaplayabilmek için oluşturulan endeks sayısı,

$$V_{s,t} = p_1^t q_1^t / p_1^s q_1^s \quad (3)$$

şeklinde gösterilir. p_1^t , q_1^t sırasıyla söz konusu malın cari yıldaki fiyatı ve miktarı, p_1^s ve q_1^s ise temel yıldaki fiyat ve miktarıdır. Eşitlik (3)'teki ifade tek bir mal söz konusudur. N tane mal için,

$$V_{s,t} = \sum_{i=1}^N p_i^t q_i^t / \sum_{i=1}^N p_i^s q_i^s \quad (4)$$

ile hesaplanır. p_i^t ve q_i^t sırasıyla i malının cari dönemdeki fiyat ve miktarı, p_i^s ve q_i^s ise temel yıldaki fiyat ve miktarını göstermektedir. Uygulamada toplam faktör verimliliğinin hesaplanabilmesi için hem girdi hem de çıktı için fiyat veya miktar endekslerinin oluşturulması gerekir. En çok kullanılan endeksler Laspayres, Paasche olmakla beraber literatürde Fisher, Törnqvist ve Divisia endeksleri de kullanılmaktadır.

Bu çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde toplam üretimin üretim faktörleriyle açıklanamayan kısmının atfedildiği teknik ilerlemenin büyüme muhasebesi çerçevesinde Solow'un artık yaklaşımı ile elde edilmesi verilmiştir. İkinci bölümde toplam faktör verimliliğinin bileşeni olarak teknik etkinlik kavramı ve teknik etkinliğin ölçülmesi teorik çerçevede verilmiştir. Üçüncü bölümde ise bu makalenin uygulamasına dayanak teşkil eden stokastik üretim sınırı yaklaşımının teorik temellerine ve izleyen alt bölümde tahmin sürecine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise stokastik üretim sınırı yaklaşımının Türkiye Özel İmalat Sanayinde üçlü ana iktisadi faaliyet kollarına göre seçilmiş bazı sektörlerdeki toplam üretimin kaynakları araştırılmış ve teknik etkinlik skorları elde edilmiştir. Son bölümde ampirik çalışmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

I. SOLOW ARTIĞI

Endeks sayılar yaklaşımından başka toplam faktör verimliliğini gösteren bir diğer yaklaşım Solow artığıdır ki, (*Solow residual*) üretim artışının ne kadarının sermaye ne kadarının emek ve ne kadarının teknik ilerlemeden kaynaklandığını ölçmektedir. Solow'un artık yaklaşımına göre toplam faktör verimliliğinin tek kaynağı teknik ilerlemedir. Solow (1957: 312), toplam üretim fonksiyonunu şu şekilde ifade etmiştir:

$$Q = F(K(t), L(t), t) \quad (5)$$

Q , $K(t)$, $L(t)$ ve t sırasıyla toplam üretimi, fiziki sermayeyi, emeği ve teknik ilerlemeye imkân veren zamanı göstermektedir. Solow artığını elde edebilmek için Hicks-nötral² bir teknolojik gelişmeyi içeren üretim fonksiyonu şu şekilde yazılır:

$$Q = T(t)F(K(t), L(t), t) \quad (6)$$

$T(t)$, Hicks anlamında teknolojik gelişmeyi ifade etmektedir. (6) no'lu ifadenin zamana göre türevi alınıp Q 'ya bölünürse,

$$\dot{Q}/Q = \dot{T}/T + [F_K \dot{K}/Q + F_L \dot{L}/Q] \quad (7)$$

elde edilir. (7) no'lu denklemin sağ tarafında parantez içerisindeki ifadenin ilk terimi K ile çarpılıp K 'ye bölünürse ve ikinci terim de L ile çarpılıp L 'ye bölünürse,

$$\dot{Q}/Q = \dot{T}/T + [\pi \dot{K}/K + (1-\pi)\dot{L}/L] \quad (8)$$

üretim ve üretim faktörlerinin büyüme hadleri cinsinden yazılmış olur.³ Denklem (8) büyüme muhasebesi denklemdir. Buna göre üretiminin büyüme haddi, sermayenin büyüme haddi ve toplam üretimden aldığı paya, emeğin büyüme haddi ve toplam üretimden aldığı paya ve teknik ilerlemeye bağlıdır. Böylelikle, toplam üretim, sermaye ve emek verileri kullanılarak,

teknik ilerlemenin büyümeye olan katkısı hesaplanabilir. (8) no'lu ifadede gerekli düzenleme yapıldığında,

$$\dot{T}/T = \dot{Q}/Q - [\pi \dot{K}/K + (1-\pi)\dot{L}/L] \quad (9)$$

teknik ilerlemenin büyüme haddi cinsinden elde edilir ki, toplam faktör verimliliği olarak adlandırılır. Teknik ilerleme sonucunda tüm faktörler daha verimli hale gelmektedir. Üretim faktörlerinin toplam üretiminin büyüme haddine yaptıkları katkıların ayrıştırılması neticesinde elde edilen ve büyümenin üretim faktörleri tarafından açıklanamayan kısmını oluşturan bu ölçü Solow artığı olarak nitelenir.

Solow'un artık yaklaşımına göre toplam faktör verimliliğinin tek kaynağı teknik ilerlemedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki, teknik etkinlikteki değişimler de toplam faktör verimliliğini etkilemektedir. Teknik etkinlik, iktisadi etkinliğin bileşenlerinden sadece birisidir. Bir firmanın iktisadi açıdan etkin olabilmesi için söz konusu firma teknik etkinliği sağlamalıdır. (Kumbhakar ve Lovell, 2000) Teknik etkinlik, veri girdi ile maksimum çıktının elde edilmesini gerektirir. İktisadi etkinliğinin diğer bileşenleri kaynak dağılımı (*allocative efficiency*) etkinliği ve ölçek etkinliğidir. (*scale efficiency*).

II. TEKNİK ETKİNLİK KAVRAMI VE TEKNİK ETKİNLİĞİN ÖLÇÜLMESİ

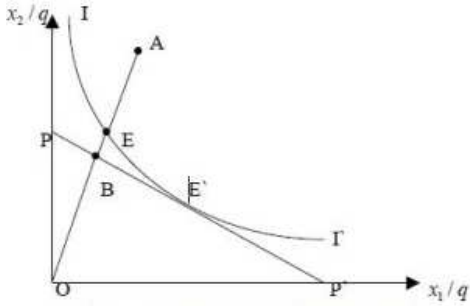
Teknik etkinliğin ölçülmesi ilk olarak Farrell'in (1957) çalışması ile başlamıştır. Farrell çalışmasında iki tür etkinlikten bahsetmektedir. Teknik etkinlik ve kaynak dağılımı etkinliği. Teknik etkinlik veri girdi ile maksimum çıktı elde edilmesini gerektirir. Kaynak dağılımı etkinliği ise üretim faktörlerinin nispi fiyatları göz önünde bulundurularak kâr maksimizasyonunu sağlayacak girdi bileşiminin belirlenmesini gerektirir. Dolayısıyla, teknik ve kaynak dağılımı etkinlikleri, gözlemlenen çıktı miktarı ile potansiyel çıktı miktarı arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır. Bu bağlamda, teknik etkinlik ya da etkinsizlik düzeyi potansiyel çıktı ile elde edilen çıktı arasındaki farkı yansıtır. Üretim fonksiyonunun veri girdi bileşimi ile elde edilebilecek maksimum çıktı miktarının geometrik yerini gösterdiği hatırlandığında, üretim fonksiyonu aynı zamanda üre-

² Sermaye-emek oranı değişmeksizin herhangi bir yenilik, faktörlerin marjinal verimlilikleri oranlarını değişmiyorsa, teknik ilerleme Hicks-nötraldir.

³ $\pi \equiv F_K K/Q$ ve $1-\pi \equiv F_L L/Q$ sırasıyla sermayenin ve emeğin toplam üretimden aldıkları nispi payları göstermektedir.

tim sınırını ifade eder. Bu sınırın üzerinde (altında) yer alan her nokta teknik olarak etkindir (etkinsizdir). Farrell'in, girdi ve çıktı yönelimli (*input-oriented*, *output-oriented*) olmak üzere iki açıdan tanımladığı teknik etkinlik ve kaynak dağılımı etkinlikleri, Şekil 1. ve Şekil 2.'de gösterilmiştir.

Şekil 1. Teknik Etkinlik ve Kaynak Dağılımı Etkinliği (Girdi Yönelimli)



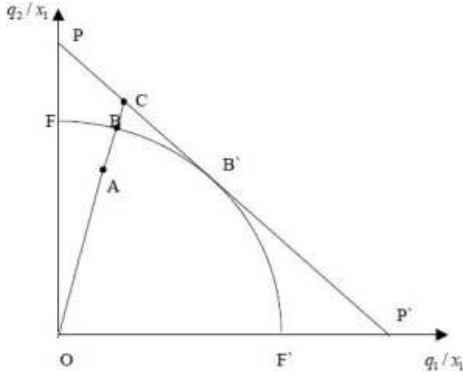
Kaynak: Tim Coelli, vd. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998, s. 135.

Şekil 1.'de II' , birim eş ürün eğrisini, PP' doğrusu girdi fiyatları arasındaki oransal ilişkiyi göstermektedir. (x_1, x_2) birim üretim için kullanılan girdileri, q ise birim üretimi göstermektedir. Birim eş ürün eğrisi üzerinde yer alan E noktası, etkin üretim düzeyini göstermektedir ve A noktası ile aynı oransal girdi bileşimine sahiptir. Dolayısıyla E noktasında, her bir girdiden (OE/OA) oranında daha az girdi kullanılarak A noktasının gösterdiği üretim düzeyine ulaşmak mümkün olur. Ya da, aynı miktarda girdi ile A noktasına göre (OA/OE) oranında daha fazla ürün elde etme olanağı vardır. (OE/OA) girdi-yönelimli teknik etkinlik düzeyini ifade etmektedir. Dolayısıyla firma için teknik etkin üretim düzeyi II' eş ürün eğrisi üzerinde yer alır. Diğer bir deyişle, eş ürün eğrisi üzerindeki her nokta teknik etkin üretim düzeyini verir. Firma kaynak dağılımı etkinliğini nispi faktör fiyatlarını dikkate alarak sağlayabilir. PP' doğrusunu nispi faktör fiyatlarını gösterdiğinden, kaynak dağılımı etkinliği PP' doğrusunun II' eğrisine teğet olduğu E' noktasında sağlanır. q birim üretim E' noktasında (OB/OE) nispetinde daha az maliyetle teknik etkin

olarak gerçekleştirilir. (OB/OE) girdi-yönelimli kaynak dağılımı etkinliğini ifade etmektedir. Teknik etkinlik düzeyini gösteren (OE/OA) ile kaynak dağılımı etkinliğini gösteren (OB/OE) çarpımı, (OB/OA) ise iktisadi etkinliği ifade eder.

Şekil 2.'de yer alan FF' üretim olanakları eğrisini, PP' ise eş-gelir (*iso-revenue*) doğrusunu, (q_1, q_2) çıktı miktarlarını göstermektedir. Üretim olanakları eğrisi üzerinde yer alan her nokta teknik etkin üretim düzeyini verir. Dolayısıyla, FF' eğrisi altında kalan her nokta teknik etkinsizdir. A noktasında mevcut olan teknik etkinsiz üretim B noktasına çıkarılarak etkin duruma getirilebilir. B noktası, A noktası ile aynı oransal çıktı düzeyine sahiptir. Dolayısıyla B noktasında, A noktasındaki üretimi sağlayan girdi bileşimini kullanarak daha fazla ürün elde etme imkânı vardır. Bu bağlamda (OA/OB) , çıktı yönelimli teknik etkinlik düzeyini göstermektedir. Diğer bir ifade ile B noktasında A noktasına göre (OB/OA) nispetinde daha fazla ürün elde edilir. B noktasında teknik etkin üretim düzeyi yakalansa da kâr maksimizasyonu sağlanmaz. Firma, kâr maksimizasyonunu eş-gelir doğrusunun üretim olanakları eğrisine teğet olduğu B' noktasında gerçekleştirir. Çıktı bileşimini B noktasından B' noktasına kaydırmakla kaynak dağılımı etkinliğini sağlamış olur. (OB/OC) çıktı-yönelimli kaynak dağılımı etkinliğini göstermektedir. Diğer bir ifade ile firma B' noktasında, B noktasına kıyasla (OC/OB) nispetinde daha fazla gelir elde eder. Teknik etkinlik düzeyini gösteren (OA/OB) ile kaynak dağılımı etkinliğini gösteren (OB/OC) çarpımı, (OA/OC) iktisadi etkinliği ifade eder. Farrell'in yaklaşımının kısıtlayıcı tarafı üretimde ölçeğe göre sabit getiri varsayımdır. Oldukça kısıtlayıcı olan bu varsayıma göre, üretim ölçeği etkinlik üzerinde herhangi bir etkiye sahip değildir. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında ölçek etkinliği de ölçülebilir hale gelir.

Şekil 2. Teknik Etkinlik ve Kaynak Dağılımı Etkinliği (Çıktı Yönelimli)



Kaynak: Tim Coelli, vd. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998, s. 138.

Farrell'in teorik çalışmasından sonra üretim sınırlarının tahmin edilmesine yönelik olarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaları yöntemsel olarak iki ana grupta toplamak mümkündür. Parametrik ve parametrik olmayan yöntemler. Parametrik yöntemler ile üretim sınırının tahmin edilmesi ekonometrik tekniklere dayanır. Parametrik olmayan yöntemler ise matematik programlama tekniklerini içerir. Hem parametrik hem parametrik olmayan yöntemler, deterministik ve stokastik metodlar kullanılarak tahmin edilmektedir.

İlk olarak Farrell'in çalışmasıyla başlayan parametrik olmayan tahmin yöntemlerinin en önemlisi Veri Zarflama Yöntemi'dir. (*Data Envelopment Analysis, DEA*)⁴. Literatüre CCR modeli olarak geçen DEA ilk olarak Charnes, A., W.W. Cooper ve E. Rhode (1978) tarafından formüle edilmiştir. Farrell'in tekil girdi/çıktı analizini matematik programlama ile geliştirerek çoklu girdi/çıktı analizinin temellerini atmışlardır. DEA'ya göre üretim fonksiyonu bilinmemektedir. (Charnes vd. 1994: ss. 3-6) Bir lineer programlama probleminin çözümünü içeren DEA ile parçalı lineer bir üretim fonksiyonu çizilir. Bu üretim fonksiyonu örneklemdeki üretim birimleri için etkin sınırı ifade eder. Bir üretim biriminin etkinliğini ise söz konusu birimin etkin sınıra olan görece uzaklığı belirler. Üretim birimi, etkin sınır üzerinde yer alıyorsa etkinlik skoru "1" olarak ifade edilir (Charnes vd., 1994: 3-6).

Ekonometrik tekniklerin uygulandığı parametrik yöntemler deterministik ve stokastik yapıda olabilir.

⁴ Kısaca DEA kullanılacaktır.

Deterministik üretim sınırı yaklaşımına göre, çıktı düzeyinde gözlemlenen değişimlerin üretim faktörleriyle açıklanamayan kısmı tamamıyla teknik etkinliğe atfedilir ve rastlantısal etkilere yer vermez. Bir deterministik üretim sınırı modeli şu şekilde yazılabilir:

$$Y_i = f(x_i; \beta) \exp\{-u_i\} \quad (9)$$

β parametre vektörünü ve u teknik etkinliği göstermektedir. Teknik etkinlik skoru 0 ile 1 arasında bir değer alır. $0 \leq u_i \leq 1$. Bu durum $Y_i \leq f(x_i; \beta)$ eşitsizliğini garanti eder. Denklem (9)'daki model logaritmik olarak ifade edilebilir.

$$\ln Y_i = \ln f(x_i; \beta) - u_i \quad (10)$$

Tam etkin üretim düzeyi logaritmik olarak $\ln Y_i^*$ olarak ifade edilirse, $\ln Y_i^* = \ln f(x_i; \beta)$ eşitliğinden teknik etkinlik düzeyi,

$$TE = e^{-u_i} \quad (11)$$

dir. Farrell'in parametrik olmayan çalışmasıyla başlayan teknik etkinliğin belirlenmesi çalışması daha sonra deterministik üretim sınırı çerçevesinde Farrell ve Fieldhouse (1962), Afriat (1972) tarafından geliştirilmiş ve Aigner ve Chu (1968), Seitz (1971), Richmond (1974) ve Førsund ve Jansen (1977) tarafından test edilmiştir.

III. EKONOMETRİK YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde ampirik uygulamanın esasını teşkil eden stokastik üretim sınırı yaklaşımının ekonometrik temelleri verilecektir. Önceki bölümde ana hatlarıyla verilen deterministik modellerde çıktı miktarındaki değişimlerin üretim faktörlerindeki değişimlerle açıklanamayan kısmının tümü teknik etkin(siz)liğe atfedilirken, stokastik üretim sınırı yaklaşımında denklem (10)'a, rastlantısal etkileri yansıtan v_i terimi eklenir. Böylece denklem (10), hata terimi rastlantısal etkileri ve teknik etkin(siz)liği yansıtan iki bileşenden oluşur. Tahmin sürecinde her bir firma için tekil bir etkin üretim sınırı oluşturulur ve bu sınır rastlantısal şoklara maruz kalmaktadır. (Greene, 1993). Aigner, Lovell and Schmidt (1977) ve Meesusen ve Broeck

(1977) tarafından kesit veri kullanarak yaptıkları çalışmayla ortaya attıkları model şu şekilde ifade edilir:

$$Y_i = \beta_0 + x_i \beta_{ni} + \varepsilon_i \quad \varepsilon_i = (v_i - u_i), \\ i = 1, \dots, N \quad (12)$$

Y_i , i . üretim biriminin çıktı miktarını, x_i , girdi miktarını, β_{ni} tahmin edilen parametreleri (teknoloji parametreleri), $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$ (i.d.d.) dağılan rastlantısal şokları, u_i “negatif olmayan” ve $N(0, \sigma_u^2)$ dağılan teknik etkinlik bileşenini ifade etmektedir. v_i ve u_i ’nin birbirinden bağımsız dağıldıkları varsayılır. (Aigner vd., 1977:24). Teknik etkinliğin varlığı $H_0 : \sigma_u^2 = 0$ hipotezine karşı $H_a : \sigma_u^2 > 0$ hipotezi ile test edilir. H_0 hipotezi kabul edilirse teknik etkinliğin varlığından söz edilemez ve hata terimi sadece rastlantısal şoklardan oluşur.

A. TAHMİN SÜRECİ

Tahmin sürecinin amacı teknoloji parametreleri ve teknik etkinliğin belirlenmesidir. Teknik etkinlik teriminin bağımsız değişkenlerden bağımsız olarak dağıldığı varsayımı altında En Küçük Kareler (EKK) yöntemi ile edilen teknoloji parametreleri yansız ve tutarlı olarak tahmin edilebilmesine rağmen, β_0 yansız ve tutarlı değildir. (Kumbhakar ve Lovell, 2000:74) Bu durumu aşmak için Düzeltilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (DEKK) kullanılabilir. Ne var ki, DEKK ile edilen teknik etkinlik sıralaması EKK ile edilen sıralamadan farklı olmayacaktır. (Lovell, 1993:21) Bunun yerine iki aşamalı bir tahmin işlemi gerçekleştirilir. Birinci aşamada EKK yöntemi ile yansız ve tutarlı eğim parametreleri elde edilir. İkinci aşamada en çok olabirlik yöntemi ile β_0 ve iki bileşenden oluşan hata teriminin varyansı tahmin edilir. Hata terimi iki bileşenden oluştuğu için teknik etkinlik düzeyinin tahmini, her bir bileşen için belirli dağılımsal varsayımlar yapılmasını gerektirir. (Kumbhakar ve Lovell, 2000:74) Literatürde u_i için Meesuen and van den Broeck (1977) üstel (exponential) dağılımı, Aigner vd., (1977) trankat normal dağılımı (*truncated normal distribution at zero*), Jondrow vd. (1982) yarı normal dağılım ve

Greene (1990) gamma dağılımı önermişlerdir. Bu çalışmada teknik etkinlik terimi için yarı normal dağılım varsayımı yapılmıştır. Bu bağlamda, Denklem (9)’da verilen bileşik hata terimi için normal-yarı normal dağılıma uygun teknik etkinlik düzeyi tahmin süreci teorik olarak ele alınacaktır.

Rastlantısal etkileri gösteren v_i için olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(v) = \frac{1}{\sigma_v \sqrt{2\pi}} \exp\left\{\frac{-v^2}{2\sigma_v^2}\right\} \quad (13)$$

dır. Teknik etkinlik bileşeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(u) = \frac{2}{\sigma_u \sqrt{2\pi}} \exp\left\{\frac{-u^2}{2\sigma_u^2}\right\} \quad (14)$$

dır. v ve u birbirinden bağımsız dağıldıkları için ortak olasılık yoğunluk fonksiyonları Denklem (7) ve (8)’in çarpımına eşittir:

$$f(u, v) = \frac{1}{\pi \sigma_u \sigma_v} \exp\left\{\frac{-u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right\} \quad (15)$$

dır. $v = (u + \varepsilon)$ olduğu göz önünde alındığında, ortak olasılık fonksiyonu,

$$f(u, \varepsilon) = \frac{1}{\pi \sigma_u \sigma_v} \exp\left\{\frac{-u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{(u + \varepsilon)^2}{2\sigma_v^2}\right\} \quad (16)$$

olarak ifade edilir. Denklem (10)’nun integrali alındığında ε için marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(\varepsilon) = \int_0^\infty f(u, \varepsilon) du = 2\sigma^{-1} \varphi(\varepsilon\sigma^{-1}) \Phi(-\varepsilon\lambda\sigma^{-1}) \quad (17)$$

dır. (Kumbhakar ve Lovell, 2000:75) $\sigma = \sqrt{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$ ve $\lambda = \sigma_u \sigma_v^{-1}$ olmak üzere, φ standart normal dağılım fonksiyonunu ve Φ standart birikimli dağılım fonksiyonunu göstermektedir. λ parametresi v ve u ’nin bileşik hata terimine olan görel katkıyı yansıtmaktadır. Asimetrik bir dağılıma sahip olan $f(\varepsilon)$ ’nin beklenen değeri ve varyansı sırasıyla,

$$E(\varepsilon) = -E(u) = -\sigma_u \sqrt{\frac{2}{\pi}} \quad (18)$$

$$V(\varepsilon) = \sigma_u^2 \left(\frac{\pi-2}{\pi} \right) + \sigma_v^2 \quad (19)$$

dir. Toplam hata terimindeki görelî etkiler için Aigner vd. (1977) $\lambda = \sigma_u \sigma_v^{-1}$ parametresini önerirken, Battese ve Corra (1977) $\gamma = \sigma_u^2 \sigma_v^{-2}$ önermektedir. Bu çalışmada Battese ve Corra'nın spesifikasyonu esas alınacaktır. N üretim birimi için logaritmik en çok olabilirlik fonksiyonu,

$$\ln L = \text{sabit} - N \ln \sigma + \sum_{i=1}^N \ln \Phi(-\lambda \sigma^{-1} \varepsilon_i) - \frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2}{2\sigma^2} \quad (20)$$

dır. Fonksiyonu maksimum yapan her bir parametre değerinin bulunmasıyla, en çok olabilirlik tahminleri elde edilmiş olur. Teknik etkinlik düzeyleri için nokta tahminleri, teknik etkinlik bileşeninin toplam hata terimine göre koşullu olasılığının beklenen değeri ya da modu ile elde edilir. (Kumbhakar ve Lovell, 2000:77-78). Teknik etkinlik bileşeninin toplam hata terimine göre koşullu olasılığı,

$$f(u \setminus \varepsilon) = \frac{f(u, \varepsilon)}{f(\varepsilon)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(u-\mu_*)^2}{2\sigma_*^2}\right\} [1-\Phi(-\mu, \sigma_*^{-1})]^{-1} \quad (21)$$

$$\mu_* = \frac{-\varepsilon\sigma_u^2}{\sigma^2} \text{ ve } \sigma_*^2 = \frac{\sigma_u^2 \sigma_v^2}{\sigma^2} \text{ olmak üzere, koşullu}$$

olasılık fonksiyonunun beklenen değeri ve modu sırasıyla,

$$E[u_i \setminus \varepsilon_i] = \mu_* + \sigma_* \left[\frac{\phi(-\mu, \sigma_*^{-1})}{1-\Phi(-\mu, \sigma_*^{-1})} \right] = \sigma_* \left[\frac{\phi(\varepsilon\lambda\sigma^{-1})}{1-\Phi(\varepsilon\lambda\sigma^{-1})} - (\varepsilon\lambda\sigma^{-1}) \right]; -\mu, \sigma_*^{-1} = \varepsilon\lambda\sigma^{-1} \quad (22)$$

$$M[u_i \setminus \varepsilon_i] = \begin{cases} -\varepsilon_i \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2} & \text{if } \varepsilon_i \leq 0, \\ 0 & \varepsilon_i > 0 \end{cases} \quad (23)$$

dir. Örneklemdaki her bir üretim birimi için teknik etkinlik seviyeleri, Denklem (22) ya da (23) ile edilen u değerlerinin Denklem (11)'de yerine konmasıyla belirlenmiş olur.

IV. VERİ VE AMPİRİK BULGULAR

Çalışmada kullanılan veriler Türkiye İstatistik Kurumu'ndan derlenmiştir. Türkiye Özel İmalat Sana-yinde seçilmiş bazı alt sektörlerle ilişkin teknik etkinlik düzeyinin tahmin edilmesi için 1985, 1990 ve 1995 yıllarına ait kesit veri kullanılmıştır. Analize dâhil edilen alt sektörler ekte Tablo 3'te gösterilmiştir. Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması (International Standard Industrial Classification, ISIC) Rev.2 ye göre sınıflanmış 22 alt sektörde teknik etkinlik düzeyleri stokastik üretim sınırı yaklaşımı ile tahmin edilmiştir.

Çalışmada tahmin edilen denklem Cobb-Douglas tipinde logaritmik doğrusal bir üretim fonksiyonudur:

$$\ln Q_i = \beta_0 + \beta_1 \ln L_i + \beta_2 \ln K_i + \beta_3 \ln E_i + v_i - u_i; \quad v_i - u_i = \varepsilon_i \quad (24)$$

Q_i reel katma değer⁵, L_i çalışılan işgücü saat, K_i çevirici güç ve E_i kWh cinsinden elektrik tüketimini göstermektedir. β_0 , β_1 , β_2 ve β_3 tahmin edilen parametrelerdir. v_i normal dağılıma sahip stokastik hata terimini, u_i ise teknik etkinliği göstermektedir. Çalışmada teknik etkinlik terimi için yarı-normal dağılım varsayımı yapılmıştır.

En çok olabilirlik tahmini, Tim Coelli tarafından yazılan FRONTIER Ver 4.1⁶ ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre, en çok olabilirlik tahminleri aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

⁵ Nominal değerler 1987=100 özel imalat sanayii toplam eşya fiyat endeksi ile deflate edilmiştir.

⁶ Programa <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/frontier.htm> adresinden ulaşılabilir.

Tablo 1. En Çok Olabilirlik Tahminleri

	1985			1990			1995		
	Katsayı	Standart-Hata	t-değeri	Katsayı	Standart-Hata	t-değeri	Katsayı	Standart-Hata	t-değeri
β_0	5,7762	2,0009	2,8867	5,3679	0,8704	6,167	11,4262	2,1894	5,2187
β_1	-0,00012	-0,000023	-5,3306	-0,0000026	0,0000035	-0,7416	-0,00009	0,000046	-1,9479
β_2	0,9532	0,0132	71,8519	0,9782	0,0358	27,2739	0,673	0,1213	5,5474
β_3	0,000055	0,0000101	5,4549	0,0000082	0,000065	0,127	0,000047	0,000047	1,0166
σ^2	0,5786	0,2038	2,839	0,7134	0,1864	3,8261	0,9052	0,3694	2,45
γ	0,9999	-0,00018	5551,6228	0,9999	0,000005	196842,23	0,9155	0,1075	8,5161

$n = 22$ için $0,05$ anlamlılık düzeyinde kritik değer, $2,074$ 'tür. Bu bağlamda, 1985 yılı için Tablo 1'de verilen en çok benzerlik yöntemine göre elde edilen tahmin değerleri tüm parametreler için anlamlıdır. İşgücünün ve elektrik kullanımının toplam çıktının değişimine katkısı oldukça düşük olmakla beraber ihmal edilebilir düzeydedir. Buna mukabil, reel katma değer belirlenmesinde sermayenin etkisi çok güçlüdür. 1990 yılına ait tahmin sonuçlarına göre, sermayenin katkısı yine çok güçlüdür. β_1 ve β_3 anlamlı görünmediğinden, işgücünün ve elektrik tüketiminin reel katma değer üzerinde etkisi yoktur. 1995 yılında sermayenin reel katma değere olan katkısı 1985 ve 1990 yıllarına göre zayıflamıştır. 1990 yılına benzer şekilde işgücünün ve elektrik tüketimi için hesaplanan katsayıların anlamsız olduğu görülmektedir.

Benzerlik oran testi, sıfır ve alternatif hipotezleri altında modelin tahminini gerektirir. $H_0 : \gamma = 0$ hipotezi altında model, teknik etkinliğin olmadığı ortalama tepki fonksiyonuna eşdeğer hale gelir. (Coelli, vd., 1998:191). Test istatistiği şu şekilde hesaplanır:

$$\lambda = -2 \left[\ln \{L(H_0)\} - \ln \{L(H_1)\} \right] \quad (25)$$

$L(H_0)$ ve $L(H_1)$ sırasıyla sıfır ve alternatif hipotezler altındaki benzerlik fonksiyonun değerleridir. (Coelli vd. 1998:191). Sıfır hipotezi doğruysa, test istatistiğinin asimptotik olarak $\frac{1}{2}(\chi_0^2 + \chi_1^2)$ dağıldığı varsayılır. $\lambda \sim \frac{1}{2}(\chi_0^2 + \chi_1^2)$. (Coelli vd. 1998:192).

$H_0 : \gamma = 0$ 'a karşı $H_1 : \gamma > 0$ hipotezi sınaması için kritik değer, α anlamlılık düzeyinde $\chi_1^2(2\alpha)$ 'dır. Teknik etkinlik teriminin yarı-normal dağıldığı varsayımı yapıldığı için $\mu = 0$ kısıtı konur. Logaritmik en çok benzerlik fonksiyonu ve tek taraflı hata teriminin 1 serbestlik derecesindeki benzerlik oranı test istatistikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2. Logaritmik Olabilirlik Fonksiyonu ve Tek Taraflı Hata Testi

	1985	1990	1995
Logaritmik-Olabilirlik Fonksiyonu	-12,097	-11,9566	-19,4897
Tek Taraflı Hata Terimi Olabilirlik Oran Testi (λ)	8,6879	9,1527	1,1972

Çalışmada, $\alpha = 0,05$ seçildiğinden kritik değer $\chi_1^2(2\alpha) = 2,71$ 'dir. Buna göre, $\lambda > 2,71$ için $H_0 : \gamma = 0$ reddedilir. Tablo 2.'de λ 'nın 1985 ve 1990 yılları için kritik değeri geçtiği görülmektedir. Dolayısıyla, $H_0 : \gamma = 0$ hipotezi reddedilir ve söz konusu yıllarda reel katma değerde meydana gelen değişimlerin üretim faktörlerindeki değişimlerle açıklanamayan kısmının büyük çoğunluğu teknik etkinlikteki değişimlere atfedilir. 1995 yılı için λ , kritik değerin altındadır. $H_0 : \gamma = 0$ hipotezi kabul edilir ve artıdaki değişimlerin büyük çoğunluğu rastlantısal çöklük tarafından açıklanır. $H_0 : \gamma = 0$ hipotezinin kabul edilmesiyle model teknik etkinlik terimi içermeyen standart üretim fonksiyonuna dönüşür. Buna göre denklem (6)'nın EKK yöntemine göre elde edilmiş tahmin sonuçları şu şekildedir:

Tablo 3. EKK Tahminleri

	1995		
	Katsayı	Standart Hata	t-değeri
β_0	5,0044	2,3241	2,1532
β_1	-0,00012	0,000036	-3,4088
β_2	0,9485	0,1295	7,3228
β_3	0,000094	0,000044	2,133
σ^2	0,3189		

SONUÇ.

Solow'un artık yaklaşımına göre toplam faktör verimliliğinin tek kaynağı teknik ilerlemedir. Toplam faktör verimliliğinin bileşenlerinin belirlenmesi verimliliğin artırılması konusunda politika yapıcılara önemli ipuçları sağlar. Son yıllarda yapılan çalışmalar teknik etkinlik düzeyindeki değişimler de toplam faktör verimliliğini etkilemektedir. Teknik etkinliğin tahmin edilmesi iki açıdan ele alınabilir. Matematik programlama tekniklerini içeren Veri Zarflama Analizi ve bu makalenin konusu olan ekonometrik tekniklerin uygulandığı Stokastik Üretim Sınırı yaklaşımlarıdır.

Tablo 4. ile verilen Özel imalat sanayi alt sektörlerinin hepsinde sermayenin reel katma değer üzerindeki etkisi oldukça güçlüdür. Analiz dâhil edilen tüm yıllar için sermayenin katkısı %90'ın üzerindedir. İşgücünün reel katma değer üzerindeki etkisi 1985 ve 1995 yıllarında negatif olmakla beraber ihmal edilebilir düzeydedir. İşgücünün katkısı 1990 yılında pozitif olmasına rağmen yine ihmal edilebilir seviyededir. Elektrik tüketiminin reel katma değere olan katkısı tüm yıllar için pozitif olmakla beraber ihmal edilebilir seviyededir.

İstatistik sonuçlarına göre, reel katma değerdeki değişimlerin üretim faktörlerindeki değişimlerle açıklanamayan kısmındaki, diğer bir ifadeyle artıktaki, değişimlerin büyük bir bölümü teknik etkinlikteki değişimlerle açıklanmaktadır. Bu noktada teknik etkinlikteki değişimler rastlantısal etkileri domine etmektedir. 1994 krizini takip eden 1995 yılında ise artıktaki değişimlerin büyük çoğunluğunu rastlantısal şoklar oluşturmaktadır. Bu bağlamda, 1994 krizinin Türkiye'de özel imalat sanayinde reel katma değerde yaşanan değişimlerin üretim faktörleri dışında meydana gelen bileşenlerinde ciddi değişiklikler meydana getirdiği söylenebilir.

KAYNAKÇA

AFRIAT, S.N; (1972), "Efficiency Estimation of Production Functions," **International Economic Review**, 13(3), pp. 568-598.

AIGNER, D.J. and S.F. CHU; (1968), "On Estimating the Industry Production Function," **American Economic Review**, 58(4), pp. 826-839.

AIGNER, D.J., C.A.K. LOVELL and P. SCHMIDT; (1977), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models," **Journal of Econometrics**, 6(1), pp. 21-37.

BATTESE, G.E. and G.S. CORRA; (1977), "Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia", **Australian Journal of Agricultural Economics**, 21(3), pp. 169-179.

CHARNES, A., W.W. COOPER, Arie Y. LEWIN and Lawrence M. SEIFORD; (1994), **Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 528p.

CHARNES, A., W.W. COOPER and E. RHODES; (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," **European Journal of Operational Research**, 2(6), 1978, pp. 429-444.

COELLI, T.J., D.S.P. RAO and G.E. BATTESE; (1998), **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 275p.

FARRELL, M.J; (1957), "The Measurement of Productive Efficiency," **Journal of the Royal Statistical Society Series A (General)**, Part 3, pp. 253-281.

FARRELL, M.J and M. FIELDHOUSE; (1962), "Estimating Efficient Production Under Increasing Returns to Scale," **Journal of the Royal Statistical Society A**, 125(2), pp. 252-267.

FØRSUND, Finn R. and E.S. JANSEN; (1977), "On Estimating Average and Best Practice Homothetic Production Functions via Cost Functions," **International Economic Review**, 18(2), pp. 463-467.

GREENE, W.H; (1990), "A gamma-distributed stochastic frontier model", **Journal of Econometrics**, 46(1-2), ss. 141-163.

GREENE, W.H; (1993), "The Econometric Approach to Efficiency Analysis," iç. Harold O. FRIED, C.A. Knox LOVELL, Shelton S. SCHMIDT

(Ed.), **The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications**, Oxford University Press, New York, pp. 68-119.

JONDROW, J., C.A. Knox LOVELL, Ivan S. MATEROV and P. SCHMIDT; (1982), "On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model," **Journal of Econometrics**, 19(2-3), pp. 233-238.

KUMBHAKAR, Subal C., and C.A. Knox LOVELL; (2003), **Stochastic Frontier Analysis**, Cambridge University Press, New York, 333p.

LOVELL, C.A. Knox; (1993), "Production Frontiers and Productive Efficiency," iç. Harold O. FRIED, C.A. Knox LOVELL, Shelton S. SCHMIDT (Ed.), **The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications**, Oxford University Press, New York, pp. 3-67.

MEESUSEN, W. and van den BROECK; (1977), "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error," **International Economic Review**, 18(2), pp. 435-444.

RICHMOND, J; (1974), "Estimating the Efficiency of Production," **International Economic Review**, 15(2), pp. 515-521.

SEITZ, W.D; (1971), "Productive Efficiency in the Steam-Electric Generating Industry," **Journal Political Economy**, 79(4), pp. 878-886.

SOLOW, Robert, M; (1957) "Technical Change and the Aggregate Production Function," **Review of Economics and Statistics**, Vol. 39(3), pp. 312-320.

(Çevrimiçi): <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/frontier.htm> Erişim Tarihi: 08.02.2011

Tablo 4. Özel İmalat Sanayi ISIC. REV.2 Sınıflaması (1968)

SANAYİ KOLU	ISIC. REV. 2 KODU
Gıda Ürünleri İmalatı	311
Başka Yerde Sınıflandırılmamış Gıda Ürünleri İmalatı	312
İçecek İmalatı	313
Tütün Ürünleri İmalatı	314
Tekstil Ürünleri İmalatı	321
Ayakkabı Hariç, Giyim Eşyası İmalatı	322
Ayakkabı ve Giyim Eşyası Hariç, Deri ve Deri Mamülleri ile Kürk İmalatı	323

Plastik Ayakkabı ve Kauçuk Hariç, Ayakkabı İmalatı	324
Mobilya Hariç, Ağaç ve Ağaç Ürünleri ile Mantar Ürünleri İmalatı	331
Demir Aksamlı Hariç, Mobilya ve Aksesuarları İmalatı	332
Kağıt ve Kağıt Ürünleri İmalatı	341
Basım, Yayın ve İlgili Hizmet Faaliyetleri	342
Kimyasal Ürünler İmalatı	351
Diğer Kimyasal Ürünler İmalatı	352
Kauçuk Ürünleri İmalatı	355
Çömlek, Porselen ve Toprak Kap İmalatı	361
Metalik Olmayan Mineral Ürünler İmalatı	369
Ana Demir ve Çelik İmalatı	371
Makine ve Teçhizat Hariç, Fabrikasyon Metal Ürünleri İmalatı	381
Elektrikli Makineler Hariç, Makine İmalatı	382
Elektrikli Makine ve Teçhizatın Parçaları ve Aksesuarları İmalatı	383
Nakliye Ekipmanları İmalatı	384

TABLO 5. TEKNİK ETKİNLİK SKORLARI

ISIC Rev.2 Kodu	% (1985)	% (1990)	% Ortalama (1985 ve 1990)
311	50,7	96,7	70,0
312	63,9	37,1	48,7
313	88,8	97,7	93,1
314	99,9	89,9	94,8
321	38,3	39,9	39,1
322	19,1	35,6	26,1
323	33,2	13,2	20,9
324	24,5	33,3	28,6
331	24,3	34,5	29,0
332	19,3	35,9	26,3
341	71,4	93,6	81,7
342	65	93,6	78,0
351	94,3	99,4	96,8
352	99,9	99,7	99,8
355	73,8	92,5	82,6
361	51,1	37,4	43,7
369	69,8	37,9	51,4
371	91,5	95,4	93,4
381	41,1	37,4	39,2
382	39,9	38	38,9
383	90,4	38	58,6
384	53,5	99,7	73,0
% Ortalama	59,3	62,4	60,8