

## VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

### Data Envelopment Analysis

Şafak KOCAKALAY\*  
Alim IŞIK\*\*

### ÖZET

Bu makalede, son yıllarda kâr amacı olan veya olmayan işletmelerin etkinliklerinin değerlendirilmesinde yaygın kullanım alanı bulmaya başlayan bir matematiksel yöntem olan Veri Zarflama Analizi'nin temel esasları ve uygulama aşamaları açıklanmıştır.

### ABSTRACT

In this research paper, Data Envelopment Analysis which is a mathematical method used in the evaluation of the profit and non-profit organizations was explained with its main principles and application phases.

**Anahtar Kelimeler:** Veri Zarflama Analizi, etkinlik  
**Key Words** : Data Envelopment Analysis, efficiency

### 1. GİRİŞ

Günümüzde etkinlik ve verimlilik kavramları, yönetim anlayışının temellerini oluşturan kavramların başında yer almaktadır. Ancak, bu kavramlarla performans ölçümü sırasında uygulama alanlarına göre güçlüklerle karşılaşmaktadır. Özellikle hizmet sektöründe performans ölçümü, imalat sektörüne göre daha güçtür. Bunun sebebi, standart hale gelmiş güvenli ve geçerli ölçüm yöntemlerinin bulunmamasıdır. Bu amaçla, yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlardan biri de Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi olarak bilinen yaklaşımdır. Performans ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılmalı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

\* Arş.Grv. Şafak KOCAKALAY, Dumlupınar Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Kütahya.

\*\* Prof.Dr. Alim IŞIK, Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kütahya.

**Tablo1. Performans Ölçüm Yöntemlerinin Özellikleri (Karasoy, 2000)**

ÖZELLİK	YÖNTEM		
	ORAN ANALİZİ	PARAMETRELİ YÖNTEMLER	PARAMETRESİZ YÖNTEMLER
Çözüm Tekniği	Oranlar	Regresyon	Matematik Programlama
İçerik	Tek Girdi/Tek Çıktı (Tek Boyutlu)	Çok Girdi/Tek Çıktı (Tek Boyutlu)	Çok Girdi/Çok Çıktı (Çok Boyutlu)
Ön Hazırlık (Veri Temini)	Basit	Basit (Ölçülecek birim analitik forma uygun olmalı)	Detaylı (Kullanılacak girdi ve çıktıya bağlı)
Uygulama	Kolay	Kolay	Kolay (Detaylı)
Performans Ölçümüne Uygunluk	Kısıtlı	Kısıtlı	Geniş

Tabloda da görüldüğü gibi, parametresiz yöntemler içinde yer alan Veri Zarflama Analizi, çok boyutlu ve uygulama kolaylığı olan matematiksel bir yöntemdir. Bunun yanında VZA, aynı girdiyi kullanarak aynı çıktıyı üreten homojen üreticilerin etkinliklerini değerlendirirken, her birimi en verimli birim veya birimlerle karşılaştırır. Bu nedenle, etkinlik ölçümünde VZA yönteminin kullanılması diğer yaklaşımlara göre daha uygun görülmektedir.

Bu makalede de Veri Zarflama Analizi olarak bilinen performans ölçüm yöntemi tanıtılarak, uygulamada yaygın kullanılan modeller açıklanmıştır.

## 2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

### 2.1 Genel

Veri Zarflama Analizi, çok sayıda girdi ve çıktının karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, ürettikleri mal veya hizmet açısından birbirlerine benzer karar birimlerinin görelî etkinliklerini ölçmek için geliştirilmiş bir doğrusal programlama yöntemidir. Bu konudaki ilk araştırma Charnes ve arkadaşları (1978) tarafından, kâr amacı gütmeyen işletmelerin karşılaştırmalı etkinliklerini ölçebilmek amacıyla yapılmıştır. Bu yöntem, daha sonraları kâr amaçlı mal ve hizmet sektörlerinde de işletmeler arası görelî etkinliğin ölçümünde kullanılmaya başlanmıştır (Banker, 1992).

VZA doğru bir şekilde kullanıldığında etkili bir araçtır. VZA'yı etkili yapan bazı özellikler aşağıda özetlenmiştir (Anderson, 1996):

- Çok girdi ve çıktılı modelleri ele alır.
- Girdi ve çıktıyı ilişkilendiren fonksiyonel bir formata ihtiyaç duymaz.
- Etkinlikleri hesaplanan karar birimleri, referans grubu ya da gruplarıyla kıyaslanır.
- Girdi ve çıktılar çok farklı birimlere sahip olabilir.

VZA ile; karşılaştırılan karar birimlerinin her biri için girdi-çıkıtı boyutlarından herhangi birinde görelî etkinsizliğin kaynakları ve miktarları belirlenir, etkinliğe göre birimler sınıflandırılır, karşılaştırılan birimlerin yönetimleri değerlendirilir ve

değerlendirme altındaki birimler için kaynakların yeniden değerlendirilmesi amacıyla niceliksel bir temel oluşturulur.

VZA'nın göreceli etkinliği ölçmede dikkate aldığı ilkeler aşağıda verilmiştir (Yolalan,1993):

- i. Herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten "en iyi" gözlemleri (ya da etkinlik sınırını oluşturan karar birimlerini) belirler.
- ii. Söz konusu sınırı "referans" olarak kabul edip etkin olmayan karar birimlerinin bu sınıra olan uzaklıklarını (ya da etkinlik düzeylerini) "radyal" olarak ölçer.

Veri Zarflama Analizinde etkinlik, ağırlıklandırılmış çıktı toplamının ağırlıklandırılmış girdi toplamına oranı olarak tanımlanır. Etkinlikleri ölçülecek n adet karar birimi için; s adet çıktıyı üretmek amacıyla, m adet girdi kullanılıyorsa, her bir işletmenin etkinliğini ifade edecek modelin genel yapısı aşağıdaki gibi olur (Polat, 1996):

$$e = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad (1)$$

Burada;

e : Etkinlik,

$y_{rj}$  : j. işletmenin r. çıktı miktarı,

$u_r$  : r. çıktı için verilen ağırlık,

$x_{ij}$  : j. işletmenin kullandığı i. girdi miktarı,

$v_i$  : i. girdi için verilen ağırlıktır.

## 2.2 Veri Zarflama Analizi Modelleri

Veri Zarflama Analizi ile ilgili çalışmalarda genellikle birden fazla sayıda matematiksel programlama modeli yer almaktadır. Yaygın kullanılan temel VZA modellerine; CCR (Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E.L., 1978) Oran Modeli, BCC (Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., 1984) Modeli, Çarpımlı Modeller (Charnes ve diğerleri,1982, 1983), Toplamlı Modeller (Charnes ve arkadaşları, 1985, 1987) örnek olarak verilebilir. Bir VZA modeli, esas olarak n adet karar verme biriminin (KVB) hangi alt kümelerinin bir zarf yüzeyinin parçalarını oluşturduğunu aramaktadır. Bu zarf yüzeyinin geometrisi, kullanılan VZA modeliyle tanımlanır. Etkin bir KVB'ye karşılık gelen  $P_j$  noktası, bu yüzey üzerinde bulunmalıdır. Yüzey üzerinde bulunmayan noktalar, etkin olmayan karar verme birimlerini göstermektedir. VZA, etkinsizliğin kaynaklarını ve miktarlarını belirler. Zarf yüzeyi (etkin sınır), etkinliği karakterize eder ve etkinsizliği belirler (Tiryaki, 2000).

Veri Zarflama Analizinin; girdiye ve çıktıya yönelik iki farklı model türü vardır. Girdiye yönelik VZA modelleri, belirli bir çıktı bileşimini en etkin şekilde üretebilmek amacıyla, kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırır. Çıktıya yönelik VZA modelleri ise, belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini araştırır (Esenbel ve arkadaşları, 2001).

Geliştirilen modeller, etkin sınır tipleri açısından; ölçeğe göre sabit getirili model ve ölçeğe göre değişen getirili model olmak üzere iki sınıfta toplanabilir. Ölçeğe göre sabit getirili modelde, girdideki her artış çıktıda da aynı oranda görülmekteyken, ölçeğe göre değişen getirili modelde ise, girdideki her artış çıktıda farklı oranlarda görülmektedir.

Orijinal VZA modelinin matematiksel formülasyonu, Charnes ve arkadaşları (1978) tarafından aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Boussofiâne ve arkadaşları, 1991):

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Max } e_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (2)$$

Kısıtlayıcılar;

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 ; \quad j=1,2,\dots,n \quad (3)$$

$$u_r \geq 0 ; v_i \geq 0 ;$$

$$r=1,\dots,s ; i=1,\dots,m$$

Burada;

$$e_0 = \text{KVB}_0 \text{'in görelî etkinliği,}$$

$$j = 1 \dots n \text{ KVB dizini,}$$

$$i = 1 \dots m \text{ girdi dizini,}$$

$$r = 1 \dots s \text{ çıktı dizini,}$$

$$x_{ij} = j. \text{ KVB'nin } i. \text{ girdisi,}$$

$$y_{rj} = j. \text{ KVB'nin } r. \text{ çıktısı,}$$

$$v_i = i. \text{ girdi ağırlığı,}$$

$$u_r = r. \text{ çıktı ağırlığıdır.}$$

Eğer  $e_0=1$  olarak hesaplanırsa, KVB diğer KVB'lerine göre en kuvvetli, yani etkin; eğer  $e_0<1$  olarak hesaplanırsa KVB, diğer KVB'lerine göre daha zayıf, yani etkin değildir. VZA için kullanılan modellerden bazıları aşağıda açıklanmıştır.

### 2.2.1 CCR Modelleri

CCR (oran) modeli; Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından etkinlik fikri esas alınarak geliştirilen ilk ve temel Veri Zarflama Analizi modelidir. CCR oranı, birimin teknik etkinliğini ve ölçek etkinliğini tek bir değerde toplayarak toplam etkinliği hesaplar. Değiştirilmiş çeşitli modeller ortaya çıkmasına rağmen, CCR modeli hala en çok kullanılan ve yaygın bilinen modeldir.

CCR modelinin girdiye ve çıktıya yönelik olarak oluşturulan matematiksel gösterimi aşağıda verilmiştir (Norman ve Stoker, 1991; Seiford ve Zhu, 1999):

#### Girdiye Yönelik CCR Modelleri:

##### Primal Model

$$\text{Max } e_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} \quad (1a)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (2a)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} = 1 \quad (3a)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$r=1, \dots, s$$

$$i=1, \dots, m$$

$$j=1, \dots, n$$

##### Dual Model

$$\text{Min } \theta \quad (1b)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rj_0} \quad (2b)$$

$$-\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + \theta x_{ij_0} \geq 0 \quad (3b)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad ; \theta \text{ serbest}$$

$$r=1, \dots, s$$

$$i=1, \dots, m$$

$$j=1, \dots, n$$

#### Çıktıya Yönelik CCR Modelleri:

##### Primal Model

$$\text{Min } e_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} \quad (4a)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0 ; j=1, \dots, n \quad (5a)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} = 1 \quad (6a)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$r=1, \dots, s; i=1, \dots, m$$

##### Dual Model

$$\text{Max } \theta \quad (4b)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{ij_0} \quad (5b)$$

$$-\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} + \theta y_{rj_0} \leq 0 \quad (6b)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad ; \theta \text{ serbest}$$

$$r=1, \dots, s$$

$$i=1, \dots, m$$

$$j=1, \dots, n$$

### 2.2.2. BCC Modelleri

BCC modeli; Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından geliştirilmiştir. Bu nedenle model bu kişilerin isimlerinin baş harflerine göre isimlendirilmektedir. CCR modelinden farklı olarak, BCC modeli, ölçeğe göre değişen getirili durumların da etkinliklerinin ölçülmesini sağlamaktadır.

BCC modelinin girdiye ve çıktıya yönelik olarak oluşturulan matematiksel gösterimi aşağıda verilmiştir (Norman ve Stoker, 1991; Seiford ve Zhu, 1999):

**Girdiye Yönelik BCC Modelleri:**

**Primal Model**

$$\text{Max } e_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} + c_0 \quad (7a)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + c_0 \leq 0 ; j=1, \dots, n \quad (8a)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} = 1 \quad (9a)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$r=1, \dots, s$$

$$i=1, \dots, m ; c_0 \text{ serbest}$$

**Dual Model**

$$\text{Min } \theta \quad (7b)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rj_0} \quad (8b)$$

$$-\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + \theta x_{ij_0} \geq 0 \quad (9b)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 ; \theta \text{ serbest}$$

$$r=1, \dots, s ; i=1, \dots, m ; j=1, \dots, n$$

**Çıktıya Yönelik BCC Modelleri:**

**Primal Model**

$$\text{Min } e_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} - c_0 \quad (10a)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - c_0 \geq 0 ; j=1, \dots, n \quad (11a)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} = 1 \quad (12a)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$r=1, \dots, s$$

$$i=1, \dots, m ; c_0 \text{ serbest}$$

**Dual Model**

$$\text{Max } \theta \quad (10b)$$

Kısıtlayıcılar:

$$-\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} + \theta y_{rj_0} \leq 0 \quad (11b)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{ij_0} \quad (12b)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 ; \theta \text{ serbest}$$

$$r=1, \dots, s ; i=1, \dots, m ; j=1, \dots, n$$

Modelin tanımlanmasında kullanılan primal modeller yanında, dual modellerin de verilmesiyle, hesaplama kolaylığı sağlanmış olacaktır. Dual modeller, özellikle etkin olmayan karar verme birimlerinin etkinliklerini sağlamak amacıyla, hedef girdi ve

çıktı değerlerinin hesaplanması için yararlıdır. Dual modeldeki  $\theta$  simgesi,  $KVB_0$ 'ın görelî etkinliğini ifade eder.

### 2.3. Veri Zarflama Analizi Uygulama Aşamaları

VZA yöntemiyle yapılacak bir etkinlik çalışması, başlıca aşağıdaki 5 aşamada gerçekleştirilir (Yavuz, 2001):

1. Karar Verme Birimi Seçimi
2. Girdi ve Çıktıların Seçimi
3. Verilerin Elde Edilmesi
4. Görelî Etkinliğin Ölçülmesi
5. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu aşamalar, aşağıda sırasıyla kısaca açıklanmıştır.

**Karar Verme Birimi Seçimi:** Etkinlik değerlerini hesaplamak için ilk olarak uygun karar biriminin belirlenmesi gerekir. Bu aşamada çalışmanın amacına göre karar verme birimleri seçilir. Karar birimleri, girdileri çıktılarına dönüştürmekle sorumlu herhangi bir birim olabilir. Seçim yapılırken, her bir karar birimi, kullandığı kaynaklar ve ürettiği çıktılarından sorumlu bir birim olarak tanımlanmış olmalıdır. Etkinlik sınır tahminleme sonucunun anlamlı çıkabilmesi için, alınacak karar birimi sayısı, yeterince büyük olmalıdır (Yavuz, 2001).

Karar verme birimlerinin seçiminde aşağıdaki durumlara dikkat edilmelidir (Polat,1996):

- Seçilecek birimler aynı görevleri benzer amaçlarla yerine getirmelidir.
- Tüm birimler aynı "pazar koşulları" kümesi altında çalışmalıdırlar.

Bu konu, özellikle okullar, ordu birimleri, hastaneler gibi kâr amacı gütmeyen organizasyonların analizinde daha önemlidir.

- Gruptaki tüm birimlerin performansını karakterize eden faktörler (girdi ve çıktılar), yoğunluk ve büyüklük değerleri dışında aynı olmalıdırlar.

**Girdi ve Çıktıların Seçimi:** Karar verme birimlerinin (KVB) ölçülebilmesi için bu birimlere ait girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmelidir. VZA modelinin ayırıştırma yeteneğinin daha etkin olabilmesi, girdi ve çıktı sayısına bağlıdır. Ancak, seçilen girdi ve çıktı elemanlarının her karar birimi için kullanılıyor olması gerekmektedir. Seçilen girdi sayısı  $m$ , çıktı sayısı da  $n$  ise araştırmanın güvenilirliği için en az  $(m+n+1)$  adet karar birimi gereklidir. Başka bir kısıt ise, değerlendirmeye alınan karar verme birimi sayısı, değişken sayısının en az iki katı kadar olmasıdır (Bousofianee, 1991).

KVB performansını belirlemede göz önüne alınacak faktörlerin başlangıç listesi olabildiğince geniş olmalıdır. İçindeki değişikliklerin KVB'lerini etkileyebileceği her boyut başlangıç listesine dahil edilmelidir. Eğer modelde önemli bir değişken göz ardı edilirse, dışarıda bırakılan bu değişkeni etkin kullanmakta olan KVB'nin etkinliği düşük çıkacaktır. Bu faktörler; KVB tarafından tamamen veya kısmen kontrol edilebilen, ya da KVB'nin kontrolü dışındaki çevresel faktörler olabilirler. Faktörlerin bazıları hazır olarak niceliksel olabilirken, diğerleri niteliksel veya farklı zorluk derecelerinde sayısal değerlere çevrilen tipte olabilirler.

**Verilerin Elde Edilmesi:** Veri Zarflama Analizi için girdi ve çıktılar belirlendikten sonra, tüm karar birimleri için bu girdi ve çıktı verilerinin toplanması aşamasına geçilir. Herhangi bir karar birimi için gerekli verilerin elde edilmemesi durumunda, söz konusu birim, çalışma kapsamından çıkartılır. Bu sebeple verilere ulaşıp ulaşılamaması durumu dikkate alınarak girdi ve çıktı seçimi yapılmalıdır.

Verinin toplanabilmesinin yanında, güvenilirliği de son derece önemlidir. Doğru olmayan veri, kendi biriminin etkinlik değerini etkilemesi yanında, tüm birimlerin etkinlik değerlerini de etkileyecektir.

**Görelî Etkinliğin Ölçülmesi:** Karar verme birimleri ile girdi ve çıktılar belirlendikten sonra, görelî etkinliklerin hesaplanması aşamasına geçilir. Bu aşamada, uygulama için en uygun VZA modeli seçilir.

Modellerin çözümünde doğrusal programlama paket programları kullanılabilir. Bunun yanında VZA yöntemine yönelik özel VZA paket programları da geliştirilmiştir. Bu da VZA kullanımının giderek arttığının göstergesi olarak yorumlanabilir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, her bir karar birimi için 0 ile 1 arasında bir etkinlik değeri elde edilir. Etkinlik değeri 1'e eşit olan karar verme birimleri, etkinlik sınırını oluştururlar ve etkin olarak değerlendirilirler. Etkinlik değeri 1'den küçük olan karar verme birimleri ise görelî olarak etkin değil ya da daha az etkindir. Bu birimlerin etkinlik değerleri, etkinlik sınırına olan uzaklıkları ifade eder. En iyi gözlem kümesinin etkinlik değeri 1 olduğu için, görelî olarak etkin olmayan karar verme birimlerinin 1 değerinden sapsması bu birimlerin görelî etkisizlik ölçülerini verir (Yavuz, 2001).

VZA ile; her etkin olmayan birim için, ona karşılık gelen etkin bir birim tanımlanır ve bu birim etkin olmayan birim ile bir eş (referans) grup oluşturur. Değerlendirilen bir birim, kendisini en iyi ortaya çıkaracak şekilde girdi ve çıktılarını oluşturan ağırlıklandırma yapısını seçer (Polat, 1996).

**Sonuçların Değerlendirilmesi:** Karar verme birimleri incelendikten sonra, değerlendirilmeye geçilir ve yorumlar yapılır. VZA ile elde edilen en büyük fayda, etkin olmayan karar verme birimlerine, performanslarını iyileştirebilmeleri için hedeflerin gösterilmesidir.

Veri Zarflama Analizi, verilere duyarlı bir görelî etkinlik ölçme yaklaşımıdır. Modele alınan gözlemler, etkinlik sınırının belirlenmesinde kullanıldığından ekstrem değerlere ve yoğunlaşmalara duyarlıdır. VZA, özellikle sağlıklı veri tabanlarına ulaşılabildiği durumlarda yönetim ve kaynak kullanımı için bir karar destek sistemi olarak kullanılabilir (Yavuz, 2001).

VZA, yönetim çevriminin tamamının içinde kullanılan bir araç olarak görülmelidir. Girdi ve çıktılarının tanımlanması, performansın ölçülmesi, değerlendirilmesi ve hedeflerin belirlenmesi yönetimin amaçları ve değer yargılarıyla ilişkilidir (Simons, 1995).

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüze kadar eğitim sektörü, sağlık sektörü, hava kuvvetleri, mahkemeler, restoranlar, tarım, madencilik, hisse senedi değerlendirmesi ve bankacılık sektörü gibi çok çeşitli faaliyet alanlarında, VZA yöntemi kullanılarak etkinlik ölçümü



gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda VZA analizi, etkin olmayan bir karar biriminin etkinliğini artırabilmek için gerekli olan stratejileri etkin karar birimlerini referans vererek önerir. Elde edilen bilgiler ışığında yönetim, etkin olmayan karar biriminin hangi girdileri gereğinden ne kadar fazla, hangi çıktılar açısından ne ölçüde yetersiz üretim (hizmet) yaptığını ve etkin olması için ne yapması gerektiği konusunda değerlendirmenin gerçekleştirilmesini sağlar. Birimlerde bu uygulama, süreklilik kazandıgı takdirde yönetim daha etkili kararlar verebilecektir.

#### 4. KAYNAKLAR

- Anderson, T., 1996, DEA: Data Envelopment Analysis, <http://www.emp.pdx.edu/dea/wvedea.html>
- Banker, R.D., 1992, Estimation of Returns To Scale Using Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, 62, pp 74-84.
- Boussofiane, A., Dyson, R. ve Rhodes, E., 1991, Applied Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, 2, 6, pp 1-15.
- Çolak, Ö.F. ve Altan, Ş., 2002, Toplam Etkinlik Ölçümü: Türkiye'deki özel ve kamu bankaları için bir uygulama, *İktisat İşletme ve Finans*, 169, 45-55.
- Esenbel, M., Erkin, M.O. ve Erdoğan, F.K., 2001, Veri Zarflama Analizi İle Dokuma, Giyim Eşyası Ve Deri Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Etkinliğinin Karşılaştırılması, <http://www.analiz.com/egitim/gazi001.html>
- Karasoy, H., 2000, Veri Zarflama Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Norman, M. ve Stoker, B., 1991, Data Envelopment Analysis, John Wiley&Sons, 262s.
- Polat, S., 1996, Endüstri Sistemlerde Verimlilik Analizi, Yüksek Lisans Ders Notu (yayımlanmamış), 14s.
- Simons, R., 1995, Data Envelopment Analysis Aids Efficiency, MP in Action, The Newsletter of Mathematical Programming in Industry and Commerce.
- Tarım, A., 2001, Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görel Etkinlik Ölçümü Yaklaşımı, Sayıştay Yayın İşleri Müdürlüğü, Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi, 15, 219s.
- Tiryaki, F., 2000, Veri Zarflama Analizi ile Hisse Senedi Seçimi, İstatistik Araştırma Sempozyumu 2000 Bildiriler Kitabı, 353-370.
- Yavuz, İ., 2001, Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 654, 113s.
- Yolalan, R., 1993, İşletmelerde Görel Etkinlik Ölçümü, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 483, 96s.

