

## BİREYSEL PERFORMANSIN GÖRELİ ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİNDE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE BİR ALIŞVERİŞ MERKEZİ GİYİM ÇALIŞANLARI ÜZERİNDE UYGULANMASI

Zehra BAŞKAYA\*  
Burcu AVCI ÖZTÜRK\*\*

### Özet

*Veri Zarflama Analizi (VZA), karar birimleri arasındaki görelî etkinlik değerlerinin teknik etkinlik mantığı ile ölçülmesini sağlayan doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. VZA'da karar birimi, işletmeler, işletme içindeki departmanlar veya bireyler olabilirler. Yöntem ölçü birimlerinden bağımsız olduğundan her sektörde kolaylıkla uygulanabilmektedir. Uygulama sırasında, verimlilik ölçümünden hareketle, girdiler ve çıktılar arasındaki ilişki, başka bir deyişle oran kullanılmaktadır. Bu araştırmada, VZA bireysel performans ölçümü için kullanılmıştır. VZA ile bir alışveriş merkezinin giyim reyonunda çalışan 10 satış elemanının görelî etkinlik değerleri ölçülmüş ve değerler yorumlanarak, yüksek performans gösteren elemanlar belirlenmiştir.*

**Anahtar Sözcükler:** Görelî Etkinlik, Bireysel Performans, Veri Zarflama Analizi, Parametrik Olmayan Etkinlik Ölçümü.

### Abstract

#### A Relative Efficiency Measurement Approach For Determining Individual Performance: Data Envelopment Analysis And A Supermarket Application

*VZA is a linear programming based method, providing a measure of the value of relative efficiency with technical efficiency among the decision making*

---

\* Doç. Dr., Uludağ Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü.

\*\* Arş. Gör., Uludağ Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü.

units. In VZA decision making unit might include firms, departments in firms and people. This method is implemented in the every sector easily because of the fact that it is independent from measurement units. While implemented, moving from productivity measurement, the relationship between inputs and outputs, in other words ratio is used. In this study, VZA has been used for measuring individual performance. With VZA, in shopping center relative efficiency value of ten salesman in clothing department is measured. Salesmen showing high performance is determined by interpreting values.

**Key Words:** *Relative Efficiency, Individual Performance, Data Envelopment Analysis (DEA), Non-Parametric Efficiency Measurement.*

## 1. GİRİŞ

İşletmeler arasındaki yoğun rekabet ortamı ve girdi fiyatlarındaki yükselmeler nedeniyle işletmeler kaynaklarını etkin bir şekilde kullanma yollarını aramaya başlamışlardır. Bu durum özellikle perakende satış yapan işletmelerde satış elemanlarının önem kazanmasına neden olmuştur. Satış elemanlarının gösterdiği performans işletmenin başarısını doğrudan etkilemektedir. İşletmede yüksek performansla çalışan bir eleman, diğer çalışanlara örnek teşkil etmelidir. Bunu sağlamak için satış elemanlarının etkinlikleri kendi aralarında, görece olarak ölçülebilir. Ölçüm yapıldıktan sonra, yüksek etkinlik değerlerine sahip olan eleman ya da elemanların performansları diğerleri için uygulanabilir birer hedef olarak belirlenebilir.

Karar birimleri arasındaki görece etkinlik ölçümünde kullanılan yöntemlerden en geniş uygulama alanına sahip olanlardan biri Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemidir. VZA, A. Charnes, W.W. Cooper ve E. Rhodes tarafından 1978 yılında yapılan araştırma (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978: 429) ile ilk kez, eğitim sektöründeki etkinlik analizleri ile ortaya çıkmıştır. VZA yöntemi aynı sektör içerisinde faaliyet gösteren işletmelerin, işletme içerisindeki departmanların veya aynı departmanda aynı işi yapan bireylerin girdiye ve çıktıya yönelik görece etkinlik değerlerinin ölçülmesini sağlayan, doğrusal programlama tabanlı, parametrik olmayan bir yöntemdir.

Bu araştırmada, bir alışveriş merkezinin giyim reyonunda çalışan 10 satış elemanının görece etkinlik değerleri Frontier Analyst Professional programı kullanılarak VZA yöntemi ile ölçülmüş ve performansında problem yaşanan elemanlar için çözüm önerileri sunulmuştur.

## 2. VERİMLİLİK VE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

### 2.1. VZA'nın Temelleri

Etkinlik ölçümlerinin temelleri, verimlilik tanımından gelmektedir. Verimlilik, temel olarak, belirli bir çıktının üretilebilmesi için üretim

sürecinde kullanılan girdilerin ne ölçüde rasyonel kullanıldığını ortaya koyan bir göstergedir. Kısaca üretim esnasında kullanılan, işçilik, hammadde, makine ve teçhizat, enerji, su ve bunlar gibi üretim faktörleri (girdiler) ile üretim süreci sonunda elde edilen ürünler (çıktılar) arasındaki oranı anlatır (Odabaşı, 1997: 15). Verimlilik her karar birimi için bağımsız olarak hesaplanabilmekte olup, görelî bir kavram değildir. Etkinlik, her bir karar biriminin verimliliğinin belirli bir grup içerisinde ölçülmesini sağladığından görelî bir yapıya sahip olmaktadır.

Çıktı/Girdi oranı ile gösterilen verimlilik tanımı kısmi verimlilik değerinin hesaplanmasını sağlamaktadır. Kısmi verimlilik tek girdi kullanılarak tek çıktının üretildiği modeller için uygundur. Fakat bu durum pratikte pek mümkün olmamaktadır. O nedenle toplam faktör verimliliği ölçütü ortaya çıkmıştır. Toplam faktör verimliliği de tek çıktı ve pek çok girdinin bulunduğu modeller için uygun olmuştur (Mao ve Weining, 1993: 4). Toplam Faktör Verimliliği hesaplamalarında, tüm girdiler toplanarak tek bir girdi faktörüne ve çıktılar toplanarak tek bir çıktı faktörüne dönüştürülmektedir. Bundan sonra toplam çıktının toplam girdiye oranı hesaplanarak karşılaştırma yapılmaktadır. Toplam Faktör Verimliliği yaklaşımının en zayıf tarafı farklı özellikler gösteren girdi ve çıktılar nasıl toplanacağıdır. Girdi ve çıktı faktörleri için uygulanacak katsayılar bilinmemektedir. Veri Zarflama Analizi Yöntemi bu sorunu ortadan kaldırmakta ve birçok girdi ve çıktının bulunduğu değerlendirmelerde daha objektif sonuçlar vermektedir (Tarım, 2001: 13).

Verimlilik ölçümleri, yalnız bir girdi ve bir çıktının bulunduğu üretim ortamlarında yapılabildiği için yeni bir yöntem arayışına girilmiş ve VZA, M.J. Farrell'in 1957 yılında yapmış olduğu etkinlik tanımlamalarından yola çıkılarak geliştirilmiştir.

Farrell'in 1957'deki araştırmalarının uzantısı olarak, J. N. Bones (1966) ve S.N. Afriat'ın (1972) üretim fonksiyonunun belirlenmesi için matematiksel programlamaya dayalı bazı önerileri olmuş; ancak bu araştırmalar fazla dikkat çekmemiştir. A. Charnes, W.W. Cooper ve E. Rhodes tarafından, 1978 yılında Farrell'in görelî etkinlik ölçümü tanımlamalarından yola çıkılarak elde edilen ve VZA adını alan yöntemle birlikte bu alan yoğun ilgi görmeye başlamıştır (Cingi ve Tarım, 2000: 5).

## 2.2. VZA'nın Tanımı

Veri Zarflama Analizi, ya da İngilizce literatürdeki adıyla Data Envelopment Analysis (DEA), spesifik olarak karar birimlerinin (Literatürde Decision Making Unit = DMU olarak adlandırılmaktadır.) etkinliklerini ölçmek için tasarlanmıştır (Yavuz, 2001: 7).

VZA yönteminin getirdiği en büyük kolaylık, bir çok girdi ile bir çok çıktının üretildiği üretim ortamlarında, parametrik yöntemlerde olduğu gibi önceden belirlenmiş herhangi bir üretim fonksiyonunun varlığına ihtiyaç duyulmadan ampirik gözlemler yardımıyla ölçüm yapılabilmesidir. Teknik etkinliğin parametrik olmayan bir biçimde ölçümünü sağlayan VZA yöntemi ile farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktılar bazında değerlendirme yapılabilir. (Cherchye ve Puyenbroeck, 2001: 287) Bu nedenle karar birimlerinin değişik boyutları aynı zaman dilimi içerisinde ölçülebilmektedir.

VZA pek çok karar birimi arasında en etkin olanının belirlenmesini, kümedeki diğer elemanların girdi ve çıktı değerleri ile karşılaştırarak sağlamaktadır (Reynolds, 2003: 132). VZA, gözlem yapılan karar birimleri ile ilgili verilerle, ampirik (gözlemsel) bir etkin sınır belirlemektedir. Eğer herhangi bir karar birimi, bu sınır üzerinde ise etkin, üzerinde değilse etkin olmayan bir karar birimi olarak adlandırılır. VZA ayrıca etkin olmayan karar birimleri için referans olacak karar birimlerinin belirlenmesini sağlar. Referans karar birimleri, etkin sınır üzerindeki varsayımsal (hipotetik) birimlerdir. Referans birimleri, etkin olmayan karar birimleri için hedef olarak tanımlanırlar. VZA’da, bir referans birimi, etkin olmayan bir karar birimi radyal (daireysel) olarak etkinlik sınırına yaklaştırılarak bulunabilir (Karhonen, 1997: 1).

VZA yönteminin adı, etkinlik sınırının üretim imkanları kümesindeki (belirli bir üretim fonksiyonu tarafından üretilmesi olası olan, etkin ya da etkin olmayan tüm girdi ve çıktı bileşimlerini içeren küme) her bileşimin en az bir noktadan geçmesi ve diğer tüm noktaların bu sınırın üzerinde olması ya da altında kalması özelliğinden yola çıkılarak verilmiştir. Çünkü matematik dilinde, bu türde bir sınırın bu noktaları “zarfladığı” söylenmektedir (Cooper, Seidford ve Tone, 2000: 3).

VZA’nın görece etkinliği ölçme biçimi iki aşamalı olarak kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Yolalan, 1993: 27–28):

**1.** İlk olarak, herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak, en fazla çıktı bileşimini üreten en iyi gözlemler (ya da etkinlik sınırını oluşturan karar birimleri) belirlenir.

**2.** Daha sonra, etkin karar birimlerinin oluşturduğu etkinlik sınırı referans olarak kabul edilip, etkin olmayan karar birimlerinin, etkinlik sınırına olan uzaklıkları (ya da etkinlik düzeyleri) radyal olarak ölçülür.

### **2.3. VZA’nın Uygulanmasındaki Amaçlar ve Uygulama Alanları**

VZA’nın uygulanmasındaki amaçlar aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir:

1. Karşılaştırılması yapılan karar birimlerinin her biri için girdi-çıkıtı boyutlarından herhangi birisinde görelî etkinsizliğin ve kaynaklarının tanımlanması,

2. Karar birimlerinin etkinlik değerlerine göre sınıflandırılması,

3. Karşılaştırılması yapılan karar birimlerinin yönetimlerinin değerlendirilmesi,

4. Karar birimlerinin kontrolleri dışındaki program ve politikaların etkinliklerinin değerlendirilmesi ve program etkinsizliği ile yönetsel etkinsizliğin ayırt edilmesi,

5. Değerlendirilmesi yapılan karar birimleri için kaynakların kullanımı ile ilgili niceliksel bir temel oluşturulması ve sınırlı kaynakların, istenilen çıkıtı düzeyini elde etmekte daha etkin kullanabilecek birimler arasında değiştirilmesi,

6. Spesifik girdi çıkıtı ilişkileri için belirtilen standartların, gerçekleşen performansla karşılaştırılması ve incelenmesi (Golany ve Roll, 1989: 238),

7. Karar birimlerinin buldukları eş gruplar içerisindeki performanslarının değerlendirilmesi,

8. Karşılaştırılması yapılan karar birimlerinin içinde bulunduğu sektör için yeterli standartların belirlenmesi,

9. Belirlenen standarda göre etkin olan karar birimleri kullanılarak, etkin olmayan karar birimleri için referans girdi ve çıkıtı miktarlarının tespit edilmesi,

10. Referans karar birimlerinden hareketle, etkin olmayan karar birimlerine, etkin hale gelebilmeleri için, girdi miktarlarını ne kadar azaltmaları veya çıkıtı miktarlarını ne kadar arttırmaları gerektiğinin gösterilmesi amaçları ile VZA yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır.

VZA yöntemi ayrıca işletmelerde uygulan bazı yöntemlerle birlikte de kullanılabilir. Bu yöntemlerden en önemlisi kıyaslama (benchmarking) yöntemidir. VZA, aynı sektörde faaliyet gösteren işletmeler arasından en etkin işletmenin seçiminin yapılmasını sağlayarak, kıyaslama ortaklarının belirlenmesini kolaylaştırmaktadır (Ross ve Droge, 2002: 19). VZA ayrıca, oran analizleriyle birlikte de kullanılabilir. Oran analizleri tek başına yalnızca bir girdi ve bir çıkıtı ile ilişkili olup, bu analizler ile ilgili kalemlerin teker teker karşılaştırması yapılabilir. VZA ise performans değerlendirmede eş zamanlı olarak tüm girdi ve çıktıları değerlendirebilir. İki yöntem bir arada uygulandığında birbirlerini büyük ölçüde destekleyebilirler (Thanassoulis, Boussofiane ve Dyson, 1996: 229). VZA'nın Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (FTM) ile de yakın ilişkisi bulunmaktadır. FTM yönteminde, etkin olmayan

faaliyetlerin belirlenmesi ve geliştirilmesi amaçları ile, referans olacak faaliyetlerin saptanması için VZA'dan yararlanılmaktadır (Homburg, 2001: 51-55). VZA, Balanced Scorecard yönteminde de, çoklu performans ölçütlerinin karmaşıklığını gidermek, finansal ve finansal olmayan göstergelerin değerlendirilmesi ve bu göstergeler arasında denge kurulması açısından önemli bir yere sahiptir (Banker ve diğerleri, 2004: 424).

## **2.4. VZA'nın Güçlü Ve Zayıf Yönleri**

VZA'nın güçlü ve zayıf yönleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

### **2.4.1. VZA'nın Güçlü Yönleri:**

1. VZA, birçok girdi ve birçok çıktının bulunduğu üretim ortamlarında, işletmenin değişik boyutlarını tek bir etkinlik ölçütüne indirgemeye imkan sağlamaktadır. Bu durumu da seçilen üretim imkanları kümesinin ardında bulunan varsayımlar yardımıyla gerçekleştirmektedir.

2. VZA'da etkinlik ölçütleri girdi ve çıktı ölçüm birimlerinden bağımsızdır. Bu özellikleri ile de işletmelerin değişik boyutlarının eş zamanlı olarak ölçülebilmesini sağlamaktadır.

3. VZA, üretim fonksiyonunun analitik yapısı hakkında herhangi bir varsayım gerektirmemektedir. Bu açıdan parametrik yöntemlere göre daha esnek bir yapıya sahiptir.

4. VZA, her bir karar birimi için göreceli etkinliği hesaplarken amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı maksimum yapmakta ve her bir karar birimi için optimum çözümü belirlemektedir. Parametrik yöntemlerde ise sektörün tümü göz önüne alınarak, ortalama etkinliğe göre ölçüm yapılmaktadır (Yolalan: 1993: 86).

5. VZA etkin olmayan bir karar biriminin performansını belirlemek ve gözlem kümesi içerisindeki göreceli olarak etkin karar birimlerinin seviyesine ulaştırabilmek için alternatif yollar belirlemektedir. Karar birimine uygun olan iyileştirme yolunun seçimi, etkinlik analizini yapan araştırmacının tecrübesine ve işletme yönetiminin kararına bağlıdır (Yavuz, 2001: 54).

6. VZA uygulaması, özellikle yöneticilerin, ilgili tüm girdi ve çıktıları tanımlayarak üretim sürecini iyi tanımlarını sağlamaktadır.

7. VZA çalışmasında ihtiyaç duyulan verileri ve analiz sonuçlarını içeren detaylı bir veri tabanı yaratılabilmekte ve böylelikle konu ile ilgili belgelendirme güçlenmektedir (Aydemir, 2002: 91).

8. VZA ile karşılaştırılması yapılan karar birimlerinin, hangilerinin etkin ve hangilerinin etkin olmadığı belirlenmektedir. Yöntem, etkin

olmayan karar birimlerinin etkin olabilmesi için alınacak tedbirler hakkında önemli bilgiler vermekte ve işletme yönetimine büyük destek olmaktadır.

#### **2.4.2. VZA'nın Zayıf Yönleri:**

1. VZA, veri hatalarına karşı oldukça duyarlıdır. Bu nedenle, etkinlik ölçümünde kullanılan parametrik yöntemlerde olduğu gibi girdi ve çıktı verilerinin olabilecek hatalardan arındırılması için özen gösterilmelidir.

2. VZA yöntemi, bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Özellikle, doğal olarak zarflama olanağının bulunmadığı durumlarda kuramsal karar birimi yeterince anlamlı olmamaktadır.

3. VZA'da gözlem kümesinde bulunan aşırı derecede büyük ya da küçük girdi ve çıktı değerlerine sahip olan bazı karar birimleri, etkinlik sınırının belirlenmesinde problem yaratabilmektedirler. Yani aşırı değerlerin etkisinde kalınarak yanıltıcı sonuçlara götürebilmektedir.

4. VZA, her ne kadar etkin olan ve etkin olmayan karar birimlerini ayrı ayrı belirleyebiliyorsa da, etkinlik sınırını oluşturan karar birimlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında yetersiz kalmaktadır (Yolalan: 1993: 86–87).

5. VZA, statik bir analiz olup, tek bir zaman kesitinde değerlendirme yapabilmektedir. Fakat bazı karar birimlerinin girdilerini çıktılarına dönüştürmesi bir dönemden daha uzun sürebileğinden, üretim süreci dinamik bir özellik göstermektedir. Bu nedenle, farklı dönemlerdeki veriler için uygun bir indirgeme oranı kullanılması gerekmektedir.

6. Karar birimlerinin, girdi ve çıktılarının üretim sürecini doğru olarak yansıtabilmesi, yöntemin sağlıklı sonuçlar vermesi açısından oldukça önemlidir. Kritik olan bir girdi veya çıktı, karşılaştırma dışında bırakıldığında, analizin vereceği sonuçlar yanıltıcı ve yanlış olabilmektedir (Aydemir, 2002: 92).

### **2.5. VZA'nın Matematiksel Modeli**

#### **2.5.1. Kesirli Programlama Modeli**

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından ilk geliştirilen model, kesirli programlama modelidir. Model, her karar birimi için ağırlıklandırılmış çıktılarla, ağırlıklandırılmış girdilerin oranından yola çıkılarak oluşturulmuştur. Kesirli programlama modeli aşağıdaki şekilde kurulmuştur (Reynolds, 2003: 134):

$$E_k = \text{Maksimum} \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}}$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij}} \leq 1 \quad j=1, \dots, n$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq 0 \quad r=1, \dots, s; i=1, \dots, m$$

Burada;

$n$  : Karar birimi sayısını,

$s$  : Üretilen çıktı sayısını,

$m$  : Kullanılan girdi sayısını,

$E_k$  :  $k$  karar biriminin etkinlik değerini,

$u_{rk}$  :  $k$  karar birimi tarafından  $r$ 'inci çıktıya verilen ağırlığı,

$Y_{rk}$  :  $k$  karar birimi tarafından üretilen  $r$ 'inci çıktı miktarını,

$v_{ik}$  :  $k$  karar birimi tarafından  $i$ 'inci girdiye verilen ağırlığı,

$X_{ik}$  :  $k$  karar birimi tarafından kullanılan  $i$ 'inci girdi miktarını,

$Y_{rj}$  :  $j$ 'inci karar birimi tarafından üretilen  $r$ 'inci çıktı miktarını,

$X_{ij}$  :  $j$ 'inci karar birimi tarafından kullanılan  $i$ 'inci girdi miktarını,

göstermektedir.

Modeldeki kısıtlayıcılardan birincisi ile yapılacak olan değerlendirmenin mantıklı olabilmesi için, tahsis edilen ağırlıkların 1'i geçmesi yani, ağırlıklı çıktılarının toplamının, ağırlıklı girdilerin toplamından büyük olması engellenmektedir. İkinci kısıtlayıcıya göre de, tüm ağırlıklar pozitif değer taşımalıdır (Haas, Murphy ve Lancioni, 2003: 62).

Daha sonra, yine Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından tespit edilen modeldeki bir eksiklik düzeltilmiştir. Matematiksel programlama modelinde kullanılan  $u_{rk}$  ve  $v_{ik}$  ağırlıkları ile ilgili olan  $u_{rk} \geq 0$  ve  $v_{ik} \geq 0$  kısıtlayıcılarının  $u_{rk} > 0$  ve  $v_{ik} > 0$  şeklinde değiştirilmesi gerekmiştir. Kesirli programlama modelinde, ağırlıkların sıfıra eşit olamayacağı belirlenmiş ve modeldeki bu kısıtlayıcılar  $u_{rk} \geq \varepsilon$  ve  $v_{ik} \geq \varepsilon$  haline dönüştürülmüştür.  $\varepsilon$ ,  $10^{-6}$  gibi çok küçük pozitif bir değer olarak alınmaktadır (Tarım, 2001:52).

Model her karar birimi için ayrı ayrı kurulmakta ve modelin çözümünde, amaç fonksiyonunu maksimum yapan ağırlıklar belirlenmektedir.  $E_k = 1$  olduğu durumda, ilgili karar biriminin etkin olduğu



söylenebilmektedir.  $E_k < 1$  olması halinde ise karar birimi etkin olmamakta ve modelin çözümünde bulunan ağırlıklar, ilgili karar biriminde yerine konulmakta, değeri sıfır olan kısıta ait karar birimi, etkinlik ölçümü yapılan karar biriminin referans kümesine dahil olmaktadır.

### 2.5.2. Doğrusal Programlama Modeli

Kesirli programlama modelinin çözümü çok girdi ve çıktının bulunduğu problemler için uygun değildir. Kesirli programlama modelinde, amaç fonksiyonunda verilen ifadeyi, maksimize eden uygun çözüm ( $u^*$ ,  $v^*$ ) ise bu durumda tüm ( $\beta u^*$ ,  $\beta v^*$ ) mümkün çözümleri  $\beta > 0$  olmak üzere amaç fonksiyonunu maksimize etmektedirler.

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1$$

Yukarıdaki dönüşüm kullanılarak sonsuz elemanlı çözüm kümesini temsil eden bir çözüm bulunmaktadır (Tarım, 2001: 54). Dönüşüm sonucu bulunan ve simpleks yöntemi ile çözülebilen model, aşağıdaki şekilde kurulmaktadır (Tomkins ve Gren, 1988: 151–152):

$$E_k = \text{Maksimum} \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}$$

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq \varepsilon \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m$$

### 2.5.3. Zarflamalı (Dual) Doğrusal Programlama Modeli

Bir doğrusal programlama modeli için, aynı veriler kullanılarak farklı bir doğrusal programlama modeli formüle etmek mümkündür. Orijinal primal (birincil) model ya da dual (ikincil) modelin çözümü modellenen problem hakkında aynı bilgiyi vermektedir (Yavuz, 2001: 29).

Kesirli programlama ve primal doğrusal programlama modellerinde, referans olacak karar birimlerinin hesaplanması güçtür. Bulunan ağırlık değerlerinin tüm kısıtlarda yerine konması ve sonucu “0” olan kısıtlayıcılara ait karar birimlerinin referans kümesine dahil edilmesi gerekmektedir. Zarflamalı (Dual) VZA modeli bu güçlüğü ortadan kaldırmakta ve dual

değişkenler yardımı ile referans olacak karar birimleri ek bir hesaplama gerektirmeden bulunabilmektedir.

Zarflamalı VZA modeli ile radyal olarak ölçülemeyen fakat azaltılması veya artırılması mümkün olan girdi veya çıktı miktarları hesaplanabilmektedir (Yolalan, 1993: 32). Zarflamalı VZA modelinde doğrusal programlama modelinin duali alındığından amaç fonksiyonlarının yönü de değişmektedir. Zarflamalı VZA modeli aşağıdaki şekilde kurulmaktadır (Lewis, 2000: 9)

$$E_k = \text{Minimum } \alpha - \left( \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- \right) - \left( \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

$$\sum_{j=1}^n (X_{ij} \lambda_j) + s_i^- - (\alpha X_{ik}) = 0 \quad ; \quad i=1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n (Y_{rj} \lambda_j) - s_r^+ - Y_{rk} = 0 \quad ; \quad r=1, \dots, s$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0$$

Burada;

$\alpha$  : Girdiye ait büzülme katsayısını,

$s_i^-$  : k karar biriminin i'inci girdisine ait atıl değerini (radyal olarak ölçülemeyen fakat azaltılması mümkün olan atıl girdi miktarı),

$s_r^+$  : k karar biriminin r'inci çıktısına ait serbestlik (gevşeklik) değerini (radyal olarak ölçülemeyen fakat artırılması mümkün olan çıktı miktarı),

$\lambda_j$  : Gözlem kümesindeki karar birimlerinin aldıkları yoğunluk değerlerini göstermektedir.

Amaç fonksiyonu,  $\alpha$ 'yı (büzülme katsayısı) k karar birimi için minimum yapmaktadır. k karar biriminin etkin olarak nitelendirilebilmesi için aşağıdaki koşulların gerçekleşmesi gerekmektedir:

$$\alpha = 1, s_i^- = 0, s_r^+ = 0, \lambda_k = 1, E_k = 1$$

Eğer  $\alpha < 1$  ise, bu durum karar biriminin etkin olmadığını ve k karar biriminin belirli bir çıktı seviyesini elde edebilmek için girdilerini hala azaltabileceğini göstermektedir. Uygun girdiler ve çıktılar (sanal girdiler ve çıktılar), etkin olan karar birimlerinin doğrusal kombinasyonlarından

oluşmaktadır. Her karar birimi için kurulan modelde,  $\lambda$  değeri sıfır olmayan etkin karar birimleri, ilgili karar biriminin referans kümesini oluşturmaktadır. Sanal girdi ve çıktı değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Chandra ve diğerleri, 1998: 131):

$$\text{Sanal Girdi: } \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j$$

$$\text{Sanal Çıktı: } \sum_{j=1}^n Y_{ij} \lambda_j$$

Referans girdi ve çıktı miktarları, yani karar biriminin etkin olabilmesi için ulaşması gereken sanal girdi ve çıktı değerleri hesaplandıktan sonra etkin olmayan karar birimlerinin, etkin hale gelebilmeleri için girdi ve çıktı miktarlarında yapmaları gereken değişiklikler belirlenmektedir. Belirlenen sonuçlara göre karar birimleri, buldukları homojen küme içerisinde etkin olabilmek için gerekli önlemleri almalıdırlar.

### 3. ARAŞTIRMANIN UYGULAMASI

#### 3.1. Araştırmanın Modeli

Araştırmada, bir alışveriş merkezinin giyim reyonunda part-time veya tam gün çalışan satış elemanlarının görelî satış etkinlikleri değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu nedenle benzer girdiler benzer çıktılar ortaya çıkaran satış elemanlarının performanslarının ölçümü için, ölçü birimlerinden bağımsız bir yöntem olan Veri Zarflama Analizi seçilmiştir.

#### 3.2. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Bireysel satış performansının VZA yöntemi ile ölçülebilmesi için aynı işletmede benzer şartlarda çalışan satış elemanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle araştırma modelinin çözümü için kullanılan yöntemin uygulanmasına imkan sağlayacak sayıda ve özellikle bir örneklem seçilmiştir.

Görelî satış performansları değerlendirilecek birim sayısı 10'dur. Bu sayı genel kabul görmüş (girdi sayısı+çıkıtı sayısı+1) ve 2\*(girdi sayısı+çıkıtı sayısı) kriterlerini sağlamaktadır. Bu kriterlere uygun seçim yapılması gerçekte olduğundan daha fazla birimin etkin çıkmasının önüne geçecektir. Yapılan analizde satış elemanlarının sabit getirili ölçekle çalıştıkları varsayılmıştır.

### 3.3. Elde Edilen Veriler

Araştırma ile ilgili veriler alışveriş merkezinin 2005 yılına ait veri tabanından elde edilmiş ve araştırmada kullanılan girdi ve çıktılar şef ve yöneticilerin fikirleri alınarak belirlenmiştir. Uygulamada girdi olarak çalışma saatleri ve satış elemanlarına verilen maaşlar; çıktı olarak ta sattıkları ürün adedi ve bu ürünlerin satışından elde edilen karlar kullanılmıştır. Girdi ve çıktı miktarları yıllık toplam olarak hesaplanmış ve elemanların 2005 yılı içerisindeki görelî çıktıya yönelik satış etkinlikleri ölçülmüştür.

VZA uygulamasında kullanılan veriler **Tablo 3.1**'de gösterilmektedir:

**Tablo 3.1. Uygulamada Kullanılan Veriler**

GİRDİLER			ÇIKTILAR	
Satış Elemanları	Çalışma Saatleri	Maaşlar (YTL)	Satılan ürün adedi	Satış üzerinden elde edilen kar (YTL)
1. Satış Elemanı	2900	815	3124	81.224
2. Satış Elemanı	2850	795	2856	65.688
3. Satış Elemanı	2320	620	2632	64.170
4. Satış Elemanı	2280	600	2156	53.920
5. Satış Elemanı	2272	620	2016	48.384
6. Satış Elemanı	2256	630	2356	51.832
7. Satış Elemanı	1740	450	1845	38.745
8. Satış Elemanı	1704	460	1988	45.724
9. Satış Elemanı	1450	405	1578	36.294
10. Satış Elemanı	1420	410	1704	37.488

### 3.4. Bulgular

Elde edilen veriler VZA yöntemi ile görelî etkinliğin ölçümünü sağlayan Frontier Analyst Professional paket programı yardımıyla analiz edilmiştir. Analiz sonucu **Tablo 3.2**'de gösterilen etkinlik tablosuna ulaşılmıştır. Buna göre 1, 3, 8 ve 10. Satış elemanları satış performansı açısından etkin olarak belirlenmiştir. 2, 4, 5, 6, 7 ve 9. Satış elemanları ise görelî olarak satış performansı açısından etkin olmayan elemanlardır. Bu elemanların etkin hale gelebilmesi için referans alabileceği birimler yine **Tablo 3.2**'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.2. Görelî Etkinlik Tablosu**

Satış Elemanları	Etkinlik Değeri (%)	Referans Kümesi
1. Satış Elemanı	100	
3. Satış Elemanı	100	
8. Satış Elemanı	100	
10. Satış Elemanı	100	
7. Satış Elemanı	94,87	8
9. Satış Elemanı	92,89	3,8,10
6. Satış Elemanı	88,26	8,10
4. Satış Elemanı	86,83	3
2. Satış Elemanı	85,55	3,8,10
5. Satış Elemanı	77,53	3,10

Analiz sonucu etkin olmayan birimlere ait hedef değerleri ve potansiyel iyileştirme yüzdeleri **Tablo 3.3**'de verilmiştir. Örneğin; 9. satış elemanı satılan ürün adedini ve satış üzerinden elde edilen karını % 7,65 arttırabilirse etkin hale gelebilecektir. Benzer şekilde diğer etkin olmayan birimler de yorumlanarak yöneticilere yardımcı olabilecek bilgilere ulaşılabilir.

**Tablo 3.3. Etkin Olmayan Birimlerin Hedef Değerleri ve İyileştirme Oranları****7. Satış Elemanı**

Girdi/Çıktı	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)
Maaşlar	450	450	0
Çalışma Saatleri	1740	1666,96	-4,2
Satılan Ürün Adedi	1.845	1.944,78	15,45
Satış Üzerinden Elde Edilen Kar	38.745	44.730	5,41

**9. Satış Elemanı**

Girdi/Çıktı	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)
Maaşlar	405	405	0
Çalışma Saatleri	1.450	1.450	0
Satılan Ürün Adedi	1.578	1.698,72	7,65
Satış Üzerinden Elde Edilen Kar	36.294	39.070,46	7,65

### 6. Satış Elemanı

Girdi/Çıktı	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)
Maaşlar	630	630	0
Çalışma Saatleri	2.256	2.256	0
Satılan Ürün Adedi	2.356	2.669,25	13,3
Satış Üzerinden Elde Edilen Kar	51.832	60.051,75	15,86

### 4. Satış Elemanı

Girdi/Çıktı	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)
Maaşlar	600	600	0
Çalışma Saatleri	2.280	2.245,16	-1,53
Satılan Ürün Adedi	2.156	2.547,1	18,14
Satış Üzerinden Elde Edilen Kar	53.920	62.100	15,17

### 2. Satış Elemanı

Girdi/Çıktı	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)
Maaşlar	795	795	0
Çalışma Saatleri	2.850	2.850	0
Satılan Ürün Adedi	2.856	3.338,32	16,89
Satış Üzerinden Elde Edilen Kar	65.688	76.781,31	16,89

### 5. Satış Elemanı

Girdi/Çıktı	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)
Maaşlar	620	614,62	-0,87
Çalışma Saatleri	2.272	2.272	0
Satılan Ürün Adedi	2.016	2.600,25	28,98
Satış Üzerinden Elde Edilen Kar	48.384	62.405,93	28,98

## 4. SONUÇ

Satış elemanlarının birlikte çalıştıkları mağaza içerisindeki etkinlik değerlerinin ölçümü yönetime oldukça yararlı bilgiler sağlamaktadır. Belirli bir grup içerisinde ölçülen etkinlik görelilik olarak adlandırılmaktadır. Görelilik ölçümlerinde grup içerisindeki bireylerden değerlendirmeye alınanlar arasında en yüksek etkinlik değerine sahip olanlar diğerlerine referans olarak gösterilmektedirler. Görelilik ölçümünde ve gözlem yapılan küme içindeki en iyi performans gösteren karar biriminin belirlenmesinde Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu araştırmada, bir alışveriş merkezinin 2005 yılı veri tabanından elde edilen veriler kullanılarak giyim reyonunda çalışan satış elemanlarının görelî satış performansları değerlendirilmeye çalışılmıştır. Araştırma sonucunda değerlendirilmesi yapılan 10 satış elemanının 4 tanesi tam etkin olarak saptanmış ve diğer 6 eleman için de referans kümeleri ve iyileştirme yüzdeleri belirlenmiştir.

Değerlendirme sonuçlarına göre yöneticilere satış elemanları ile ilgili bazı önerilerde bulunulabilir. 5. satış elemanının performansı diğerlerine göre oldukça düşüktür. Etkin duruma gelebilmesi için satış yaptığı ürün adedini ve yaptığı satışlar üzerinden mağazanın elde ettiği karı %28,98 düzeyinde arttırması ayrıca maaşının da %0,87 oranında düşürülmesi gerekmektedir. Bu eleman ile özellikle ilgilenilmesi ve performans düşüklüğünün nedenlerinin araştırılması gerekmektedir. Ayrıca diğer etkin olmayan satış elemanlarının da gösterilen oranlarda satış miktarlarını arttırmak için çaba göstermeleri ve mağazaya daha çok katkı sağlayacak ürünlerin satışına odaklanmaları etkinlik değerlerinin artmasına yardımcı olacaktır.

Potansiyel iyileştirme yüzdeleri göz önüne alınarak elemanlarla performans düşüklüklerinin nedenlerinin neler olabileceği ile ilgili görüşmeler yapılıp performanslarını nasıl yükseltebilecekleri yönünde tavsiyeler verilebilir. Mağaza yöneticileri bu sonuçlardan hareketle, elemanlarının görelî satış performansları hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olabilirler.

## KAYNAKÇA

- Aydemir, Zeynep Canan, (2002), Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması, DPT Yayınları, No: 2667, Ankara.
- Banker, Rajiv D., - Chang, Hsihui, - Janakirman, Surya N., - Konstans, Constantine, (2004), “A Balanced Scorecard Analysis of Performance Metrics”, *European Journal of Operational Research*, 154, ss: 423–436.
- Chandra, Pankaj, - Cooper, W. W., - Li, Shanling, - Rahman, Atiqur, (1998), “Using DEA to Evaluate 29 Canadian Textile Companies – Considering Returns to Scale”, *International Journal of Production Economics*, 54, ss: 129–141.
- Charnes, A. - Cooper, W.W. - Rhodes, E., (1981), “Evaluating Program and Managerial Efficiency: an Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through”, *Management Science*, 27 (6), ss: 668–697.

- Charnes, A., - Cooper, W.W., - Rhodes, E., (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2 (6), ss: 429-444.
- Cherchye Laurens, Puyenbroeck Tom Van, (2001), "Product Mixes as Objects of Choice in Non-parametric Efficiency Measurement" *European Journal of Operational Research*, 132, ss: 287-295.
- Cingi, Selçuk - Tarım, Armağan, (2000), *Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü DEA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması*, Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliği Serisi, İstanbul.
- Cooper, William W. - Seidford, Lawrence M. - Tone, Kaoru, (2000), *Data Envelopment Analysis a Comprehensive Text With Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, USA.
- Golany, B., - Roll, Y., (1989), "An Application Procedure for DEA", *Omega*, Volume 17, No: 3, ss: 237-250.
- Haas, David, - Murphy, Frederic - Lancioni, Richard, (2003), "Managing Reverse Logistics Channels With Data Envelopment Analysis", *Transportation Journal*, 42 (3), ss: 59-69.
- Korhonen, Pekko, (1997), *Searching The Efficient Frontier in Data Envelopment Analysis*, Interim Report, International Institute for Applied Systems Analysis Publishing, Austria.
- Mao, Weining, - Koo, Won W., (1996), *Productivity Growth, Technology Progress and Efficiency Change In Chinese Agricultural Production Form 1984 To 1993*, *Agricultural Economics Report*, No: 362, North Dakota.
- Odabaşı, Mesut, (1997), *Verimlilik Diye Diye Söyleşiler*, MPM Yayınları (596), Ankara.
- Reynolds, Dennis, (2003), "Hospitality Productivity Assessment Using Data Envelopment Analysis", *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 44, 2, ss: 130-137.
- Yavuz, İlknur, (2001), *Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü: Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama*, MPM Yayınları, No: 654, Ankara.
- Tarım, Armağan, (2001), *Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görel Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı*, *Sayıştay Yayınları*, Ankara.
- Yavuz, İlknur, (2001), *Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü: Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama*, MPM Yayınları (654), Ankara.



- Thanassoulis, E. - Boussofiane, A. - Dyson, R.G., (1996), “A Comparison of Data Envelopment Analysis and Ratio Analysis as Tools for Performance Assessment”, *Omega*, 24 (3), ss: 229–244.
- Ross, Anthony - Droge, Cornelia, (2002), “An Integrated Benchmarking Approach To Distribution Center Performance Using DEA Modeling”, *Journal of Operations Management*, 20, ss: 19–32.
- Yolalan, Reha, (1993), *İşletmeler arası Görelî Etkinlik Ölçümü*, MPM Yayınları, No: 483, Ankara.