

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
SAYISAL YÖNTEMLER VE YÖNETİM BİLİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE ETKİNLİK
ÖLÇÜMÜ VE SEKTÖREL BİR UYGULAMA**

Gökhan ERKOROL

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Yılmaz GÖKŞEN

2009

Yemin Metni

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “*Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümü ve Sektörel Bir Uygulama*” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

22 / 07 / 2009

Gökhan ERKOROL

YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV TUTANAĞI

Öğrencinin

Adı ve Soyadı : Gökhan Erkorol
Anabilim Dalı : İşletme
Programı : Sayısal Yöntemler ve Yönetim Bilimi
Tez/Proje Konusu : Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümü ve Sektörel Bir Uygulama
Sınav Tarihi ve Saati :

Yukarıda kimlik bilgileri belirtilen öğrenci Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün tarih ve Sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Lisansüstü Yönetmeliğinin 18.maddesi gereğince yüksek lisans tez/proje sınavına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini/projesini dakikalık süre içinde savunmasından sonra jüri üyelerince gerek tez/proje konusu gerekse tezin/projenin dayanağı olan Anabilim dallarından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI	O	OY BİRLİĞİ ile	O
DÜZELTME	O*	OY ÇOKLUĞU	O
RED edilmesine	O**	ile karar verilmiştir.	

Jüri teşkil edilmediği için sınav yapılamamıştır. O***
Öğrenci sınava gelmemiştir. O**

* Bu halde adaya 3 ay süre verilir.
** Bu halde adayın kaydı silinir.
*** Bu halde sınav için yeni bir tarih belirlenir.

	Evet
Tez/Proje, burs, ödül veya teşvik programlarına (Tüba, Fullbright vb.) aday olabilir.	O
Tez/Proje, mevcut hali ile basılabilir.	O
Tez/Proje, gözden geçirildikten sonra basılabilir.	O
Tezin/Projenin, basımı gerekliliği yoktur.	O

JÜRİ ÜYELERİ

İMZA

.....	☐ Başarılı	☐ Düzeltme	☐ Red	
.....	☐ Başarılı	☐ Düzeltme	☐ Red	
.....	☐ Başarılı	☐ Düzeltme	☐ Red	

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi
Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümü Ve Sektörel Bir Uygulama
Gökhan Erkorol

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı
Sayısal Yöntemler Ve Yönetim Bilimi Programı

Bu tez çalışmasının temel amacını, etkinlik analizinde sunduğu avantajlar yüzünden sıklıkla tercih edilmeye başlanan bir yöntem olan Veri Zarflama Analizi (VZA)'nin incelenmesi ve VZA yardımıyla, Türkiye'nin önde gelen hipermarket zincirlerinden birinin bünyesinde yer alan 34 adet mağazanın göreceli etkinliklerinin araştırılması olmuştur. Bu amaçla 34 mağazaya ait etkinlik ölçümünü en iyi yansıtabilecek değişkenler seçilmiş ve ilgili veriler derlenmiştir. Hem çıktı odaklı CCR hem de çıktı odaklı BCC modelleri kurulmuş modellerin çözümleri DEA Solver yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar derlenerek, son bölümde yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Etkinlik, Hipermarket, Etkinlik Ölçümü

ABSTRACT

Master Thesis
Efficiency Measurement
With Data Envelopment Analysis
And
A Sectoral Application

Dokuz Eylül University
Institute Of Social Sciences
Department Of Business Administration
Operations Research And
Management Science Program

Gökhan ERKOROL

The aim of this study is to examine the Data Envelopment Analysis which is increasingly getting used for its advantages in efficiency analysis. By using DEA, the relative efficiency of 34 stores, in one of the Turkey's leading hypermarket chain, was projected. By this context variables which reflect the efficiency of 34 stores were chosen and the data were gathered. Output oriented CCR and output oriented BCC models were developed and the DEA Solver software program was used in analyzing these models. The results were discussed and interpreted in the last section.

Key Words: Data Envelopment Analysis, Efficiency, Hypermarket, Efficiency Measurement

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	ii
TUTANAK.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
EKLER LİSTESİ.....	xii
 GİRİŞ	 1

BİRİNCİ BÖLÜM TEMEL KAVRAMLAR

1.1. Verimlilik	3
1.2. Etkililik.....	7
1.3. Etkinlik.....	8
1.3.1. Teknik Etkinlik.....	10
1.3.2. Ölçek Etkinliği	11
1.3.3 Tahsis Etkinliği	13

İKİNCİ BÖLÜM ETKİNLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

2.1. Oran Analizi	15
2.2. Parametrik Yöntemler	17
2.3. Parametrik Olmayan Yöntemler	19
2.3.1. Veri Zarflama Analizi.....	20
2.3.2. Serbest Atılabilir Zarf Yaklaşımı.....	20

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

3.1. VZA Hakkında Genel Bilgiler.....	21
3.2. Veri Zarflama Analizi Literatür ve Tarihçesi	22
3.3. Veri Zarflama Analizinin Sistematik Yapısı	26
3.3.1 Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler	27
3.3.2 İki Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler	31
3.3.3 Bir Girdi ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemler	34
3.3.4 Çok Girdili ve Çok Çıktılı Sistemler.....	37
3.4. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Yapısı	40
3.4.1. Kesirli Programlama.....	40
3.4.2. Doğrusal Programlama ve Primal Model	43
3.4.3. Doğrusal Programlama ve Dual Model	45
3.5. Temel VZA Modelleri.....	46
3.5.1. CCR Modeli.....	48
3.5.1.1. Girdi Yönelimli CCR Modeli.....	52
3.5.1.2. Çıktı Yönelimli CCR Modeli	55
3.5.2. BBC Modeli.....	58
3.5.2.1. Girdiye Yönelik BCC Modelleri	60
3.5.2.2. Çıktıya Yönelik BCC Modelleri.....	62
3.6. Veri Zarflama Analizinin Değerlendirmesi.....	66
3.6.1. Veri Zarflama Analizinin Güçlü Yönleri.....	66
3.6.2. Veri Zarflama Analizinin Zayıf Yönleri.....	67
3.7. VZA'nın Uygulama Süreci.....	69
3.7.1. Karar Birimlerinin Seçilmesi	69
3.7.2. Girdi ve Çıktı Kümelerinin Belirlenmesi	70
3.7.3. Uygun VZA Modelinin Seçilmesi ve Etkinlik Değerlerinin Hesaplanması	71
3.7.4. Referans Gruplarının (kümesinin) Oluşturulması	72
3.7.5. Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri İçin Hedef Belirlenmesi	73
3.7.6. Sonuçların Değerlendirilmesi	74
3.8. VZA Modellerinin Çözümünde Kullanılan Yazılımlar	74

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

4.1. Çalışmanın Amacı.....	77
4.2. Çalışmanın Yöntemi	77
4.3. Girdi ve Çıktı Kümelerinin Belirlenmesi	79
4.4. Etkinlik Değerlerinin Hesaplanması	83
4.5. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Etkin Olmayan Karar Birimleri için Hedef Belirlenmesi.....	95
 SONUÇ	 108
KAYNAKLAR	115
EKLER	119

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1. Yıllara Göre Veri Zarflama Analizi Yayınları	24
Tablo 2.1 Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler	27
Tablo 2.2 İşyerlerine Ait Etkinlik Değerleri	30
Tablo 2.3 İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler	31
Tablo 2.4 Bir Girdi Ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemler	34
Tablo 2.5 Hastane Örneği	37
Tablo 2.6 Sabit Ağırlıklar İle Hastanelere Ait Etkinlik Değerleri	38
Tablo 2.7 Sabit Ağırlıklar ve VZA ile Hastanelere Ait Etkinlik Değerleri	39
Tablo 3.1 VZA Yazılımları Değerlendirme Kriterleri	76
Tablo 3.2 VZA Yazılımları değerlendirme Kriterleri 2	77
Tablo 4.1. Literatürdeki Başlıca Örnekler ve Girdi-Çıktı Kümeleri	81
Tablo 4.2. Uygulamada Kullanılan Girdi Çıktı Kümesi	82
Tablo 4.3. Çalışmada Kullanılacak Veri Seti	83
Tablo 4.5. DEA Solver Yazılımı İçin Örnek Veri Düzeni	84
Tablo 4.5 Yazılıma Girilen Veri Seti	85
Tablo 4.6 Hipermarketlere ait etkinlik sonuçları (Çıktı odaklı CCR)	90
Tablo 4.7 CCR Etkinliklerine Göre Hipermarket Sıralaması	91
Tablo 4.8 Hipermarketlere ait etkinlik sonuçları (Çıktı odaklı BCC)	93
Tablo 4.9 BCC Etkinliklerine Göre Hipermarket Sıralaması	94
Tablo 4.10 CCR Özet İstatistikler	96
Tablo 4.11 BCC Özet İstatistikler	96
Tablo 4.12 Hipermarket Etkinlikleri (CCR-O ve BCC-O)	97

Tablo 4.13 M1 Mağazası için sanal girdi çıktı değerleri	99
Tablo 4.14 Tüm Hipermarketler İçin İyileştirme Önerileri (CCR-O)	100
Tablo 4.15 M32 Kodlu Hipermarket İçin İyileştirme	107
Tablo 4.16 M15 Kodlu Hipermarket İçin İyileştirme	108
Tablo 4.17 CCR ve BCC Özet İstatistikler	110
Tablo 4.18 M32 Kodlu Hipermarket İçin İyileştirme	111
Tablo 4.19 M15 Kodlu Hipermarket İçin İyileştirme	112
Tablo 4.20 Ölçek Gruplandırması	113
Tablo 4.21 Ölçek Etkinlik İlişkisi	113

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Verimlilik	6
Şekil 1.2 Teknik Etkinlik	11
Şekil 1.3 Tahsis Etkinliği	14
Şekil 2.1 Tek Girdi/Çıktılı Mağaza Örneklerinin Karşılaştırılması	28
Şekil 2.2 Regresyon Çizgisi ve Etkinlik Sınır Çizgisi	29
Şekil 2.3 A firması İçin Etkinlik İyileştirme	31
Şekil 2.4 İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler	32
Şekil 2.5 A Mağazasına Ait Etkinlik İyileştirmesi	33
Şekil 2.6 Bir Girdi Ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemler	34
Şekil 2.7 Bir Girdi Ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemlerde İyileştirme	35
Şekil 3.1 VZA Modelleri	47
Şekil 3.2 BBC ve CCR Modellerinde Üretim Üst Sınırı	59
Şekil 4.1 CCR Etkinliklerine Göre Hipermarket Sıralaması	90
Şekil 4.2 BCC Etkinliklerine Göre Hipermarket Sıralaması	90

EKLER LİSTESİ

Ek 1.1 Yazılıma Girilen Veri Seti (Çalışan Sayısı Çıkarılmamış)

Ek 1.2 Tüm Hipermarketler İçin İyileştirme Önerileri (BCC-O)

GİRİŞ

Günümüzde yaşanan yoğun rekabet ve küreselleşme, şirketleri kaynaklarını en etkin şekilde kullanmaya zorlamaktadır. Sürdürülebilir rekabet, işletme performansının hangi düzeyde olduğu ile doğrudan ilişkilidir. En uygun girdi bileşimi ile en yüksek kazancı elde edebilen işletmeler değişen dünya koşullarına ayak uydurabilmektedirler. Bu noktada işletmelerin hayatlarını sürdürebilmeleri için, çeşitli performans ölçüm yöntemleri kullanarak gerçekleştirdikleri faaliyetleri ve sonuçlarını çok iyi ölçmeleri ve aksaklıkları bulup gidermeleri gerekmekte, günümüzün zorlu konjonktüründe hayatta kalabilmeleri için performanslarını sürekli üst düzeyde tutmaları gerekmektedir. Bu noktada performans ölçümü kritik bir önem kazanmış ve özellikle son dönemde sıklıkla araştırma konusu olmaya başlamıştır.

Finansal ölçütler, tek başlarına, işletmelerin faaliyetlerinin performansını belirlemede yetersiz kaldığından dolayı; işletmeler, performans ölçümünde finansal ölçütlerle birlikte finansal olmayan ölçütleri de dikkate almalıdırlar. Modern işletme yönetiminin temelini oluşturan etkinlik ve verimlilik kavramlarının taşıdıkları öneme rağmen, yönetim sürecinin değerlendirilmesinde karşılaşılan problemler göz önüne getirildiğinde standart bir biçime gelmiş güvenli ve geçerli ölçüm tekniklerinin bulunmaması, performans ölçümünü oldukça güçleştirmektedir.

Performans ölçümü konusunda, “kaynakların en etkin kullanımı” önemli bir kriter olarak kabul edildiğinde, *mevcut girdileri kullanarak en fazla çıktıyı üretmek veya belirli bir çıktıyı üretmek için en az girdiyi kullanmak* olarak tanımlanabilen etkinlik kavramı, önemli bir performans göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu noktada etkinlik, girdilerin ne derecede iyi biçimde kullanıldığını, kaynak kullanımında gerçekleşen performansı, işletmenin kendisini bu bakımdan nerede konumlandığını göstermesinden dolayı verimli bir performans ölçütü olarak kabul edilmektedir.

Çalışmamızda da firma performansını doğrudan etkileyen etkinlik faktörü ve etkinliğin ölçümü üzerinde durulmuştur. İlk bölümde verimlilik ve etkinlik

kavramlarına yer verilmiş, bu kavramlarla zaman zaman karıştırılabilen etkililik kavramına kısaca değinilmiştir. İkinci bölümde ise etkinlik ölçüm yöntemleri değerlendirilmiş, Veri zarflama Analizi dışında kalan yöntemler incelenmiştir. Tezimizin üçüncü bölümünde ise etkinlik ölçüm yöntemlerinden Veri Zarflama Analizi (VZA) ayrıntılı olarak incelenmiş, uygulama bölümü öncesi okuyucunun analiz hakkında bilgi sahibi olması hedeflenmiştir. Çalışmanın son bölümünde uygulama kısmına yer verilmiştir. Türkiye'nin önde gelen Hipermarket zincirlerinden birine ait 34 mağazanın görece etkinlikleri VZA ile araştırılmış, analiz ile ilgili sonuçlar ve iyileştirme önerileri değerlendirilerek hem karar verici için bir kaynak oluşturulmaya çalışılmış hem de VZA'nın uygulanabilirliği konusunda literatüre katkı yapılması hedeflenmiştir. Gerek dünya gerekse ülkemiz literatürü dahilinde, perakendecilik sektöründe VZA kullanılarak yapılmış araştırmaların azlığı, çalışmamızda bu konuya yönelinmesinde önemli bir etmen olmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEMEL KAVRAMLAR

1.1. Verimlilik

Dar anlamda üretim odaklı bir kavram olan verimlilik, asıl olarak etkenlik ve etkililik bileşenlerinden oluşmakla birlikte, randıman, yenilik, çalışma yaşamının kalitesi gibi performans boyutlarını da içine almaktadır¹.

Performans ölçütlerinden biri olan ve yaygın olarak kullanılan verimlilik, diğer anlamıyla üretkenlik veya prodüktivite, üretim odaklı bir kavram olarak, bir üretim ya da hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı elde etmek için kullandığı girdi veya girdiler arası ilişki olarak tanımlanmaktadır.² Bu tanımda olduğu gibi üretim sürecinde kaynakların etkin kullanılması şeklinde yorumlanınca, etkinlik kavramıyla karıştırılabilmektedir. Ancak etkinlik tamamen fiziki birimlere dayanmaktadır ve fiziki birimler halinde ölçülen girdiye göre çıktı oranıdır.³ Oysaki bir firmada verimlilik, işgücü, hammadde, makine, teçhizat vb. donanımın yanı sıra, kullanılan sermaye miktarı, teknolojik düzey, firmaların yönetim ve organizasyon yapısı, yenilik ve bilgiye açık olma gibi pek çok faktöre bağlı olarak oluşmaktadır.⁴

Verimlilik terimi literatürde ilk kez Alman bilim adamı **Georgius Agricola** (1494–1555) tarafından kullanılmıştır. Doktor ve maden mühendisi olan Agricola, Mineraloji biliminin de kurucusudur. 1556 yılında ölümünden sonra yayımlanan *De Re Metallica* (Metaller Hakkında) adlı eserinde madenin yeraltından çıkarılması yöntemlerini, çıkan cevherin zenginleşerek nasıl kullanıma daha elverişli hale getirileceğini araştırırken, “verimi şu yöntemler arttırır” diyerek verimliliği bilimsel

¹Bas M. , Artar A. “İşletmelerde Verimlilik Denetimi, Ölçme ve Değerlendirme Modelleri” **Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları** 435, Ankara. 1991 s.36.

² J. Prokopenko, “Verimlilik Yönetimi, Uygulamalı El kitabı”, (Çev. O.Baykal ve diğerleri), **MPM Yayınları**, Ankara, 2003, s. 19.

³ J.R. Norsworthy, S.L. Jang, “Empirical Measurement and Analysis of Productivity and Technological Chance”, **Elsevier Science Publishers, Netherland**, s. 8 aktaran, Bakırcı, (2006), s. 40.

⁴ Bakırcı, Fehim, “Üretimde Etkinlik Ölçümü ve Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama”, Atlas Yayınları, Tokat, 2006, s40.

anlamda kullanan ilk kişi olmuştur.⁵ Fizyokratların 18. yüzyıldaki çalışmaları ile kelime açık bir anlam kazanmaya başlamış ve Le Littré (1833) verimliliği ‘üretme hassası’ olarak tanımlamıştır. Yine fizyokratlardan Francois Quesnay (1694-1774) “Ekonomik Teorilere Tarihsel Bakış Açısı” adlı eserinde verimliliği ziraatta gerçek refahın kaynağı olarak ele almıştır.⁶

İlerleyen yıllarda klasik okul iktisatçıları tarafından yoğun olarak kullanılan verimlilik kavramı, Smith ve Ricardo gibi iktisatçıların daha çok tarım sektöründe emek verimliliğine yoğunlaşmasıyla, literatürde iyice yer kazanmaya başlamıştır. Smith’ göre değeri üreten emektir. Emeğin verimliliğini arttıran en önemli faktörler ise; sermaye, işbölümü, bilgi ve beceride ihtisaslaşmadır.

Birleşik devletlerde de emek verimliliği oldukça önemli hatta Avrupa’dakinden daha önemli görölmüştür. Çünkü emeğe göre diğer üretim faktörleri (arazi, su kaynakları, madenler vs.) oldukça boldu ve emeğin marjinal verimliliği çok yüksekti. Bu da işçilerin arzu ettikleri gibi bir ücret marjında sanayi de ve ticarete çalışmalarını sağlamıştı.⁷

Sanayi devrimi sırasında ABD’de emek verimliliği ölçümü en çok tartışılan kavramlar olmasına rağmen, üretim kapasitesiyle ilgili olan ve devam eden üretim süreçlerinde ilgi duyulan özel verimlilik alanları oluşmuştur. Örneğin bir petrol rafinerisinde günlük üretilen ham petrol varil oranı, otomotiv montaj sanayinde günlük veya vardiyaya göre üretilen araç sayısı veya çelik endüstrisinde bir dönemde üretilen malın birim ton değeri gibi.⁸

Uzun bir tarihsel geçmişe sahip olan verimlilik kavramı son yüzyıl içerisinde iktisatçıları tarafından ürün ile girdiler arasındaki oransal ilişki olarak yorumlanmaya başlanmış ve daha açık ve net bir anlam kazandırılmıştır. Bu yaklaşımla verimlilik matematiksel olarak çıktının girdiye oranı, yani; Verimlilik = Çıktı / Girdi olarak

⁵ Halil Suiçmez, “Verimlilik Düşüncesinin Kısa Tarihi” Mülkiyeliler Birliği Dergisi, Cilt:23, Sayı:215, 2008, s. 137

⁶ Elmas Yıldız, “Kavramsal Düzeyde Etkinlik, Etkililik Ve Verimlilik Olgularına Bir Bakış” <http://www.eko-finans.com/makale1>, (13.10.2008), s.3.

⁷ Bakırcı, 2006, s.42

⁸ Bakırcı, 2006, s.42

ifade edilebilir.⁹ Bu ilişkiden yola çıkarak ilk olarak verdiğimiz tanımı, “verimlilik, bir üretim veya hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı elde etmek için kullanılan girdilerin oranından oluşan bir katsayıdır” biçiminde yeniden düzenleyebiliriz. Buna göre, eğer herhangi bir üretim birimi, kullanılan üretim faktörleri bileşiminden daha önceki dönemlere göre daha fazla veya daha iyi ürün elde etmişse, verimliliği sağlamıştır” sonucuna varılır. Mevcut üretim sürecinde uygulanan yöntemlerde, girdi miktarında, üretim kapasitesinde, çıktı karmasında oluşan tüm değişimlerin “çıktı/girdi” ilişkileri düzeyinde göstergesidir.¹⁰ Bu değişimler kabaca üç biçimde ifade edilebilir;

Aynı girdi ile daha çok çıktı elde etmek,

Aynı çıktıyı daha az girdi ile elde etmek,

Çıktıyı girdiden daha fazla arttırmak,

Yukarıda verilen verimlilik değerlendirmesi, tek bir girdi kullanarak tek bir çıktı alan firmalar için iyi bir ölçü olabilir. Girdiyi, çıktıyı ve bununla birlikte, girdi başına çıktı olarak tanımlanan verimliliği ölçmekte herhangi bir sorun yoktur. Ancak çok girdi ve çok çıktılı karar birimlerini¹¹ içeren değerlendirmelerde, bu yaklaşım, yetersiz kalabilmekte ve hatalı sonuçlar verebilmektedir. Bu tür olumsuzlukları ortadan kaldırmak için çok girdili ve çok çıktılı analizler yapılır. Birbirine benzemeyen girdi ve çıktı unsurları maliyet ya da değer ağırlığı gibi yöntemler kullanılarak benzer birimler haline getirilirler. Daha sonra toplam girdi ve çıktı faktörlerinin oranına bakarak bir değerlendirme yapılmaktadır. Ancak bu değerlendirme fiziki birimler oranı olarak değil de ekonomik birim oranı olarak anlam kazanabilmektedir. Bu yaklaşımda farklı girdi ve çıktıların nasıl toplanacağı konusunda bir belirsizlik vardır. Ancak daha ileride gösterilecek olan veri zarflama analizi bu konuda yeni açılımlar sağlamaktadır.¹²

⁹ Bakırcı, 2006, s.40

¹⁰ Zuhul Akal, “İşletmelerde Performans Ölçüm Ve Denetimi -Çok Yönlü Performans Göstergeleri “ **MPM Yayınları**, Ankara, 1996, s.25

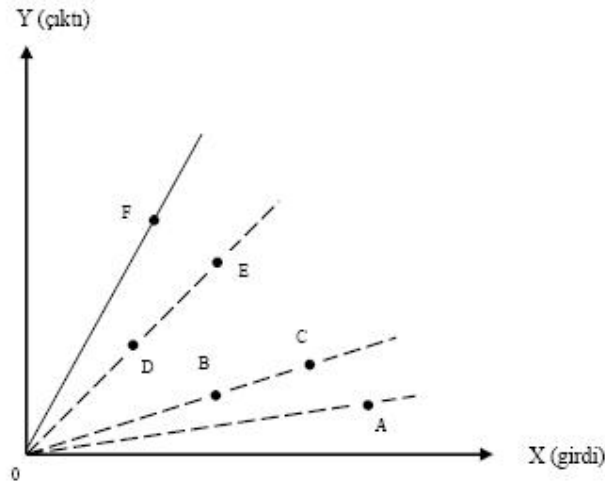
¹¹ Karar Birimi ya da Karar Verme Birimi (KVB), bir takım girdileri bir takım çıktılara dönüştürmekten sorumlu işletme veya ekonomik kuruluşlar, departmanlar, hükümet programları vb. olarak tanımlanır. (KVB - Decision Making Units” ya da “DMU’s)

¹² Bakırcı, 2006 s.40

Herhangi bir karar biriminin verimliliğini, çıktının girdiye oranı olarak tanımlamıştık. Tek girdi-tek çıktı durumu dikkate alındığında, (0,0) noktasından başlayan ve karar birimini temsil eden noktadan geçen ışının eğiminin, bu karar birimi için verimlilik değerini verdiğini söyleyebiliriz; bu ışının eğiminin artması verimliliğin yükseldiğini göstermektedir.¹³

Şekil 1.1’de tek girdi ve tek çıktı durumu için gözlenen çeşitli karar birimleri verilmiştir. Bu karar birimleri arasında en yüksek verimlilik düzeyine sahip karar biriminin F olduğu görülmektedir. Çıktısının girdisine oranı ve dolayısıyla eğimi en yüksek olan karar birimidir. D ve E karar birimleri ise farklı ölçeklerde çalışmalarına rağmen aynı verimlilik düzeyine sahip karar birimleri olarak F ’in ardından ikinci en verimli karar birimi oldukları görülmektedir. Benzer şekilde B ve C karar birimleri de farklı ölçeklerde aynı verimliliğe sahip iki karar birimi olarak gözlenebilmektedir. En düşük verimliliğe sahip A karar birimi ise, tüm karar birimleri arasındaki en az çıktıyı yine tüm karar birimleri arasında en fazla girdi kullanarak elde eden karar birimidir.

Şekil 1.1. Verimlilik



Kaynak: Tarım, 2001, s.11.

¹³ Armağan Tarım, “Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Göreli Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı”, **Sayıştay Yayınları**, Ankara, 2001 s. 15.

Daha önce de ifade ettiğimiz gibi en yaygın şekliyle verimlilik, girdi ile çıktı arasındaki oransal ilişki olarak ifade edilmektedir. Ancak böyle bir tanımlamada, firmanın elde ettiği çıktı ile bunun topluma veya tüketiciye faydası arasındaki ilişki göz ardı edilir.¹⁴ Oysaki günümüzde verimlilik elde edilen ürün ve hizmetin kalitesini yükseltme, çevreyi ve doğal yapıyı koruma, çalışanlara en iyi yaşam ve çalışma koşullarını sağlama ve bu arada birim girdi başına üretim miktarını artırma çabalarının bir bütünü olarak karşımıza çıkmaktadır.¹⁵

1.2. Etkililik

Türk Dil Kurumu'na göre sözlük anlamı “*etkili olma durumu, müessiriyet*” olan etkililik kavramı kısaca, gerçekleştirilmek istenen ile gerçekleşenin karşılaştırılmasıdır ve basit olarak amaçları gerçekleştirme derecesi olarak tanımlanabilir. Etkililik firma ya da işletmelerin önceden tanımlanmış hedeflerine ulaşmak amacıyla gerçekleştirdikleri faaliyetlerinin sonunda, bu hedeflere ulaşma derecesini belirlemektedir.¹⁶ Sıklıkla etkenlik ile aynı anlamda kullanıldığı görülen etkililik, gerçekte etkenlikten oldukça farklı bir kavramı ifade etmektedir. Etkenlik *mevcut kaynakların kullanımı* ile ilgili bir kavram olmasına karşın etkililik *amaçlarla ve çıktılarla* ilgili bir kavramdır. Etkililik” belirlenen amaçların başarıma, “Etkinlik” ise sonuçları en az kaynakla elde etme başarısının ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, çıktının girdiye oranı söz konusu olduğunda “verimlilik”, çıktıların en az kaynakla elde edilme başarısı söz konusu olduğunda “etkinlik” kavramı kullanılmalıdır.¹⁷ Etkililik daha çok şu soruların cevabı gibi gözükmektedir:¹⁸

¹⁴ Bakırcı, 2006, s.44

¹⁵ Milli Prodüktivite Merkezi, “Verimlilik Nedir” <http://www.mpm.org.tr/verimlilik/>, (10.12.2008).

¹⁶ Atalay Çağlar, *Veri Zarflama Analizi ile belediyelerin Etkinlik Ölçümü*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003), s.10.

¹⁷ Cengiz Dikmen, “Veri Zarflama Analizi İle Üniversitelerin Etkinliğinin Ölçülmesi”, Kocaeli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Yıl: 3-4, Sayı: 3-6, 2008, s.3.

¹⁸ Elmas Yıldız, “Kavramsal Düzeyde Etkinlik, Etkililik Ve Verimlilik Olgularına Bir Bakış” <http://www.eko-finans.com/makale1>, (13.10.2008), s.1.

—Gerçekten ihtiyaç duyulan, yararlı mal ve hizmetler üretildi mi?

—Çıktı üretiminde ne sağlanmak isteniyorken ne sağlandı?

—Ve sonuç olarak dönem başındaki planlarımızın % kaçını gerçek oldu?

Kısaca *amaçları gerçekleştirme derecesi* olarak tanımladığımız etkililiğin ölçümünde en önemli sorun, amaçların ölçümüdür. Amaçların nicel olarak ölçülebildiği durumlarda önemli bir sorun çıkmaz. Ancak bazen,

- Çok amaçlı örgütlerde hangi amaçların seçileceği,
- Amaç belirlenirken birim amaçlarının mı, yoksa örgüt amaçlarının mı esas alınacağı,
- Dış çevre ilişkileri dikkate alınmadığı takdirde (kamuya katkı, vb.) ölçülerin diğer teknik ve ekonomik ölçülerden fazla bir anlam taşıyamayacağı kuskusu, gibi sorunlarla karşılaşılır.

Etkililik bir örgütün çeşitli düzeylerinde incelenebilir. Bunlar;

- Örgüt düzeyinde,
- İş birimlerinde ve
- Süreçlerinde

Olabilir.¹⁹

1.3. Etkinlik

Etkinlik kısaca, eldeki mevcut kaynaklarla ulaşılabilen optimum çıktı düzeyine ulaşma derecesi olarak tanımlanabilir. Prokopenko etkililiği, elimizde var olan girdilerden, ihtiyaç duyulan çıktının, elde edilme derecesini ve var olan

¹⁹ Deniz Büyükkılıç, Kâr Amacı Gütmeyen Örgütlerde Verimlilik, Milli Prodüktivite Merkezi, No: 680, Ankara, 2004, s.38-39

kapasitesinin kullanılma durumunu gösteren bir kavram olarak tanımlar.²⁰ Etkinlik, çıktıları üretmede, kaynakların optimal kullanılma derecesini belirleyen, literatürde bir çok boyutu içeren geniş bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır.

İktisadi olarak ise etkinlik, *“kaynakların veya malların bir kısmının yeniden dağılımı ile kendi değer yargıları içerisinde diğer kişileri daha kötü duruma getirmeden, insanların bir kısmı veya tamamını, yine kendi değer yargıları içinde daha iyi bir konuma getirme imkanının olmadığı bir durum”* olarak tanımlanmaktadır. Tanımdan yola çıkarak, iktisatçıların kavramı Pareto etkinliği kapsamında düşündükleri görülebilir. Vilfredo Pareto²¹ ‘dan sonra Pareto Optimumu olarak bilinen etkinlik kuramı, objektif olarak ölçülebilen iktisadi etkinliği esas almaktadır. Modern refah iktisadının temelini oluşturan bu kurala göre, “mal ve ya hizmete esas olan girdilerin yeniden dağılımında ya da tüketiciler arasında malların yeniden dağılımı ile bir başkasının durumunu kötüleştirmeksizin, bazı insanların durumlarını iyileştirmenin artık başka bir yolu kalmamışsa Pareto Optimumu sağlanmış demektir.”²² Kopman üretim etkinliği ile Pareto Optimumu kavramını birleştirmektedir. Pareto – Kopman etkinliği “girdi ya da çıktıların bazılarını kötüleştirmeksizin herhangi bir girdi ya da çıktıyı geliştirmek mümkün değilse, üretimi yapan firma ya da işletme tam etkindir.” Şeklinde tanımlamaktadır.²³

Etkinliğin ölçülmesi için birbirleriyle ilişkili bir dizi etkinlik kavramı geliştirilmiştir. Bir işletmenin minimum maliyet düzeyinde üretim yapmadaki başarısına maliyet etkinliği denir. Farrel (1957) maliyet etkinliğini Teknik Etkinlik ve Tahsis Etkinliği olarak ikiye ayırmıştır. Teknik etkinlik, işletmelerin elinde bulundurduğu girdi bileşimini en uygun biçimde kullanarak en çok çıktıyı üretmedeki başarısı, tahsis etkinliği de girdi fiyatlarını göz önünde bulundurarak en uygun girdi bileşimini seçme başarısı olarak tanımlanır.²⁴ Bu etkinlik türlerini ve

²⁰ Prokopenko, 2003, s.44

²¹ Vilfredo Pareto;1848-1923 yılları arasında yaşamıştır. Seçkinlerin Dolaşımı’na ilişkin kuramı (1916) faşist hareketi etkilemiş, refah konusunu iktisat biliminin inceleme alanına sokmuş ve pareto optimumu (1910) biçiminde kendi adıyla anılan refah kriterini 20. yüzyılın başlarında ortaya koymuş İtalyan bir iktisatçı ve sosyologdur.

²² Elmas, 2008, s.6.

²³ Çağlar, 2003, s.11

²⁴ Hüseyin, Aktaş, “İşletme Performansının Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi”, C.B.Ü. İİBF Yönetim Ve Ekonomi Dergisi, Cilt:7, Sayı:1, 2001, s.164.

teknik etkinliğin bir alt kolu sayılan ve uygun ölçekte üretim yapma başarısını inceleyen ölçek etkinliği devam eden bölümlerde daha ayrıntılı olarak inceleyeceğiz.

1.3.1. Teknik Etkinlik

Üretim, girdilerin çıktılarıya dönüştürülme sürecidir. Bu sürecin etkin olabilmesi mevcut teknoloji ve teknolojik değişme çerçevesinde, belirli bir girdi birleşiminin en verimli şekilde kullanılarak optimum çıktının elde edilmesine bağlıdır.²⁵ Bu bağlamda teknik etkinlik, girdi bileşiminin en verimli şekilde kullanılarak mümkün olan maksimum çıktıyı üretme başarısıdır.

Teknik etkin olan karar birimlerinin etkin üretim sınırı üzerinde yer almaları gerekmektedir. Bu anlamda üretim sınırı, teknik etkin olan tüm mümkün üretim karışımlarının kümesidir. Başka bir deyişle etkin üretim sınırında faaliyet gösteren firmalar girdilerin çıktılarıya dönüştürülmesinde tam teknik etkinliğe (full technical efficiency) sahiptir. Etkin üretim sınırı, bir mal ve hizmetin üretiminde, veri teknoloji seviyesinde, optimal girdi bileşimiyle elde edilebilecek en yüksek üretim miktarlarının oluşturduğu teorik sınır olarak tanımlanmaktadır.²⁶ Teorik olarak bu sınır, teknik etkinliğe ulaşmış yani üretim sınırını tanımlayan karar birimleri ve bunların doğrusal kombinasyonları sonucunda ortaya çıkan varsayımsal karar birimlerinin oluşturduğu sınır olarak da tanımlanabilir.

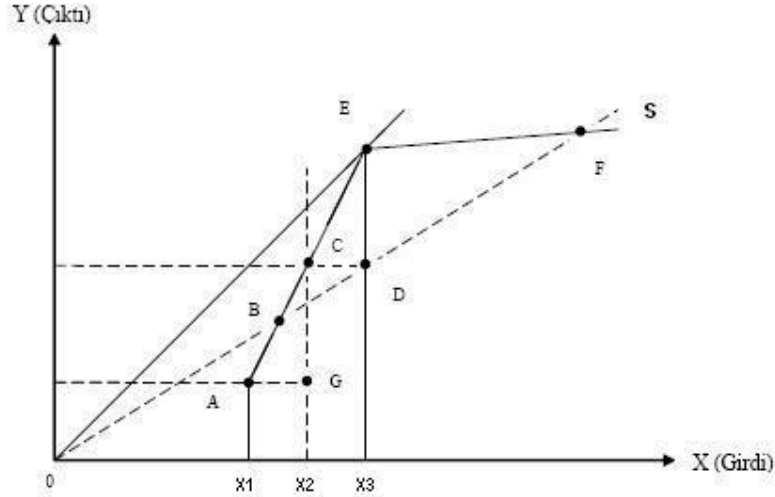
Şekil 2.1 de, S etkin üretim sınırı, tam teknik etkinlik koşullarında belirli çıktı düzeylerini üretmek için gerekli minimum girdi miktarlarını göstermektedir. Tek girdi ve tek çıktı durumu dikkate alınarak yapılan analize de elde edilen sonuçlara göre, A, B, C, E, F karar birimleri etkin üretim sınırının üzerinde bulunmakta ve teknik etkin olarak tanımlanmaktadır. G ve D karar birimleri ise bu sınırın altında, teknik etkin olmayan bir durumdadır. G karar birimi A ile aynı miktarda çıktıyı A 'dan daha fazla girdi ile üretmektedir. Yine aynı karar birimi G, C ile aynı girdi miktarını kullanmasına karşın, C karar biriminden çok daha az miktarda çıktı üretmektedir. Bu üç karar birimi arasında yaptığımız kısa analizde G karar biriminin C'ye doğru

²⁵ Tarım, 2001, s.14.

²⁶ Aktaş, 2004, s.164

kayarak Teknik etkinliğini arttırabileceği sonucuna varabiliriz. Yine aynı üç karar birimi arasında C en verimli karar birimi olarak gözlenmektedir. Teknik etkin olan A, C kadar verimli değildir ve C' ye doğru kayarak teknik etkinliğini korurken verimliliğini de arttırabilir.

Şekil 1.2 Teknik Etkinlik



Aynı üretim imkanlar kümesinde başka bir karar birimi olan D, B ve F karar birimleri ile aynı verimlilik düzeyine sahip olması karşın teknik etkin değildir. Aynı şekilde E karar birimi ile aynı miktarda girdi kullanarak ondan daha az çıktı elde etmektedir. En yüksek verimlilik düzeyine sahip E'ye doğru kayarak hem verimliliğini hem de teknik etkinliğini arttırabilir. Bu birimin teknik etkinlik derecesi etkin üretim sınırından uzaklığının bir ifadesi olarak OX_2/OX_3 oranıdır. G karar biriminin ise etkin üretim sınırına olan uzaklığı olarak OX_1/OX_2 oranıdır.

1.3.2. Ölçek Etkinliği

Teknik etkinlik kavramını pür teknik etkinlik ve ölçek etkinliği olarak bileşenlerine ayırmak mümkündür. Birçok mal ve hizmetin üretilmesinde işletme ölçeği (büyüklüğü) üretim fonksiyonun özelliklerine bağlı olarak Teknik etkinlik

seviyesini etkiler.²⁷ Kısaca uygun ölçekte üretim yapma başarısı olarak tanımlanabilen ölçek etkinliği, en verimli ölçek büyüklüğüne olan yakınlık kıstası ile araştırılır.²⁸

Bir üretim sürecinde, girdiler aynı oranda arttırıldığında çıktı seviyesindeki artış, girdilerdeki artış oranından farklı ise ölçeğe göre değişken getiri söz konusudur. Bu farklılık artı yönde ise, yani çıktılardaki artış girdilerden fazla ise ölçeğe göre artan getiri, eksi yönde ise yani çıktılardaki artış girdilerden daha az ise, ölçeğe göre azalan getiri söz konusudur. Eğer girdiler aynı oranda arttırıldığında çıktı seviyesindeki artış, girdilerdeki artış oranından farklılık göstermiyorsa bir başka deyişle, girdi miktarındaki 1 birimlik artışa karşılık çıktı miktarında da 1 birimlik artış gerçekleşiyorsa, ölçeğe göre sabit getiriden bahsedilir. *Herhangi bir işletme için, üretim fonksiyonu, ölçeğe göre değişken (artan ya da azalan) getiri özelliğine sahip ise çok küçük ya da çok büyük olmak rasyonel değildir.*²⁹

Şekil 1.2’de En verimli ölçek büyüklüğüne sahip E karar birimi ölçek etkin durumdadır. X_3 birim girdi optimum çıktı için en verimli girdi miktarıdır. Bu miktarın oluşturduğu sınırın altında (EX_3 doğrusunun solunda) kalan karar birimleri (A,B,C), teknik etkinliklerini korumak kaydıyla, ölçeklerini büyüttükleri zaman verimliliklerinin artacağı yorumu yapılabilir. Bu durum ölçeğe göre artan getiri olarak adlandırılır. Bu kısımda yer alan karar birimleri girdi miktarlarını 1 birim arttırdıklarında çıktı miktarlarında 1 birimden daha büyük bir artışla karşılaşacaklardır. Bu sınırın üstünde (EX_3 doğrusunun sağında) kalan karar birimleri ise (F), teknik etkinliğini koruyarak ölçeğini küçülttüğü zaman verimliliğinde artış gözleyecektir. Bu durum da ölçeğe göre azalan getiri olarak adlandırılır. Bu kısımda yer alan F karar birimi girdi miktarını X_3 seviyesine kadar düşürerek fazla miktarda üretimden kaynaklanan etkinsizliğine son verebilir. Bir başka karar birimi olan D ise, en verimli ölçek büyüklüğüne sahip E ile aynı ölçektedir. Optimum ölçekte üretim yapmasına rağmen, E’den daha az çıktı elde eden D’nin, kaynaklarını iyi kullanmadığı sonucuna varılabilir. Bu bölümde bahsedilen üretim sınırı ölçeğe göre değişken getiri özelliği göstermektedir. Ancak bu üretim sınırında ölçeğe göre sabit

²⁷ Aktaş, 2004, s.164.

²⁸ Tarım, 2001, s17.

²⁹ Aktaş, 2004, s.165.

getiri aralığının bulunmadığına dikkat çekilmektedir. Diğer bir deyişle üretim sınırı ölçeğe göre artan getiri bölgesinden direkt olarak ölçeğe göre azalan getiri bölgesine geçmektedir.

Ölçek etkinliği optimal ölçekte üretim yapmaktan kaynaklanan kayıpları ortaya koymaktadır. Dolayısıyla uygun ölçekte üretim yapma başarısı olarak nitelendirilmektedir.³⁰ Bu noktada, en verimli ölçek büyüklüğünün altında ya da üstünde üretim yapan firmaların verimliliğinin düştüğü gözlemlenmektedir.

1.3.3 Tahsis Etkinliği

Bütçesi sınırlı olan ve sadece iki girdi faktörü kullanan bir karar biriminin, bu sınırlı bütçenin tamamı ile girdi faktörlerinden ne miktarda tedarik edebileceğini veren ilişki eş maliyet doğrusu ile gözlemlenebilmektedir. Eş maliyet doğrusu, fiyatları veri olan iki üretim faktöründen belirli bir harcama ile satın alınabilecek en yüksek miktarları gösteren bir doğrudur. Firmanın kullandığı girdi maliyetleri dikkate alınarak, belli bir çıktı düzeyini elde edebildiği, en düşük maliyetli girdi bileşimi (optimum faktör bileşimi), eş ürün eğrisi ile, eş maliyet doğrusunun, birbirine teğet olduğu noktada oluşur.³¹

Şekil 1.3’de QQ’ eğrisi mevcut iyi üretim teknolojiyi kullanarak sabit miktardaki bir çıktıyı üretmek için olası girdi bileşimlerini temsil eden, etkin üretim sınırını, WW’ ise eş maliyet doğrusunu temsil etmektedir. QQ’ eğrisinin her noktasında firma tam teknik etkinliğine, WW’ eş maliyet doğrusunun üzerindeki her noktada ise, tahsis etkinliğine sahiptir. Teknik etkinlik ve tahsisi etkinliğinin bir birleşimi olan maliyet etkinliği de, hem etkin üretim sınırında hem de eş maliyet doğrusu üzerinde bulunan D noktasındaki girdi bileşiminde gerçekleşecektir.³²

³⁰ Dikmen, 2008, s.4.

³¹ Bakırcı, 2006, s.94.

³² Aktaş, 2004, s.167.

A noktasındaki karar birimi ne teknik etkinliğe ne de tahsis etkinliğine sahiptir. Firmanın teknik etkinliğe sahip olmamasının nedeni en uygun teknoloji kullanımını temsil eden etkin üretim sınırı (QQ') üzerinde faaliyet göstermemesidir. Firma aynı şekilde en uygun maliyetli girdi bileşimini temsil eden, eş maliyet doğrusu üzerinde de bulunmadığından tahsis etkin konumda değildir. Bir başka anlatımla, firma **X2** girdisinden fazla, **X1** girdisinden ise az kullanmaktadır. **OC** doğru parçasının **OB** doğru parçasına oranı (**OC/OB**) firmanın tahsis etkinliği derecesi olarak belirlenebilir.

İKİNCİ BÖLÜM

ETKİNLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Etkinlik ölçümünün en genel anlamda konusu, kaynakların belirli bir zamanda ve biçimde kullanımı ile gerçekleşen sonuçların, hedeflenen ya da istenen sonuçlara göre değerlendirilmesidir. Burada temel sorun, istenen sonuçlarla gerçekleşen sonuçların çakışmadığı durumlarda, gerçekleşen sonuçların istenen sonuçlara ne kadar uzak olduğunun saptanması ve birlikte incelenen diğer karar birimleri içerisindeki konumunun belirlenmesi olarak tanımlanabilir.

Etkinlik ölçümüne ilişkin geliştirilen yöntemler üç ana başlık altında toplanabilirler³³;

i-) İki değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen ya da bir çıktı ile birçok girdinin bileşimi arasındaki ilişkiyi inceleyen “**oransal**” analizler

ii-) Herhangi bir analitik üretim fonksiyonunun varlığını kabul ederek ölçüm yapan “**parametrelî**” yöntemler ve

iii-) Üretim fonksiyonu ile ilgili önceden belirlenmiş herhangi bir analitik formun varlığını öngörmeyen “**parametresiz**” yöntemler.

2.1. Oran Analizi

Örgütsel performansın ölçümünde kullanılan yöntemlerden en basiti ve belki de en yaygını, oran analizidir. Oran analizi iki değişken arasındaki ilişkinin hesaplanmasına ve sektörel oranlarla karşılaştırılmasına dayanan ve metodolojik olarak daha kolay olması nedeni ile geleneksel performans ölçüm tekniği olarak

³³ Reha Yolalan, **Parametresiz Etkinlik Ölçütleri ve Veri Zarflama Yöntemi**, MPM Yayını, 454, 1. Verimlilik Kongresi, Ankara, 1991, s. 710.

kabul edilen bir yöntemdir. “Oranlar yoluyla yapılan analizde amaç, örgütsel girdi ve çıktılarına ilişkin tablo verilerini belli ilişkiler içerisinde özetlemek ve bu şekilde daha anlamlı analiz ve yorumlara imkan sağlamaktır”.³⁴

Tek girdinin tek çıktıya oranı olarak tanımlanan oran analizi yaklaşımında her bir oran, performansla ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne alırken diğer boyutları göz ardı etmektedir. Dolayısıyla birden çok girdi veya birden çok çıktı miktarının kullanıldığı üretim durumlarında sonuç alınamamaktadır. Tek girdi ve çıktı ile sınırlı olan bu analiz yönteminin, hala yaygın bir yöntem olarak kullanılmasının nedeni, oldukça kolay bir yöntem olması ve çok az bilgiye ihtiyaç duymasıdır.

Oran analizi ile yapılan performans değerlemesinin diğer bir zayıf yönü de; oran analizi ile elde edilen oranların tek başlarına anlamlı olamayacakları durumudur. Oranların,

- Genel kabul görmüş oranlar ile
- Aynı endüstri kolundaki benzer işletmelerin oranları ile,
- İşletmelerin geçmiş faaliyet dönemlerine ait oranları ile,

anlamlı hale getirilmesi ve yorumlanması gerekmektedir.

Oran analizindeki oranlama, göreceli de olsa en iyiye göre değil, var olan değerlerin birbirlerine bölümüyle elde edilir. Bu durum bir performans iyileştirmesi işlemi değildir, yalnızca bir durum tespitine yöneliktir. Oran analizi ile yapılan ölçümlerde, bazı oranlar örgütü son derece verimli gösterirken, bazı oranlar da örgütü oldukça başarısız gösterebilmektedir. Bu olumsuzluğun giderilebilmesi için tekil oranların tek boyutluluğunu dengeleyen “genişletilmiş oran kümeleri” geliştirilmiş ise de bunlar da tek boyutlu yapıdan kurtulamamıştır. Bu nedenle etkinlik ölçüm yaklaşımlarında değişik oranların anlamlı bir şekilde

³⁴ Chote, G.M., Tanaka, K., Using Financial Ratio Analysis to Compare Hospitals’ Performance, Hospital Performance, No:60 1979, Aktaran, Demir, (2004) s.35-36.

ağırlıklandırılarak, tek bir ölçütün oluşturulmasına fazlasıyla gereksinim duyulmaktadır.³⁵

Oran analizinde her bir oranın ayrı ayrı incelenmesi sonucunda genel bir etkinlik değerlendirmesi yapmak mümkün olmamakla beraber, etkin olmayan olarak bulunan birimlerin etkin hale getirilmesi için bir öneri yapılamamaktadır.

2.2. Parametrik Yöntemler

Parametrik yöntemlerde, analitik olarak bir üretim fonksiyonunun geçerliliği kabul edilerek, fonksiyondaki parametreler tahmin edilmeye çalışılır. Oran analizlerinin aksine, parametrik yöntemlerde etkinlik, tek çıktının birden fazla girdi ile ilişkisinin araştırıldığı regresyon teknikleriyle ölçülür. Bu teknikle, bağımlı değişkendeki (çıktıdaki) değişmelere neden olduğu düşünülen bağımsız değişkenlerin (girdilerin) etkileri belirlenmeye çalışılır.³⁶

Çoklu regresyon analizi ile yapılan etkinlik ölçümünde, regresyon doğrusunun üzerinde yer alan birimler etkin olarak tanımlanırken, doğrunun altında kalan birimler etkin olmayan olarak nitelendirilmektedir. Analiz sonunda elde edilen artık değerlerden, pozitif artık verimliliği, negatif artık ise verimsiz karar birimlerini tanımlamaktadır.³⁷ Bir başka deyişle incelenen gözlem kümesi içinde en iyi performansın regresyon çizgisi üzerinde bulunduğu ve bu çizginin etkinlik sınırı olduğu varsayılarak, bu çizgiden sapma göstermeyen gözlemler etkin, bu gözleme göre başarısız olan diğer gözlemler ise etkinsiz olarak tanımlanır. Böyle bir analizde, hiçbir analizin tam olarak uyuşmadığı bir etkinlik sınırı her zaman mümkündür. Ayrıca yöntem, her zaman bir rassal hatanın olacağını da varsayar; zaten tam etkin gözlemler, hatanın sıfır olduğu gözlemlerdir.

³⁵ Reha Yolalan, **İşletmeler Arası Görelî Etkinlik Ölçümü**, Ankara: Milli Prodüktivite Yayınları: 483, 1993, s.5

³⁶ Bakırcı, 2006, s.100

³⁷ Çağlar, 2003, s.16

İki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi belirtmek için kullanılan matematiksel bir teknik³⁸ olarak da tanımlanabilen regresyon analizi, ikiden fazla değişkenle değerlendirme yapabilme bakımından oran analizine göre daha kapsamlı ve daha gerçekçi olarak kabul edilir. Ancak regresyon tekniğiyle ölçüm yapmanın da temelde üç tane sakıncası vardır:

Bunlardan birincisi, regresyon analizinin en iyi performansı gösteren birimi referans olarak alması yerine, ortalama performans gösteren birime göre etkinlikleri tanımlamasıdır.³⁹ Bu durum diğer karar birimlerinin en iyi performansı gösteren karar birimine doğru iyileştirmeye imkan vermez, ortalamaya yaklaşmalarını hedef alır. Bu da performans iyileştirme değil, en iyi performansı ortalama performans olarak kabul etmek anlamına gelir.

Diğer bir sakınca ise regresyon analizinin, birden çok bağımsız değişkene karşın ancak bir bağımlı değişkenin analizini yapabilmesidir. Oluşan modeller, bir/birden çok girdili, tek çıktılı olarak sınırlanmak zorundadır. Dolayısıyla çok çıktılı üretim ve hizmet birimlerinde, hatta çıktının ne olduğu konusunda bir uzlaşmanın olmadığı bir birimde bu yöntemlerin kullanılabilirliği sınırlıdır.⁴⁰

Regresyon analizinin kullanımına ilişkin üçüncü sakınca ise kullanılan üretim fonksiyonunun yapısının belirlenmesine ilişkindir. Regresyon analizi, bir eşitlikte bulunan çıktılarla girdilerin nasıl ilişkilendirildiğine dair parametrik bir üretim fonksiyonunun tanımlanmasını gerektirmekte ve verimsiz çalışan karar birimlerini tanımlayamamaktadır. Özellikle yapısal üretim fonksiyonunun tanımlanmasının güç olduğu kurumlarda regresyon analizi performans ölçümünde oldukça yetersiz kalmaktadır. Diğer bir yandan, aynı sektörde faaliyet göstermesine karşın, farklı teknolojiler ve farklı girdi kombinasyonları kullanarak üretim yapan firmalar arasında, üretim fonksiyonunun tek bir yapıda tanımlanmasının zorluğu, regresyon analizinin gerektirdiği ortak bir fonksiyonun kullanılmasını güçleştirmektedir.

³⁸ Hulusi Demir, Şevkinaz Gümüšoğlu, “*Üretim İşlemler Yönetimi*”, 4. Baskı, Beta Yayıncılık, 1994, İstanbul, s.481.

³⁹ Thanassoulis, E., “A Comparison Of Regression Analysis And Data Envelopment Analysis As Alternative Methods For Performance Assessments”, *Journal Of The Operational Research Society*, 44(11), (1993), 1129-1144

⁴⁰ Bakırcı, 2006, s.104

2.3. Parametrik Olmayan Yöntemler

Parametrik yöntemlerin eksik yönlerinin giderilmesi amacıyla literatüre giren bu yöntemler, etkinlik sınırına olan uzaklığı doğrusal programlama tabanlı teknikler kullanarak ölçmeye çalışır. Bu yöntemler üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmezler. Bu nedenle birden fazla girdi ve çıktının bulunduğu üretim alanlarında etkinliği ölçebilecek esnekliğe sahiptirler. Parametrik olmayan etkinlik ölçme yöntemlerinin büyük çoğunluğu girdi ve çıktı birimlerinden bağımsızdır. Bu özellikleri ile işletmenin değişik boyutlarının aynı anda ölçülebilmesine imkân sağlamaktadır. Bu ölçütler, her bir üretim birimi için göreceli etkinliği hesaplar; amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı optimize etmekte ve her üretim birimi için en uygun amaç kümesini belirlemektedir.⁴¹

Parametrik olmayan etkinlik ölçütleri; girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere iki ana gruba ayrılabilirler. Girdiye yönelik olanlar, herhangi bir çıktı düzeyi için etkin olmayan karar birimlerinin girdilerini ne derece azaltmaları gerektiğini araştırırlar. Benzer şekilde, çıktıya yönelik etkinlik ölçütleri ise herhangi bir girdi bileşimi için etkin olmayan karar birimlerinin etkin duruma getirilebilmesi amacıyla çıktıların ne kadar arttırabilecekleri üzerinde dururlar.⁴²

Her yöntem gibi bir takım dezavantajlara sahip olan parametrik olmayan yöntemlerin en büyük eksikliklerinden biri, veri tabanına karşı son derece duyarlı olmasıdır. Veri setlerinde oluşabilecek en küçük bir hatanın, ölçümde büyük sapmalar meydana getirebileceği gibi, hatasız verilerden oluşsa bile seçilen girdi çıktı bileşenlerinin üretim dönüşümünü iyi temsil edemediği durumlarda da etkinlik ölçümü başarısız olmaktadır. Bu nedenle girdi ve çıktı verilerinin, meydana gelebilecek hatalardan uzak tutulması ve belirlenmiş girdi çıktı bileşenlerinin üretim sürecini iyi bir şekilde temsil etmesi ölçümün tutarlılığı açısından kritik önem taşımaktadır.

⁴¹ Bakırcı, 2006, s.104.

⁴² Yolalan, 1993, s.16.

Parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemi olarak iki temel analiz yaklaşımından bahsedilmektedir. Bunlar; Veri Zarflama Analizi(Data Envelopment Analysis) ve Serbest Atılabilir(Düzenleme) Zarf Modeli (Free Disposal Hull).

2.3.1. Veri Zarflama Analizi

Parametrik olmayan yöntemler arasında en çok kullanılan yöntem olan veri zarflama analizi, bir doğrusal programlama tekniğidir. Etkinliği ölçülecek olan homojen yapıdaki karar birimlerini birbirleri ile mukayese eder ve en iyi gözleme sahip firmayı referans (etkinlik sınırı) kabul ederek diğerlerini buna göre değerlendirir.⁴³ Veri Zarflama Analizi yöntemine üçüncü bölümde daha ayrıntılı olarak değinilecektir.

2.3.2. Serbest Atılabilir Zarf Yaklaşımı

Serbest atılabilir zarf yaklaşımı ise veri zarflamanın özel bir hali olup bu yaklaşımda etkinlik sınırı üzerindeki farklı noktalar arasında bir ikame olmayacağı varsayımıyla en iyi gözlemleri birleştiren doğrunun etkinlik sınırı içine almamakta, etkinlik sınırının sadece en iyi gözlemlerden oluştuğunu varsaymaktadır. Bu yöntem, veri zarflama analizi yönteminin köşelerini birleştiren kenarları üretim kümesi içine almaz. Bunun yerine gözlem noktaları ve bunların güneydoğu kısımlarını kapsayan alan üretim kümesi içinde bulunur.

⁴³ Bakırcı, 2006. s.105.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

3.1. VZA Hakkında Genel Bilgiler

VZA (Veri Zarflama Analizi) tekniği parametrik olmayan, doğrusal programlama prensiplerine dayanan, organizasyonlar arası görelî etkinlik kıyaslaması yapan bir yöntemdir. Literatürde Karar Verme Birimleri (KVB) olarak geçen birbiri ile aynı girdileri kullanarak benzer çıktıları üreten kurum ve kuruluşları karşılaştırarak görelî verimliliğini ölçebilen ve etkinlik analizi yapabilen bir analiz yöntemidir.⁴⁴

Başka bir benzer tanımlamaya göre de VZA, birden çok ve farklı ölçeklerle ölçülmüş ya da farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıların karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar birimlerinin görelî performansını ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir.⁴⁵

Bu tanımlardan yola çıkarak VZA kavramını, benzer girdiler kullanarak çıktı ya da çıktılar ortaya koymakla sorumlu karar noktalarının göreceli etkinliklerini değerlendirmek için kullanılan ve doğrusal programlama tabanlı bir yöntem olarak tanımlayabiliriz. VZA yöntemini benzer amaçlı diğer yöntemlerden ayıran temel özellik, çok sayıda girdi ve çıktının olduğu durumlarda değerlendirme yapılabilmesini sağlamasıdır. Analiz sonucunda, her karar noktasının etkinlik değeri, etkin olmayan karar noktalarının hangi girdi/çıktı oranlarında etkinliklerinin nasıl arttırılabileceği (senaryolar) ve referans olarak kullanılabilecek karar noktalarına ilişkin bilgiler elde edilir.⁴⁶

⁴⁴ Forsund, Finn R.; Nikias Sarafoglou “On the Origins of Data Envelopment Analysis”. *Journal of Productivity Analysis*, 17, s. 23–40. 2002

⁴⁵ Koray, Kayalıdere, Sibel, Kargın, “Çimento ve Tekstil Sektörlerinde Etkinlik Çalışması ve Veri Zarflama Analizi” Dokuz Eylül üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 6 Sayı:1, 2004, İzmir

⁴⁶ İpek, D., Karakoç, Veri Zarflama Analizi’ndeki Ağırlık Kısıtlamalarının Belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Sürecinin Kullanımı, *Cilt:18 Sayı:2, Yıl:2003, ss:1-12*

VZA yönteminin adı, etkinlik sınırının üretim imkânları kümesindeki en az bir noktadan geçmesi ve diğer tüm noktaların bu sınır üzerinde olması ya da altında kalması özelliğinden yola çıkılarak verilmiştir. Çünkü matematik dilinde, bu türde bir sınırın bu noktaları zarfladığı söylenmektedir.⁴⁷ Veri Zarflama Analizinin matematiksel açıklamasına çalışmamızın ilerleyen bölümlerinde yer verilmiştir.

3.2. Veri Zarflama Analizi Literatür ve Tarihçesi

Etkinlik ve etkinliğin hesaplanması kavramlarına ilişkin başlangıç noktası Farrell'in 1957 yılındaki "The Measurement of Productive Efficiency" adlı orijinal çalışması gösterilmektedir. Farrell bu çalışmasında, mikro düzeyde etkinlik ve üretkenlik çalışmalarına ilişkin yeni yaklaşımların temelini atmıştır.⁴⁸

Veri zarflama analizi ise ilk olarak Farrell'in bu çalışmasından (1957) yola çıkarak 1978'de Charnes, Cooper ve Rhodes'un⁴⁹ "European Journal of Operations Research'te yayınlanan makaleleri ile ortaya çıkmış, ürettikleri mal ya da hizmet açısından birbirine benzer ekonomik karar birimlerinin "görelî" etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilmiş olan parametrik olmayan bir etkinlik ölçütü olarak tanımlanmıştır.⁵⁰

Bu noktadan hareketle Veri Zarflama Analizi'nin ortaya çıkışını, Edwardo Rhodes'in Carnegie Mellon Üniversitesinde yapmış olduğu bir doktora araştırma tezi ile tarihlemek mümkündür. W. W. Cooper danışmanlığında, Edwardo Rhodes, doktora tez çalışmasında, Birleşik Devletler okullarında yürütülen bir çalışma olan "Program Follow Through"(PFT) kapsamındaki, dezavantajlı (çoğunlukla siyah ve Meksikalı) öğrenciler için eğitim programını değerlendirmiştir. Federal hükümetin de

⁴⁷ W. W. Cooper, L. M. Seiford, Kaoru Tone, "Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Second Edition", Springer, USA 2007

⁴⁸ Cengiz, Dikmen, "Veri Zarflama Analizi İle Üniversitelerin Etkinliğinin Ölçülmesi" Kocaeli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Yıl: 3-4, Sayı: 3-6, Haziran / Aralık 2007-2008. s.5.

⁴⁹ Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E., "Measuring The Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444, 1978.

⁵⁰ Wade D. Cook, Larry M. Seiford, *Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on*, *European Journal of Operational Research* 192 (2009) s.1

desteklediği araştırma, PFT programına katılan ve katılmayan okul gruplarının performanslarını karşılaştırmayı içermektedir. PFT, “kendine güveni yükselen dezavantajlı öğrenciler” gibi çıktılar ve “annenin çocuğuna kitap okuturken harcadığı zaman” gibi girdilerle okulların dönemsel performanslarını tespit etmektedir. Bu, okulların göreceli “teknik etkinliğini” fiyatları gözerdi ederek çoklu girdi ve çıktılarla tahmin etme isteği, CCR(Charles, Cooper, Rhodes) formülasyonu olarak bilinen Veri Zarflama Analizi’ni doğurdu ve VZA’yı ilk duyuran çalışma olarak European Journal of Operations Research dergisinde 1978 yılında yayınlandı.⁵¹ Ölçeğe göre sabit getiri durumunu varsayan CCR formülasyonu sayesinde, birden çok ve değişik ölçeklerle ölçülmüş ya da değişik ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıların karar birimleri arasında etkinlik karşılaştırması yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar birimlerinin göreceli etkinliğini, Farrell’in yaklaşımı çerçevesinde ölçmek olanaklı duruma gelmiştir.

Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında toplam etkinliğin ölçümünde kullanılan VZA yaklaşımı daha sonraları bazı değişikliklerle ölçeğe göre getirinin sabit olmadığı durumlarda ölçek ve teknik etkinliklerinin ayrı ayrı ölçülmesine imkân sağlar duruma getirilmiştir. Banker, Charnes ve Cooper (1984) teknik etkinlik ve ölçek etkinliğini belirlemek için BCC modelini geliştirmişlerdir. BCC modeli CCR modelinin ölçeğe göre sabit getiri varsayımını esnekleştirme ve çoklu çıktı çoklu girdi durumunda karar vericinin performansını ölçeğe göre artan azalan ya da sabit getiri varsayımı altında araştırmaya imkan tanımaktadır⁵².

1990’lı yıllarda VZA’nın teorik gelişimi büyük ölçüde tamamlanmış ve modelin duyarlılık analizi ve diğer modellerle karşılaştırmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. VZA yakın geçmişe kadar deterministik bir yapıda olan girdi ve çıktıların verimlilik analizinde kullanılmasına karşın son yıllarda girdi ve çıktıların stokastik olarak değişebileceği durumlara yönelik çalışmalar yapılmıştır.

2000’li yıllara gelindiğimizde veri zarflama analizi üzerine yapılmış çalışmaların binlerle ifade edilebildiğini söyleyebiliriz. 1978-2007 yılları arasında

⁵¹ Abraham Charnes, William W. Cooper, Arie Y. Lewin ve Lawrence M. Seiford, *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publisher, 1994, s.3.

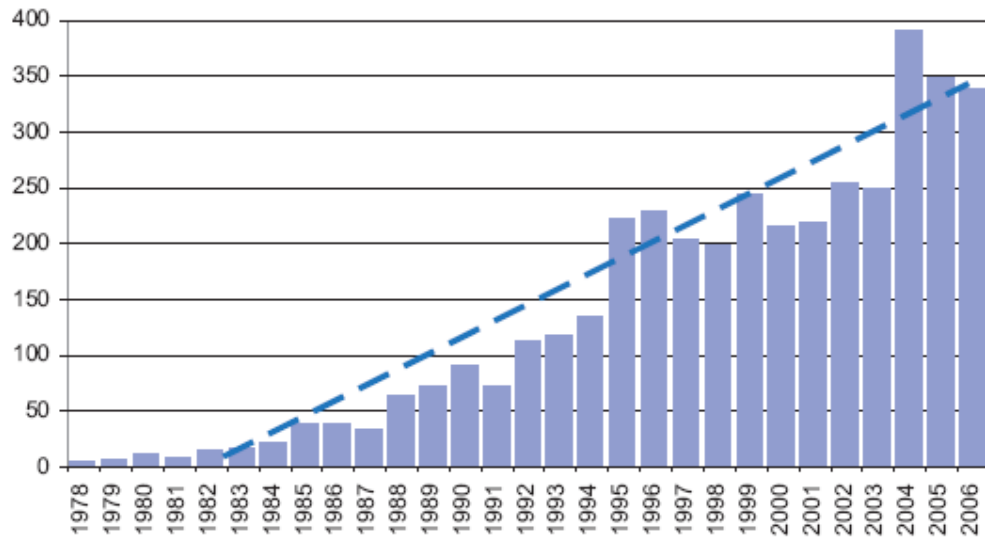
⁵² Yolalan, 1993, s.41.

yayınlanmış 4000 den fazla esere ulaşmak mümkündür. Bu sayı yayınlanmamış çalışmalar, konferans, sunum ve bildirilerle 7000'in üzerine çıkmaktadır.⁵³

Charnes, Cooper ve Rhodes'un (CCR) 1978 yılındaki çalışmasından (Measuring The Efficiency Of Decisionmaking Units) itibaren başlayan ilk 5 yıl içerisinde yılda birkaç araştırma ile genişleyen literatür, 1984 yılından itibaren büyük bir hızla gelişerek 1995-2003 yılları arasında yılda ortalama 225 çalışma seviyesine ulaşmıştır. Bu sayı günümüzde ise yaklaşık yılda 360 çalışma olarak gözlemlenebilmektedir.

Tablo 1.1. Yıllara Göre Veri Zarflama Analizi Yayınları

Yayın Sayısı



Kaynak: Emrouznejad ve diğerleri, (2008), s.153

⁵³ Ali Emrouznejad, B. R. Parker, G. Tavares, "Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA" Socio-Economic Planning Sciences, Vol.42, (2008), s.152

Klasik verimlilik analizindeki tek girdi- tek çıktıdan farklı olarak çoklu girdi çoklu çıktı temelinde hareket eden VZA, hızlı kuramsal gelişiminin yanında uygulamada da hızlı bir süreç izlemiştir. İlk başta, kar amacı gütmeyen işletmelerin karşı 58 sayılaştırmalı etkinliğinin ölçülmesini hedefleyen yöntem, daha sonraları kar amaçlı üretim ve hizmet sektörlerinde de işletmeler arası göreceli etkinliğinin ölçümünde yaygınca kullanılmaya başlanmıştır. Bu konuda başlıca çalışmalar; banka şubelerinin etkinliklerinin ölçülmesi (Sherman ve Gold, 1985), kamu hizmetlerinin etkinliği (Sherman 1989), sağlık hizmetleri etkinliğinin ölçülmesi (Chilingerian ve Sherman 1989), aracı kurum hizmetleri (Bank Technology Report 1992), okul etkinlikleri (Charnes ve diğerleri, 1981), restaurant etkinliğinin ölçülmesi (Banker ve Morey, 1986), hastane etkinliği ölçülmesi (Banker ve Morey 1986), üniversite bölümlerinin etkinliklerinin ölçülmesi (Tomkins ve Green, 1988), otellerin etkinliklerinin ölçülmesi (Morey and Dittman,1995; Tsaur and Tsai, 1999;Anderson,2000) olarak gösterilebilir. ⁵⁴

VZA literatürünün Türkiye’de ki bazı örnekleri ise aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Besen, F. Buket(1994) tarafından performans yönetim sistemi ve VZA’nın sağlık sektörü üzerine bir uygulaması yapılmıştır. İstanbul’da yer alan bazı hastanelerin kadın doğum bölümlerindeki etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla VZA’nın toplamsal model yaklaşımına göre performans değerlendirmesi yapılmıştır.

İleri, İbrahim(1997) tarafından VZA kullanılarak bankacılık sektöründe bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada İMKB’den alınan borsa verileri, seçilen bankaların etkinlik analizleri için CCR modeli yaklaşımına göre çözdürülmüş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Karsak, E. Ertuğrul ve İşcan, Firuzan(1998) tarafından Türk çimento sektöründe göreceli faaliyet performansları ağırlık kısıtlamaları ve çapraz etkinlik kullanılarak VZA ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan veriler İMKB’den

⁵⁴ Gattoufi, S., Oral, M., Reisman, A., “Data Envelopment Analysis Literature: A Bibliography Update (1951-2001) ”, Socio-Economic Planning Sciences, in Press, (2003). P. 159-229.

alınmıştır. Çapraz etkinlik analizi ile de VZA'ya göre etkin çıkan firmaların kendi içinde etkinlik sıralaması yapılmıştır.

Yeşilyurt, Cavit ve Alan, M. Ali(2003) tarafından Fen Liselerinin 2002 yılı göreceli etkinliğinin VZA ile ölçülmesi yapılmıştır. Çalışmada girdi olarak Fen Liseleri giriş puanları, çıktı olarak ise mezun olan öğrencilerin üniversite giriş puanları kullanılmıştır. Buna Göre 2002 yılında etkin olan Fen Liseleri, Türkiye genelinde belirlenmiştir.

Çakmak ,E. H. ve Zaim,O. (1991) tarafından kamu ve özel teşebbüslerde etkinlik karşılaştırılması yapılarak, VZA ile çimento sanayi üzerinde bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Albayrak ve Özcan(1996) tarafından Türk çimento sektöründe göreceli faaliyet performanslarının VZA ile değerlendirilmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Atıkbay, Tolga(2001) tarafından Türk Kara Kuvvetlerinde VZA ile performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

3.3. Veri Zarflama Analizinin Sistemik Yapısı

Tek girdi/çıktılı sistemleri inceleyen yöntemlerden farklı olarak çoklu girdi/çıktılı sistemlerin incelenmesine yönelik olan veri zarflama analizinin teorik yapısından bahsetmeden önce konunun daha iyi anlaşılabilmesi için sistemik yapıya değinilecektir. Bu bölümde karar birimlerinin girdi sayısına ve üretim sonucunda elde ettikleri çıktı sayısına göre ayrı ayrı sistemik yapılar oluşturularak, bu yapılarda gerçekleştirilen etkinlik analizleri incelenecektir. Bölümün tamamında Cooper, Seiford ve Tone⁵⁵,’un çalışması kaynak olarak alınmış, bazı kısımların çevirilerinde Bakırcı, (2004)⁵⁶,’ten yararlanılmıştır. Bölümde incelenecek yapılar:

- Tek girdi ve tek çıktı sistem,
- İki girdili ve tek çıktı sistem,

⁵⁵ W. W. Cooper, L. M. Seiford, Kaoru Tone, “*Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Second Edition*”, Springer, USA 2007

⁵⁶ Bakırcı, Fehim, “Üretimde Etkinlik Ölçümü ve Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama”, Atlas Yayınları, Tokat, 2006

- Tek girdili ve iki çıktılı sistem ve
- Çok girdili ve çok çıktılı sistemler şeklindedir.

3.3.1 Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler

Böyle bir sistemde etkinlik, basitçe *çıkıtı/girdi* formülü ile ölçülebilir. Bunun için girdi-çıkıtı tablosu oluşturularak, sekiz ayrı mağazanın örnek bir etkinlik analizi aşağıdaki gibi yapılabilir⁵⁷

Tablo 2.1 Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler

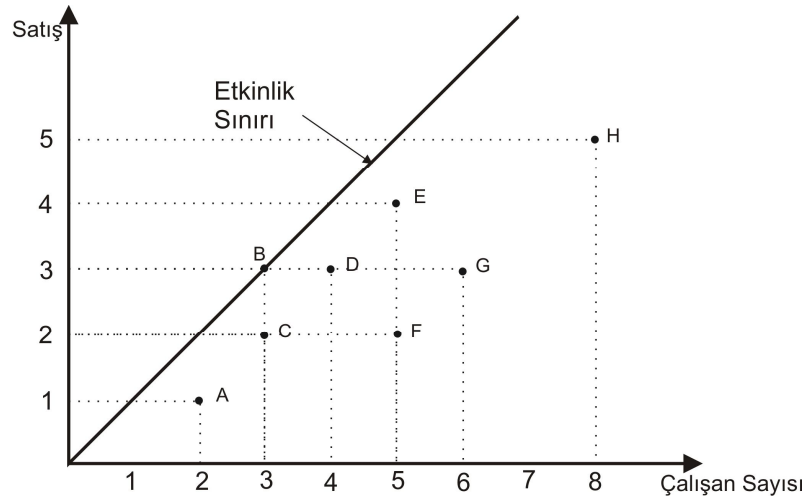
Mağaza	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>Çalışan sayısı</i>	2	3	3	4	5	5	6	8
<i>Satış</i>	1	3	2	3	4	2	3	5
<i>Satış/Çalışan</i>	0.5	1	0.667	0.75	0.8	0.4	0.5	0.625

Kaynak: Cooper, Seiford, Tone, 2007, s.3.

Tablo 1 'de en alt satır, çalışan başına düşen satış miktarını vermektedir. Bu miktar işletme ve yatırım analizi konularında sıklıkla kullanılan bir etkinlik ölçütüdür. Bu ölçüt yardımı ile B Mağazasının en etkin, F mağazasının ise en etkinsiz olduğu görülmektedir. Sekil 2.1'de aynı verilerin grafiksel gösterimi verilmiştir. Dikey ekseninde satışlar, yatay ekseninde çalışan sayısı gösterilmektedir.

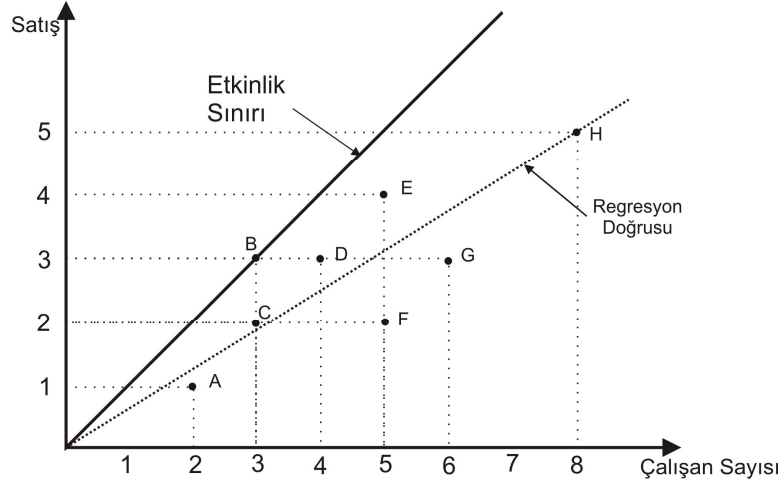
⁵⁷ Cooper, Seiford, Tone, 2007, s.2-3.

Şekil 2.1 Tek Girdi/Çıktılı Mağaza Örneklerinin Karşılaştırılması



Kaynak: Cooper, Seiford, Tone, 2007, s.3.

Her bir noktayı orijinle birleştiren doğrunun eğimi, o nokta için kişi başına düşen satış miktarını verir. Tüm noktalar arasında en büyük eğime sahip olanın B noktası olduğu görülmektedir. Bu doğru, etkinlik üst sınırı ya da üretim ufku eğrisi olarak adlandırılır. Tekniğin ismi, etkinlik üst sınırının örneklem kümesindeki en az bir noktadan geçmesi ve diğer tüm noktaların bu sınır eğrisi üzerinde ya da altında yer alması özelliğinden esinlenilerek verilmiştir. Matematik dilinde bu şekilde bir sınırın bu noktaları “zarfladığı” söylenilir. Bu verileri kullanarak, ekonomik tahminlerde bulunan regresyon çizgisi de çizilebilir ki, Şekil 2.2’de gösterildiği gibi bu çizgi veri noktalarının tam ortasından geçmektedir.



Şekil 2.2 Regresyon Çizgisi ve Etkinlik Sınır Çizgisi

Veri setinin sadece ortalamasını temsil eden bu çizginin üzerinde kalan noktaların mükemmel, altında kalanların ise zayıf olarak nitelendirilmesi hata olur. Diğer yandan, üst sınır çizgisi en iyi Mağazanın performansını tanımlar ve diğer işyerlerinin etkinliğini, kendisine olan uzaklıkları ölçer. Bu noktadan hareketle, istatistiksel regresyon analizi yaklaşımı ile veri zarflama analizi yaklaşımı arasında çok temel bir fark olduğu görülebilmektedir. İlk yaklaşım, gözlemlerin ortalama ya da merkezi eğilim davranışını ortaya koyarken, ikinci yaklaşım, en iyi performans ve diğer performansların üst sınır çizgisi ile olan uzaklıklarının değerlendirilmesiyle ilgilidir. Bu nedenle, sözü edilen iki görüş açısının, aynı sistem için değerlendirme amaçlı kullanılması durumunda çok farklı açılımlara yol açabileceği görülmektedir. Örneğin, veri zarflama analizi mevcut gözlemlerin etkinliğinde iyileşme sağlamak için ileride incelenmek yada kıyaslama yapılmak üzere B gibi bir Mağazayı belirlerken, istatistiksel yaklaşım B mağazasını, F ve diğerlerinin dahil olduğu bir sepet içerisinde eriterek bir ortalama belirler ve olası etkinlikte iyileşme önerilerini, bu ortalamayı baz alarak yapar. Diğer işyerleri, B ile karşılaştırıldığında, diğer işyerlerinin etkin olmadığı görülmektedir. B'ye göre diğer işyerlerinin etkinliği:

$$0 \leq \frac{\text{Diğer İşyerlerinin Çalışan Başına Düşen Satışı}}{\text{B İşyerinin Çalışan Başına Düşen Satışı}} \leq 1$$

Bu hesaplamanın sonucunda oluşan mağaza etkinlik değerleri Tablo 2.2 de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 İşyerlerine Ait Etkinlik Değerleri

Mağaza	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>Etkinlik</i>	0.5	1	0.667	0.75	0.8	0.4	0.5	0.625

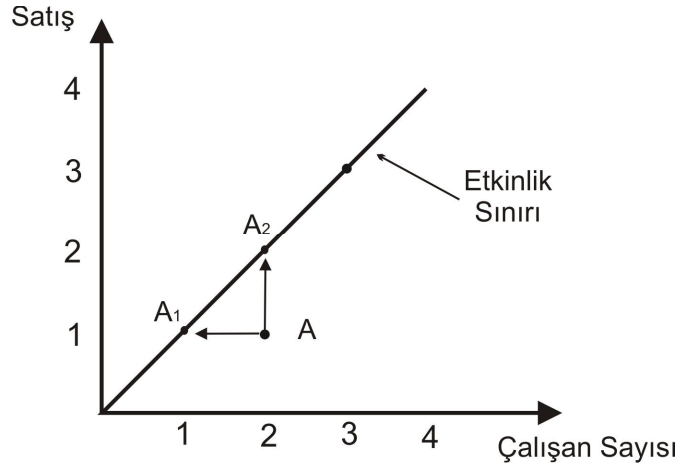
Bu işyerleri etkinliklerine göre sıralandığında:

$$1=B>E>D>C>H>A=G>F=0,4$$

En kötü olan Mağaza (F), B Mağazasının etkinliğinin $0,4 \times \%100 = \%40$ 'ına sahiptir.

Firmaların etkinliklerini belirledikten sonra şimdi etkin olmayan firmaları nasıl etkin hale getirebiliriz? Yani, etkin olmayan noktaları etkinlik sınırına nasıl yaklaştırılabilir? Sorusuna yanıt aranabilir.

Örneğin etkin olmayan işyerlerinden A mağazasını verimli hale getirmek için grafik üzerindeki A noktasını zarflama eğrisi üzerine çekmek gerekmektedir. Bu da girdiyi (çalışan sayısı) (1,1) koordinatlarındaki A1 seviyesine kadar azaltmak ya da çıktıyı (satış) (2,2) koordinatlarındaki A2 seviyesine yükseltmekle olabilir. A1-A2 doğru parçası, mevcut çıktı seviyesini azaltmayacak ve mevcut girdi seviyesini arttırmayacak şekilde, A mağazasına yönelik olası etkinlik iyileşme senaryolarının incelenmesini sağlar.



Şekil 2.3 A firması İçin Etkinlik İyileştirme

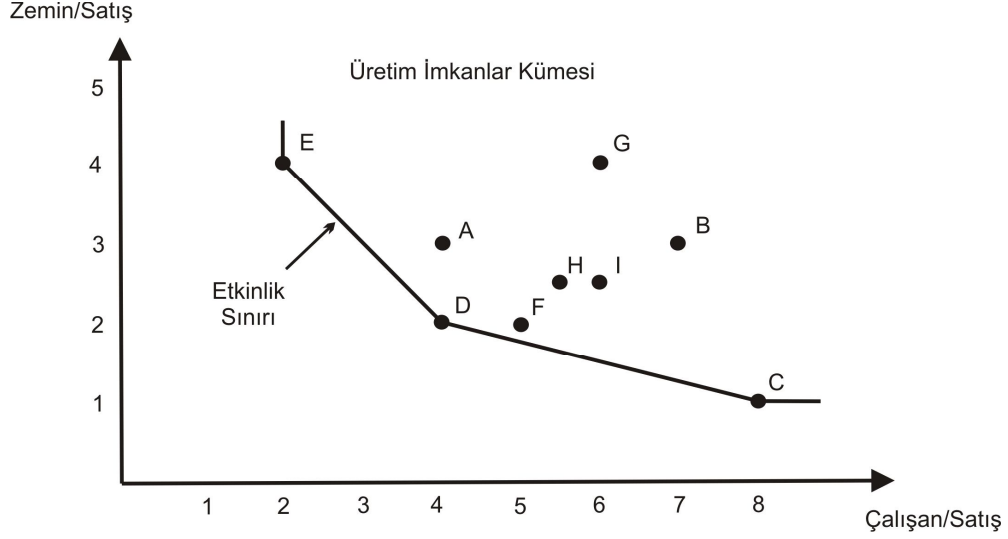
3.3.2. İki Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler

Çoklu girdi ve tek çıktı analizini göstermek için , iki girdi ve tek çıktıya sahip 9 mağazaya ait performans, girdi ve çıktıların listelendiği Tablo 2.3 incelenebilir. “Sabit Ölçekli Getiri” varsayımı altında, çıktılar 1’e indirgenmiş ve girdi değerleri 1 birim çıktı üretebilmek üzere normalize edilmiştir.

Tablo 2.3 İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler

Mağaza		A	B	C	D	E	F	G	H	I
<i>Çalışan (x 10)</i>	X_1	4	7	8	4	2	5	6	5.5	6
<i>Zemin (1000m²)</i>	X_2	3	3	1	2	4	2	4	2.5	2.5
<i>Satış (100.000TL)</i>	Y	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Örneğin grafiksel gösterimi ise şekil 2.4’te gösterilmiştir. Yatay eksen x_1/y , dikey eksen x_2/y değerleri gösterilmiştir.

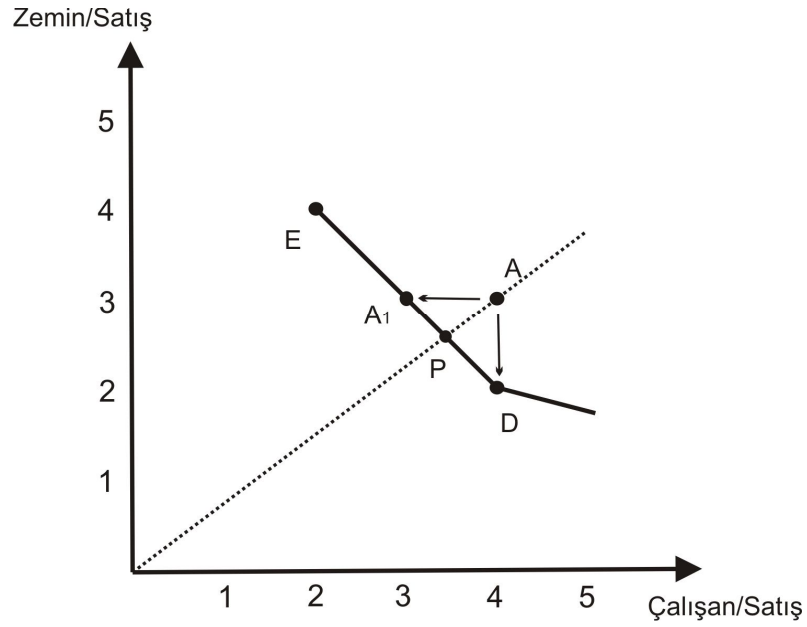


Şekil 2.4 İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler

Etkinliğe bu açıdan bakıldığında, bir birim çıktı üretirken girdileri en az kullanan mağazaları daha verimli olarak nitelendirmek doğaldır. Bu sebeple orijine en yakın, E, D ve C noktalarının oluşturduğu parçalı çizgi etkinlik üst sınırını oluşturur. Bu çizginin üzerindeki tüm noktalar için, herhangi bir girdi değerinde bir iyileştirmeye gitmek (girdi azaltılması), diğer girdi değeri için kötü sonuçlar doğuracağından, bu noktalarda iyileştirme yapmak söz konusu değildir. Etkinlik üst sınır çizgisiyle zarflanmış olan noktaların tamamı “Üretim Olanak Kümesi”ni oluşturur. Mevcut teknolojik imkanlarla gerçekleştirilmesi mümkün olan girdi-çıkıtı karışımı (x, y)’lerin kümesi Üretim Olanak Kümesi olarak tanımlanmaktadır. Sınır çizgisinde olmayan mağazaların verimlilikleri, sınır çizgisi üzerinde bulunan mağazalara bağlı olarak hesaplanabilir. Örneğin Etkin olmayan A noktasının etkinsizliğini ölçmek için, orijin noktasından A noktasına bir çizgi çizilmektedir. Bu çizgi sınır çizgisini P noktasında kesmekte ve A’nın etkinliği OP/OA olarak hesaplanabilmektedir.

Bu demektir ki, A’nın etkinsizliği, D ve E’nin kombinasyonu kullanılarak değerlendirilebilir. Çünkü P noktası D ve E’nin oluşturduğu çizginin üzerindedir. D ve E, A’nın referans (başvuru) grubu olarak adlandırılır. Referans grubu etkin

olmayan her nokta için farklılık arz eder. Örneğin B noktasının referans grubu, C ve D den oluşmaktadır. Bununla birlikte D noktası, etkin olmayan birçok mağazanın referans grupları içinde yer aldığından, gözlem grubunun bir temsilcisi olarak görülebilir. C ve E mağazaları da etkindir. Ancak bu mağazaların sahip olduğu bireysel özellikler, (bir girdiden çok yüksek oranda kullanmaları gibi) gözlem grubunun genelinden uzak düşmelerine sebep olmuştur.



Şekil 2.5 A Mağazasına Ait Etkinlik İyileştirmesi

Şekil 2.5 incelendiğinde, x_1 girdisini 3.4'e, x_2 girdisini de 2.6'ya düşürmek suretiyle P noktası üzerine gelerek etkin konuma ulaşabileceği söylenebilir. Çünkü P noktası orijine en yakın (etkin) firmaların oluşturduğu etkinlik sınırı ile etkin olmayan A firmasının orijine olan en kısa mesafesini temsil eden OA doğru parçasının kesişim noktasıdır. Bununla birlikte, DA₁ üzerindeki herhangi bir nokta da etkinlik iyileştirmesi için hedef alınabilir. D noktasına x_1 'in azaltılmasıyla, A₁ noktasına da x_2 'nin azaltılmasıyla ulaşılabilir. Muhtemel bir diğer iyileştirme imkanı ise; girdilerin mevcut durumu korunarak çıktıların arttırılmasıdır.

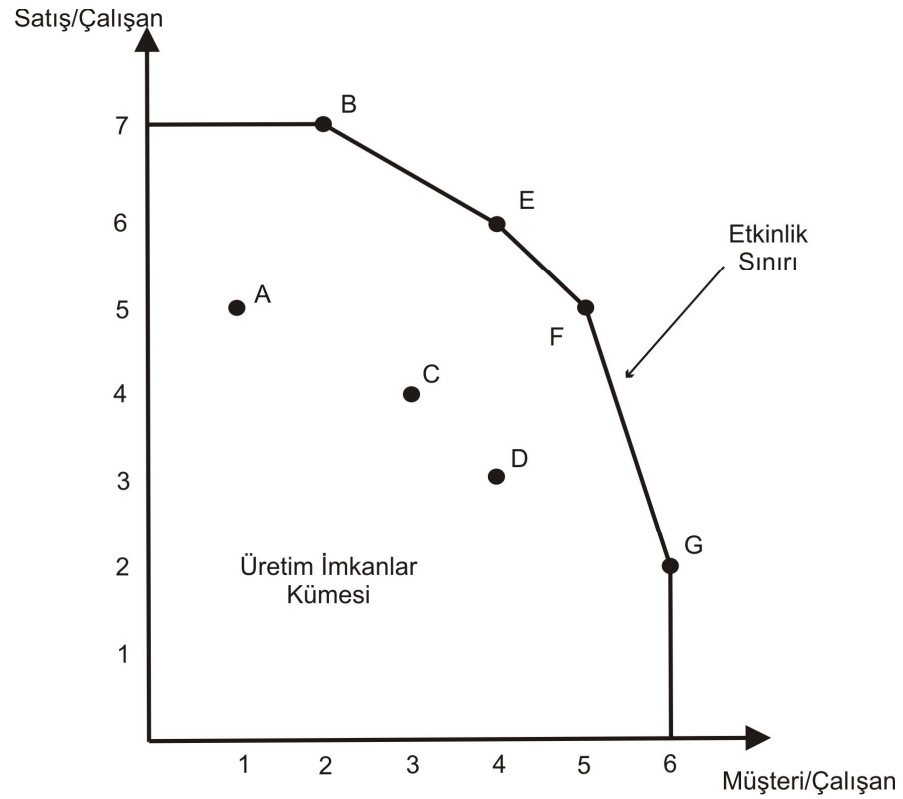
3.3.3. Bir Girdi ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemler

Tablo 2.4 yedi farklı mağazaya ait çalışan (satış elemanı) başına müşteri (10 kişi) ve satış miktarını (100 000 TL) göstermektedir.

Tablo 2.4 Bir Girdi Ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemler

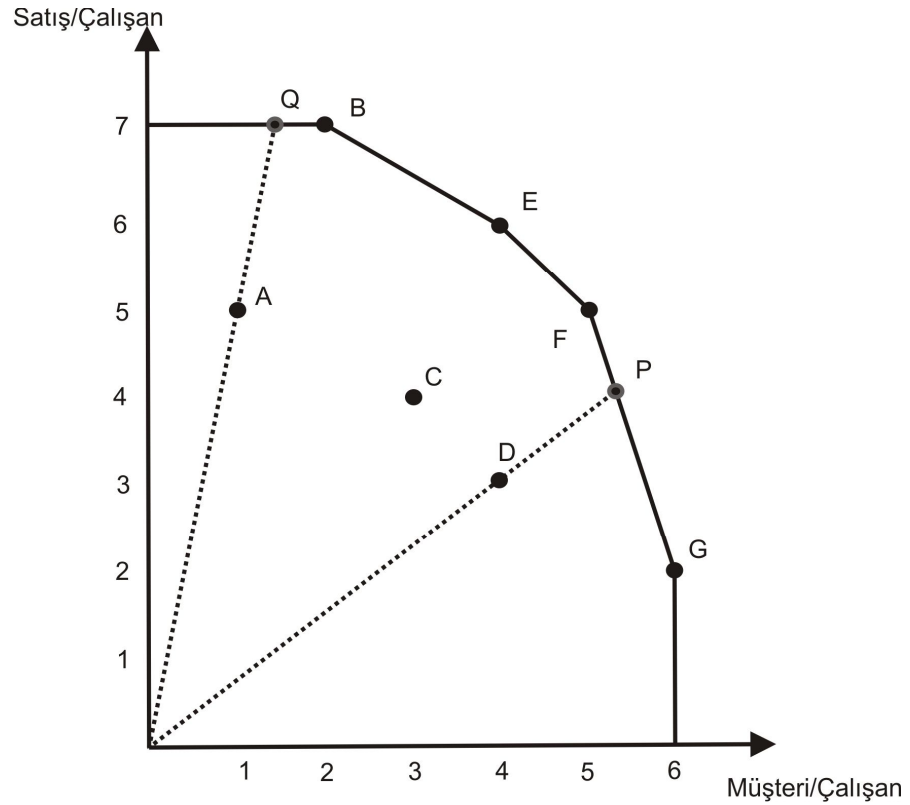
Mağaza		A	B	C	D	E	F	G
Çalışan	X	1	1	1	1	1	1	1
Müşteri	Y ₁	1	2	3	4	4	5	6
Satış	Y ₂	5	7	4	3	6	5	2

Anlatım kolaylığı açısından çalışan sayısı bire indirgenmiş böylece tablodaki değerler çalışan başına satış ve müşteri olarak yer alabilmiştir. Veriler doğrultusunda etkinlik üst sınırı B,E,F ve G mağazaları tarafından belirlenmiştir.



Şekil 2.6 Bir Girdi Ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemler

Şekil 2.6 'dan daık görülebileceği gibi, üretim imkanları kümesi etkinlik üst sınır çizgisi ve eksenlerle sınırlandırılmış bölgedir. A, C ve D mağazaları etkin değildir ve etkinsizlikleri sınır çizgisine göre hesaplanabilir. Örneğin D'nin etkinliği: $m(0,D)/m(0,P) = 0,75$ olarak hesaplanabilir. Burada $m(0,D)$ D noktasının orijine olan uzaklığı, $m(0,P)$ P noktasının orijine olan uzaklığıdır.



Şekil 2.7 Bir Girdi Ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemlerde İyileştirme

$m(0,D) / m(0,P)$ oranı “daireysel (radyal) ölçüt” olarak adlandırılır. Burada kullanılan mesafe ölçümü, öklidyen mesafesidir. Yani:

$$m(0, D) = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$$

$$m(0, P) = \sqrt{\left(\frac{16}{3}\right)^2 + 4^2} = \frac{20}{3}$$

$$m(0, D) = 5$$

$$m(0, P) = \frac{20}{3}$$

Buradan;

$$m(0, D)/m(0, P) = \frac{5}{\frac{20}{3}} = \frac{15}{20} = 0,75$$

olarak hesaplanır.

Burada hesaplanan etkinlik çıktıya yöneliktir. D mağazasının ulaştığı çıktı seviyesinin ulaşabileceği çıktı seviyesine oranıdır ve tüm çıktılara ait olduğu için, etkinliğe ulaşmak için her iki çıktıda, birbirlerine oranları bozulmadan P noktasına varıncaya kadar arttırılmalıdır. Burada ifade edildiği gibi, çıktıların ya da girdilerin kendi aralarındaki oransal ilişkiyi değiştirmeden giderilen etkinsizliğe *teknik etkinsizlik* denir. Bir başka etkinsizlik türü ise çıktıların ya da girdilerin sadece bir kısmında etkinsizliğin gözlemlenmesiyle ortaya çıkar. Bu etkinsizlik türü, giderilmesi durumunda girdilerin ya da çıktıların karışımındaki oranı bozacağından, *karışık etkinsizlik* olarak adlandırılır. Teknik etkinsizlik kavramı D ve P noktaları ile anlatılabilirken, karışık etkinsizlik, A, Q ve B noktaları ile açıklanabilir. A mağazasına ait etkinsizliğin giderilmesi için A'nın teknik etkinsizliğinde yapılan iyileştirme, sonucu A noktası Q noktasına yaklaştırılarak teknik etkinsizliği giderilir. Ancak Q noktası B noktası ile karşılaştırılacak olursa, B noktasının birinci çıktı olan müşteri sayısında yetersiz kaldığı gözlemlenecektir. Bu demektir ki; müşteri sayısı çıktısı için diğer çıktı olan satış miktarını azaltmadan ya da girdi miktarı olan çalışan sayısını arttırmadan, iyileştirme yapılabilmesi söz konusudur. Böyle bir iyileştirme çıktıların birbirleriyle olan karışım oranlarını değiştirecektir.

3.3.4. Çok Girdili ve Çok Çıktılı Sistemler

Bu noktaya kadar değindiğimiz örnekler etkinlik kavramının grafiksel olarak ortaya koyulmasında yararlı olmakla beraber, gerçek hayattaki sistemler çoklu girdi ve çıktı yapısına sahip oldukları için daha farklı yöntemler geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

Tablo 2.5 de 12 farklı hastaneye ait doktor, hemşire, yatan ve taburcu olan hasta sayıları verilmiştir. Görelî etkinlikleri araştırılan 12 hastaneye ait verilerde doktor ve hemşire sayısı girdi, yatan hasta ve taburcu olup çıkan hasta sayısı çıktı olarak alınmıştır.

Tablo 2.5 Hastane Örneği

<i>Hastane</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>I</i>	<i>J</i>	<i>K</i>	<i>L</i>
<i>Doktor</i>	20	19	25	27	22	55	33	31	30	50	53	38
<i>Hemşire</i>	151	131	160	168	158	255	235	206	244	268	306	284
<i>Taburcu</i>	100	150	160	180	94	230	220	152	190	250	260	250
<i>Yatan</i>	90	50	55	72	66	90	88	80	100	100	147	120

Hesaplamayı sadeleştirecek bir yol olarak, girdi ve çıktılar önceden belirlenmiş ağırlıklarla ağırlıklandırılır. Sonuçta elde edilecek oran, etkinliğin değerlendirilmesi için bir indeks verecektir. Örnek olarak:

$$\frac{v_1(\text{Doktor sayısının ağırlığı})}{v_2(\text{Hemşire sayısının ağırlığı})} = \frac{5}{1}$$

$$\frac{u_1(\text{Taburcu hasta sayısının ağırlığı})}{u_2(\text{Yatan hasta sayısının ağırlığı})} = \frac{1}{3}$$

Bu şekilde bir ağırlıklandırma, tablo 2.6 ‘daki etkinlik skorlarını verecektir. Bu hesaplamadaki etkinlik sonuçları, en büyük etkinlik değeri 1 olacak şekilde normalize edilmiştir.

Tablo 2.6 Sabit Ağırlıklar İle Hastanelere Ait Etkinlik Değerleri

<i>Hastane</i>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
<i>Etkinlik(sa)</i>	1	0.9	0.77	0.89	0.74	0.64	0.82	0.74	0.84	0.72	0.83	0.87

Etkinliğin hesaplanmasında kullanılan bu yaklaşım (sabit ağırlıklar verilmesi), hesaplama kolaylığı açısından yararlı görünmekle birlikte, ağırlıklandırma değerine ilişkin pek çok soruyu da gündeme getirecektir. Daha da önemlisi herhangi bir karar birimi için etkinlik sonucunun ne ölçüde kendisinden ya da ağırlıklandırmadaki varsayımdan etkilendiğine ilişkin belirsizlikler ortaya çıkacaktır.

Veri zarflama analizi bunun tam tersine, değişken ağırlıklar kullanır. VZA’da ağırlıklar, doğrudan veri setinin kendisinden üretilir ve böylece sabit ağırlık seçimindeki çok sayıda varsayım ve hesaplamadan kaçınılmış olunur. Daha da önemlisi; ağırlıklar, hastaneye en iyi ağırlık kümesini verecek şekilde seçilir. Burada kullanılan en iyi ifadesi, her bir hastanenin her bir girdi ve çıktısına ağırlıklar belirlerken, o hastanenin çıktı/girdi oranının diğer hastanelere göre maksimizasyonu anlamına gelmektedir. En iyi kavramı, tüm sonuçlar için aşağıdaki şartlar altında geçerlidir:

- Bütün veri ve ağırlıklar pozitif ya da sıfırdır.
- Sonuçta ortaya çıkan oran 0 ile 1 aralığında olmalıdır.
- Etkinliği maksimize edilen hedef birim için uygulanan tüm ağırlıklar, tüm birimlere uygulanmaktadır.

Bunun sonucunda; hedef birim, etkinlik hesaplaması sırasında elde edilen ağırlık kümesinden daha iyi bir ağırlık kümesi seçemez. Çünkü elde edilen ağırlık kümesi, o birimin diğer birimlere göre etkinliğini maksimize ederken seçebileceği en

iyi ağırlıklardan oluşmaktadır. Bu yolla⁵⁸ hesaplanmış etkinlik değerlerini tablo 2.7 de gösterecek olursak:

Tablo 2.7 Sabit Ağırlıklar ve VZA ile Hastanelere Ait Etkinlik Değerleri

<i>Hastane</i>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Etkinlik(SA)	1	0.9	0.77	0.89	0.74	0.64	0.82	0.74	0.84	0.72	0.83	0.87
Etkinlik(CCR)	1	1	0.88	0	0.76	0.84	0.9	0.8	0.96	0.87	0.96	0.96

Buradaki CCR sonuçları yorumlanacak olursa, C hastanesi için, 0,88 çıkan etkinlik, aynı hastanenin, 0,12 etkin olmadığını gösterir. Bu da demektir ki; etkin başvuru grubunun üyeleriyle kıyaslandığında C hastanesi, bütün hastanelerin kendi etkinliklerini ölçmek için “en iyi” ağırlıklarını seçebildiği bir ortamda %12’lik bir etkinsizliği göstermektedir.

VZA ile her bir birim için etkinsizliğin kaynakları ve miktarları ölçülebilmektedir. Daha da ötesi, bu etkinsizlikleri karşılaştırabilmek için referans grupları da belirlenebilmektedir. Bir diğer önemli nokta ise; bu sonuçların minimal varsayımlarla, girdi ve çıktılar arasındaki ilişkilerin fonksiyonel olarak tanımlanmasına ve bu ilişkilerin her bir farklı birim için aynı olduğunu kabul etmeksizin hesaplanabilmesidir.

⁵⁸ Hastanelere ait etkinlik değerleri hesaplanırken Veri Zarflama Analizi, CCR modeli kullanılmıştır.

3.4. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Yapısı

3.4.1. Kesirli Programlama

Bu kısımda etkinlik analizinde parametrik olmayan programlama yaklaşımı ile ilgili matematiksel model incelenecektir. DEA tekniği olarak adlandırılan parametrik olmayan programlama yaklaşım esas olarak kesirli programlama (fractional programming) formundadır. Kesirli programlamada standart bir çözüm yöntemi (Doğrusal programlama – simplex gibi) bulunmadığı için, etkinlik analizinde kullanılan matematiksel programlama modelinin özel yapısı kullanılarak, kesirli programlama modelini standart çözüm yöntemi bulunan doğrusal programlama modeline dönüştürmek mümkündür.⁵⁹ . DEA ile ilgili olarak verilen formülasyonların doğrusal programlama formunda olduğu görülür ancak gerçekte VZA'nın kavramsal modeli kesirli programlama olarak düşünülmelidir. Doğrusal programlama etkinlik hesaplaması olarak kullanılan pratik bir yöntem niteliğindedir.

Basit bir etkinlik oran ya da toplam faktör etkinliği, *çıktıların ağırlıklı toplam/ girdilerin ağırlıklı toplam şeklinde* formüle edilebilir. Etkinliği hesaplanmak istenen bir karar verme biriminin etkinliği şu şekilde gösterilebilir:⁶⁰

$$\frac{u_1y_1 + u_2y_2 + \dots + u_sy_s}{v_1x_1 + v_2x_2 + \dots + v_mx_m}$$

Burada;

⁵⁹ Tarım, 2001, s.48.

⁶⁰ Cooper, Seiford, Tone, 2007, s.15

u_1 = karar biriminden elde edilen 1 nolu çıktının ağırlığı

y_1 = karar biriminden elde edilen 1 nolu çıktı

v_1 = karar birimine ait 1 nolu girdinin ağırlığı

x_1 = karar birimine ait 1 nolu girdi

Aynı karar biriminin (k), ürettiği çıktı miktar Y_{rk} , $r = 1, 2, \dots, s$; bu çıktıların ağırlıkları U_{rk} , $r = 1, 2, \dots, s$ olsun. Bu çıktıları üretmek için kullandığı girdi miktarı X_{ik} $i = 1, 2, \dots, m$ ve bu girdilerin ağırlıkları V_{ik} $i = 1, 2, \dots, m$ ise denklem aşağıdaki biçimde yazılabilir:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}}$$

VZA literatüründe pay ve payda kısımları birer bütün olarak algılanıp, sırasıyla sanal çıktı ve sanal girdi olarak tanımlanır. Bu tanımdan yola çıkarak denklem aşağıdaki biçimde özetlenebilir.⁶¹ Sanal terimi ağırlıkların gözlenmiş değil türetilmiş olduğunu göstermektedir. Söz konusu ağırlıkların sonuç olarak ekonomik anlamı olmayıp, yalnızca değerlendirilen karar verme biriminin verimliliğini maksimize eden algoritmayı karakterize etmektedir.⁶²

Sanal Çıktı

Sanal Girdi

⁶¹ Cooper, Seiford, Tone, 2007, s.21.

⁶² Gülay Demir, “İstatistiksel Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Sivas, 2004

VZA, bir önceki eşitlikteki çıktılar (Y_{rk}) ile girdileri (X_{rk}) veri olarak alır ve bunlara k , karar verme biriminin performansını diğer birimlerin performanslarına göre maksimize eden ağırlıklar seçmektedir.⁶³ Bu durumu şu eşitlikle gösterebiliriz:

$$Maxh_k(u, v) = \frac{\sum_{r=1}^S u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}$$

Karar birimi k , ağırlıklarını kendi toplam faktör verimliliğini maksimize edecek şekilde seçebilmelidir. Böylece, her karar biriminin kendi özel durumunu etkinlik analizi çerçevesinde tanımlaması mümkün olmaktadır. Ancak, karar birimi k 'nın seçtiği ağırlık kümesinin diğer karar birimlerine uygulandığında hiç bir karar biriminin toplam faktör verimliliği 1.0' ın üzerine çıkmamalıdır. Aksi halde karar birimi k için toplam faktör verimlilik değeri sınırsız bulunur. Bu koşulun sağlanabilmesi için gerekli kısıt:

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

Ayrıca karar birimi k tarafından kullanılacak girdi ve çıktı ağırlıklarının negatif olamayacağı da açıktır.⁶⁴ Bu kısıt ise şu şekilde formüle edilebilir.⁶⁵

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, S; \quad i = 1, \dots, m$$

Bu açıklamalar çerçevesinde modelin son hali:

⁶³ William W. Cooper; Lawrence M. Seiford,; Joe, Zhu| “*Handbook on Data Envelopment Analysis*” International Series in Operations Research & Management Science Series, Boston, 2004 s.9

⁶⁴ Tarım, 2001, s.51.

⁶⁵ Cooper, Seiford, Zhu, 2004, s.9

$$Maxh_k(u, v) = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}$$

Kısıtlar:

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

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m \quad \text{olur.}$$

Modeldeki “u” ve “v” çıktı ve girdiler üzerindeki ağırlıkları ve eşitlikteki değişkenleri oluşturur. Modelin çözümü k, karar birimi için, bir etkinlik değeri ve bu değere ulaşmak için gerekli ağırlıklar kümesini verir. Ulaşılan etkinlik değerinin 1’e eşit olması, gözlenen performans ile potansiyel performansın birbirine eşit olduğu anlamına gelir. Bu durumda gözlenen KVB’in en iyi gözlem olduğuna karar verilir. Etkinlik değeri 1’den küçük çıkan bir KVB ‘nin performansının ise potansiyel performanstan düşük olduğuna karar verilir.⁶⁶

3.4.2. Doğrusal Programlama ve Primal Model

Daha öncede bahsettiğimiz gibi VZA tekniği olarak adlandırılan parametrik olmayan yaklaşım esas olarak kesirli programlama (fractional programming) formundadır. Kesirli programlamada standart bir çözüm yöntemi (Doğrusal programlama – simplex gibi) bulunmadığı için, etkinlik analizinde kullanılan matematiksel programlama modelinin özel yapısı kullanılarak, kesirli programlama modelini standart çözüm yöntemi bulunan doğrusal programlama modeline

⁶⁶ Bakırcı, 2004, s.128

dönüştürmek mümkündür.⁶⁷ Kesirli modelin doğrusal bir programa dönüştürülmesi için Charnes ve Cooper bir dönüştürme mekanizması kullanmışlardır.⁶⁸ Bu mekanizmaya göre, bir k KVB için doğrusal program dönüşümü, kesirli fonksiyondaki amaç fonksiyonunun paydasını 1'e eşitleyerek yapılır. Bu dönüşüm esnasında korunması gereken, kesrin değerinin bozulmaması kuralıdır. Pay ve paydanın değeri bir oran çerçevesinde değişse bile amaç fonksiyonunun değeri aynı kalacaktır. Charnes ve Cooper paydayı 1 değerine eşit tutarak payın aynı zamanda amaç fonksiyonunu göstermesini de sağlamışlardır.⁶⁹

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$$

Buna göre model şu şekli alır:

$$Max h_k(u, v) = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}$$

Kısıtlar;

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \quad j=1,2,...,k,...,n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1,...,s; \quad i = 1,...,m$$

Burada yer alan amaç denklemi doğrusal bir denklem olup, girdilerin ağırlıklı toplamını 1 ile kısıtlar ve u_r , v_i için uygun değerler seçerek “k” KVB’nin ağırlıklı çıktı toplamını maksimize eder ve etkinlik değeri 1’i aşmaz.

⁶⁷ Tarım, 2001, s.48.

⁶⁸ Bu mekanizmanın ayrıntılı açıklaması için bkz. Tarım, 2001, s.55-60.

⁶⁹ Erdost Erden, Türkiye’deki Havalimanlarının İç Hat Uçuşları Yönünden Etkinliklerinin Karsılaştırılması: Bir Veri Zarflama Analizi Uygulaması, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı, Antalya, 2007, S.65

3.4.3. Doğrusal Programlama ve Dual Model

Dual problem Cooper ve Rhodes tarafından çok girdi/çıkıtlı sistemlerde, tüm karar verme birimleri için, girdi ve çıktıların her birinin etkinsizliklerinin saptanabilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Cooper tarafından araştırmaya destek vermesi için davet edilen A. Charnes'da bu çalışmaya katılarak Cooper ve Rhodes geliştirdiği dual programlama problemi ile daha önce kesirli programlama kısmında bahsettiğimiz amaç denklemini 1962 yılında Cooper ile birlikte yayınladıkları ve kesirli programlamayı inceledikleri çalışmadan yararlanarak birleştirerek dual programın VZA içine implemantasyonunu gerçekleştirmiştir.⁷⁰ Modelin dual şekli şu şekilde gösterilebilir:

$$E_o = \text{Min} \theta - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- - \theta x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Modellerde kullanılan parametreler ise:

E_k : Etkinlik oranı

u_r : k, KVB tarafından r'nci çıktıya verilen ağırlık

v_i : k, KVB tarafından i'inci girdiye verilen ağırlık

⁷⁰ Cooper, Seiford, Zhu 2004, s.9

y_{rj} : j, KVB tarafından üretilen r'inci çıktı

x_{ij} : j, KVB tarafından kullanılan i'inci girdi

θ : Göreli etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı,

λ_j : j KVB'ne ait yoğunluk değeri

Asıl modelde girdilerin ağırlıklı toplamı 1'le kısıtlanır ve u_r ile v_i için uygun değerler seçilerek karar biriminin ağırlıklı çıktı toplamını en büyüklenmeye çalışır. Doğrusal olmayan (kesirli) modeldeki 1'den küçüktür kısıtı asıl doğrusal modelde de mevcuttur. Böylece etkinlik değeri 1 değerini aşamaz. Dual modelde karar birimi ancak ve ancak etkinlik oranı θ değeri 1'e ve tüm aylak değişkenler sıfıra eşit ise göreli olarak etkin olarak tanımlanır. Dual modelde girdi veya çıktı üzerindeki ağırlıklar yerine karar birimleri üzerindeki ağırlıkları λ_j hesaplanmaktadır. Ayrıca ikil modelde ağırlıklar sıfıra eşit ya da büyük olmalıdır.⁷¹

3.5. Temel VZA Modelleri

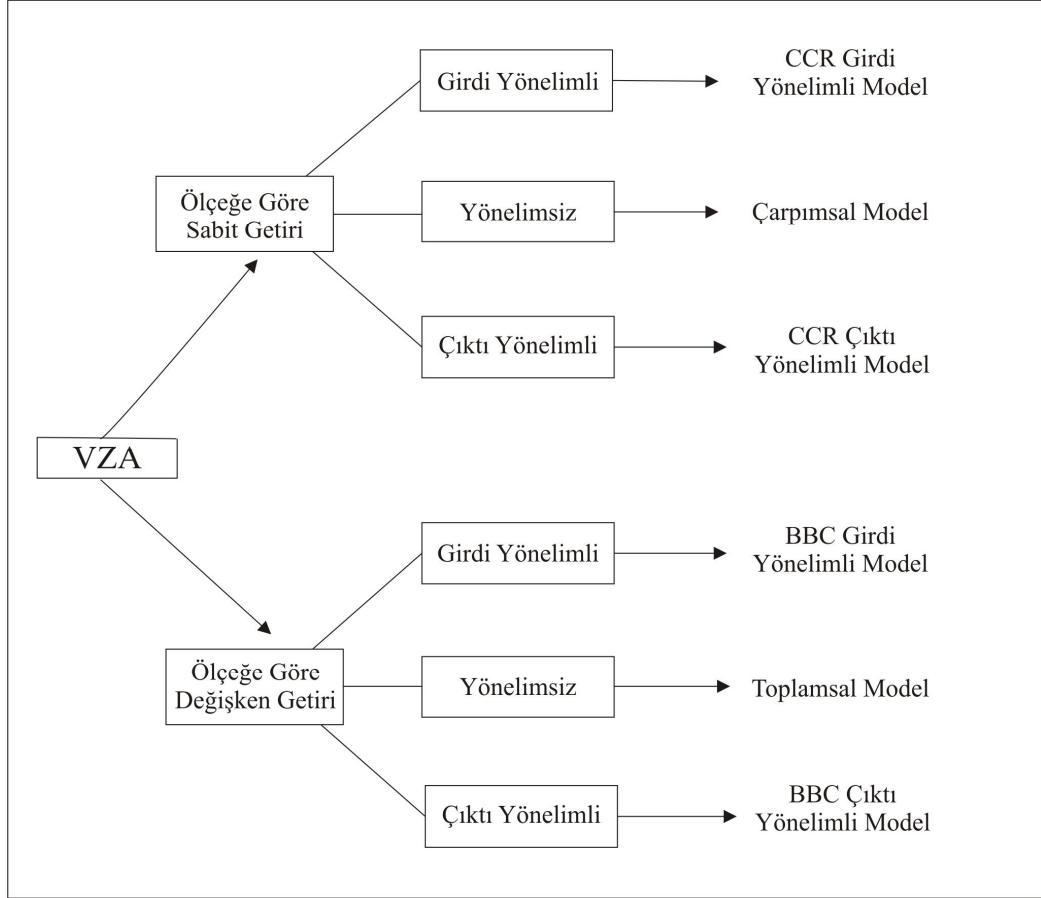
Veri Zarflama Analizi modellerini sınıflarken genel olarak iki kavramdan yararlanılmaktadır. Bunlardan birincisi modelin yönelimi (girdi ya da çıktı), ikincisi ise kabul ettiği ölçek varsayımıdır (sabit getiri ya da değişken getiri).

Genel etkinlik formülü Çıktı/Girdi olduğu için bir karar biriminin etkinliğini artırmanın iki yolu vardır.

- Çıktılar sabit tutulurken, girdi miktarının azaltılması
- Girdiler sabit tutulurken, çıktı miktarının artırılması

⁷¹ Barış B. Ulutaş, "Türkiye' deki Havaalanı Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi" Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Osman Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı, Eskişehir, 2006

Şekil 3.1 VZA Modelleri



Kaynak: A. Charnes, W.W. Cooper, A.Y. Lewin, L.M. Seiford, 1994, s.66

Birinci yaklaşım literatürde Girdiye Yönelik (Input Oriented) olarak bilinmekte ikinci durum ise Çıktıya Yönelik (Output Oriented) olarak değerlendirilmektedir. Girdi yönelimli modeller, herhangi bir çıktı düzeyi için etkin olmayan karar birimlerinin girdilerini ne derece azaltmaları gerektiğini belirlemeye çalışan modellerdir. Bu modellerde esas amaç kullanılan girdi miktarını minimize edebilmektir. Çıktı yönelimli analizler ise herhangi bir girdi bileşimi için etkin olmayan karar birimlerinin etkin hale getirilmesi için çıktıların ne kadar arttırılması

gerektiğini belirlemeye çalışır. Çıktı yönelimli modellerde amaç, çıktıların maksimize edilmesidir.⁷²

3.5.1. CCR Modeli

Veri Zarflama Analizinin de temelini oluşturan bu model, ilk defa Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında önerilmiştir. Bu modele göre her bir karar birimi için, sanal girdi ve çıktılar, (şimdilik bilinmeyen) ağırlıklar (v_i ve u_i) altında aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.⁷³

$$\text{Sanal Girdi} = v_1x_{1o} + \dots + v_mx_{mo}$$

$$\text{Sanal Çıktı} = u_1y_{1o} + \dots + u_sy_{so}$$

Modelde doğrusal programlama kullanılarak sanal çıktı/ sanal girdi oranını maksimize edecek ağırlıkların belirlenmesine çalışılır. CCR modelinde girdi ve çıktılar aşağıdaki şartlar altında belirlenir;

1. Her bir girdi ve çıktı unsuru için sayısal veriler elde edilir ve bu veriler tüm karar verme birimleri için pozitifdir.

2. Girdi, çıktı ve karar verme birimlerinin seçimi, analizcinin ilgi alanı içerisinde ve görece verimliliği etkileyeceği düşünülen bir küme oluşturacak şekilde yapılmalıdır.

3. Farklı girdi ve çıktıların birimleri birbirleriyle uyumlu olmak zorunda değildir. Birimler çalışan sayısı, harcanan para, yüzölçümü gibi farklılıklar gösterebilir.

N adet karar verme biriminin girdi ve çıktı verilerinden oluşan bir örneklem kümesi içinde her bir KVB'nin görece verimliliğini ölçmek için n adet optimizasyon modeli çözülmelidir. Verimliliği ölçülmek istenen her hangi bir KVB_j'ye genel

⁷² A. Charnes, W.W. Cooper, A.Y. Lewin, L.M. Seiford, 1994, s.65

⁷³ Cooper, Seiford, Tone, 2007, s.21.

olarak KVB_o diyelim. Bu durumda o, {1,2,...,b} kümesinin bir elemanıdır. Aşağıdaki kesirsel programlama modeli, girdi ağırlıkları (v_i, i=1,...,m) ve çıktı ağırlıklarını (u_r, r=1,...,s) değişken olarak alır ve ağırlıkları hesaplar:

$$maks\theta = \frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \dots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mo}}$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad (j=1, \dots, n)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0$$

Formülasyonun daha yalın gösterimi ise:

$$maks\theta = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}$$

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

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

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

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0$$

Modeldeki kısıtlar, her bir karar verme birimi için sanal çıktının sanal girdiye oranının biri geçmemesi gerektiğini belirtir. Modelin amaç fonksiyonu, v_i ve u_r ağırlıklarını elde etmek ve KVBo'nun oranını maksimize etmektir. Kısıtlardan elde edilebilecek bir diğer önemli çıkarım, optimal amaç değeri 'ın en fazla bir değerini alabileceği ve bu modelde, varsayılan tüm girdi - çıktı ağırlıklarının negatif olmayan değerlere sahip olduğudur.

Çalışmamızın *VZA'nın Matematiksel Yapısı* adlı kısmında da belirttiğimiz gibi, bu kesirli programlama modeli, standart bir çözüm yöntemi bulunan doğrusal programlama modeline dönüştürülür. Buna göre bir KVB için doğrusal program dönüşümü, kesirli fonksiyondaki amaç fonksiyonunun paydasını 1'e eşitleyerek yapılır. Bu dönüşüm esnasında korunması gereken, kesrin değerinin bozulmaması kuralıdır. Pay ve paydanın değeri bir oran çerçevesinde değişse bile amaç fonksiyonunun değeri aynı kalacaktır. Charnes ve Cooper paydayı 1 değerine eşit tutarak payın aynı zamanda amaç fonksiyonunu göstermesini de sağlamışlardır.⁷⁴ Modeller, kesirli programlama (FP) doğrusal programlama (LP) olarak adlandırılacaktır. Buna göre yukarıdaki kesirsel programlama modelinin eşdeğeri, aşağıdaki doğrusal programlama modelidir:

⁷⁴ Erden, 2007, S.65

(LP₀)

$$\text{maks}\theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

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

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

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

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

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0$$

LP₀'ın optimal çözüm kümesi ($v=v^*$, $u=u^*$) ve optimal amaç değeri θ^* ise, aynı zamanda FP₀'ın optimal çözüm kümesi ($v=v^*$, $u=u^*$) ve amaç değeri de θ^* olacaktır. Bu şekilde hesaplanan verimlilik değerleri, girdi ve çıktıların birimlerinden bağımsızdır.

Optimal çözüm kümesi olan (v^* , u^* , θ^*) için *CCR verimliliği* aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

1. Eğer KVBo için $\theta^*=1$ ve $v^*, u^*>0$ olmak üzere en az bir optimal (v^* , u^*) çözümü varsa KVBo verimlidir.

2. Değilse, KVBo verimli değildir.

Bu demektir ki CCR verimsizliği, LP₀'ın her bir optimal çözümü için, ya $\theta^*<1$ olma durumunda, ya da $\theta^*=1$ ve (v^* , u^*) kümesinin en az bir elemanı sıfır iken gerçekleşmektedir.

(v^* , u^*), etkinlik ölçütünün maksimizasyonu anlamında KVBo için en istenen, en tercih edilen ağırlıklardır. Bu sebeple girdi “i” için optimal ağırlık değeri

olan v_i 'nin büyüklüğü ve girdi "i"nin görece etkinlik açısından ne derece önemle değerlendirildiğini belirler. Sanal girdideki her bir $v_i \cdot x_{io}$ ögesi incelendiğinde, $v_i \cdot x_{io}$ değerinin bize "i" girdisinin görece önemini verdiği anlaşılır. Aynı şekilde, sanal çıktıdaki her bir $u_r \cdot y_{ro}$ değerinin, "r" çıktısının θ * değeri içindeki görece katkısı için bir ölçüt oluşturduğu anlaşılabilir.

Devam eden bölümde modelinin ek kullanım ve yorumuna imkan sağlayan bir diğer biçimi olan dual formülasyonu inceleyeceğiz. VZA'nın "Zarflama Modeli" olarak da adlandırılan bu model Girdi yönelimli ve Çıktı Yönelimli olarak ayrı ayrı ele alınacaktır.

3.5.1.1. Girdi Yönelimli CCR Modeli

Belli bir çıktı bileşimini en etkin bir şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştıran girdiye yönelik CCR modelleri çalışmamızın bu bölümünde incelenecektir. Daha öncede belirttiğimiz gibi, modelin ek kullanım ve yorumuna imkan sağlayan dual modelin amaç fonksiyonunda, belirli bir düzey için etkinliği ölçülen KVB_o 'ya ait girdilerin kesirsel olarak ne kadar azaltılacağı araştırılmaktadır. Kesirsel modeldeki girdinin azaltılması, tek başına etkinliği sağlamak için yeterli olmamaktadır. Dual modelde radyal olarak ölçülemeyen fakat azaltılması veya artırılması mümkün olan atıl girdi ve çıktı vektörünün hesaplanması mümkündür. Böylece; incelenen karar verme birimlerinin hangi girdi ve/veya çıktısının ne oranda kullanılmadığını yani atıl bırakıldığı görülebilir. Aynı zamanda; bu model sayesinde referans kümesinin bulunması daha kolaydır ve daha kısa sürmektedir.

LP_o'nun dual formülasyonu (DLP_o) :

Amaç denklemi:

$$E_o = \text{Min} \theta - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- - \theta x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Burada;

θ : Göreli etkinliği ölçülen KVB_o'nun girdilerini ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı,

- y_{ro} : KVB_o tarafından üretilen r'inci çıktı,
- x_{io} : KVB_o tarafında kullanılan i'inci girdi,
- y_{rj} : KVB_j tarafından üretilen r'inci çıktı,
- x_{ij} : KVB_j tarafında kullanılan i'inci girdi,
- λ_j : KVB_j 'nin aldığı yoğunluk değeri,
- s_i^- : KVB_o'nun i'inci girdisine ait atıl (aylak) değer,
- s_r^+ : KVB_o'nun r'inci çıktısına ait atıl değer,
- ε : 10^{-6} düzeyinde kullanılan yeterince küçük bir değer.

Bu modelin amaç fonksiyonunda belirli bir çıktı düzeyi için etkinliği ölçülen k karar verme birimine ait girdilerin ne kadar azaltılabileceği araştırılır. Modelde λ değerinin sıfırdan büyük olması kısıtının yer alması, θ değerinin sıfırdan büyük olmasına sebep olur. DLP_o formülasyonunda, KVB_o'nun çıktı seviyesinin en az y_{ro} olması garanti edilirken, girdi vektörü x_{io} 'nun dairesel olarak mümkün olan en düşük seviyeye indirilmesine çalışılır. Eğer söz konusu karar birimleri etkin ise, $\theta=1$, $s_i^-=0$, $s_r^+=0$, $\lambda_j=1$ ve dolayısıyla $E_o=1$ olacaktır. Eğer ölçülen karar birimi etkin

değilse etkinlik ölçütünün belirleyen θ büzülme katsayısı 1'den küçük olur. Bu da girdi vektöründe radyal olarak azaltma yapılabileceği anlamına gelmektedir. Böyle bir durumda X^λ, Y^λ vektörünün, θ_{x_0, y_0} vektöründen daha üstün olacağı söylenebilir. Bu özelliğin ışığı altında, “girdi fazlalığı” $s^- \varepsilon R^m$ ve “çıktı eksikliği” $s^+ \varepsilon R^s$ vektörleri tanımlanır.

Etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde bulunan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$X^{kb} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j$$

$$Y^{kb} = \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j$$

CCR Etkinliğinin Matematiksel Tanımı;

İncelenen karar biriminin etkin olup olmadığı, çözüm kümesinin $(\theta^*, \lambda^*, s^{+*}, s^{-*})$ değerlendirilmesi ile tespit edilir. Buna göre karar biriminin etkinliği ile ilgili 3 farklı durum ortaya çıkar;

1. $\theta^* = 1$ ve tüm serbest değişkenler $(s_i^{-*}, s_r^{+*}) = 0$. Bu durumda karar birimi etkindir.

2. $\theta^* = 1$ ve tüm serbest değişkenler $(s_i^{-*}, s_r^{+*}) \neq 0$. Bu durumda karar birimi için zayıf etkinlik söz konusudur. LP_0 daki v ve u vektörleri DLP_0 'daki kısıtlar için dual çarpandırılar. Bu durumda LP_0 'nun optimal çözümü olan (v^*, u^*) ile DLP_0 'nun optimal çözümü olan $(\lambda^*, s^{-*}, s^{+*})$ arasında aşağıdaki ilişki vardır. $u^* s^{+*}$

$$v^* s^{-*} = 0$$

ve

$$u^* s^{+*} = 0$$

Bu durumda pozitif serbest değişkenlere karşılık gelen v^* ve u^* değerleri 0'a eşit olmak zorundadır. Bu sebeple, karar birimi etkinsiz olarak kabul edilir.

3. $\theta^* < 1$ ise karar birimi etkin değildir.

3.5.1.2. Çıktı Yönelimli CCR Modeli

Çıktı odaklı modeller, girdi odaklı modellerin tersine, ağırlıklandırılmış girdinin ağırlıklandırılmış çıktıya oranının enküçüklemesi olarak ifade edilebilir. Diğer bir ifade ile çıktı odaklı modeller belirli bir girdi bileşimi ile çıktıları en yüksek düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Çıktı odaklı CCR kesirsel modeli:

FP_o Amaç fonksiyonu;

$$\text{Min } KVB_o = \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}$$

Kısıtlar;

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

$$u_r \geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Burada:

- v_i : KVB_o ‘nun i’inci girdisine verilen ağırlık
 u_r : KVB_o ‘nun r’inci çıktısına verilen ağırlık
 x_{io} : Etkinliği ölçülen KVB_o tarafından kullanılan i’inci girdi,
 y_{ro} : Etkinliği ölçülen KVB_o tarafından üretilen r’inci çıktı,
 x_{ij} : j’inci karar birimi (KVB_j) tarafından kullanılan i’inci girdi,
 y_{rj} : j’inci karar birimi (KVB_j) tarafından üretilen r’inci çıktı,
 ε : 10^{-6} düzeyinde kullanılan yeterince küçük bir değer.

Çıktı odaklı bu modelde, amaç fonksiyonunun alacağı en küçük değer “bir”dir. Yaratılan kısıtlarda bu amacı yerine getirmektedir. Amaç fonksiyonunun bire eşit olması KVB_o’ın etkin olduğunu gösterirken, birden büyük olması etkin olmadığını gösterecektir. Bu kesirsel program, doğrusal program haline dönüştürülebilir. Bu modelin amacı, belli bir çıktıyı daha az girdi kullanarak elde etmek olduğu için ağırlıklı çıktılar minimize edilmeye çalışılır.⁷⁵

LP_o Amaç fonksiyonu

$$\text{Min: } KVB_o = \sum_{i=1}^m v_i x_{io}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} = 1$$
$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

⁷⁵ Anıl İlkem Özcan, “Celal Bayar Üniversitesi’ne Bağlı Meslek Yüksekokullarının Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Ölçülmesi” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Manisa, 2005, s.52.

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$r = 1, 2, \dots, s$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

Bu modele göre etkinliği ölçülen KVBo etkin ise amaç fonksiyonunun değeri “1” olacaktır. Eğer görelî etkinliği ölçülen KVBo etkin değîlse, bu durumda amaç fonksiyonunun değeri 1’den büyük olacaktır. Bu doğrusal programlamanın duali (DLP₀) ise řu şekildedir:

$$E_o = \max \beta + \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^b x_{ij} \lambda_j + s_i^- - x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^b y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - \beta \cdot y_0$$

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

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$r = 1, 2, \dots, s$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

Bu modelde (λ, s^-, s^+) dual değîşkenlerdir. β ise radyal çıktı genişlemesini belirleyen katsayıdır. β ’nın alacağı sayısal değîrler 1’e eşit ya da daha büyük olabilir. Bu modelin amaç fonksiyonunda, kullanılan girdiler için etkinliği ölçülen KVBo’a ait çıktıların radyal olarak ne kadar azaltılabileceği araştırılmaktadır. Eğer söz konusu karar verme birimi etkin ise ($\beta = 1$) çıktı vektöründe herhangi bir arttırma yapılamaz. Ancak KVBo etkin değîlse etkinlik ölçütünü belirleyen β genişlem katsayısı 1’den büyük olur ve bu durum çıktı vektöründe arttırma yapılacağı anlamına gelmektedir. Etkin olmayan bir karar verme birimi, çıktı vektörünü s^+ kadar arttırmak ve girdi vektörünü de s^- kadar azaltmak şartı ile etkin hale dönüşebilir.

3.5.2. BBC Modeli

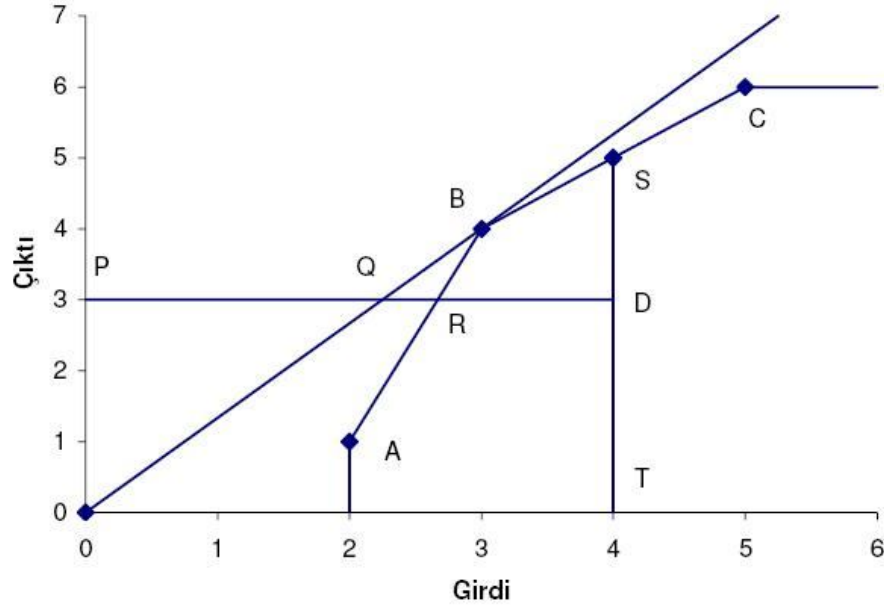
Çalışmamızın buraya kadar olan bölümünde ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında araştırma yapan CCR modelini inceledik. Charnes ve diğerleri (1978) tarafından geliştirilen model değişken getirili örneklerde kullanılamamakta ve karar birimlerinin teknik ve ölçek etkinlik skorlarını birlikte içeren toplam etkinlik değerlerini sağlamaktadır. Bu kısıtlamalardan kurtulmaya yönelik olarak geliştirilen BBC modelinde üretim üst sınırı, var olan karar verme birimlerinin oluşturduğu içbükey zarf tarafından taranır.

Ölçeğe göre sabit getiri durumunda etkinlik karşılaştırması, ortaya performansın daha düşük olduğu bir durum çıkarmaktadır. Çünkü karar biriminin “1” etkinlik değerine ulaşılabilmesi için hem teknik etkinliğe, hem de ölçek etkinliğe sahip olması gerekmektedir. Ölçeğe göre değişen getiri durumunda ise, ölçek etkinliği olmayan bir birim eğer bir teknik etkinliğe sahipse “en iyi gözlem” olarak etkin sınır üzerinde yer alabilir. Sonuç olarak, aynı karar birimi için teknik etkinlik ölçüsünün, ölçeğe göre sabit getiri durumunda, ölçeğe göre değişken duruma kıyasla daha düşük olduğu söylenebilir.⁷⁶

BCC formunun CCR modelinden formülasyon olarak farkı, girdi yönlü BCC modeline u_0 değişkeninin ve dual modelde ise $\sum \lambda = 1$ kısıtının eklenmesidir. Bu kısıt, $\lambda_j \geq 0$ şartı ile birlikte, b adet karar verme biriminin çeşitli şekillerdeki kombinasyonlarının, içbükey bir verimlilik üst sınır çizgisi dahilinde gerçekleşebilmesini sağlamaktadır.

Üretim üst sınırı, şekil 3.2’de de görüldüğü gibi parçalı doğrusal bir getiri sergiler ve bu özelliğinden dolayı da değişken yapılı ölçek karakteristiğine sahiptir. Üretim üst sınırı AB doğru parçasında artan getirili, BC doğru parçasında da azalan getirili ölçeğe sahiptir. Her iki doğru parçasının birleştiği B noktasında ise ölçeğe göre sabit getiri gözlenir.

⁷⁶ İlknur Yavuz, *Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü (Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama)* MPM Yayınları No: 654, Ankara, 2001. s. 47.



Şekil 3.2 BBC ve CCR Modellerinde Üretim Üst Sınırı

Sekil 3.2’de bir girdi ve bir çıktıdan oluşan, 4 KVB’li (A,B,C ve D) bir sistem örneklemektedir. CCR modelinin verimlilik sınırı, B noktası ile orijini birleştiren doğrudur. BCC modelinde ise verimlilik sınırı; A, B ve C noktalarını birleştiren doğru parçalarından oluşmaktadır. Bu doğrultuda A, B ve C karar birimleri BCC modeline göre etkinken, sadece B karar birimi CCR modeline göre de etkindir.

BCC modelleri girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere iki farklı şekilde incelenmektedir. Girdiye yönelik BCC modeli, girdilerin oransal azalması boyunca, sınır doğrultusunda maksimum hareketi çıktıya yönelik BCC modelleri ise çıktıların oransal artırımı ile sınır doğrultusunda maksimum hareketi amaçlamaktadır.

3.5.2.1. Girdiye Yönelik BCC Modelleri

Girdiye yönelik BCC modellerinde de CCR modellerinde olduğu gibi belli bir çıktı bileşimini en etkin biçimde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiği belirlenir.

Girdiye yönelik BBC modelinin kesirsel formülasyonu (FP₀) aşağıdaki gibidir:⁷⁷

Amaç Fonksiyonu:

$$E_o \max : \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - u_o}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_o}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad J = 0, 1, 2, \dots, n$$

$$\frac{u_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m$$

u_o : serbest işaretli değişken (pozitif, negatif ya da sıfır değeri alabilir)

⁷⁷ R.D. Banker, W.W. Cooper, L.M. Seiford and J. Zhu, "Returns to Scale in DEA" in Handbook on DEA, International Series in Operations Research & Management Science Series, Boston, 2004, s.44.

Modelin doğrusal ifadesi:⁷⁸

Amaç Denklemi:

$$\max z = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - u_o$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_o \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

u_o Serbest işaretli değişken

BCC doğrusal programlama modelinin dual formülasyonu ise aşağıdaki gibidir:⁷⁹

Amaç Denklemi:

$$\min \theta_o - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- - \theta_o x_{io} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - y_{ro} = 0 \quad r = 1, 2, \dots, s$$

⁷⁸ Banker, Cooper, Seiford, and Zhu, 2004, s.45.

⁷⁹ Banker, Cooper, Seiford, and Zhu, 2004, s.45.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

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

Daha öncede belirttiğimiz gibi, $\sum_{i=1}^n \lambda_j = 1$ kısıtının dual problemde varlığı, elde edilen üretim imkanlar kümesinin konveks bir kabuk şeklinde olmasını sağlar.

BCC probleminin optimal sonucu eğer 1 ise KVB₀ , BCC etkin olarak tanımlanmaktadır. Aksi takdirde karar verme birimi etkin değildir. Yine aynı şekilde boşluk değişkenlerin 0 değerini almaları gerekmektedir. (s^* en yüksek girdi fazlalığını, s^{+*} ise en yüksek çıktı eksikliğini göstermektedir). Buna göre kısaca *BCC etkinliği*:

$$\theta_o^* = 1$$

$$s^{-*} = 0$$

$$s^{+*} = 0$$

Koşulları sağlandığında gerçekleşmektedir. Eğer ölçülen karar birimi etkin değilse etkinlik ölçütünün belirleyen θ büzülme katsayısı 1'den küçük olur. Bu durum, girdi vektöründe radyal olarak azaltma yapılabileceği anlamına gelmektedir.

3.5.2.2. Çıktıya Yönelik BCC Modelleri

Çıktıya yönelik modelin temel amacı, girdiye yönelik modelden çıkarılabilir. Bu modelde araştırılan, belli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğidir. Yine her modelde olduğu gibi sırasıyla; çıktıya yönelik BCC modelinin kesirsel, doğrusal (ağırlıklı) ve dual (zarflamalı) ifadelerini tanımlayacağız. Çıktıya yönelik BCC modelinin kesirsel formülasyonu şu şekildedir:

FP_o Amaç fonksiyonu:

$$\text{Min: } \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{io} - \rho_o}{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \rho_o}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$r = 1, 2, \dots, s$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

V_o : Serbest işaretli değişken

u_r : Karar birimi “o” tarafından r’nci çıktıya verilen ağırlık,

v_i : Karar birimi “o” tarafından i’nci girdiye verilen ağırlık,

y_{ro} : Karar birimi “o” tarafından üretilen r’nci çıktı,

x_{io} : Karar birimi “o” tarafından kullanılan i’nci girdi,

y_{rj} : j’nci karar birimi tarafından üretilen r’nci çıktı,

x_{ij} : j’nci karar birimi tarafından kullanılan i’nci girdi,

ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001),

ρ_o : Ölçeğe göre getirinin yönüyle ilgili değişken

Modelin doğrusal ifadesi:

$$E_o = \text{Min} \sum_{i=1}^m v_i x_{io} - \rho_o$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + \rho_o &\leq 0 \\ u_r &\geq \varepsilon \\ v_i &\geq \varepsilon \end{aligned}$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$r = 1, 2, \dots, s$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

ρ_o serbest işaretli değişken

ρ_o değişkeni, zarflama (Dual model) modelinde yer alan konvekslik kısıtı yüzünden, doğrusal modelin amaç fonksiyonuna yerleştirilmiştir. Problemin çözümü sonrasında E_o ‘nun alabileceği en küçük değer 1 dir. E_o ‘nun bire eşit olması “o” karar biriminin etkin olduğu anlamına gelirken 1 den büyük olması da etkin olmadığını göstermektedir. Problemin daha kolay çözümü ve referans kümesinin kolayca belirlenmesine imkan tanıyan dual gösterim (zarflama modeli) ise aşağıdaki gibidir;

Amaç Denklemi:

$$E_k = \text{Max} \beta + \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- - x_{io} = 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - \beta y_{rk} = 0 \quad r = 1, \dots, s$$

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

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$s_i^- \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$s_r^+ \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$$

Modelde β , etkinliği ölçülen “o” karar birimine ait çıktıların ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı olarak tanımlanmıştır. Doğrusal modelde de belirttiğimiz gibi, incelenen karar birimi etkin ise göreceli etkinlik ölçütü ‘ E_o 1’e eşit olacaktır, etkin olmayan karar birimlerinin etkinlik değeri ise 1’den büyük olacaktır. Aynı şekilde etkin olmayan karar birimi için, etkinlik ölçütünün belirleyen β genişleme katsayısı 1’den büyük olur. Bu durum, çıktı vektöründe radyal olarak arttırma yapılabileceği anlamına gelmektedir. Etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde yer alan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim çıktıya yönelik CCR modeline benzer olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\hat{x}_o = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j$$

$$\hat{y}_o = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j$$

CCR modelleri ile toplam etkinlik hesaplanırken, BCC modelleri ile teknik etkinlik hesaplanmaktadır. Teknik olarak etkin olan bir karar verme biriminin

ölçekten kaynaklanan bir etkinsizliği varsa, toplamda da etkin olamayacaktır. Buna göre CCR modelinde etkin olarak belirlenen bir karar verme birimi BCC modeline göre de etkin olarak belirlenmektedir, fakat tem tersi bir genelleme her zaman için doğru değildir yani her BCC etkin karar birimi CCR etkin olarak kabul edilemez.

Bu noktadan hareketle, CCR modelinden elde edilen etkinlik değerinin BCC modelinden elde edilen etkinlik değerine oranı, “ölçek etkinliği” olarak adlandırılmaktadır:

$$\text{Ölçek etkinliği} : \frac{E_o^*_{CCR}}{E_o^*_{BCC}}$$

3.6. Veri Zarflama Analizinin Değerlendirmesi

Veri Zarflama Analizinin güçlü ve zayıf yönleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

3.6.1. Veri Zarflama Analizinin Güçlü Yönleri

Parametrik yöntemlerin aksine girdi ve çıktı arasında fonksiyonel bir bağıntıya ihtiyaç duymayan veri zarflama analizi, üretim fonksiyonunun analitik yapısı hakkında herhangi bir ön varsayım gerektirmez, dolayısıyla parametrelili yöntemlere göre daha esnektir.

Girdi ve çıktı değerleri değişik birimlere sahip olabilir. Veri zarflama analizi bu değişik birimler arasında herhangi bir dönüşüm yapmaya gerek duymadan ölçümü gerçekleştirir. Örneğin, X_1 makine sayısı olurken, X_2 kurtarılan hayat sayısı gibi bir birim olabilmekte ve aynı denklem içinde yer alabilmektedir.

Girdi ve çıktılar hakkında herhangi bir ağırlıklandırma ya da fiyat bilgisine ihtiyaç duymadan işlem yapabilmektedir.⁸⁰

Çok sayıda girdi ve çıktıya sahip karar verme birimlerinin etkinlik ölçümünde kullanılabilir.

Veri zarflama analizi, her karar birimini, etkin bir birim ya da etkin birimler topluluğu ile karşılaştırır. Bu nedenle kıyaslama, araştırmacıyı sınıra ait olmayan birimlerin verimsizliğinin kaynağına götürür, etkin olmayan karar verme birimlerinin nasıl etkin duruma getirilebileceği hakkında önemli ipuçları verir ve etkinsiz karar biriminin performansını ve kümesindeki göreceli olarak etkin karar birimlerinin seviyesine çıkarmak için yol gösterir. Ancak yöntem, verimsiz karar birimini etkin üretim seviyesine ulaştıracak tek bir yol değil alternatif yollar göstererek karar vericiye KVB karakterine uygun yolu seçme özgürlüğü tanır. Burada karar birimine uygun iyileştirme yolunu seçmek araştırmacının yargısı ve tecrübesi ile şekillenir.

VZA'nın uygulanması, özellikle karar vericilerin üretim sürecini, ilgili tüm girdi ve çıktıları tanımlamak suretiyle daha iyi tanımlarını sağlar ve çalışmada gereksinim duyulan veriler ile analiz sonuçlarını içerecek detaylı bir veri tabanı yaratılabilir. Böylelikle konu ile ilgili belgeleme güçlenir.

3.6.2. Veri Zarflama Analizinin Zayıf Yönleri

VZA, her ne kadar parametresiz bir yöntem olarak tanımlansa da, her bir karar birimine göre ayrı ayrı eniyilendiğinden çok fazla sayıda karar değişkeninin hesaplanmasına yol açar. Bu durum serbestlik derecesini oldukça yükseltmektedir.⁸¹ Ayrıca hesaplanan etkinlik skorlarının, kullanılan girdi ve çıktı değerlerindeki hatalara karşı çok duyarlı olması en küçük hatalarda bile sonuçların büyük ölçüde

⁸⁰ Paul C. Simak, “*DEA Based Analysis Of Corporate Failure*” Centre for Management of Technology and Entrepreneurship, Faculty of Applied Sciences and Engineering, University of Toronto, 1997, p.19

⁸¹ Yolalan,1993, s.132

değişmesine yol açmaktadır⁸². Buna benzer başka bir zayıf yön ise gözlem kümesinde (örneklem) aşırı büyük veya küçük girdi-çıktı değerlerine sahip olan bazı gözlemlerin etkinlik sınırının oluşmasında problemlerin oluşmasına neden olabileceğidir.

Başvuru grubuna dahil olan karar verme birimlerinin diğerlerine göre üstünlüğünün göreceli olması, bu birimlerinin kendi baslarına değerlendirildiğinde de gerçekten verimli olup olmadıkları hakkında bir yorum yapılabilmesini güçleştirmektedir. Bu sebeple VZA etkinlik sonuçları, görecelilik çerçevesinde değerlendirilmelidir. Başka bir deyişle VZA, karar birimlerinin birbirlerine göre performansını ölçmek açısından yeterli bir tekniktir. Ancak; bu değerlendirmenin mutlak etkinlik bazındaki yorumu ile ilgili ipucu vermez. Kısacası, mutlak bir etkinlik ölçütü olarak kabul edilemez.

VZA, esas olarak veri tabanlı bir yöntem olduğu için, araştırmacı verilerin hangi girdi-çıktı kümesinin üretim fonksiyonunun tahmininde gerekli olduğunu seçerken dikkatli davranmalıdır. İlgili girdi ve çıktıların üretim sürecini doğru olarak yansıtabilmesi, yöntemin sağlıklı sonuçlar vermesini doğrudan etkilemektedir. Eksik ya da yanlış girdi-çıktı seçimi, sonucu çok büyük oranda olumsuzlaştıracaktır⁸³.

VZA modelleri, statik (durağan) ve tek zaman kesitinde değerlendirilen modellerdir. Gerçek hayatta ise karar verme birimlerinin bazı girdilerini çıktılarına dönüştürebilmesi bir periyottan daha uzun bir süre alacağından, üretim süreci dinamik bir özellik göstermektedir.

⁸² Koray, Kayaıldere, Sibel Kargın;”Çimento ve Tekstil Sektörlerinde Etkinlik Çalışması ve Veri Zarflama Analizi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 6 Sayı:1, 2004 s.209

⁸³ Yolalan,1993, s.132

3.7. VZA'nın Uygulama Süreci

3.7.1. Karar Birimlerinin Seçilmesi

Veri zarflama analizinde ilk aşama, birbirleriyle karşılaştırmalı etkinlik ölçümü yapılacak olan karar verme biriminin seçimidir. Bu seçim sürecinde Ahn⁸⁴, iki ana prensip belirlemiştir.⁸⁵

1. Her bir karar verme birimi kullandığı kaynaklar ve ürettiği çıktılarından sorumlu bir birim olarak tanımlanmış olmalıdır.

2. Etkinlik sınır tahminleme sonucunun anlamlı çıkabilmesi için örneklem de yer alan karar verme birim sayısı yeterince büyük olmalıdır.

Bu konuda uygulamada en çok karşılaşılan durum, seçilen karar biriminin girdi ve çıktı sayısının en az iki katı olması gerektiğidir. Daha sistematik bir yaklaşımla; girdi sayısı m , çıktı sayısı da p ise, en az $2(m+p)+1$ tane karar biriminin alınması, araştırmanın güvenilirliği açısından önemli bir kısıttır.

Gözlem kümesinin içerdiği karar birim sayısının belirli bir değerin üstünde olması ile türetilen etkinlik ölçütlerinin birbirlerinden farklı olması olanağı sağlanır. Aksi takdirde, herhangi bir çıktı/ girdi oranında avantajlı olan karar birimi tüm ağırlıkları kendi açısından en çoklar ve etkinlik sınırına erişir. Bu nedenle etkinlik ölçümünün anlamlı olabilmesi için karar birimlerinin (gözlem kümesinin) seçiminde çok titiz davranılması gerekmektedir.⁸⁶

Karar birimlerinin seçimi konusunda bir başka kriter de karar birimlerinin homojen olmaları gerektiğidir. Karar birimleri yaptıkları üretim açısından birbirine yeterince benzer olmalı, benzer girdileri benzer çıktılarına dönüştürmeli ve benzer ortamda yer alıyor olmalı ve benzer ölçek büyüklüklerinde üretim yapmalılardır.

Dikkat edilmesi gereken başka bir önemli nokta ise zaman periyotlardır. Uzun periyotların kendi içlerinde oluşabilecek önemli değişiklikleri yansıtamayacağı, kısa

⁸⁴ Ahn, T., "Efficiency Related Issues in Higher Education: A Data Envelopment Analysis Approach", Ph.D. Thesis, The University of Texas , Austin 1987

⁸⁵ Bakırcı, 2006, s.167

⁸⁶ Yolalan, 1993, s. 65

periyotların ise karar verme birimlerinin etkinlikleri hakkında tam bir fikir veremeyebilecekleri göz önünde bulundurulmalıdır.⁸⁷

3.7.2. Girdi ve Çıktı Kümelerinin Belirlenmesi

Bu aşamadaki amaç, üretim teknolojisini en iyi şekilde ifade edebilecek girdi ve çıktıların seçilmesidir. Bu nedenle, üretimle ilişkilendirilebilecek bütün aday girdi ve çıktıların listesi yapılarak ise başlanmalıdır.

İkinci aşamada ise, ilk aşamada seçilen girdi ve çıktıların, birbirleriyle ilişkilerinin ortaya çıkarılması ve doğru girdi ve çıktıların belirlenmesi, üretime direkt etkisi olmayan değişkenlerin elenmesi hedeflenmektedir.

Ancak; modelde önemli bir değişken göz ardı edilirse, dışarıda bırakılan bu değişkeni etkin kullanmakta olan karar verme birimlerinin etkinliği düşük çıkacaktır. Buna karşın, modele çok fazla girdi ve çıktı eklenmesi bir çözüm değildir, çünkü sayı arttıkça VZA'nın ayrıştırma yeteneği düşmekte bu da karar verme birimi sayısının artmasını gerektirmektedir. Böyle bir durumda gözlem kümesinin homojenliği konusunda büyük sıkıntılar yaşanması kaçınılmazdır. Bu nedenle üretime direkt etkisi olmayan değişkenler elenmelidir. Girdi ve çıktı sayılarının azaltılmasıyla VZA'nın ayrıştırma yeteneği artacaktır.⁸⁸

VZA'da girdi ve çıktı sayılarını azaltabilmenin bir yolu, çiftli korelasyonlara bakmaktır. Eğer; iki girdi arasında mükemmel bir korelasyon mevcutsa, içlerinden biri, etkinlik değerlerinde değişime yol açmadan modelden çıkarılabilir. Çıktılar içinde aynı durum geçerlidir. (Girdi ve çıktıların regresyon analizi ve/veya korelasyon analizi uygulamak için bkz: Sarıca, S. , 2007 s.61)

Özet olarak bir VZA çalışmasına dahil edilecek girdi ve çıktı sayısı olabildiğince küçük olmalı, ancak çalışmada incelenen karar birimlerinin gerçekleştirdiği üretimi de doğru olarak yansıtabilmelidir.

⁸⁷ Bakırcı, 2006, s.168

⁸⁸ Sherman, H.D. "Data Envelopment Analysis as a New Managerial Audit Methodology-Test And Evaluation", *A Journal Of Practice and Teory*, 1984, p.42

VZA için girdi ve çıktılar tanımlandıktan sonra, tüm karar verme birimleri için bu girdi ve çıktı verilerinin elde edilmesi gereklidir. Herhangi bir birim için gerekli verilerin elde edilememesi durumunda söz konusu birim çalışmadan çıkarılır. VZA'nın görelî doğası sebebiyle bir birimin çıkarılması kalan birimlerin görelî verimliliklerinin olduğundan yüksek görünmesine neden olabilir.

Verilerin toplanabilmesi kadar güvenilirlikleri de önemlidir. Doğru olmayan veriler, ait oldukları birimin etkinlik değerini etkilemelerinin yanında, görelî verimlilikleri nedeniyle tüm birimlerin etkinlik değerlerini tartışmalı hale getirir.⁸⁹

3.7.3. Uygun VZA Modelinin Seçilmesi ve Etkinlik Değerlerinin Hesaplanması

Karşılaştırılmalı analizi yapacak olan karar birimlerinden oluşan gözlem kümesi ve ilgili girdi ve çıktı kümeleri seçildikten sonra, etkinlik ölçümünü yapacak analist, mevcut üretim ortamı için en uygun olan VZA modelini seçer. Her bir karar birimi için ilgili model çözülerek görelî etkinlik sonuçlarına ulaşılır.⁹⁰

Temel CCR modeli ile elde edilen görelî etkinlik değerlerinin ileri analizleriyle, VZA'nın diğer modellerinin uygulanması ile elde edilen sonuçlar arasında farklılıklar görülebilir. Daha önce açıklandığı üzere, CCR modelin de iki ayrı yaklaşım kullanılabilir. Bunlar; girdinin azaltılması ve çıktının arttırılması yönündedir. Bunlardan hangisinin uygulanacağına karar verirken mevcut şartlar göz önüne alınmalıdır. Örneğin, girdi çıktıya göre daha az esnekse, yani kontrol altında tutulamayan girdiler mevcut ise, Çıktı tabanlı model daha uygun olacaktır. Çıktılar karar birimlerinin belirleyeceği en uygun değerler yerine yönetim tarafından belirlenmiş hedefler ise girdi tabanlı modellerin seçilmesi daha uygun olacaktır.

Ölçeğe göre getiri tipi sabit veya değişken olarak seçilebilir. Ölçeğe göre getiri, girdilerde bir değişme olduğunda çıktılardaki değişimin yönüyle ilgilidir. Girdiler iki katına çıktığında, süreç iki kat çıktı üretirse ölçeğe göre sabit getiri; süreç

⁸⁹ Özcan, 2005, s.27

⁹⁰ Yolalan, 1993, s.66.

çıktıların iki katından daha az veya çok çıktı üretirse, ölçeğe göre değişken getiri ile modellenenebilir. Ayrıca sabit veya değişken getirili modellerin tercih nedenleri de problemin koşullarına göre değişmektedir. Karar birimlerinin performansı normalde işlem ölçeğinden etkilenmiyorsa sabit ölçeğe göre getirili modeller tercih edilmelidir. Diğer birçok farklı durumda, değişken ölçeğe göre getirili modeller daha uygun olabilmektedir.⁹¹

Modeller belirlenip, oluşturduktan sonra çözmek için doğrusal programlama paket programlarından herhangi biri kullanılabilir (LINGO, GAMS, vb.). Ancak son yıllarda piyasaya sürülen ve Windows altında çalışabilen DEA Solver, Frontier Analyst, EMS gibi özel VZA programları da bulunmaktadır. Bu tür programlar, modellerin çözümü konusunda getirdiği kolaylıklar ile raporlama ve sunum olanakları açısından araştırmacıya büyük kolaylık sağlamaktadırlar.⁹²

3.7.4. Referans Gruplarının (kümesinin) Oluşturulması

VZA etkin olmayan karar birimlerinin nispi olarak etkin birimlerin uyguladığı yönetim ve organizasyon yöntemlerini uygulayarak aynı etkinlik düzeyine ulaşabilecekleri varsayımı üzerine kurulmuştur. Buna göre etkin karar biriminin varlığı (referans kümesi), etkin olmayan bir KVB için aynı girdi-çıktı bileşimleri ile daha iyi bir üretim performansına ulaşılabilmesinin kanıtıdır.

Gözlem grubundaki etkin olmayan karar verme birimlerinin her biri için VZA, etkinlik sınırı üzerindeki bir grup etkin karar verme birimini referans grubu olarak belirler ve karşılaştırmanın gözlem grubuna oranla daha küçük bir grup ile yapılmasını sağlar.

Referans olarak gösterilen karar verme birimlerinin ne kadar etkili olduğu, verimsiz karar verme birimlerine hangi yoğunluklarla referans gösterildiklerine

⁹¹ Seçil Sarıca, “Üniversitelerin Performansa Göre Yönetimi İçin Veri Zarflama Analizi Tabanlı Bir Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Geliştirilmesi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 2006, s36.

⁹² Barr, R. (2004), "DEA Software Tools and Technology: A State-of-the-Art Survey", in Handbook on Data Envelopment Analysis, ed. W.W. Cooper, L. M. Seiford, and J. Zhu, eds. Kluwer Academic Publishers, Boston. P.539

bağlıdır. Bu amaçla, analizin bu bölümünde en iyi gözlemi oluşturan birimlerin kaç tane etkin olmayan birimin referans grubunda yer aldığının bir dökümü yapılarak yoğunluk araştırılabilir.

Genel olarak biriminin referans gruplarında yer alma sıklığı, bu karar birimi çerçevesindeki örneklemin büyüklüğü ile ilişkilidir. Belirli bir çerçevedeki örneklem büyüdükçe, örneklemin oluşturduğu etkinlik sınırının tahminleşen gerçek sınıra yaklaştığı söylenebilir. Literatürde, etkinsiz bir karar biriminin referans grubunda yer alan birimlerle, yalnızca girdi-çıktı kombinasyonu (miktarları) olarak değil, pratik yönetsel uygulamalar açısından derinlemesine incelemeler yapılarak karşılaştırılması gereği yer almaktadır.⁹³

3.7.5. Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri İçin Hedef Belirlenmesi

VZA uygulamalarının en önemli özelliklerinden birisi de, etkin olmayan karar birimleri için performanslarını iyileştirebilecek, ulaşılabilir (kaynak koruma ve/veya çıktı arttırma) hedefleri belirleyebilmesidir. Hesaplamalarda etkin birimlerin elde edilebilir bir teknoloji kullandıkları varsayıldığı için, etkin birimlerin teknolojisi etkin olmayan birim için de ulaşılabilir kabul edilebilir. Etkin olmayan birimler kendilerine kısmen yakın etkin birimlere (referans kümesi) benzetilmeye çalışılır. Literatürde bu işleme potansiyel iyileştirme denilmektedir. Ancak unutulmaması gereken bir nokta, pratikte bu her zaman mümkün olmadığıdır.. Etkinsiz birimlerde fiziksel kısıtlar olabilir, ya da kontrol edilmeyen girdiler olabilir. Hedeflere doğru girilen iyileştirme çabaları sonuçsuz kalabilir.

Analizler sonucunda etkin olarak belirlenen karar birimlerine ait aylak değişkenlerin değeri “sıfır” olmalıdır. Çünkü aylak değişkenler girdi ve çıktılar açısından kullanılmayan kapasiteyi gösterir.⁹⁴ Etkin birimin girdi ve çıktılar açısından kullanılmayan kapasitesi olmadığı için aylak değişken değeri sıfır olacaktır, etkin olmayan birimler de aylak değişkenleri minimize edilerek sıfıra yaklaştırılmaya çalışılacaktır.

⁹³ Bakırcı, 2006, s.170.

⁹⁴ Bakırcı, 2006, s.171.

3.7.6. Sonuçların Değerlendirilmesi

Karar verme birimleri detaylı olarak incelendikten sonra, genel bir değerlendirmeye geçilir. Gözlem kümesine ait etkin olan ve olmayan karar verme birimleri için ortak bulgular araştırılır. Ayrıca, gözlem kümesini oluşturan karar verme birimlerinin ait olduğu endüstri dalının genel durumu hakkında değerlendirmeler yapılır. VZA ile belirlenen hedeflere ulaşılmasa bile, elde edilen bilginin daha sonra değerlendirilebilmesi ve iyileştirmelere açık olunması anlayışı VZA'nın önemli avantajları arasında yer alır.

3.8. VZA Modellerinin Çözümünde Kullanılan Yazılımlar

Görelilik etkinliği ölçümü doğrusal programlamaya dayandığı için, doğrusal programlama çözmeye yönelik yazılımlarla etkin bir şekilde çözümlenebilmektedir. Simpleks çözüm algoritması, işlemlerin optimal çözüm bulununcaya kadar tekrarlanması gerektirdiği için, bilgisayar programları bu işlemleri kolayca gerçekleştirebilmektedirler. Optimizasyon çözüm programları olarak; LINDO, GAMS, QSB, STORM, DS gibi standart doğrusal programlama yazılımları kullanılabilmektedir. Ancak son yıllarda Veri Zarflama Analizi için özel olarak yaratılmış; DEA SOLVER, FRONTIER ANALYST, WARWICK DEA, PIONER, DEAP, gibi yazılımlarda geliştirilmiştir.⁹⁵ Bu programlar, her karar birimi için ayrı ayrı modeller kurma gibi büyük ölçekli araştırmalarda çok oldukça fazla zaman alan işlemleri kendi bünyelerinde yaparak, araştırmacıya büyük kolaylıklar sağlamaktadırlar.

Temellerinde benzer prensiplerde çalışan bu programlar, destekledikleri VZA modelleri (CCR, BCC,...), çalıştıkları platform (Dos, Windows, Linux,...) kullanıcı ara yüzleri, analiz sonuçlarının sunumu (raporlama, grafik ve toblolama,...) gibi ayrıştırıcı özelliklerde gösterdikleri performansa göre birbirlerinden ayrılırlar. Tablo 3.1 de en popüler VZA yazılımlarının desteklediği modeller ve bazı özellikleri listelenmiştir.

⁹⁵ Bakırcı, 2006, s.171

Tablo 3.1 VZA Yazılımları Değerlendirme Kriterleri

Versiyon Üretici	Ticari Yazılımlar				Ticari Olmayan Yazılımlar			
	DEA	Frontier	OnFront	Warwick	DEA Excel	DEAP	EMS	Pioneer
	Solver Pro	Analyst	202	DEA	Solver	2.1	1.3.0	2.0
	SAITECH	Barxia Software	EMQC	Warwick Univ.	Zhu	Colletti	Scheel	Barr, McLeod
A. Desteklenen Modeller								
1 CCR/CRS	●	●	●	●	●	●	●	●
2 BCC/VRS	●	●	●	●	●	●	●	●
3 NIRS, NDRS, GRS	●	●	●	●	●	●	●	●
4 Additive/slack-based method	●	●	●	●	●	●	●	●
5 Malmquist	●	●	●	●	●	●	●	●
6 Non-convex	●	●	●	●	●	●	●	●
7 Non-radial	●	●	●	●	●	●	●	●
8 Preference-structure	●	●	●	●	●	●	●	●
9 Undesirable-measure	●	●	●	●	●	●	●	●
10 Context-dependent	●	●	●	●	●	●	●	●
11 Free-disposal hull (FDH)	●	●	●	●	●	●	●	●
12 Cost efficiency	●	●	●	●	●	●	●	●
13 Revenue efficiency	●	●	●	●	●	●	●	●
14 Profit, revenue/cost efficiency	●	●	●	●	●	●	●	●
15 Target, mixed improvement	●	●	●	●	●	●	●	●
16 Capacity utilization	●	●	●	●	●	●	●	●
17 Variable-benchmark	●	●	●	●	●	●	●	●
18 Fixed-benchmark	●	●	●	●	●	●	●	●
19 Minimum efficiency	●	●	●	●	●	●	●	●
20 Value chain	●	●	●	●	●	●	●	●
21 Weak disposability	●	●	●	●	●	●	●	●
22 New cost, revenue, profit	●	●	●	●	●	●	●	●
23 Congestion	●	●	●	●	●	●	●	●
24 Scale elasticity	●	●	●	●	●	●	●	●
B. Özellikler								
1 Girdi/Çıktı Yönelimi Seçimi	●	●	●	●	●	●	●	●
2 Çoklu Dönem Analizi	●	●	●	●	●	●	●	●
3 Ağırlık Kısıtları	Conical, UB, LB	UB, LB	●	Conical CRS	●	●	Conical	Conical
4 Süper Etkinlik Skorları	●	●	●	●	●	●	●	●
5 İsteg B. Olmayn Fakt. Ayırımı	●	●	●	●	●	●	●	●
6 Kategorik Değişkenler	●	●	●	●	●	●	●	●
7 Değişken Önceliği	●	●	●	●	●	●	●	●
8 Duyarlılık Analizi	●	●	●	●	●	●	●	●
9 Çoklu Adım	●	●	●	●	●	●	●	●
10 Çoklu (iççe) Sınır	●	●	●	●	●	●	●	●
11 Disposability Kontrolleri	●	●	●	●	●	●	●	●
12 Senaryo Karşılaştırma	●	●	●	●	●	●	●	●
13 Etkinlik Bileşenleri Analizi	●	●	●	●	●	●	●	●
14 Sıfır Substitution	●	●	●	●	●	●	●	●
15 Kıyaslama	●	●	●	●	●	●	●	●
● İçerir · İçermez ○ Sınırlı İçerik								

Kaynak: Barr, R. (2004), "DEA Software Tools and Technology: A State-of-the-Art Survey", in Handbook on Data Envelopment Analysis, ed. W.W. Cooper, L. M. Seiford, and J. Zhu, eds. Kluwer Academic Publishers, Boston. P.543

Tablo 3.2 'de ise VZA yazılımlarına ait teknik özellikler, raporlama ve sunum yetenekleri, online destek, fiyat, gibi performans kriterleri listelenmiştir.

Tablo 3.2 VZA Yazılımları değerlendirme Kriterleri

	Ticari Yazılımlar				Ticari Olmayan Yazılımlar			
	DEA Solver Pro	Frontier Analyst	OnFront	Warwick DEA	DEA Excel Solver	DEAP	EMS	Pioneer
	4.0	3.1.5	2.0	1.0	1.0	2.1	1.3.0	2.0
Versiyon	4.0	3.1.5	2.0	1.0	1.0	2.1	1.3.0	2.0
Üretici	SAITECH	Banxia Software	EMQC	Warwick Univ.	Zhu	Colletti	Scheel	Barr, McLeod
C. Platform								
1 Platform	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
2 Girdi Dosya Türleri	SS, manual	TXT, Clip, SS, SS select, SPSS, manual	TXT, Clip, manual	TXT	SS, manual	TXT	TXT, SS	TXT
3 Çıktı Dosya Türleri	SS	SS, Clip, TXT, PDF, HTML, ☑	TXT	TXT	SS	TXT	TXT, Clip	TXT
D. Kullanıcı Arayüzü								
1 Grafik Arayüzü	☑	●	●	●	☑	•	●	•
2 Elektronik Tablolama Formatı	☑	●	●	●	☑	•	•	•
3 İnteraktif Data Manip	☑	●	●	●	☑	•	•	•
4 Özel Gözlem Düzenlemesi	☑	●	●	●	☑	•	•	•
5 KVB i/o factor subset control	☑	●	●	●	☑	•	○	•
6 Data Filtreleme	•	●	•	•	•	•	•	•
7 Data ve Sonuç Sıralaması	☑	●	●	○	☑	•	•	•
E. Raporlama								
1 Standart Rapor	12	5	9	5	3	8	2	3
2 Özel Rapor	☑	○	•	○	☑	•	•	•
3 Standart Grafik Ve Tablolar	4	12	•	•	•	•	•	•
4 Özel Tablolar	☑	○	●	•	☑	•	•	•
5 Etkinlik Skor Raporu	●	●	●	●	●	●	●	●
6 Proje/Hedef Faktör Raporu	●	●	•	●	●	●	•	●
7 Optimal Faktör Ağırlık Raporu	●	●	●	●	●	●	●	●
8 Referans Kümesi Raporu	●	●	●	●	●	●	●	●
9 Aylak Değişken Raporu	●	●	●	●	●	•	•	•
10 Ölçeğe Göre Getiri Analizi	●	•	●	●	●	•	•	•
11 Çapraz Etkinlik	•	○	•	•	•	•	•	•
F. Dokümantasyon ve Destek								
1 Eğitim Kitapçığı(Sayfa Say.)	•	26	•	•	•	•	•	•
2 Kullanım Klavuzu	•	99	38	19	43	49	12	2
3 Referans Klavuzu	43	•	52	○	☑	•	•	•
4 Yardım	•	●	●	•	•	•	•	•
5 Teknik Destek	●	●	•	●	•	•	•	•
6 Web Sitesi Desteği	•	●	•	•	●	•	•	•
G. Çözme Süreleri								
1 Kez 431 KVB CCR (nmiss)	0.17	0.05	0.06	0.53	2:30	<0:01	0:11	<0:01
2 Kez 431 KVB BCC, superE	0.16	•	•	18:45	4:40	•	0:12	<0:01
H. Fiyat Edilebilirlik								
1 Ücretsiz Demo	☑	●	●	●	•	●	●	●
2 Lisans Bedeli	\$1,600	£395 - £2395	\$1,750	£200 - £500	☑	\$0	•	•
3 Akademik Lisans Bedeli	\$800	£195 - £595	\$750	£800+ (site)	☑	\$0	\$0	\$0
4 Yenileme ve Bakım	•	●	●	●	•	•	•	•

Microsoft Windows
 DOS
 Unix
 Grafik Arayüzü Olarak Microsoft Excel'i Kullanır
 İçerir
 İçermez
 Sınırlı Olarak İçerir
 Opsiyonel
 Kitap ile Birlikte Gelir

Kaynak: Barr, R. (2004), s.545

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

4.1. Çalışmanın Amacı

Çalışmanın amacını, hipermarket sektöründe, Türkiye'nin önde gelen firmalarından birinin bünyesinde yer alan 34 hipermarketin veri zarflama analizi kullanarak etkinlik düzeylerinin belirlenmesi oluşturmaktadır. Bu noktada amaç, firma bünyesindeki tüm hipermarketler arasında bir etkinlik değerlendirmesi yaparak, etkinlik düzeylerinin belirlenmesi, etkin olmayan hipermarketleri etkin hale getirebilmek için girdi ve çıktı miktarlarında nasıl bir değişim yapılması gerektiğinin belirlenmesidir.

4.2. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmamızın üçüncü bölümünde de bahsettiğimiz gibi, karar birimleri arasında etkinlik analizi yapan yöntemler arasında çok sayıda girdi çıktı değişkenini değerlendirmeye katabilmesi sayesinde bir adım öne çıkan veri zarflama analizi, birbirine benzer karar birimleri olan aynı firmaya ait hipermarketlerin etkinliklerinin değerlendirileceği uygulamamız için uygun bir araştırma yöntemi olarak değerlendirilmiştir.

Veri zarflama analizinin yapısı gereği, incelenen karar birimlerinin homojenliği sonuçların tutarlılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden veri zarflama analizi literatüründe aynı ürünü üreten firmalar ya da aynı hizmeti veren kurumlar (Hastaneler, okullar...) üzerinde yapılmış araştırmalar önemli yer tutmaktadır. Homojen karar birimleri arasında etkinlik ölçümü yapan veri zarflama analizi için bir başka etkin uygulama sahası ise tek bir birime ait şubelerdir. Ölçek büyüklükleri dışında büyük oranda homojen olan şubeler arası etkinlik ölçümü, sağlıklı sonuçlar alabilmek için oldukça uygun araştırma sahalarıdır.

Veri zarflama analizi literatüründe etkinlikleri araştırılan karar birimleri arasında; banka şubeleri, fastfood zincirleri, çeşitli franchisingler, kamu kurumlarına

ait hizmet şubeleri... Vb. oldukça sık karşımıza çıkan örnekler arasındadır. Bizim araştırmamıza konu olan hipermarket etkinliğinin ölçülmesi konusunda ülkemizde yayınlanmış bir çalışma olmasa da uluslararası literatürde bazı örneklerine rastlamak mümkündür. Bu noktada perakende satış sektöründe çok sayıda uygulama bulunmasına karşın süpermarket ve hipermarket etkinliğine odaklanmış çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Tablo X.X Bu alanda veri zarflama analizi kullanılarak yapılmış başlıca çalışmaların bir listesini içermektedir.

Bu konuda yapılmış çalışmalar:

- Barros ve Alves (2003), Portekizde Lider konumdaki bir perakende firmasına ait 47 mağazanın etkinliğini ölçmüşlerdir.
- Keh ve Chu (2003), Birleşik Devletler’de ki USA Stores zincirine ait 13 mağazada etkinlik araştırması yapmışlardır.
- Barros (2004), VZA ve Tobit⁹⁶ Model kullanarak Portekiz’deki 22 süpermarket ve hipermarketin etkinliğini ölçmüştür.
- Sellers-Rubio ve Mas-Ruiz (2006), yine VZA kullanarak İspanya’da 100 farklı süpermarket zincirinin etkinliğini ölçmüştür.
- Perrigot ve Barros (2008), VZA ve Tobit model kullanarak, 11 Fransız Perakende ağına ait etkinliğin ölçümünü gerçekleştirmişlerdir.
- Sellers-Rubio ve Mas-Ruiz (2007), VZA ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği tekniklerini kullanarak İspanyadaki 96 süpermarket zincirine ait etkinlik araştırmasını gerçekleştirmişlerdir.
- Thomas ve Diğerleri (1998) VZA ve Manova teknikleri kullanarak 552 USAmulti-store,multi-market parakende mağazasına ait etkinliği ölçülmesini gerçekleştirmişlerdir.

Bu uygulamada ise söz konusu firma bünyesindeki hipermarketlerin 2009 yılı etkinlik incelemesi yapılmış ve veri olarak yılın ilk beş aylık periyoduna ait güncel değerler kullanılmıştır. Firma bünyesindeki tüm hipermarketleri kapsayan genel bir araştırma gerçekleştirileceğinden, Karar birimlerin seçimi konusunda herhangi bir

⁹⁶ Tobit modeller kısaca, sansürlenmiş veya kesilmiş regresyon modelleri olarak tanımlanmaktadır.

ayrıt edici kıstas gözetilmeyip, firmaya bağlı tüm hipermarketler ölçüme dahil edilmiştir. Araştırmanın kapsamı dışında, karar birimlerinin tamamen homojen olması da herhangi bir eleme yapılması gerekliliğini ortadan kaldırmıştır. Çalışmada çıktıları yönelik iyileştirmenin yöneticiler açısından daha aydınlatıcı veriler sunacağı düşünüldüğünden ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında çıktı odaklı CCR (CCR-O) ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında çıktı odaklı BCC (BCC-O) modelleri kullanılmıştır. Burada CCR etkinlik değerleri, toplam teknik etkinliği, BCC verimlilik değerleri ise salt teknik etkinliği vermektedir.

4.3. Girdi ve Çıktı Kümelerinin Belirlenmesi

Girdi ve çıktı kümeleri belirlenirken gözetilmesi gereken amaç, belirli bir üretim ya da hizmete dayalı üretim teknolojisini en iyi şekilde ifade edebilecek girdi ve çıktıların seçilmesidir. Bu seçim yapılırken göz önünde bulundurulması gereken özellikler şu şekilde özetlenebilir:

- Üretim teknolojisini en iyi şekilde ifade edebilecek tüm girdi ve çıktıların belirlenmesi.
- Seçilen girdi ve çıktıların, birbirleriyle ilişkilerinin ortaya çıkarılması ve doğru girdi ve çıktıların belirlenerek, üretime direkt etkisi olmayan değişkenlerin elenmesi.
- Belirlenen tüm girdi çıktıları ait verilerin incelenen tüm karar birimleri için elde edilebilir ve güvenilir olması.

Tablo 4.1 bu alanda şu ana dek yapılmış önemli çalışmalara ait girdi çıktı bileşenlerinin bir özetini içermektedir.

Fiziki mal üretmeyen kuruluşların etkinliklerinin değerlendirmesinde literatürde olduğu gibi çalışmamızda da işgücü ve giderler temel girdi kalemlerini oluşturmuş, kasa sayısı, toplam satış alanı gibi, çıktıları direk etkileyecek ve ölçek büyüklüğünü temsil edebilecek veriler modele dahil edilmiştir. Satışlar ve net kar ise süreci en iyi yansıtan çıktı kalemleri olarak belirlenmiş modelde ki yerini almıştır. Yapılan literatür taraması ve yukarıda kısaca özetlenen koşulların değerlendirilmesi sonucu oluşturulan girdi-çıkıtı listesi Tablo 4.2 de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Literatürdeki Başlıca Örnekler ve Girdi-Çıktı Kümeleri

Çalışma	Analiz Düzeyi	Girdi	Çıktı
Barros ve Alves (2003)	VZA, Portekiz Hipermarket Sektöründe Lider Konumdaki Bir Firmaya Ait 47 Mağazanın Etkinliğinin İncelenmesi	Tam Zamanlı Çalışan Sayısı, İşgücü Maliyeti, Kasa Sayısı, Stok, Diğer Giderler	Satışlar, Operasyon Sonuçları
Barros (2006)	VZA ve Tobit Model, Portekizdeki 22 Süpermarket ve Hipermarkete ait Etkinliğin İncelenmesi	İşçi Sayısı, Varlık Sayısı	Satışlar, Operasyon Sonuçları
Keh ve Chu (2003)	VZA, 13 Amerikan Mağazasına Ait Etkinliğin İncelenmesi	İşgücü, Yönetim Ücretleri, Çalışılan Saat Başına Gelir	Dağıtım Servisleri: Ulaşılabilirlik, Çeşitlilik; Ürün dağıtım sigortası, enformasyon sağlanabilirliği, Satışlar
Perrigot ve Barros (2008)	VZA ve Bootstrap Tobit Model 11 Kapsamlı Parekendeci Etkinliğinin İncelenmesi	Tam Zamanlı Çalışan Sayısı, Varlıklar Toplamı, Giderler	İş Hacmi, Operasyonel Sonuçlar
Sellers-Rubio ve Mas-Ruiz (2006)	VZA, İspanya'da 100 Süpermarket Zincirine Ait Etkinlik Araştırması	Çalışan Sayısı, Mağaza Sayısı, Sermaye: Özkaynaklar, Kısa ve Uzun Vadeli Borçlar	Satışlar, Kar
Sellers-Rubio ve Mas-Ruiz (2007)	VZA ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İspanyadaki 96 Süpermarket Zincirine Ait Etkinlik Araştırması	Çalışan Sayısı, Mağaza Sayısı, Sermaye: Özkaynaklar, Kısa ve Uzun Vadeli Borçlar	Satışlar, Kar
Thomas ve Diğerleri (1998)	VZA, Manova 552 USAmulti-store, multi-market Parakendecisi Mağazası Etkinliği Araştırması	İşgücü: Çalışan Sayısı ve Ücretler Deneyim: İşçi, Yönetici ve Mağaza Sayısı Lokasyona Dayalı Giderler: İkamet ve operasyonel Giderler İçsel Süreç: Envanter ve İşlemler	Satışlar, Kar

Kaynak: Wantao Yu, Ramakrishnan Ramanathan, An assessment of operational efficiency of retail firms in China, Journal of Retailing and Consumer Services, 16 (2009) 109–122

Tablo 4.2. Uygulamada Kullanılan Girdi Çıktı Kümesi

Girdiler:
Çalışan Sayısı
Toplam İşgücü Maliyeti
Genel Giderler
İkamet Maliyeti
Kasa Sayısı
Toplam Satış Alanı
Çıktılar:
Satışlar
Kar

Seçilen girdi ve çıktıların, birbirleriyle ilişkilerinin ortaya çıkarılması ve doğru girdi ve çıktıların belirlenerek, üretime direkt etkisi olmayan değişkenlerin elenmesi araştırmanın güvenilirliği ve sadeliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle üretime direkt etkisi olmayan değişkenler elenmelidir. Girdi ve çıktı sayılarının azaltılmasıyla VZA 'nın ayrıştırma yeteneği artmaktadır..⁹⁷

VZA 'da girdi ve çıktı sayılarını azaltabilmenin bir yolu, çiftli korelasyonlara bakmaktır. Eğer; iki girdi arasında mükemmel bir korelasyon mevcutsa, içlerinden biri, etkinlik değerlerinde değişime yol açmadan modelden çıkarılabilir. Yapılan inceleme sonucu çalışan sayısı ve toplam iş gücü maliyeti arasında çok yüksek bir korelasyon (0,9902) belirlenmiş ve iki girdiden birinin elenmesi gerektiğine karar verilmiştir. Parasal ifade içeren toplam işgücü maliyetinin korunmasına karar verilmiş, çalışan sayısı modelden çıkarılmıştır.

Değerlendirilen tüm kriterler sonucu ortaya çıkan veri seti Tablo 4.3 'de gösterilmiştir. Veri setinin çalışan sayısı çıkarılmadan önceki hali Ek.1.1' de gösterilmiştir.

⁹⁷ Sherman, H.D. "Data Envelopment Analysis as a New Managerial Audit Methodology-Test And Evaluation", *A Journal Of Practice and Teory*, 1984, p.42

Tablo 4.3. Çalışmada Kullanılacak Veri Seti

Mağaza Kodu	Toplam İşgücü Maliyeti (TL) (2009 ilk 5 ay Ortalaması)	Genel Giderler (TL) (2005 İlk 5 Ay Ortalaması)	İkamet Maliyeti	Toplam Satış Alanı (1000 m2)	Kasa Sayısı	Toplam Satışlar (2009 ilk 5 Ay Ortalaması)	Net Kar (2009 ilk 5 Ay Ortalaması)
M1	311,805	299,452	68,240	10	57	5,013,565	520,171
M2	393,724	404,751	134,533	13	63	6,424,912	587,034
M3	217,876	257,839	172,766	5	35	3,760,516	138,124
M4	454,501	375,049	151,998	10	63	8,960,244	1,857,521
M5	170,046	164,943	30,990	5	30	1,834,192	-46,197
M6	202,802	246,412	27,537	5	38	3,431,545	304,401
M7	221,491	334,284	41,244	7	45	4,009,253	254,994
M8	187,455	216,742	58,048	5	35	3,142,848	300,153
M9	190,217	227,678	70,480	5	28	3,074,005	234,451
M10	186,346	270,703	83,947	7	55	2,807,014	-4,413
M11	189,559	278,278	40,857	7	46	3,713,061	267,255
M12	137,226	211,794	33,479	5	36	1,796,448	-31,075
M13	109,062	173,256	17,768	3	25	1,691,704	111,175
M14	154,525	205,326	42,873	5	36	2,439,734	240,221
M15	102,684	144,110	28,430	3	27	1,433,073	63,845
M16	281,491	296,680	393,457	7	47	5,508,520	277,108
M17	114,820	143,886	48,431	3	28	1,548,725	52,263
M18	156,846	179,511	52,107	5	37	1,997,709	120,543
M19	108,990	104,627	54,425	3	28	1,042,257	-71,324
M20	192,312	238,144	183,249	7	40	3,239,431	92,919
M21	141,255	174,732	80,857	5	36	1,766,004	99,521
M22	120,557	160,770	76,575	3	32	1,564,787	-55,002
M23	158,205	213,476	77,162	5	39	2,698,545	243,198
M24	133,894	165,233	24,944	3	36	2,360,433	225,044
M25	217,547	246,028	262,611	7	45	3,091,077	-112,156
M26	114,367	139,571	20,670	3	28	1,258,106	-1,987
M27	161,708	212,540	81,837	5	35	1,564,100	-61,548
M28	180,442	293,004	73,968	7	49	1,971,567	-68,405
M29	135,871	207,786	43,495	5	38	1,327,810	-19,390
M30	185,902	214,670	161,568	7	39	2,292,249	-147,138
M31	239,267	339,825	316,924	7	52	3,637,400	-86,853
M32	177,345	220,344	70,434	7	36	1,463,265	-203,496
M33	109,315	150,769	148,357	5	28	1,029,822	-204,537
M34	147,721	172,216	26,410	5	34	1,836,333	485,979

4.4. Etkinlik Değerlerinin Hesaplanması

Uygulamada DEA Solver yazılımı kullanılmıştır. LV versiyonu ile 50 Karar birimi etkinliği ölçümüne kadar ücretsiz olarak kullanılabilen bu yazılım, 34 karar birimlik uygulamamız için, gerek kullanıcı dostu arayüzü gerekse başarılı raporlama özellikleri dolayısıyla uygun görülmüştür.

Verilerin yazılıma aktarımında iki temel kıstas göz önünde bulundurulmuştur. Bunlardan birincisi verilerin sistemin kabul edeceği şekilde tasnif edilmesidir. Sistem ilk satırda karar birimi ad ya da numaralarının, başına herhangi bir parametre girilmeksizin sıralanmasını istemektedir. Daha sonraki sütunlarda ilk satırda başlıklar yer alacak şekilde girdi ve çıktı değerlerinin girilmesi gerekmektedir. Girdi ve çıktılara ait başlıklarda verinin girdi mi çıktı yoksa çıktı mı olduğunu tanımlayan (I) ve (O) harfleri kullanılması gerekmektedir. Tablo 4.4.'de söz konusu biçimi açıklayan 6 girdi 2 çıktıdan oluşan bir veri seti örneği yer almaktadır.

Tablo 4.5. DEA Solver Yazılımı İçin Örnek Veri Düzeni

Mağaza Kodu	(I) Çalışan Sayısı	(I) İşgücü Maliyeti	(I) Genel Giderler	(I) İkamet Maliyeti	(I) Toplam Satış Alan ı	(I) Kasa Sayısı	(O) Satışlar	(O) Net Kar
1	258	311805	299452	68240	10	57	5013565	725171
2	333	393724	404751	134533	13	63	6424912	792034
3	174	217876	257839	172766	5	35	3760516	343124
4	369	454501	375049	151998	10	63	8960244	2062521

Verilerin yazılıma aktarımında göz önünde bulundurulan ikinci kıstas ise negatif barındırmama koşuludur. Uygulamamızda incelenen karar birimlerinden bir kısmı incelenen periyotta zarar ettiğinden, net kar sütununda eksi değerler yer almaktadır. Bu durumun ortadan kaldırılması için net kar sütununda yaralan tüm değerlere, sütundaki mutlak değer olarak en büyük negatif sayı eklenerek, tüm değerlerin pozitif olması sağlanmıştır. Mutlak değer olarak en büyük sayı olan 33 numaralı karar birimine ait net kar değeri (-204537,34) yuvarlanarak 205 000 yapılmış ve tüm net kar değerlerine eklenmiştir. Bu işlemler sonucu yazılıma girilen veri seti Tablo 4.5 'de gösterilmektedir.

Tablo 4.5 Yazılıma Girilen Veri Seti

Mağaza	(I) İşgücü Maliyeti	(I) Genel Giderler	(I) İkamet Maliyeti	(I) Toplam Satış Alanı	(I) Kasa Sayısı	(O) Satışlar	(O) Net Kar
M1	311804.62	299451.93	68239.91	10	57	5013564.57	725170.97
M2	393723.93	404751.23	134533.40	13	63	6424912.01	792034.05
M3	217875.86	257839.32	172766.01	5	35	3760515.85	343123.92
M4	454501.07	375048.75	151997.91	10	63	8960244.05	2062520.86
M5	170046.40	164943.02	30989.80	5	30	1834191.52	158803.25
M6	202801.95	246412.31	27537.45	5	38	3431544.81	509400.51
M7	221491.15	334284.28	41243.71	7	45	4009252.84	459993.74
M8	187454.95	216742.02	58048.40	5	35	3142847.51	505153.26
M9	190217.34	227677.60	70479.91	5	28	3074005.29	439450.86
M10	186345.81	270703.28	83947.33	7	55	2807014.38	200587.37
M11	189559.11	278278.22	40856.85	7	46	3713060.51	472254.60
M12	137226.17	211793.89	33478.72	5	36	1796447.76	173924.96
M13	109061.75	173256.04	17768.14	3	25	1691704.14	316175.09
M14	154525.04	205325.58	42873.14	5	36	2439734.18	445220.76
M15	102684.36	144110.08	28430.14	3	27	1433072.84	268845.18
M16	281491.19	296680.21	393457.05	7	47	5508520.15	482108.40
M17	114819.62	143886.00	48430.63	3	28	1548724.51	257262.96
M18	156845.86	179511.42	52106.51	5	37	1997709.04	325543.31
M19	108990.08	104626.67	54424.77	3	28	1042257.09	133675.99
M20	192312.22	238144.30	183248.57	7	40	3239430.59	297918.96
M21	141255.05	174731.81	80856.86	5	36	1766004.12	304520.62
M22	120556.95	160770.47	76575.36	3	32	1564787.11	149997.91
M23	158205.17	213476.44	77161.53	5	39	2698545.47	448198.10
M24	133894.07	165232.60	24943.98	3	36	2360432.52	430044.49
M25	217546.65	246027.64	262611.11	7	45	3091076.68	92843.96
M26	114367.32	139571.22	20670.01	3	28	1258106.47	203013.34
M27	161707.67	212540.34	81836.99	5	35	1564100.14	143451.83
M28	180441.90	293003.77	73968.31	7	49	1971567.18	136594.50
M29	135870.81	207785.94	43494.96	5	38	1327810.44	185609.51
M30	185902.21	214669.72	161568.20	7	39	2292249.02	57861.51
M31	239266.78	339824.91	316924.20	7	52	3637399.99	118146.62
M32	177345.30	220344.36	70433.86	7	36	1463264.62	1504.30
M33	109315.15	150768.70	148357.45	5	28	1029822.07	462.65
M34	147720.66	172216.40	26410.30	5	34	1836333.04	690978.83

Sabit ölçek varsayımı altında çıktıya yönelik CCR modelinin nasıl kurulacağı açıklanarak, çözüm yolunun anlaşılması açısından örnek olarak firma bünyesindeki M1 kodlu hipermarketin Tablo 4.5 de yar alan girdi çıktı değişkenlerinden yararlanılarak zarflama modeli kurulmuştur.

$$E_{m1} = \max \beta + \varepsilon \sum_{i=1}^5 s_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^2 s_r^+$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{34} x_{ij} \lambda_j + s_i^- - x_{im1} \\ \sum_{j=1}^{34} y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - \beta \cdot y_{rm1} \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \\ i = 1, 2, \dots, 5 \\ r = 1, 2 \\ j = 1, 2, \dots, 34 \end{aligned}$$

- β : radyal çıktı genişlemesini belirleyen katsayı,
 λ_j : j hipermarketinin aldığı yoğunluk değeri,
 s_i^- : M1 kodlu hipermarketin i'inci girdisine ait atıl (aylak) değer,
 s_r^+ : M1 kodlu hipermarketin r'inci çıktısına ait atıl değer,
 ε : 10^{-6} düzeyinde kullanılan yeterince küçük bir değer.
 x_{im1} : M1 kodlu hipermarket tarafından kullanılan i'inci girdi,
 y_{rm1} : M1 kodlu hipermarket tarafından üretilen r'inci çıktı,

Kurulan modellerde kullanılan atıl değerlere ait değişkenler aşağıda gösterilmektedir.

- s_1^- : Çıktıya yönelik modelde toplam işgücü maliyetine ait atıl değer,
 s_2^- : Çıktıya yönelik modelde genel giderlere ait atıl değer,
 s_3^- : Çıktıya yönelik modelde ikamet maliyetine ait atıl değer,
 s_4^- : Çıktıya yönelik modelde toplam satış alanına ait atıl değer,
 s_5^- : Çıktıya yönelik modelde kasa sayısına ait atıl değer,
 s_1^+ : Çıktıya yönelik modelde toplam satışlara ait atıl değer,
 s_2^+ : Çıktıya yönelik modelde net kara ait atıl değer,

$$E_{m1} = \max \beta + \varepsilon(s_1^- + s_2^- + s_3^- + s_4^- + s_5^- + s_1^+ + s_2^+)$$

$$\begin{aligned}
 & 311804 \lambda_{m1} + 393723 \lambda_{m2} + 217876 \lambda_{m3} + 454501 \lambda_{m4} + 170046 \lambda_{m5} + 202802 \lambda_{m6} + \\
 & 221491 \lambda_{m7} + 187455 \lambda_{m8} + 190217 \lambda_{m9} + 186346 \lambda_{m10} + 189559 \lambda_{m11} + 137226 \lambda_{m12} + \\
 & 109062 \lambda_{m13} + 192312 \lambda_{m14} + 102684 \lambda_{m15} + 281491 \lambda_{m16} + 114820 \lambda_{m17} + 156846 \\
 & \lambda_{m18} + 108990 \lambda_{m19} + 192312 \lambda_{m20} + 141255 \lambda_{m21} + 120557 \lambda_{m22} + 158205 \lambda_{m23} + \\
 & 133894 \lambda_{m24} + 217547 \lambda_{m25} + 114367 \lambda_{m26} + 161708 \lambda_{m27} + 180442 \lambda_{m28} + 135871 \\
 & \lambda_{m29} + 185902 \lambda_{m30} + 139267 \lambda_{m31} + 177345 \lambda_{m32} + 109315 \lambda_{m33} + 147721 \lambda_{m34} + s_1^- - \\
 & 311804
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 299452 \lambda_{m1} + 404751 \lambda_{m2} + 257839 \lambda_{m3} + 375049 \lambda_{m4} + 164943 \lambda_{m5} + 246412 \lambda_{m6} + \\
 & 334284 \lambda_{m7} + 216742 \lambda_{m8} + 227678 \lambda_{m9} + 270703 \lambda_{m10} + 278278 \lambda_{m11} + 211794 \lambda_{m12} + \\
 & 172756 \lambda_{m13} + 205326 \lambda_{m14} + 144110 \lambda_{m15} + 296680 \lambda_{m16} + 143886 \lambda_{m17} + 179511 \\
 & \lambda_{m18} + 104627 \lambda_{m19} + 238144 \lambda_{m20} + 174732 \lambda_{m21} + 160770 \lambda_{m22} + 213476 \lambda_{m23} + \\
 & 165233 \lambda_{m24} + 246028 \lambda_{m25} + 139571 \lambda_{m26} + 212540 \lambda_{m27} + 293004 \lambda_{m28} + 207786 \\
 & \lambda_{m29} + 214670 \lambda_{m30} + 339825 \lambda_{m31} + 220344 \lambda_{m32} + 150769 \lambda_{m33} + 172216 \lambda_{m34} + s_2^- \\
 & - 299452
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 68240 \lambda_{m1} + 134533 \lambda_{m2} + 172766 \lambda_{m3} + 151998 \lambda_{m4} + 30990 \lambda_{m5} + 27537 \lambda_{m6} + \\
& 41244 \lambda_{m7} + 58048 \lambda_{m8} + 70480 \lambda_{m9} + 83947 \lambda_{m10} + 40857 \lambda_{m11} + 33479 \lambda_{m12} + \\
& 17768 \lambda_{m13} + 42873 \lambda_{m14} + 28430 \lambda_{m15} + 393457 \lambda_{m16} + 48431 \lambda_{m17} + 50207 \lambda_{m18} + \\
& 54425 \lambda_{m19} + 183249 \lambda_{m20} + 80857 \lambda_{m21} + 76575 \lambda_{m22} + 77162 \lambda_{m23} + 29944 \lambda_{m24} + \\
& 262611 \lambda_{m25} + 20670 \lambda_{m26} + 81837 \lambda_{m27} + 73968 \lambda_{m28} + 43495 \lambda_{m29} + 161568 \lambda_{m30} + \\
& 316924 \lambda_{m31} + 70434 \lambda_{m32} + 148357 \lambda_{m33} + 26410 \lambda_{m34} + s_3^- - 68240
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 10\lambda_{m1} + 13\lambda_{m2} + 5\lambda_{m3} + 10\lambda_{m4} + 5\lambda_{m5} + 5\lambda_{m6} + 7\lambda_{m7} + 5 \lambda_{m8} + 5 \lambda_{m9} + 7 \lambda_{m10} + 7 \lambda_{m11} \\
& + 5 \lambda_{m12} + 3 \lambda_{m13} + 5 \lambda_{m14} + 3 \lambda_{m15} + 7 \lambda_{m16} + 3 \lambda_{m17} + 5 \lambda_{m18} + 3 \lambda_{m19} + 7 \lambda_{m20} + 5 \\
& \lambda_{m21} + 3 \lambda_{m22} + 5 \lambda_{m23} + 3 \lambda_{m24} + 7 \lambda_{m25} + 3 \lambda_{m26} + 5 \lambda_{m27} + 7 \lambda_{m28} + 5 \lambda_{m29} + 7 \lambda_{m30} + \\
& 7 \lambda_{m31} + 7 \lambda_{m32} + 5 \lambda_{m33} + 5 \lambda_{m34} + s_4^- - 10
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 57 \lambda_{m1} + 63 \lambda_{m2} + 35 \lambda_{m3} + 63 \lambda_{m4} + 30 \lambda_{m5} + 38 \lambda_{m6} + 45 \lambda_{m7} + 35 \lambda_{m8} + 28 \lambda_{m9} + 55 \\
& \lambda_{m10} + 46 \lambda_{m11} + 36 \lambda_{m12} + 25 \lambda_{m13} + 36 \lambda_{m14} + 25 \lambda_{m15} + 47 \lambda_{m16} + 28 \lambda_{m17} + 37 \lambda_{m18} \\
& + 28 \lambda_{m19} + 40 \lambda_{m20} + 36 \lambda_{m21} + 32 \lambda_{m22} + 39 \lambda_{m23} + 36 \lambda_{m24} + 45 \lambda_{m25} + 28 \lambda_{m26} + 35 \\
& \lambda_{m27} + 49 \lambda_{m28} + 38 \lambda_{m29} + 39 \lambda_{m30} + 52 \lambda_{m31} + 36 \lambda_{m32} + 28 \lambda_{m33} + 34 \lambda_{m34} + s_5^- - 57
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 5013565 \lambda_{m1} + 6424912 \lambda_{m2} + 3760516 \lambda_{m3} + 8960244 \lambda_{m4} + 1834192 \lambda_{m5} + \\
& 3431545 \lambda_{m6} + 4009253 \lambda_{m7} + 3142848 \lambda_{m8} + 3074005 \lambda_{m9} + 2807014 \lambda_{m10} + \\
& 3713061 \lambda_{m11} + 1796448 \lambda_{m12} + 1691704 \lambda_{m13} + 2439734 \lambda_{m14} + 1433073 \lambda_{m15} + \\
& 550852016 \lambda_{m16} + 1548725 \lambda_{m17} + 1997709 \lambda_{m18} + 1042257 \lambda_{m19} + 3239431 \lambda_{m20} + \\
& 1766004 \lambda_{m21} + 1564787 \lambda_{m22} + 2698545 \lambda_{m23} + 2360433 \lambda_{m24} + 3091077 \lambda_{m25} + \\
& 1258106 \lambda_{m26} + 1564100 \lambda_{m27} + 1971567 \lambda_{m28} + 1327810 \lambda_{m29} + 2292249 \lambda_{m30} + \\
& 3637400 \lambda_{m31} + 1463265 \lambda_{m32} + 1029822 \lambda_{m33} + 1836333 \lambda_{m34} - s_1^+ - \beta \quad 5013565
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 725171 \lambda_{m1} + 792034 \lambda_{m2} + 343124 \lambda_{m3} + 2062521 \lambda_{m4} + 158803 \lambda_{m5} + 509401 \lambda_{m6} + \\
& 459994 \lambda_{m7} + 505153 \lambda_{m8} + 439451 \lambda_{m9} + 200587 \lambda_{m10} + 472255 \lambda_{m11} + 173925 \lambda_{m12} \\
& + 316175 \lambda_{m13} + 445221 \lambda_{m14} + 268845 \lambda_{m15} + 482108 \lambda_{m16} + 257263 \lambda_{m17} + 325543 \\
& \lambda_{m18} + 133676 \lambda_{m19} + 297919 \lambda_{m20} + 304521 \lambda_{m21} + 149998 \lambda_{m22} + 448198 \lambda_{m23} +
\end{aligned}$$

$$430044 \lambda_{m24} + 92844 \lambda_{m25} + 203013 \lambda_{m26} + 143452 \lambda_{m27} + 136595 \lambda_{m28} + 185610 \lambda_{m29} + 57862 \lambda_{m30} + 118147 \lambda_{m31} + 1504 \lambda_{m32} + 463 \lambda_{m33} + 690979 \lambda_{m34} - s_2^+ - \beta 725171$$

$$\lambda_{m1}, \lambda_{m2}, \lambda_{m3}, \lambda_{m4}, \lambda_{m5}, \lambda_{m6}, \lambda_{m7}, \lambda_{m8}, \lambda_{m9}, \lambda_{m10}, \lambda_{m11}, \lambda_{m12}, \lambda_{m13}, \lambda_{m14}, \lambda_{m15}, \lambda_{m16}, \lambda_{m17}, \lambda_{m18}, \lambda_{m19}, \lambda_{m20}, \lambda_{m21}, \lambda_{m22}, \lambda_{m23}, \lambda_{m24}, \lambda_{m25}, \lambda_{m26}, \lambda_{m27}, \lambda_{m28}, \lambda_{m29}, \lambda_{m30}, \lambda_{m31}, \lambda_{m32}, \lambda_{m33}, \lambda_{m34}, s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_5^-, s_1^+, s_2^+ \geq 0$$

Çıktıya yönelik BCC modeli ise yukarıda verilen girdiye yönelik CCR modeline sadece $\sum_{j=1}^b \lambda_j = 1$ kısıtının eklenmesiyle oluşturulur.

Yukarıda çıktıya yönelik CCR ve BCC modelleri ile etkinlik ölçüm yöntemlerinin çözüm yollarına yer verilen 34 hipermarketin DEA Solver yazılımı ile çözümü sonrası oluşan sonuçlar aşağıda yer almaktadır. İlk tabloda hipermarketlerin etkinlik skorları ve referans grupları, ikinci tabloda ise aynı sonuçların etkinlik sıralamasına göre tekrar düzenlenmiş haline yer verilmiştir.

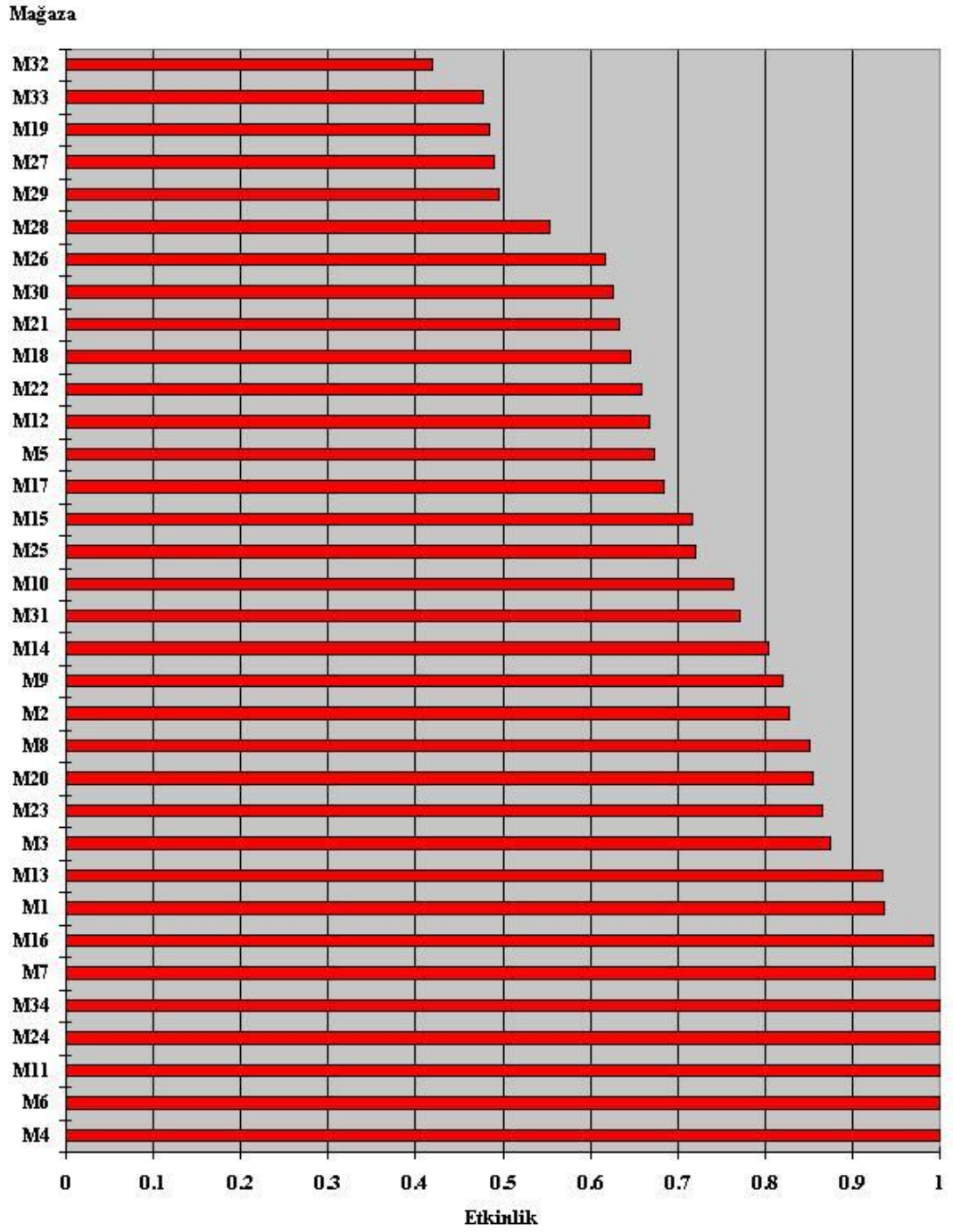
Tablo 4.6 Hipermarketlere ait etkinlik sonuçları (Çıktı odaklı CCR)

Mağaza	Skor	Sıralama	Referans Grupları Ve Aldıkları Yoğunluk Değerleri (λ)			
M1	0.936981	8	M4	0.3158935	M6	0.7344458
M2	0.827733	14	M4	0.8662772		
M3	0.875494	10	M4	0.4793737		
M4	1	1	M4	1		
M5	0.673519	22	M4	0.1140650	M6	0.4957670
M6	1	1	M6	1		
M7	0.993948	6	M4	0.0500875	M6	0.5689605
M8	0.851574	13	M4	0.3265400	M11	0.439652
M9	0.819728	15	M11	0.2059630		
M10	0.764082	18	M4	0.4185190		
M11	1	1	M4	0.4100008		
M12	0.667298	23	M11	1		
M13	0.934253	9	M4	0.0722015	M11	0.5508072
M14	0.804809	16	M6	0.2379352	M24	0.3424796
M15	0.716314	20	M34	0.101218		
M16	0.992625	7	M4	0.1786152	M11	0.3717050
M17	0.684184	21	M4	0.1214492	M24	0.021541
M18	0.646139	25	M11	0.2027402	M24	0.067623
M19	0.485068	32	M4	0.6193411		
M20	0.854431	12	M4	0.2526278		
M21	0.634166	26	M4	0.3386703	M11	0.0154034
M22	0.658382	24	M4	0.2398016		
M23	0.865215	11	M4	0.4231282		
M24	1	1	M4	0.3107915		
M25	0.72073	19	M4	0.2652512		
M26	0.617757	28	M4	0.3480854		
M27	0.490624	31	M24	1		
M28	0.554229	29	M4	0.4786494		
M29	0.49609	30	M4	0.0261871	M6	0.2880533
M30	0.62545	27	M4	0.3557916	M11	0.099498
M31	0.771123	17	M4	0.3970109		
M32	0.418522	34	M4	0.2629683	M11	0.0862603
M33	0.477856	33	M4	0.4090248		
M34	1	1	M4	0.5264383		
			M4	0.3901978		
			M4	0.2405168		
			M34	1		

Tablo 4.7 CCR Etkinliklerine Göre Hipermarket Sıralaması

Sıra	Mağaza	Etkinlik Skoru
1	M4	1
1	M6	1
1	M11	1
1	M24	1
1	M34	1
6	M7	0.993948167
7	M16	0.992624995
8	M1	0.936980696
9	M13	0.934253057
10	M3	0.875494416
11	M23	0.865215199
12	M20	0.854430748
13	M8	0.851574496
14	M2	0.827733332
15	M9	0.819727637
16	M14	0.804809183
17	M31	0.771123126
18	M10	0.76408219
19	M25	0.720729752
20	M15	0.716314138
21	M17	0.684184353
22	M5	0.673518769
23	M12	0.667297729
24	M22	0.658382197
25	M18	0.646139307
26	M21	0.634165776
27	M30	0.625449593
28	M26	0.617756901
29	M28	0.554229017
30	M29	0.496090268
31	M27	0.490624246
32	M19	0.485068372
33	M33	0.477855854
34	M32	0.418521969

Şekil 4.1 CCR Etkinliklerine Göre Hipermarket Sıralaması



Çıktıya yönelik BCC modelinin çözümü ile elde edilen sonuçlar ise:

Tablo 4.8 Hipermarketlere ait etkinlik sonuçları (Çıktı odaklı BCC)

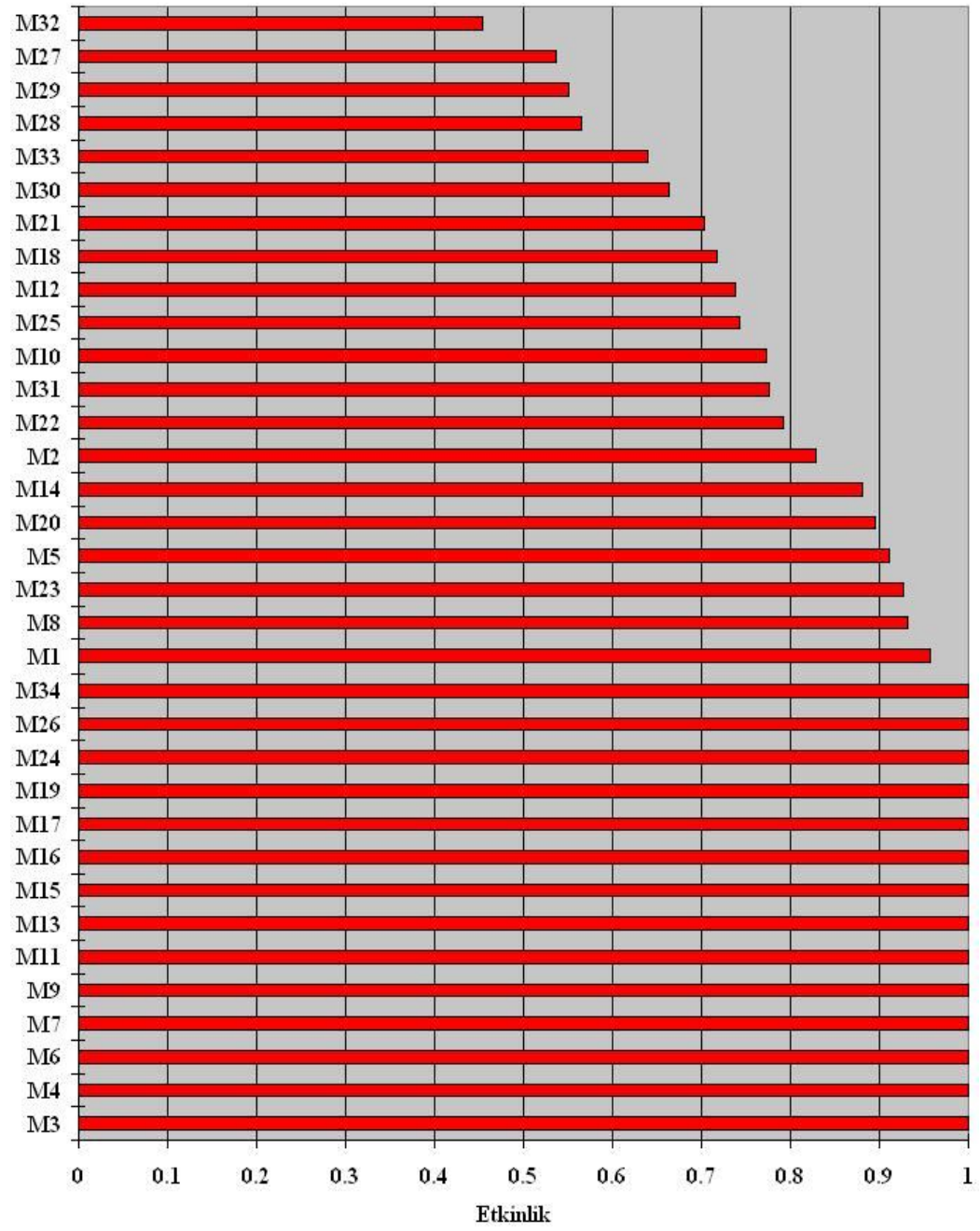
Mağaza	Skor	Ölçeğe G. Getiri	Referans Grupları Ve Aldıkları Yoğunluk Değerleri (λ)									
M1	0.95686	Sabit	M4	0.32703	M6	0.67297						
M2	0.828321	Sabit	M4	0.77060	M11	0.22940						
M3	1	Artan	M3	1								
M4	1	Sabit	M4	1								
M5	0.911363	Artan	M4	0.04483	M13	0.21357	M15	0.54012	M24	0.20149		
M6	1	Sabit	M6	1								
M7	1	Azalan	M7	1								
M8	0.932447	Artan	M4	0.19873	M11	0.00458	M13	0.61598	M16	0.03311	M24	0.14760
M9	1	Artan	M9	1								
M10	0.772804	Artan	M11	0.92574	M16	0.00623	M24	0.06802				
M11	1	Sabit	M11	1								
M12	0.737633	Artan	M11	0.10070	M13	0.09154	M24	0.80776				
M13	1	Artan	M13	1.00000								
M14	0.880807	Artan	M4	0.06197	M11	0.13724	M13	0.27686	M24	0.52393		
M15	1	Artan	M15	1								
M16	1	Artan	M16	1								
M17	1	Artan	M17	1								
M18	0.717759	Artan	M4	0.08566	M15	0.13284	M19	0.01465	M24	0.76685		
M19	1	Artan	M19	1								
M20	0.895053	Artan	M11	0.23832	M13	0.19108	M16	0.33806	M24	0.23254		
M21	0.703849	Artan	M4	0.00478	M11	0.01752	M13	0.07279	M16	0.04512	M24	0.85979
M22	0.791558	Artan	M13	0.18383	M15	0.28108	M24	0.53510				
M23	0.927007	Artan	M4	0.02993	M11	0.29521	M13	0.06909	M24	0.60577		
M24	1	Sabit	M24	1								
M25	0.742859	Artan	M11	0.09919	M16	0.52936	M24	0.37146				
M26	1	Artan	M26	1								
M27	0.536957	Artan	M4	0.02451	M11	0.16944	M13	0.45254	M16	0.14743	M24	0.20608
M28	0.564673	Sabit	M11	0.83621	M24	0.16379						
M29	0.55131	Sabit	M11	0.03551	M24	0.96449						
M30	0.66315	Artan	M11	0.00283	M13	0.09755	M16	0.36771	M24	0.53191		
M31	0.776581	Artan	M11	0.45930	M16	0.54070						
M32	0.45449	Artan	M4	0.10531	M11	0.15279	M13	0.48741	M16	0.09003	M24	0.16447
M33	0.639256	Artan	M4	0.00866	M13	0.08993	M15	0.80495	M24	0.09645		
M34	1	Sabit	M34	1								

Tablo 4.9 BCC Etkinliklerine Göre Hipermarket Sıralaması

Sıra	Mağaza	Skor
1	M3	1
1	M4	1
1	M6	1
1	M7	1
1	M9	1
1	M11	1
1	M13	1
1	M15	1
1	M16	1
1	M17	1
1	M19	1
1	M24	1
1	M26	1
1	M34	1
15	M1	0.95686
16	M8	0.932447
17	M23	0.927007
18	M5	0.911363
19	M20	0.895053
20	M14	0.880807
21	M2	0.828321
22	M22	0.791558
23	M31	0.776581
24	M10	0.772804
25	M25	0.742859
26	M12	0.737633
27	M18	0.717759
28	M21	0.703849
29	M30	0.66315
30	M33	0.639256
31	M28	0.564673
32	M29	0.55131
33	M27	0.536957
34	M32	0.45449

Şekil 4.2 BCC Etkinliklerine Göre Hipermarket Sıralaması

Mağaza



Tablo 4.10 ve 4.11 CCR ve BCC Özet İstatistikler

CCR ÖZET İSTATİSTİKLER		BCC ÖZET İSTATİSTİKLER	
Toplam Mağaza Sayısı	34	Toplam Mağaza Sayısı	34
Etkin Mağaza Sayısı	5	Etkin Mağaza Sayısı	14
Etkin Olmayan Mağ. Sayısı	29	Etkin Olmayan Mağ. Sayısı	20
Etkin Mağazaların Oranı	14.70%	Etkin Mağazaların Oranı	41.17%
En Düşük Etkinlik	0.418521	En Düşük Etkinlik	0.454491
En Yüksek Etkinlik	1	En Yüksek Etkinlik	1
Ortalama Etkinlik	0.760539	Ortalama Etkinlik	0.852492
Standart Sapma	0.177368	Standart Sapma	0.165231

4.5. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Etkin Olmayan Karar Birimleri için Hedef Belirlenmesi

Yapılan etkinlik analizi sonucu CCR modeline göre 34 hipermarketten sadece beşi etkin olarak hesaplanmış, diğer 29'u etkinsiz bulunmuştur. BCC modeline göre ise, etkin hipermarketlerin sayısı 14 olarak hesaplanmıştır. M4, 6, 11, 24, 34 kodlu hipermarketler CCR etkin, M3,4,6,7,9,11,13,15,16,17,19,24,26 ve 34 kodlu hipermarketler BCC etkin olarak belirlenmiştir. Etkin hipermarketler arasında da bir sıralama yapılmak istendiğinde referans gösterilme sıklığı önemli bir veri olarak değerlendirilebilir. Bu noktada CCR modeline göre tam 28 kez etkin olmayan karar birimleri için referans gösterilmiş M4 kodlu hipermarket, diğer etkin birimlere göre bir adım öne çıkmıştır. M4 kodlu hipermarketi 8 kez referans alınma ile M11 ve 5 kez referans alınma ile de M6 takip etmektedir. BCC sonuçlarının değerlendirilmesinde ise toplam 17 kez referans gösterilme ile M24, 15 referans gösterilme ile de M11 en çok dikkat çeken etkin karar birimleri olmuşlardır.

CCR modelleri ile toplam etkinlik hesaplanırken, BCC modelleri ile teknik etkinlik değerlerinin ölçülebildiğine, çalışmamızın VZA Modelleri bölümünde değinmiştik. Teknik olarak etkin olan bir karar verme biriminin ölçekten kaynaklanan bir etkinsizliği varsa, toplamda da etkin olamayacaktır. Buna göre CCR modelinde etkin olarak belirlenen bir karar verme birimi BCC modeline göre de etkin olarak belirlenmektedir, fakat tem tersi bir genelleme her zaman için doğru değildir yani her BCC etkin karar birimi CCR etkin olarak kabul edilemez. Tablo 4.12'de de görüldüğü gibi BCC modelinde etkin olan tüm hipermarketler CCR

modeline göre de etkindir. Ancak tüm CCR etkin hipermarketlerin BCC etkin olmaları söz konusu değildir.

Tablo 4.12 Hipermarket Etkinlikleri (CCR-O ve BCC-O)

Mağaza	CCR Skoru	CCR Sıralaması	BCC Skoru	BCC Sıralaması
M1	0.936981	8	0.95686	15
M2	0.827733	14	0.82832	21
M3	0.875494	10	1	1
M4	1	1	1	1
M5	0.673519	22	0.91136	18
M6	1	1	1	1
M7	0.993948	6	1	1
M8	0.851574	13	0.93245	16
M9	0.819728	15	1	1
M10	0.764082	18	0.7728	24
M11	1	1	1	1
M12	0.667298	23	0.73763	26
M13	0.934253	9	1	1
M14	0.804809	16	0.88081	20
M15	0.716314	20	1	1
M16	0.992625	7	1	1
M17	0.684184	21	1	1
M18	0.646139	25	0.71776	27
M19	0.485068	32	1	1
M20	0.854431	12	0.89505	19
M21	0.634166	26	0.70385	28
M22	0.658382	24	0.79156	22
M23	0.865215	11	0.92701	17
M24	1	1	1	1
M25	0.72073	19	0.74286	25
M26	0.617757	28	1	1
M27	0.490624	31	0.53696	33
M28	0.554229	29	0.56467	31
M29	0.49609	30	0.55131	32
M30	0.62545	27	0.66315	29
M31	0.771123	17	0.77658	23
M32	0.418522	34	0.45449	34
M33	0.477856	33	0.63926	30
M34	1	1	1	1

Araştırma sonucunda hipermarketlerin %41,17 si teknik etkin (BCC etkin) olarak hesaplanırken, ancak %14,70 'inin toplam etkinlik değeri (CCR) %100 olarak tespit edilmiştir. Ortalama teknik etkinlik skoru 0,8525 olarak hesaplanırken, hipermarketlerin ortalama toplam etkinliği 0,7605 olarak bulunmuştur.

BCC-O modeli sonucunda elde edilen verilerden, hipermarketlerden 24 tanesinin artan getirili ölçek özelliği gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu da söz konusu hipermarketler için girdiler arttırıldığında çıktı seviyesindeki artışın girdilerdeki artış oranından fazla olma durumu söz konusu olduğunu göstermektedir. Hipermarketlerden 1 tanesi ölçeğe göre azalan getiri diğer 9 tanesi ise ölçeğe göre sabit getiri özelliği göstermektedir.

VZA, etkin olmayan birimlere etkinliklerini sağlayabilmeleri için ulaşılabilir hedefler koymaktadır. Etkin olmayan karar birimlerinin etkin karar birimlerinin uyguladığı yöntemleri uygulayarak aynı etkinlik düzeyine ulaşabileceklerini varsayar.⁹⁸ Etkin olmayan karar birimlerinin etkinliklerini arttırabilmeleri için girdi miktarlarını ne kadar azaltmaları ve çıktı miktarlarını ne kadar arttırmaları gerektiği aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır. Örnek olarak 0,937 CCR etkinlik düzeyine sahip M1 kodlu hipermarketin etkin hale getirilebilmesi için girdi ve çıktı miktarlarında, referans kümesindeki karar birimleri ve aldıkları yoğunluk değerleri kullanılarak, değişiklikler yapılması gerekmektedir. M1 kodlu hipermarketin referans kümesinde M4 ve M6 kodlu hipermarketler yer almaktadır. Bunlara ait yoğunluk değerleri de (λ) sırasıyla, 0.315893 ve 0.734446'dır. Aşağıda M1 kodlu hipermarket için belirlenecek hedef (sanal) girdi ve çıktı değerlerinin nasıl hesaplandığı yer almaktadır.

$$\text{Sanal Girdiler:} \begin{pmatrix} \text{İşgücü Maliyeti} \\ \text{Genel Giderler} \\ \text{İkamet Maliyeti} \\ \text{Toplam Satış Alanı} \\ \text{Kasa Sayısı} \end{pmatrix} = 0,315893 * \begin{pmatrix} 454501 \\ 375049 \\ 151998 \\ 10 \\ 63 \end{pmatrix} + 0,734446 * \begin{pmatrix} 202802 \\ 246412 \\ 27537 \\ 5 \\ 38 \end{pmatrix}$$

$$\text{İşgücü Maliyeti:} \quad 0,315893 (454501) + 0,734446 (202802) = 292521$$

$$\text{Genel Giderler:} \quad 0,315893 (375049) + 0,734446 (246412) = 299452$$

$$\text{İkamet Maliyeti:} \quad 0,315893 (151998) + 0,734446 (27537) = 68240$$

$$\text{Toplam Satış Alanı:} \quad 0,315893 (10) + 0,734446 (5) = 292521 = 6,83$$

$$\text{Kasa Sayısı:} \quad 0,315893 (63) + 0,734446 (38) = 292521 = 47,8$$

⁹⁸ Sinem, Özberk, "Sigorta Şirketlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi İle İncelenmesi" Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı İstatistik Bilim Dalı, İstanbul, 2007, s.100

$$Sanal \ Çıktılar \begin{pmatrix} \text{Satışlar} \\ \text{Net Kar} \end{pmatrix} = 0,31589 * \begin{pmatrix} 8960244 \\ 2062521 \end{pmatrix} + 0,734446 * \begin{pmatrix} 3431544 \\ 509400 \end{pmatrix}$$

Satışlar : 0,31589 (8960244) + 0734446 (3431544) = 5350766

Net Kar: 0,31589 (2062521) + 0734446 (509400) = 1025664

Yapılan işlemler sonucu elde edilen M1 kodlu mağaza için hedef (sanal) girdi ve çıktıları Tablo 4.13’de gösterilmiştir.

Tablo 4.13 M1 Mağazası için sanal girdi çıktı değerleri

GİRDİ	Orijinal Değer	Sanal Girdi
İşgücü Maliyeti	311804.62	292520.9534
Genel Giderler	299451.93	299452
İkamet Maliyeti	68239.91	68240
Toplam Satis Alanı	10	6.83
Kasa Sayısı	57	47.81
ÇIKTI	Orijinal Değer	Sanal Çıktı
Satışlar	5013564.57	5350766.127
Net Kar	725170.97	1025663.911

Tüm hipermarketler için DEA Solver yazılımı ile hesaplanan iyileştirme sonuçları ise tablo 4.14’te gösterilmiştir

Tablo 4.14 Tüm Hipermarketler İçin İyileştirme Önerileri (CCR-O)

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M1	0.9369807			
İşgücü Maliyeti	311804.62	292520.9534	-19283.66661	-6.18%
Genel Giderler	299451.93	299451.93	0	0.00%
İkamet Maliyeti	68239.91	68239.91	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	10	6.831163534	-3.168836466	-31.69%
Kasa Sayısı	57	47.81022786	-9.189772144	-16.12%
Satışlar	5013564.6	5350766.127	337201.5569	6.73%
Net Kar	725170.97	1025663.911	300492.9409	41.44%
M2	0.8277333			
İşgücü Maliyeti	393723.93	393723.93	0	0.00%
Genel Giderler	404751.23	324896.194	-79855.03604	-19.73%
İkamet Maliyeti	134533.4	131672.3291	-2861.070874	-2.13%
Toplam Satış Alanı	13	8.662772345	-4.337227655	-33.36%
Kasa Sayısı	63	54.57546577	-8.424534226	-13.37%
Satışlar	6424912	7762055.436	1337143.426	20.81%
Net Kar	792034.05	1786714.867	994680.8167	125.59%
M3	0.8754944			
İşgücü Maliyeti	217875.86	217875.86	0	0.00%
Genel Giderler	257839.32	179788.5073	-78050.81269	-30.27%
İkamet Maliyeti	172766.01	72863.80065	-99902.20935	-57.83%
Toplam Satış Alanı	5	4.793737009	-0.206262991	-4.13%
Kasa Sayısı	35	30.20054316	-4.799456842	-13.71%
Satışlar	3760515.9	4295305.351	534789.5014	14.22%
Net Kar	343123.92	988718.2579	645594.3379	188.15%
M4	1			
İşgücü Maliyeti	454501.07	454501.07	0	0.00%
Genel Giderler	375048.75	375048.75	0	0.00%
İkamet Maliyeti	151997.91	151997.91	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	10	10	0	0.00%
Kasa Sayısı	63	63	0	0.00%
Satışlar	8960244.1	8960244.05	0	0.00%
Net Kar	2062520.9	2062520.86	0	0.00%
M5	0.6735188			
İşgücü Maliyeti	170046.4	152385.1732	-17661.22684	-10.39%
Genel Giderler	164943.02	164943.02	0	0.00%
İkamet Maliyeti	30989.8	30989.8	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	3.619484856	-1.380515144	-27.61%
Kasa Sayısı	30	26.02523988	-3.974760124	-13.25%
Satışlar	1834191.5	2723296.819	889105.2992	48.47%
Net Kar	158803.25	487805.3922	329002.1422	207.18%

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M6	1			
İşgücü Maliyeti	202801.95	202801.95	0	0.00%
Genel Giderler	246412.31	246412.31	0	0.00%
İkamet Maliyeti	27537.45	27537.45	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	5	0	0.00%
Kasa Sayısı	38	38	0	0.00%
Satışlar	3431544.8	3431544.81	0	0.00%
Net Kar	509400.51	509400.51	0	0.00%
M7	0.9939482			
İşgücü Maliyeti	221491.15	221491.15	0	0.00%
Genel Giderler	334284.28	281329.6801	-52954.59985	-15.84%
İkamet Maliyeti	41243.71	41243.71	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	7	6.42324097	-0.57675903	-8.24%
Kasa Sayısı	45	45	0	0.00%
Satışlar	4009252.8	4033663.898	24411.05847	0.61%
Net Kar	459993.74	600762.9357	140769.1957	30.60%
M8	0.8515745			
İşgücü Maliyeti	187454.95	187454.95	0	0.00%
Genel Giderler	216742.02	179783.4393	-36958.58067	-17.05%
İkamet Maliyeti	58048.4	58048.4	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	4.707141103	-0.292858897	-5.86%
Kasa Sayısı	35	30.0463186	-4.953681398	-14.15%
Satışlar	3142847.5	3690631.325	547783.8149	17.43%
Net Kar	505153.26	770762.5794	265609.3194	52.58%
M9	0.8197276			
İşgücü Maliyeti	190217.34	190217.34	0	0.00%
Genel Giderler	227677.6	156965.0333	-70712.56668	-31.06%
İkamet Maliyeti	70479.91	63614.01553	-6865.894469	-9.74%
Toplam Satış Alanı	5	4.185190147	-0.814809853	-16.30%
Kasa Sayısı	28	26.36669793	-1.633302073	-5.83%
Satışlar	3074005.3	3750032.511	676027.2213	21.99%
Net Kar	439450.86	863204.1981	423753.3381	96.43%
M10	0.7640822			
İşgücü Maliyeti	186345.81	186345.81	0	0.00%
Genel Giderler	270703.28	153770.2939	-116932.9861	-43.20%
İkamet Maliyeti	83947.33	62319.26727	-21628.06273	-25.76%
Toplam Satış Alanı	7	4.100008169	-2.899991831	-41.43%
Kasa Sayısı	55	25.83005147	-29.16994853	-53.04%
Satışlar	2807014.4	3673707.38	866693.0005	30.88%
Net Kar	200587.37	845635.2376	645047.8676	321.58%

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M11	1			
İşgücü Maliyeti	189559.11	189559.11	0	0.00%
Genel Giderler	278278.22	278278.22	0	0.00%
İkamet Maliyeti	40856.85	40856.85	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	7	7	0	0.00%
Kasa Sayısı	46	46	0	0.00%
Satışlar	3713060.5	3713060.51	0	0.00%
Net Kar	472254.6	472254.6	0	0.00%
M12	0.6672977			
İşgücü Maliyeti	137226.17	137226.17	0	0.00%
Genel Giderler	211793.89	180356.7219	-31437.16813	-14.84%
İkamet Maliyeti	33478.72	33478.72	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	4.57766519	-0.42233481	-8.45%
Kasa Sayısı	36	29.88582441	-6.114175593	-16.98%
Satışlar	1796447.8	2692123.294	895675.5343	49.86%
Net Kar	173924.96	409038.2748	235113.3148	135.18%
M13	0.9342531			
İşgücü Maliyeti	109061.75	109061.75	0	0.00%
Genel Giderler	173256.04	132650.4142	-40605.62575	-23.44%
İkamet Maliyeti	17768.14	17768.14	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	2.723206645	-0.276793355	-9.23%
Kasa Sayısı	25	24.81222688	-0.187773124	-0.75%
Satışlar	1691704.1	1810755.798	119051.6578	7.04%
Net Kar	316175.09	338425.5342	22250.44423	7.04%
M14	0.8048092			
İşgücü Maliyeti	154525.04	154525.04	0	0.00%
Genel Giderler	205325.58	173986.0486	-31339.53141	-15.26%
İkamet Maliyeti	42873.14	42873.14	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	4.452709153	-0.547290847	-10.95%
Kasa Sayısı	36	29.1266555	-6.873344502	-19.09%
Satışlar	2439734.2	3031444.26	591710.0804	24.25%
Net Kar	445220.76	553200.3972	107979.6372	24.25%
M15	0.7163141			
İşgücü Maliyeti	102684.36	102684.36	0	0.00%
Genel Giderler	144110.08	113141.0634	-30969.01663	-21.49%
İkamet Maliyeti	28430.14	28430.14	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	2.836542233	-0.163457767	-5.45%
Kasa Sayısı	27	19.41177357	-7.588226426	-28.10%
Satışlar	1433072.8	2000620.628	567547.7878	39.60%
Net Kar	268845.18	375317.4282	106472.2482	39.60%

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M16	0.992625			
İşgücü Maliyeti	281491.19	281491.19	0	0.00%
Genel Giderler	296680.21	232283.1032	-64397.1068	-21.71%
İkamet Maliyeti	393457.05	94138.55189	-299318.4981	-76.07%
Toplam Satış Alanı	7	6.193410942	-0.806589058	-11.52%
Kasa Sayısı	47	39.01848893	-7.981511067	-16.98%
Satışlar	5508520.2	5549447.354	40927.20405	0.74%
Net Kar	482108.4	1277403.926	795295.5262	164.96%
M17	0.6841844			
İşgücü Maliyeti	114819.62	114819.62	0	0.00%
Genel Giderler	143886	94747.75264	-49138.24736	-34.15%
İkamet Maliyeti	48430.63	38398.90249	-10031.72751	-20.71%
Toplam Satış Alanı	3	2.526278321	-0.473721679	-15.79%
Kasa Sayısı	28	15.91555342	-12.08444658	-43.16%
Satışlar	1548724.5	2263607.029	714882.5194	46.16%
Net Kar	257262.96	521050.1735	263787.2135	102.54%
M18	0.6461393			
İşgücü Maliyeti	156845.86	156845.86	0	0.00%
Genel Giderler	179511.42	131304.2928	-48207.12723	-26.85%
İkamet Maliyeti	52106.51	52106.51	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	3.494526529	-1.505473471	-30.11%
Kasa Sayısı	37	22.04478353	-14.95521647	-40.42%
Satışlar	1997709	3091762.129	1094053.089	54.77%
Net Kar	325543.31	705788.8577	380245.5477	116.80%
M19	0.4850684			
İşgücü Maliyeti	108990.08	108990.08	0	0.00%
Genel Giderler	104626.67	89937.2872	-14689.3828	-14.04%
İkamet Maliyeti	54424.77	36449.34075	-17975.42925	-33.03%
Toplam Satış Alanı	3	2.398015917	-0.601984083	-20.07%
Kasa Sayısı	28	15.10750027	-12.89249973	-46.04%
Satışlar	1042257.1	2148680.785	1106423.695	106.16%
Net Kar	133675.99	494595.7851	360919.7951	270.00%
M20	0.8544307			
İşgücü Maliyeti	192312.22	192312.22	0	0.00%
Genel Giderler	238144.3	158693.7028	-79450.59721	-33.36%
İkamet Maliyeti	183248.57	64314.60218	-118933.9678	-64.90%
Toplam Satış Alanı	7	4.231282008	-2.768717992	-39.55%
Kasa Sayısı	40	26.65707665	-13.34292335	-33.36%
Satışlar	3239430.6	3791331.943	551901.3534	17.04%
Net Kar	297918.96	872710.7406	574791.7806	192.94%

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M21	0.6341658			
İşgücü Maliyeti	141255.05	141255.05	0	0.00%
Genel Giderler	174731.81	116561.9477	-58169.86234	-33.29%
İkamet Maliyeti	80856.86	47239.65199	-33617.20801	-41.58%
Toplam Satış Alanı	5	3.107914575	-1.892085425	-37.84%
Kasa Sayısı	36	19.57986183	-16.42013817	-45.61%
Satışlar	1766004.1	2784767.308	1018763.188	57.69%
Net Kar	304520.62	641013.8643	336493.2443	110.50%
M22	0.6583822			
İşgücü Maliyeti	120556.95	120556.95	0	0.00%
Genel Giderler	160770.47	99482.12751	-61288.34249	-38.12%
İkamet Maliyeti	76575.36	40317.62661	-36257.73339	-47.35%
Toplam Satış Alanı	3	2.652511907	-0.347488093	-11.58%
Kasa Sayısı	32	16.71082502	-15.28917498	-47.78%
Satışlar	1564787.1	2376715.403	811928.2934	51.89%
Net Kar	149997.91	547086.114	397088.204	264.73%
M23	0.8652152			
İşgücü Maliyeti	158205.17	158205.17	0	0.00%
Genel Giderler	213476.44	130548.9803	-82927.45966	-38.85%
İkamet Maliyeti	77161.53	52908.2477	-24253.2823	-31.43%
Toplam Satış Alanı	5	3.480853631	-1.519146369	-30.38%
Kasa Sayısı	39	21.92937788	-17.07062212	-43.77%
Satışlar	2698545.5	3118929.804	420384.334	15.58%
Net Kar	448198.1	717933.3225	269735.2225	60.18%
M24	1			
İşgücü Maliyeti	133894.07	133894.07	0	0.00%
Genel Giderler	165232.6	165232.6	0	0.00%
İkamet Maliyeti	24943.98	24943.98	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	3	0	0.00%
Kasa Sayısı	36	36	0	0.00%
Satışlar	2360432.5	2360432.52	0	0.00%
Net Kar	430044.49	430044.49	0	0.00%
M25	0.7207298			
İşgücü Maliyeti	217546.65	217546.65	0	0.00%
Genel Giderler	246027.64	179516.8472	-66510.79277	-27.03%
İkamet Maliyeti	262611.11	72753.70359	-189857.4064	-72.30%
Toplam Satış Alanı	7	4.786493682	-2.213506318	-31.62%
Kasa Sayısı	45	30.1549102	-14.8450898	-32.99%
Satışlar	3091076.7	4288815.153	1197738.473	38.75%
Net Kar	92843.96	987224.3065	894380.3465	963.32%

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M26	0.6177569			
İşgücü Maliyeti	114367.32	114367.32	0	0.00%
Genel Giderler	139571.22	139571.22	0	0.00%
İkamet Maliyeti	20670.01	20670.01	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	2.962950411	-3.70E-02	-1.23%
Kasa Sayısı	28	23.94465857	-4.055341434	-14.48%
Satışlar	1258106.5	2036572.102	778465.6324	61.88%
Net Kar	203013.34	328629.8215	125616.4815	61.88%
M27	0.4906242			
İşgücü Maliyeti	161707.67	161707.67	0	0.00%
Genel Giderler	212540.34	133439.2007	-79101.1393	-37.22%
İkamet Maliyeti	81836.99	54079.58197	-27757.40803	-33.92%
Toplam Satış Alanı	5	3.557916156	-1.442083844	-28.84%
Kasa Sayısı	35	22.41487178	-12.58512822	-35.96%
Satışlar	1564100.1	3187979.707	1623879.567	103.82%
Net Kar	143451.83	733827.629	590375.799	411.55%
M28	0.554229			
İşgücü Maliyeti	180441.9	180441.9	0	0.00%
Genel Giderler	293003.77	148898.4592	-144105.3108	-49.18%
İkamet Maliyeti	73968.31	60344.83412	-13623.47588	-18.42%
Toplam Satış Alanı	7	3.970109465	-3.029890535	-43.28%
Kasa Sayısı	49	25.01168963	-23.98831037	-48.96%
Satışlar	1971567.2	3557314.971	1585747.791	80.43%
Net Kar	136594.5	818843.3589	682248.8589	499.47%
M29	0.4960903			
İşgücü Maliyeti	135870.81	135870.81	0	0.00%
Genel Giderler	207785.94	122630.3019	-85155.6381	-40.98%
İkamet Maliyeti	43494.96	43494.96	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	3.233505292	-1.766494708	-35.33%
Kasa Sayısı	38	20.53497788	-17.46502212	-45.96%
Satışlar	1327810.4	2676550.068	1348739.628	101.58%
Net Kar	185609.51	583114.4814	397504.9714	214.16%
M30	0.6254496			
İşgücü Maliyeti	185902.21	185902.21	0	0.00%
Genel Giderler	214669.72	153404.2406	-61265.47943	-28.54%
İkamet Maliyeti	161568.2	62170.91499	-99397.28501	-61.52%
Toplam Satış Alanı	7	4.090248016	-2.909751984	-41.57%
Kasa Sayısı	39	25.7685625	-13.2314375	-33.93%
Satışlar	2292249	3664962.045	1372713.025	59.88%
Net Kar	57861.51	843622.1856	785760.6756	999.90%

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M31	0.7711231			
İşgücü Maliyeti	239266.78	239266.78	0	0.00%
Genel Giderler	339824.91	197440.0341	-142384.8759	-41.90%
İkamet Maliyeti	316924.2	80017.52447	-236906.6755	-74.75%
Toplam Satış Alanı	7	5.264383206	-1.735616794	-24.79%
Kasa Sayısı	52	33.1656142	-18.8343858	-36.22%
Satışlar	3637400	4717015.83	1079615.84	29.68%
Net Kar	118146.62	1085790.018	967643.3977	819.02%
M32	0.418522			
İşgücü Maliyeti	177345.3	177345.3	0	0.00%
Genel Giderler	220344.36	146343.1826	-74001.17739	-33.58%
İkamet Maliyeti	70433.86	59309.2442	-11124.6158	-15.79%
Toplam Satış Alanı	7	3.901977613	-3.098022387	-44.26%
Kasa Sayısı	36	24.58245896	-11.41754104	-31.72%
Satışlar	1463264.6	3496267.169	2033002.549	138.94%
Net Kar	1504.3	804791.0221	803286.7221	999.90%
M33	0.4778559			
İşgücü Maliyeti	109315.15	109315.15	0	0.00%
Genel Giderler	150768.7	90205.53101	-60563.16899	-40.17%
İkamet Maliyeti	148357.45	36558.05328	-111799.3967	-75.36%
Toplam Satış Alanı	5	2.405168155	-2.594831845	-51.90%
Kasa Sayısı	28	15.15255938	-12.84744062	-45.88%
Satışlar	1029822.1	2155089.365	1125267.295	109.27%
Net Kar	462.65	496070.9492	495608.2992	999.90%
M34	1			
İşgücü Maliyeti	147720.66	147720.66	0	0.00%
Genel Giderler	172216.4	172216.4	0	0.00%
İkamet Maliyeti	26410.3	26410.3	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	5	0	0.00%
Kasa Sayısı	34	34	0	0.00%
Satışlar	1836333	1836333.04	0	0.00%
Net Kar	690978.83	690978.83	0	0.00%

Tabloda ilk sütunda girdi çıktı kümeleri ikinci sütunda etkinlik skorları ve orijinal girdi çıktı değerleri, üçüncü sütunda hedeflenen iyileştirme (sanal) girdi çıktı değerleri, dördüncü sütunda hedeflen-orijinal değer farkı ve son sütunda da farkın oransal ifadesi yer almaktadır. BCC modeline ait iyileştirme sonuçları da ek.1.2 de gösterilmiştir. Etkin olmayan karar birimleri için hedef belirlenirken daha gerçekçi sonuçlar yansıtacağı düşünüldüğünden çıktı odaklı CCR modeli sonuçları kullanılmıştır. İncelemeye ilk olarak en düşük etkinlik düzeyine sahip M32 kodlu hipermarketten başlanmıştır. M32 kodlu hipermarkete ait DEA Solver yazılımı ile hesaplanmış etkinlik sonuçları ve iyileştirme önerileri tablo 4.15 de gösterilmiştir.

Tablo 4.15 M32 Kodlu Hipermarket İçin İyileştirme

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M32 Ref.(M4)	0.418521969			
İşgücü Maliyeti	177345.3	177345.3	0	0.00%
Genel Giderler	220344.36	146343.1826	-74001.17739	-33.58%
İkamet Maliyeti	70433.86	59309.2442	-11124.6158	-15.79%
Toplam Satış Alanı	7	3.901977613	-3.098022387	-44.26%
Kasa Sayısı	36	24.58245896	-11.41754104	-31.72%
Satışlar	1463264.62	3496267.169	2033002.549	138.94%
Net Kar	1504.3	804791.0221	803286.7221	999.90%

Referans grubunda sadece M4 bulunan M32 kodlu hipermarket, 0,4185’lik etkinlik değeriyle en düşük CCR etkinliğine sahip mağaza olarak belirlenmiştir. VZA mağazanın etkinsizliği ile İşgücü maliyetlerini ilişkilendirmemiş ve bu girdiyi olması gereken miktarda olduğunu belirlemiştir. Tablo incelendiğinde, genel giderlerin(220344), olması gerekenden (146343 TL) 74000 TL fazla olduğu, aynı şekilde ikamet maliyetinin de %15,8 düşürülerek 59309 seviyesine çekilmesi gerektiği görülmektedir. Toplam satış alanı konusunda bir değişiklik önermek gerçekçi olmayacağından bu girdideki 3100m² fazlalığın sadece atıl bir kapasite olduğunu belirtmek analiz için yeterli olacaktır. Kasa sayısındaki 11 kasalık fark ise etkinliği arttırmak için sunulabilecek girdi azaltma önerilerinden biri olarak değerlendirilebilir. Hipermarketin etkinsizliğinde önemli paya sahip baş etmenler ise yaklaşık olarak olması gerekenin 2 000 000 TL altında olan satış miktarı ve hedef miktarının 0,1 % ‘i değerindeki 1504 TL’lık net kar miktarı olmuştur. Elde edilen verilerden yalın bir değerlendirme yapmak gerekirse, karar birimi, genel giderlerinde 33,58% , İkamet maliyetinde 15,79% , toplam satış alanında 44,26% ve kasa sayısında %31,72 ‘lik bir azaltmaya, satışlarında 138,94% ve Net karında da 1000% ‘lik bir arttırmaya gitmelidir. Bu koşullar gerçekleştiğinde karar birimi 100% etkinliğe ulaşacaktır.

Bir başka örnek iyileştirme incelemesi de M15 için yapılmıştır. M15 kodlu hipermarkete ait DEA Solver yazılımı ile hesaplanmış etkinlik sonuçları ve iyileştirme önerileri tablo 4.16 de gösterilmiştir.

Tablo 4.16 M15 Kodlu Hipermarket İçin İyileştirme

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M15 (Ref. M4,11,24)	0.716314138			
İşgücü Maliyeti	102684.36	102684.36	0	0.00%
Genel Giderler	144110.08	113141.0634	-30969.01663	-21.49%
İkamet Maliyeti	28430.14	28430.14	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	2.836542233	-0.163457767	-5.45%
Kasa Sayısı	27	19.41177357	-7.588226426	-28.10%
Satışlar	1433072.84	2000620.628	567547.7878	39.60%
Net Kar	268845.18	375317.4282	106472.2482	39.60%

M4, M11 ve M24 kodlu hipermarketlerin referans grubunu oluşturduğu M15 kodlu hipermarketin etkinlik skoru. 0,7163 olarak hesaplanmıştır. İşgücü ve ikamet maliyetlerinin olması gereken miktarlarda olduğu belirlenmiş, girdi kalemlerindeki fazlalığın kasa sayısındaki 7 birimlik ve genel giderlerdeki 30969 TL 'lık fazlalık olduğu gözlemlenmiştir. Çıktılarda ise her iki kalemdede yaklaşık %40 oranında bir iyileştirme yapılması gerektiği belirlenmiştir.

BCC modelinde de CCR modelinde de İşgücü Maliyeti iyileştirme değerlerinin birkaç karar birimi hariç tüm karar birimlerine ait orijinal İşgücü maliyeti değerleri ile eşdeğer olarak belirlenmesi araştırmanın genel sonuçları arasında dikkat çeken bir istatistik olmuştur. Buradan hareketle toplam işgücü maliyetinin karar birimleri için yüksek seviyede ayırt edici özellik taşıyan girdiler arasında yer almadığı rahatlıkla söylenebilir.

SONUÇ

Yapılan araştırmada, benzer girdi ve çıktıları kullanan karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerini ölçmeye yarayan Veri Zarflama Analizi yöntemi kullanılmış ve analiz sonucunda firma bazında bir değerlendirme yaparak, hem firma için yol gösterici bir kaynak, hem de VZA tekniğinin reel ortamda uygulanabilirliğine ilişkin bir çalışma ortaya konulması hedeflenmiştir.

Veri Zarflama Analizi, firmaların etkinliğinin değerlendirilmesinde araştırmacıya birçok avantaj sağlayan ve alternatiflerine oranla sıklıkla tercih edilen etkili bir yöntemdir. Aynı ya da farklı birimlerde birçok girdi ve çıktıyı değerlendirebilecek nitelikte olmasının yanında, doğrusal yapı dışında, girdi ve çıktıları ilişkilendirecek başka bir fonksiyonel yapıya ihtiyaç duymaması, kullanım alanını ve kolaylığını artırıcı bir unsurdur. VZA ile etkinlikleri değerlendirilen karar birimleri göreceli olarak tam etkin olanlarla kıyaslanmaktadır. Etkin üretim sınırında faaliyet gösteren karar birimlerini, etkinliği ölçülen birim için potansiyel kıyaslama unsurları olarak ifade edilebilmektedir. Etkin olmayan karar birimleri için bu kıyaslama unsurlarından türetilen iyileştirme önerileri ile karar birimleri için etkinliği artırıcı hedefler oluşturan VZA, etkinlikleri incelenen ve göreceli performansları araştırılmak istenen karar birimleri için etkili bir araştırma yöntemi olarak çalışmamızın konusunu oluşturmuştur.

Araştırmamızda incelen Hipermarketler zincirine ait 34 mağaza, 2009 yılı ilk beş aylık performanslarına göre, çıktı odaklı yaklaşım ile sabit ölçek varsayımı altında CCR modeli ve değişen ölçek varsayımı altında BCC modeli kullanılarak göreceli etkinlik ölçümü yapılmış, etkin bulunmayan hipermarketler için referans grupları oluşturulmuş, referans gruplarından hareketle potansiyel iyileştirme değerleri hesaplanmıştır. Tüm hesaplamalar için DEA Solver yazılımı kullanılmış olup, yazılımın kullanımına yönelik açıklamalar yapılmıştır. İncelenen karar birimleri arasında en etkin karar biriminden en zayıf etkinlik düzeyine sahip karar birimine doğru bir etkinlik sıralaması oluşturularak firma yöneticileri için hipermarket performanslarına yönelik yol gösterici bir kaynak oluşturulması hedeflenmiştir.

Analiz sonucunda, CCR modeline göre 34 hipermarketten sadece beşi etkin olarak belirlenmiş, diğer 29'u etkinsiz bulunmuştur. M4, 6, 11, 24, 34 kodlu hipermarketler 100% etkin olarak hesaplanmıştır. Etkin bulunan mağazaların toplam mağazalara oranı 14,70% olarak bulunmuş, tüm mağazalar için ortalama toplam etkinlik 0,76 olarak tespit edilmiştir. Tüm mağazalar için etkinlik skorları, sıralama, referans grupları ve yoğunlukları tablo 4.6 'da gösterilmiştir.

BCC modeline göre ise, teknik etkin hipermarketlerin sayısı 14 olarak hesaplanmıştır. M3,4,6,7,9,11,13,15,16,17,19,24,26 ve 34 kodlu hipermarketler teknik etkinliğe sahip karar birimleri olarak belirlenmiştir. Etkin bulunan mağazaların toplam mağazalara oranı 41,17% olarak hesaplanmış, tüm mağazalar için ortalama teknik etkinlik 0,8525 olarak tespit edilmiştir. Tüm mağazalar için etkinlik skorları, sıralama, referans grup ve yoğunlukları tablo 4.8 'de gösterilmiştir. Bu değerleri içeren özet bir değerlendirme ise tablo 4.17'de yer almaktadır

Tablo 4.17 CCR ve BCC Özet İstatistikler

CCR ÖZET İSTATİSTİKLER		BCC ÖZET İSTATİSTİKLER	
Toplam Mağaza Sayısı	34	Toplam Mağaza Sayısı	34
Etkin Mağaza Sayısı	5	Etkin Mağaza Sayısı	14
Etkin Olmayan Mağ. Sayısı	29	Etkin Olmayan Mağ. Sayısı	20
Etkin Mağazaların Oranı	14.70%	Etkin Mağazaların Oranı	41.17%
En Düşük Etkinlik	0.418521	En Düşük Etkinlik	0.454491
En Yüksek Etkinlik	1	En Yüksek Etkinlik	1
Ortalama Etkinlik	0.760539	Ortalama Etkinlik	0.852492
Standart Sapma	0.177368	Standart Sapma	0.165231

Etkin hipermarketler arasında da bir sıralama yapılmak istendiğinde referans gösterilme sıklığı önemli bir veri olarak değerlendirilmektedir. Bu noktada CCR modeline göre tam 28 kez etkin olmayan karar birimleri için referans gösterilmiş M4 kodlu hipermarket, diğer etkin birimlere göre bir adım öne çıkmıştır. M4 kodlu hipermarketi 8 kez referans alınma ile M11 ve 5 kez referans alınma ile de M6 takip etmektedir. BCC sonuçlarının değerlendirilmesinde ise toplam 17 kez referans gösterilme ile M24, 15 referans gösterilme ile M11, 12 referans gösterilme ile M13 ve 11 kez referans gösterilme ile de M4 en çok dikkat çeken etkin karar birimleri olmuşlardır.

Etkin olmayan hipermarketlerin etkin duruma gelebilmeleri için girdi ve çıktı miktarlarında referans gruplarındaki karar birimleri ve bunlara ait yoğunluk değerleri baz alınarak bazı değişiklikler yapılması gerekmektedir. Önerilebilecek olan değişiklikler Tablo 4.14'te ve bu önerilerin analiz sonuçlarına göre nasıl yorumlanabileceği M32 ve M15 kodlu hipermarketler için yapılan örnek değerlendirmelerde gösterilmiştir. Tablo 4.18 ve 4.19'da söz konusu hipermarketlere ait iyileştirme değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.18 M32 Kodlu Hipermarket İçin İyileştirme

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M32 Ref.(M4)	0.418521969			
İşgücü Maliyeti	177345.3	177345.3	0	0.00%
Genel Giderler	220344.36	146343.1826	-74001.17739	-33.58%
İkamet Maliyeti	70433.86	59309.2442	-11124.6158	-15.79%
Toplam Satış Alanı	7	3.901977613	-3.098022387	-44.26%
Kasa Sayısı	36	24.58245896	-11.41754104	-31.72%
Satışlar	1463264.62	3496267.169	2033002.549	138.94%
Net Kar	1504.3	804791.0221	803286.7221	999.90%

Referans grubunda sadece M4 bulunan M32 kodlu hipermarket, 0,4185'lik etkinlik değeriyle en düşük CCR etkinliğine sahip mağaza olarak belirlenmiştir. VZA mağazanın etkinsizliği ile İşgücü maliyetlerini ilişkilendirmemiş ve bu girdiyi olması gereken miktarda olduğunu belirlemiştir. Tablo incelendiğinde, genel giderlerin(220344), olması gerekenden (146343 TL) 74000 TL fazla olduğu, aynı şekilde ikamet maliyetinin de %15,8 düşürülerek 59309 seviyesine çekilmesi gerektiği görülmektedir. Toplam satış alanı konusunda bir değişiklik önermek gerçekçi olmayacağından bu girdideki 3100m² fazlalığının sadece atıl bir kapasite olduğunu belirtmek analiz için yeterli olacaktır. Kasa sayısındaki 11 kasalık fark ise etkinliği arttırmak için sunulabilecek girdi azaltma önerilerinden biri olarak değerlendirilebilir. Hipermarketin etkinsizliğinde önemli paya sahip baş etmenler ise yaklaşık olarak olması gerekenin 2 000 000 TL altında olan satış miktarı ve hedef miktarının 0,1 % 'i değerindeki 1504 TL'lık net kar miktarı olmuştur. Elde edilen verilerden yalın bir değerlendirme yapmak gerekirse, karar birimi, genel giderlerinde 33,58% , İkamet maliyetinde 15,79% , toplam satış alanında 44,26% ve kasa sayısında %31,72 'lik bir azaltmaya, satışlarında 138,94% ve Net karında da 1000%

'lık bir arttırmaya gitmelidir. Bu koşullar gerçekleştiğinde karar birimi 100% etkinliğe ulaşacaktır.

Tablo 4.19 M15 Kodlu Hipermarket İçin İyileştirme

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M15 (Ref. M4,11,24)	0.716314138			
İşgücü Maliyeti	102684.36	102684.36	0	0.00%
Genel Giderler	144110.08	113141.0634	-30969.01663	-21.49%
İkamet Maliyeti	28430.14	28430.14	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	2.836542233	-0.163457767	-5.45%
Kasa Sayısı	27	19.41177357	-7.588226426	-28.10%
Satışlar	1433072.84	2000620.628	567547.7878	39.60%
Net Kar	268845.18	375317.4282	106472.2482	39.60%

M4, M11 ve M24 kodlu hipermarketlerin referans grubunu oluşturduğu M15 kodlu hipermarketin etkinlik skoru. 0,7163 olarak hesaplanmıştır. İşgücü ve ikamet maliyetlerinin olması gereken miktarlarda olduğu belirlenmiş, girdi kalemlerindeki fazlalığın kasa sayısındaki 7 birimlik ve genel giderlerdeki 30969 TL 'lık fazlalık olduğu gözlemlenmiştir. Çıktılarda ise her iki kalemdede yaklaşık %40 oranında bir iyileştirme yapılması gerektiği belirlenmiştir.

Söz konusu hipermarketler için yapılan kodlama, hipermarketlerin kuruluş sırasına göre oluşturulmuştur. M1 kodlu hipermarket firmanın açılan ilk hipermarketi M34 firmanın açılmış son hipermarketi olarak değerlendirilmelidir. Buradan hareketle incelen etkinlik sonuçlarında firma yaşı ile etkinlik skoru arasında direk olmasa da dolaylı bir ilişki olduğu söylenebilir. Etkin olmayan birimlerin sayısı ve etkinlik sınırına uzaklıkları kuruluş sırası büyüdükçe artmaktadır. Doğal bir sonuç olarak değerlendirilebilecek bu ilişki analizin yorumlanması sırasında karar verici için referans olabilecektir. Özellikle son kurulan (M34) hipermarket dışındaki kuruluş sırasına göre son 10 hipermarkete ait 0,40'a kadar düşen etkinlik skorları, etkinliğin arttırılması konusunda firma bünyesine son katılan hipermarketlerin daha dikkatli değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

Analiz sonuçlarında dikkat çeken bir başka nokta işgücü maliyetleri için hemen hemen hiçbir iyileştirme önerisinde bulunulması olmuştur. CCR-O sonuçlarına göre 34 hipermarketten sadece 2 tanesi (M1 ve M5) için sırasıyla 6,18% ve 10,39% oranlarında iyileştirme öngörülmüş, diğer tüm karar birimlerinin işgücü

maliyetlerinin olması gereken seviyede olduğu belirlenmiştir. BCC-O sonuçlarına göre de aynı iki hipermarket için sırasıyla 8,56% ve 25,84% iyileştirme gerektiği saptanmış, diğer tüm hipermarketler için işgücü maliyeti, değiştirme yapılması gerekmeyen bir girdi olarak belirlenmiştir. Buradan hareketle toplam işgücü maliyetinin söz konusu hipermarketlerin performansının değerlendirilmesinde önemli bir ayırt edici girdi olarak görülemeyeceği rahatlıkla söylenebilir.

Araştırma sonuçlarında karşılaşılan diğer bir bulgu ise, ölçek etkinlik ilişkisi olmuştur. Hipermarketlerin ölçek büyüklüğünü temsilen, analize dahil edilmemiş olan, çalışan sayısı kullanılmış, karar birimleri, bünyelerinde çalışanların sayılarına göre, küçük, orta ve büyük ölçekli olarak sınıflandırılmıştır. Veriler, $81 < \textit{küçük} < 140 < \textit{orta} < 199 < \textit{büyük}$ şeklinde değerlendirilen veriler Tablo 4.20 de gösterilmiştir.

Yapılan sıralamada 18 hipermarket küçük, 12 hipermarket orta ve 4 hipermarket büyük olarak değerlendirilmiştir. Küçük ölçek grubuna dahil hipermarketlerin ortalama CCR etkinliği 0.663 , orta ölçek grubuna dahil olanların 0,819 ve büyük ölçek grubuna dahil hipermarketlerinki ortalama CCR etkinliği ise 0.94 olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde küçük ölçek grubuna dahil hipermarketlerin ortalama BCC etkinliği 0.825 orta ölçek grubuna dahil hipermarketlerin 0.862 ve büyük ölçek grubuna dahil hipermarketlerinki ortalama BCC etkinliği ise 0.946 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.20 Ölçek Gruplandırması

Mağaza Kodu	Çalışan Sayısı	Ölçek Grubu	CCR Etkinliği	BCC Etkinliği
M1	258	B	0.936980696	0.956859765
M2	333	B	0.827733332	0.828320738
M3	174	O	0.875494416	1
M4	369	B	1	1
M5	127	K	0.673518769	0.911363449
M6	148	O	1	1
M7	179	O	0.993948167	1
M8	155	O	0.851574496	0.932446995
M9	150	O	0.819727637	1
M10	162	O	0.76408219	0.772804129
M11	162	O	1	1
M12	113	K	0.667297729	0.737633282
M13	97	K	0.934253057	1
M14	133	K	0.804809183	0.880807498
M15	88	K	0.716314138	1
M16	232	B	0.992624995	1
M17	100	K	0.684184353	1
M18	108	K	0.646139307	0.717758886
M19	82	K	0.485068372	1
M20	160	O	0.854430748	0.895053338
M21	107	K	0.634165776	0.703848698
M22	96	K	0.658382197	0.791558035
M23	127	K	0.865215199	0.927006623
M24	102	K	1	1
M25	170	O	0.720729752	0.742859333
M26	90	K	0.617756901	1
M27	125	K	0.490624246	0.536956542
M28	141	O	0.554229017	0.564673414
M29	117	K	0.496090268	0.551309571
M30	152	O	0.625449593	0.663149574
M31	168	O	0.771123126	0.776580806
M32	133	K	0.418521969	0.454490443
M33	101	K	0.477855854	0.639255947
M34	122	K	1	1

Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen sonuçlar tablo 4.21 de gösterilmiştir.

Tablo 4.21 Ölçek Etkinlik İlişkisi

Ölçek Grubu	Sıklık	Ortalama CCR Etkinliği	Ortalama BCC Etkinliği
Küçük	18	0.662953	0.825110
Orta	12	0.819232	0.862297
Büyük	4	0.939335	0.946295

Bu sonuçlara göre ölçek büyüklüğü ile etkinlik arasında doğrudan bir ilişki olduğu rahatlıkla söylenebilir. Ölçek büyüklüğü arttıkça yükselen etkinlik oranı, özellikle CCR yöntemi sonuçlarında dikkat çeken bir bulgu olarak analizimizdeki yerini almıştır.

Yapılan analizde 2009 yılına ait ilk beş aylık dönem verileri kullanılmıştır. Dolayısıyla elde edilen etkinlik sonuçları, ilgili karar birimlerine ait genel bir değerlendirme değil, sadece analiz dönemine ait bir statik tablo olarak değerlendirilmelidir. Bu noktada karar birimlerinin geçmişteki durumları hakkında yorum yapmak ya da geleceği hakkında tahminde bulunmak, analiz periyodunu değerlendirmek kadar tutarlı bir yaklaşım olmayacaktır.

KAYNAKLAR

Ahn, T. “*Efficiency Related Issues in Higher Education: A Data Envelopment Analysis Approach*”, Ph.D. Thesis, The University of Texas , Austin 1987

Akal, Zuhall, “*İşletmelerde Performans Ölçüm Ve Denetimi -Çok Yönlü Performans Göstergeleri* “ MPM Yayınları, Ankara, 1996.

Aktaş, Hüseyin, “*İşletme Performansının Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi*”, C.B.Ü. İİBF Yönetim Ve Ekonomi Dergisi, Cilt:7, Sayı:1, 2001.

Banker, Rajiv, D., Cooper William, W., Seiford, Lawrence M., Thrall, Robert, M., Joe Zhu, “*Returns To Scale In Different DEA Models*”, European Journal of Operational Research 154 p.345–362 , 2004

Bas M., Artar A. “*İşletmelerde Verimlilik Denetimi, Ölçme ve Değerlendirme Modelleri*” Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları 435, Ankara. 1991.

Bakırcı, Fehim, “*Üretimde Etkinlik Ölçümü ve Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama*”, Atlas Yayınları, Tokat, 2006.

Barr, R. (2004), “*DEA Software Tools and Technology: A State-of-the-Art Survey*”, in *Handbook on Data Envelopment Analysis*, ed. W.W. Cooper, L. M. Seiford, and J. Zhu, eds. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Büyükkılıç, Deniz, “*Kâr Amacı Gütmeyen Örgütlerde Verimlilik*”, Milli Prodüktivite Merkezi, No: 680, Ankara, 2004.

Charnes, A., Cooper, William.W. ve Rhodes, E., “*Measuring The Efficiency of Decision Making Units*”, European Journal of Operational Research, 2, 429-444, 1978

Charnes, Abraham, Cooper William W., Arie Y. Lewin ve Seifod Lawrance M., *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Akademik Publisher, 1994

Chote, G.M., Tanaka, K., *Using Financial Ratio Analysis to Compare Hospitals' Performance*, Hospital Performance, No:60 1979.

Cooper, William. W., Gu Bisheng, Li Shanling, “*Comparisons And Evaluations Of Alternative Approaches To The Treatment Of Congestion In DEA*” European Jurnal Of Operations Research 132, p. 62-74, 2001

Cooper, William. W. Seiford L. M., Tone, Kaoru, “*Measures Of Inefficiency In Data Envelopment Analysis And Stochastic Frontier Estimation*” European Journal of Operational Research 99 p.72-88, 1997

Cooper, William. W. Seiford L. M., Kaoru Tone, “*Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Second Edition*” , Springer, USA 2007

Cooper, William W.; Seiford Lawrence M.; Joe, Zhu “*Handbook on Data Envelopment Analysis*” International Series in Operations Research & Management Science Series, Boston, 2004

Çağlar, Atalay, *Veri Zarflama Analizi ile belediyelerin Etkinlik Ölçümü*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.

Demir Hulusi, Gümüšoğlu, Şevkinaz, “*Üretim İşlemler Yönetimi*”, 4. Baskı, Beta Yayıncılık, İstanbul, 1994.

Dikmen, Cengiz, “*Veri Zarflama Analizi İle Üniversitelerin Etkinliğinin Ölçülmesi*”, Kocaeli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Yıl: 3-4, Sayı: 3-6, 2008.

Emrouznejad, Ali, B: R. Parker, G. Tavares, “*Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA*” Socio-Economic Planning Sciences, Vol.42, 2008.

Erdost, Erden, “*Türkiye’deki Havalimanlarının İç Hat Uçuşları Yönünden Etkinliklerinin Karsılaştırılması: Bir Veri Zarflama Analizi Uygulaması*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı, Antalya, 2007

Forsund, Finn R.; Nikias Sarafoglou “*On the Origins of Data Envelopment Analysis*”. Journal of Productivity Analysis, 17, p. 23–40. 2002

Gattoufi, S., Oral, M., Reisman, A., “*Data Envelopment Analysis Literature: A Bibliography Update (1951-2001)* ”, Socio-Economic Planning Sciences, in Press, 2003.

Gülay, Demir, , “*İstatistiksel Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama*” ,Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Sivas, 2004

İpek, Deveci, Karakoç, *Veri Zarflama Analizi’ndeki Ağırlık Kısıtlamalarının Belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Sürecinin Kullanımı*, Cilt:18 Sayı:2, Yıl:2003, ss:1-12

Kayalıdere, Koray, Kargın, Sibel;”Çimento ve Tekstil Sektörlerinde Etkinlik Çalışması ve Veri Zarflama Analizi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 6 Sayı:1, 2004

Milli Prodüktivite Merkezi, “Verimlilik Nedir” <http://www.mpm.org.tr/verimlilik/>, (10.12.2008).

Norsworthy, J.R., Jang, S.L., “*Empirical Measurement and Analysis of Productivity and Technological Change*”, Elsevier Science Publishers, Netherland, 1992.

Özberk, Sinem, “*Sigorta Şirketlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi İle İncelenmesi*” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı İstatistik Bilim Dalı, İstanbul, 2007, s.100

Özcan, Anıl, İlkem, “*Celal Bayar Üniversitesi’ne Bağlı Meslek Yüksekokullarının Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Ölçülmesi*” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Manisa, 2005.

Prokopenko, J. “*Verimlilik Yönetimi, Uygulamalı El kitabı*”, (Çev. O.Baykal ve diğerleri), MPM Yayınları, Ankara, 2003.

Sarıca Seçil, “*Üniversitelerin Performansa Göre Yönetimi İçin Veri Zarflama Analizi Tabanlı Bir Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Geliştirilmesi*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 2006.

Seiford, Lawrence M. “*A Bibliography For Data Envelopment Analysis*” Annals of Operations Research 73, p. 393 – 438, 1997

Sherman, H.D. “*Data Envelopment Analysis as a New Managerial Audit Methodology-Test And Evaluation*”, A Journal Of Practice and Teory, 1984.

Simak, Paul C., “*DEA Based Analysis Of Corporate Failure*” Centre for Management of Technology and Entrepreneurship, Faculty of Applied Sciences and Engineering, University of Toronto, 1997

Suiçmez, Halil, “*Verimlilik Düşüncesinin Kısa Tarihi*” Mülkiyeliler Birliği Dergisi, Cilt:23, Sayı:215, 2008.

Tarım, Armağan, “*Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Görel Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı*”, **Sayıştay Yayınları**, Ankara, 2001.

Thanassoulis, E., “*A Comparison Of Regression Analysis And Data Envelopment Analysis As Alternative Methods For Performance Assessments*”, Journal Of The Operational Research Society, 44(11), (1993), 1129-1144

Ulutaş, Barış B., “Türkiye’ deki Havaalanı Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Osman Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı, Eskişehir, 2006

Wade D. Cook, Larry M. Seiford, *Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on*, European Journal of Operational Research 192, 2009.

Yıldız, Elmas, “Kavramsal Düzeyde Etkinlik, Etkililik Ve Verimlilik Olgularına Bir Bakış” <http://www.eko-finans.com/makale1>, (13.10.2008).

Yavuz, İlknur, *Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü (Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama)* MPM Yayınları No: 654, Ankara, 2001.

Yolalan, Reha, *Parametresiz Etkinlik Ölçütleri ve Veri Zarflama Yöntemi*, MPM Yayını, 454, 1.Verimlilik Kongresi, Ankara, 1991.

Yolalan, Reha, *İşletmeler Arası Görelî Etkinlik Ölçümü*, Ankara: Milli Prodüktivite Yayınları: 483, 1993.

EKLER

Ek 1.1 Yazılıma Girilen Veri Seti (Çalışan Sayısı Çıkarılmamış)

Mağaza Kodu	Çalışan Sayısı (2009 ilk 5 ay Ortalaması)	Toplam İşgücü Maliyeti (TL) (2009 ilk 5 ay Ortalaması)	Genel Giderler (TL) (2005 İlk 5 Ay Ortalaması)	İkamet Maliyeti	Toplam Satış Alanı (1000 m2)	Kasa Sayısı	Toplam Satışlar (2009 ilk 5 Ay Ortalaması)	Net Kar (2009 ilk 5 Ay Ortalaması)
1	258	311,805	299,452	68,240	10	57	5,013,565	520,171
2	333	393,724	404,751	134,533	13	63	6,424,912	587,034
3	174	217,876	257,839	172,766	5	35	3,760,516	138,124
4	369	454,501	375,049	151,998	10	63	8,960,244	1,857,521
5	127	170,046	164,943	30,990	5	30	1,834,192	-46,197
6	148	202,802	246,412	27,537	5	38	3,431,545	304,401
7	179	221,491	334,284	41,244	7	45	4,009,253	254,994
8	155	187,455	216,742	58,048	5	35	3,142,848	300,153
9	150	190,217	227,678	70,480	5	28	3,074,005	234,451
10	162	186,346	270,703	83,947	7	55	2,807,014	-4,413
11	162	189,559	278,278	40,857	7	46	3,713,061	267,255
12	113	137,226	211,794	33,479	5	36	1,796,448	-31,075
13	97	109,062	173,256	17,768	3	25	1,691,704	111,175
14	133	154,525	205,326	42,873	5	36	2,439,734	240,221
15	88	102,684	144,110	28,430	3	27	1,433,073	63,845
16	232	281,491	296,680	393,457	7	47	5,508,520	277,108
17	100	114,820	143,886	48,431	3	28	1,548,725	52,263
18	108	156,846	179,511	52,107	5	37	1,997,709	120,543
19	82	108,990	104,627	54,425	3	28	1,042,257	-71,324
20	160	192,312	238,144	183,249	7	40	3,239,431	92,919
21	107	141,255	174,732	80,857	5	36	1,766,004	99,521
22	96	120,557	160,770	76,575	3	32	1,564,787	-55,002
23	127	158,205	213,476	77,162	5	39	2,698,545	243,198
24	102	133,894	165,233	24,944	3	36	2,360,433	225,044
25	170	217,547	246,028	262,611	7	45	3,091,077	-112,156
26	90	114,367	139,571	20,670	3	28	1,258,106	-1,987
27	125	161,708	212,540	81,837	5	35	1,564,100	-61,548
28	141	180,442	293,004	73,968	7	49	1,971,567	-68,405
29	117	135,871	207,786	43,495	5	38	1,327,810	-19,390
30	152	185,902	214,670	161,568	7	39	2,292,249	-147,138
31	168	239,267	339,825	316,924	7	52	3,637,400	-86,853
32	133	177,345	220,344	70,434	7	36	1,463,265	-203,496
33	101	109,315	150,769	148,357	5	28	1,029,822	-204,537
34	122	147,721	172,216	26,410	5	34	1,836,333	485,979

Ek 1.2 Tüm Hipermarketler İçin İyileştirme Önerileri (BCC-O)

Mağaza Girdi / Çıktı	Skor Veri	İyileştirme	Fark	%
M1	0.956859765			
İşgücü Maliyeti	311804.62	285115.4282	-26689.19178	-8.56%
Genel Giderler	299451.93	288480.446	-10971.48403	-3.66%
İkamet Maliyeti	68239.91	68239.91	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	10	6.635156258	-3.364843742	-33.65%
Kasa Sayısı	57	46.17578129	-10.82421871	-18.99%
Satışlar	5013564.57	5239602.242	226037.6718	4.51%
Net Kar	725170.97	1017319.402	292148.4318	40.29%
M2	0.828320738			
İşgücü Maliyeti	393723.93	393723.93	0	0.00%
Genel Giderler	404751.23	352849.7897	-51901.44029	-12.82%
İkamet Maliyeti	134533.4	126502.3797	-8031.020279	-5.97%
Toplam Satış Alanı	13	9.311806178	-3.688193822	-28.37%
Kasa Sayısı	63	59.10023501	-3.89976499	-6.19%
Satışlar	6424912.01	7756550.952	1331638.942	20.73%
Net Kar	792034.05	1697717.055	905683.005	114.35%
M3	1			
İşgücü Maliyeti	217875.86	217875.86	0	0.00%
Genel Giderler	257839.32	257839.32	0	0.00%
İkamet Maliyeti	172766.01	172766.01	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	5	0	0.00%
Kasa Sayısı	35	35	0	0.00%
Satışlar	3760515.85	3760515.85	0	0.00%
Net Kar	343123.92	343123.92	0	0.00%
M4	1			
İşgücü Maliyeti	454501.07	454501.07	0	0.00%
Genel Giderler	375048.75	375048.75	0	0.00%
İkamet Maliyeti	151997.91	151997.91	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	10	10	0	0.00%
Kasa Sayısı	63	63	0	0.00%
Satışlar	8960244.05	8960244.05	0	0.00%
Net Kar	2062520.86	2062520.86	0	0.00%
M5	0.911363449			
İşgücü Maliyeti	170046.4	126105.5985	-43940.80145	-25.84%
Genel Giderler	164943.02	164943.02	0	0.00%
İkamet Maliyeti	30989.8	30989.8	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	3.313789195	-1.686210805	-33.72%
Kasa Sayısı	30	30	0	0.00%
Satışlar	1834191.52	2012579.638	178388.1182	9.73%
Net Kar	158803.25	391838.0232	233034.7732	146.74%
M6	1			
İşgücü Maliyeti	202801.95	202801.95	0	0.00%
Genel Giderler	246412.31	246412.31	0	0.00%
İkamet Maliyeti	27537.45	27537.45	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	5	0	0.00%

Kasa Sayısı	38	38	0	0.00%
Satışlar	3431544.81	3431544.81	0	0.00%
Net Kar	509400.51	509400.51	0	0.00%
M7	1			
İşgücü Maliyeti	221491.15	221491.15	0	0.00%
Genel Giderler	334284.28	334284.28	0	0.00%
İkamet Maliyeti	41243.71	41243.71	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	7	7	0	0.00%
Kasa Sayısı	45	45	0	0.00%
Satışlar	4009252.84	4009252.84	0	0.00%
Net Kar	459993.74	459993.74	0	0.00%
M8	0.932446995			
İşgücü Maliyeti	187454.95	187454.95	0	0.00%
Genel Giderler	216742.02	216742.02	0	0.00%
İkamet Maliyeti	58048.4	58048.4	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	4.541881922	-0.458118078	-9.16%
Kasa Sayısı	35	35	0	0.00%
Satışlar	3142847.51	3370537.444	227689.9342	7.24%
Net Kar	505153.26	686247.3654	181094.1054	35.85%
M9	1			
İşgücü Maliyeti	190217.34	190217.34	0	0.00%
Genel Giderler	227677.6	227677.6	0	0.00%
İkamet Maliyeti	70479.91	70479.91	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	5	0	0.00%
Kasa Sayısı	28	28	0	0.00%
Satışlar	3074005.29	3074005.29	0	0.00%
Net Kar	439450.86	439450.86	0	0.00%
M10	0.772804129			
İşgücü Maliyeti	186345.81	186345.81	0	0.00%
Genel Giderler	270703.28	270703.28	0	0.00%
İkamet Maliyeti	83947.33	41972.8485	-41974.4815	-50.00%
Toplam Satış Alanı	7	6.727908962	-0.272091038	-3.89%
Kasa Sayısı	55	45.32600733	-9.673992671	-17.59%
Satışlar	2807014.38	3632245.578	825231.1978	29.40%
Net Kar	200587.37	469444.7895	268857.4195	134.04%
M11	1			
İşgücü Maliyeti	189559.11	189559.11	0	0.00%
Genel Giderler	278278.22	278278.22	0	0.00%
İkamet Maliyeti	40856.85	40856.85	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	7	7	0	0.00%
Kasa Sayısı	46	46	0	0.00%
Satışlar	3713060.51	3713060.51	0	0.00%
Net Kar	472254.6	472254.6	0	0.00%
M12	0.737633282			
İşgücü Maliyeti	137226.17	137226.17	0	0.00%
Genel Giderler	211793.89	177350.4997	-34443.39029	-16.26%
İkamet Maliyeti	33478.72	25889.46678	-7589.253221	-22.67%
Toplam Satış Alanı	5	3.402789906	-1.597210094	-31.94%
Kasa Sayısı	36	36	0	0.00%

Satışlar	1796447.76	2435421.236	638973.4758	35.57%
Net Kar	173924.96	423870.9768	249946.0168	143.71%
M13	1			
İşgücü Maliyeti	109061.75	109061.75	0	0.00%
Genel Giderler	173256.04	173256.04	0	0.00%
İkamet Maliyeti	17768.14	17768.14	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	3	0	0.00%
Kasa Sayısı	25	25	0	0.00%
Satışlar	1691704.14	1691704.14	0	0.00%
Net Kar	316175.09	316175.09	0	0.00%
M14	0.880807498			
İşgücü Maliyeti	154525.04	154525.04	0	0.00%
Genel Giderler	205325.58	195969.7028	-9355.877205	-4.56%
İkamet Maliyeti	42873.14	33014.12512	-9859.014884	-23.00%
Toplam Satış Alanı	5	3.982717865	-1.017282135	-20.35%
Kasa Sayısı	36	36	0	0.00%
Satışlar	2439734.18	2769883.529	330149.349	13.53%
Net Kar	445220.76	505468.8581	60248.09805	13.53%
M15	1			
İşgücü Maliyeti	102684.36	102684.36	0	0.00%
Genel Giderler	144110.08	144110.08	0	0.00%
İkamet Maliyeti	28430.14	28430.14	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	3	0	0.00%
Kasa Sayısı	27	27	0	0.00%
Satışlar	1433072.84	1433072.84	0	0.00%
Net Kar	268845.18	268845.18	0	0.00%
M16	1			
İşgücü Maliyeti	281491.19	281491.19	0	0.00%
Genel Giderler	296680.21	296680.21	0	0.00%
İkamet Maliyeti	393457.05	393457.05	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	7	7	0	0.00%
Kasa Sayısı	47	47	0	0.00%
Satışlar	5508520.15	5508520.15	0	0.00%
Net Kar	482108.4	482108.4	0	0.00%
M17	1			
İşgücü Maliyeti	114819.62	114819.62	0	0.00%
Genel Giderler	143886	143886	0	0.00%
İkamet Maliyeti	48430.63	48430.63	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	3	0	0.00%
Kasa Sayısı	28	28	0	0.00%
Satışlar	1548724.51	1548724.51	0	0.00%
Net Kar	257262.96	257262.96	0	0.00%
M18	0.717758886			
İşgücü Maliyeti	156845.86	156845.86	0	0.00%
Genel Giderler	179511.42	179511.42	0	0.00%
İkamet Maliyeti	52106.51	36722.05073	-15384.45927	-29.53%
Toplam Satış Alanı	5	3.599606323	-1.400393677	-28.01%
Kasa Sayısı	37	37	0	0.00%
Satışlar	1997709.04	2783259.223	785550.1834	39.32%

Net Kar	325543.31	544124.2695	218580.9595	67.14%
M19	1			
İşgücü Maliyeti	108990.08	108990.08	0	0.00%
Genel Giderler	104626.67	104626.67	0	0.00%
İkamet Maliyeti	54424.77	54424.77	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	3	0	0.00%
Kasa Sayısı	28	28	0	0.00%
Satışlar	1042257.09	1042257.09	0	0.00%
Net Kar	133675.99	133675.99	0	0.00%
M20	0.895053338			
İşgücü Maliyeti	192312.22	192312.22	0	0.00%
Genel Giderler	238144.3	238144.3	0	0.00%
İkamet Maliyeti	183248.57	151945.5115	-31303.05846	-17.08%
Toplam Satış Alanı	7	5.305531393	-1.694468607	-24.21%
Kasa Sayısı	40	40	0	0.00%
Satışlar	3239430.59	3619259.828	379829.2383	11.73%
Net Kar	297918.96	435946.5952	138027.6352	46.33%
M21	0.703848698			
İşgücü Maliyeti	141255.05	141255.05	0	0.00%
Genel Giderler	174731.81	174731.81	0	0.00%
İkamet Maliyeti	80856.86	41937.08256	-38919.77744	-48.13%
Toplam Satış Alanı	5	3.284044768	-1.715955232	-34.32%
Kasa Sayısı	36	36	0	0.00%
Satışlar	1766004.12	2509067.822	743063.7016	42.08%
Net Kar	304520.62	432650.683	128130.063	42.08%
M22	0.791558035			
İşgücü Maliyeti	120556.95	120556.95	0	0.00%
Genel Giderler	160770.47	160770.47	0	0.00%
İkamet Maliyeti	76575.36	24604.75637	-51970.60363	-67.87%
Toplam Satış Alanı	3	3	0	0.00%
Kasa Sayısı	32	31.44823464	-0.551765364	-1.72%
Satışlar	1564787.11	1976844.451	412057.341	26.33%
Net Kar	149997.91	363803.0997	213805.1897	142.54%
M23	0.927006623			
İşgücü Maliyeti	158205.17	158205.17	0	0.00%
Genel Giderler	213476.44	205437.4815	-8038.958472	-3.77%
İkamet Maliyeti	77161.53	32947.85713	-44213.67287	-57.30%
Toplam Satış Alanı	5	4.390299379	-0.609700621	-12.19%
Kasa Sayısı	39	39	0	0.00%
Satışlar	2698545.47	2911031.488	212486.0179	7.87%
Net Kar	448198.1	483489.6415	35291.54151	7.87%
M24	1			
İşgücü Maliyeti	133894.07	133894.07	0	0.00%
Genel Giderler	165232.6	165232.6	0	0.00%
İkamet Maliyeti	24943.98	24943.98	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	3	0	0.00%
Kasa Sayısı	36	36	0	0.00%
Satışlar	2360432.52	2360432.52	0	0.00%
Net Kar	430044.49	430044.49	0	0.00%

M25	0.742859333			
İşgücü Maliyeti	217546.65	217546.65	0	0.00%
Genel Giderler	246027.64	246027.64	0	0.00%
İkamet Maliyeti	262611.11	221596.9389	-41014.17109	-15.62%
Toplam Satış Alanı	7	5.514164971	-1.485835029	-21.23%
Kasa Sayısı	45	42.81476852	-2.18523148	-4.86%
Satışlar	3091076.68	4161052.496	1069975.816	34.61%
Net Kar	92843.96	461791.4541	368947.4941	397.38%
M26	1			
İşgücü Maliyeti	114367.32	114367.32	0	0.00%
Genel Giderler	139571.22	139571.22	0	0.00%
İkamet Maliyeti	20670.01	20670.01	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	3	3	0	0.00%
Kasa Sayısı	28	28	0	0.00%
Satışlar	1258106.47	1258106.47	0	0.00%
Net Kar	203013.34	203013.34	0	0.00%
M27	0.536956542			
İşgücü Maliyeti	161707.67	161707.67	0	0.00%
Genel Giderler	212540.34	212540.34	0	0.00%
İkamet Maliyeti	81836.99	81836.99	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	4.439063691	-0.560936309	-11.22%
Kasa Sayısı	35	35	0	0.00%
Satışlar	1564100.14	2912898.934	1348798.794	86.23%
Net Kar	143451.83	433360.6152	289908.7852	202.09%
M28	0.564673414			
İşgücü Maliyeti	180441.9	180441.9	0	0.00%
Genel Giderler	293003.77	259762.8168	-33240.95315	-11.34%
İkamet Maliyeti	73968.31	38250.52873	-35717.78127	-48.29%
Toplam Satış Alanı	7	6.344851993	-0.655148007	-9.36%
Kasa Sayısı	49	44.36212998	-4.637870017	-9.47%
Satışlar	1971567.18	3491517.627	1519950.447	77.09%
Net Kar	136594.5	465341.1326	328746.6326	240.67%
M29	0.551309571			
İşgücü Maliyeti	135870.81	135870.81	0	0.00%
Genel Giderler	207785.94	169247.0011	-38538.93888	-18.55%
İkamet Maliyeti	43494.96	25509.06729	-17985.89271	-41.35%
Toplam Satış Alanı	5	3.142045348	-1.857954652	-37.16%
Kasa Sayısı	38	36.35511337	-1.644886629	-4.33%
Satışlar	1327810.44	2408466.149	1080655.709	81.39%
Net Kar	185609.51	431543.4274	245933.9174	132.50%
M30	0.663149574			
İşgücü Maliyeti	185902.21	185902.21	0	0.00%
Genel Giderler	214669.72	214669.72	0	0.00%
İkamet Maliyeti	161568.2	159795.8775	-1772.322526	-1.10%
Toplam Satış Alanı	7	4.482153905	-2.517846095	-35.97%
Kasa Sayısı	39	39	0	0.00%
Satışlar	2292249.02	3456609.353	1164360.333	50.80%
Net Kar	57861.51	438199.8759	380338.3659	657.33%
M31	0.776580806			

İşgücü Maliyeti	239266.78	239266.78	0	0.00%
Genel Giderler	339824.91	288228.1749	-51596.73514	-15.18%
İkamet Maliyeti	316924.2	231507.7564	-85416.44355	-26.95%
Toplam Satış Alanı	7	7	0	0.00%
Kasa Sayısı	52	46.54069994	-5.459300062	-10.50%
Satışlar	3637399.99	4683865.427	1046465.437	28.77%
Net Kar	118146.62	477582.5491	359435.9291	304.23%
M32	0.454490443			
İşgücü Maliyeti	177345.3	177345.3	0	0.00%
Genel Giderler	220344.36	220344.36	0	0.00%
İkamet Maliyeti	70433.86	70433.86	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	7	4.708413514	-2.291586486	-32.74%
Kasa Sayısı	36	36	0	0.00%
Satışlar	1463264.62	3219571.811	1756307.191	120.03%
Net Kar	1504.3	557588.8244	556084.5244	999.90%
M33	0.639255947			
İşgücü Maliyeti	109315.15	109315.15	0	0.00%
Genel Giderler	150768.7	150768.7	0	0.00%
İkamet Maliyeti	148357.45	28205.18947	-120152.2605	-80.99%
Toplam Satış Alanı	5	3.060624376	-1.939375624	-38.79%
Kasa Sayısı	28	28	0	0.00%
Satışlar	1029822.07	1610969.869	581147.7991	56.43%
Net Kar	462.65	304184.3697	303721.7197	999.90%
M34	1			
İşgücü Maliyeti	147720.66	147720.66	0	0.00%
Genel Giderler	172216.4	172216.4	0	0.00%
İkamet Maliyeti	26410.3	26410.3	0	0.00%
Toplam Satış Alanı	5	5	0	0.00%
Kasa Sayısı	34	34	0	0.00%
Satışlar	1836333.04	1836333.04	0	0.00%
Net Kar	690978.83	690978.83	0	0.00%