

154329

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTALYA YÖRESİNDE BULUNAN OTELLERİN
ETKİNLİĞİNİN ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ VE
VERİ ZARFLAMA ANALİZİ TEKNİKLERİ
KULLANILARAK ÖLÇÜMÜ**

Endüstri Müh. Selin SONER

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yrd. Doç. Dr. Semih ÖNÜT

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Semih ÖNÜT

Yrd. Doç. Dr. Fatih ZASU

Yrd. Doç. Dr. Nihan GETİN DEMİREL

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ	5
3.1 AHP Hakkında Bilgi	5
3.1.1 Ölçüm ve Değerlendirme	5
3.1.2 İkili Karşılaştırma	7
3.1.3 AHP Kullanımının Kolaylığı	8
3.1.4 AHP Metodolojisi	8
3.1.5 Hiyerarşi ve Hiyerarşik Sentez	11
3.1.5.1 Hiyerarşi	11
3.1.5.2 Hiyerarşinin Sebepleri	12
3.1.5.3 Hiyerarşinin Avantajları	13
3.1.5.4 Rasyonelite	14
3.1.5.5 Bir Hiyerarşinin Oluşturulması	14
3.1.5.6 Hiyerarşide Öncelik	14
3.2 AHP Metodu	15
3.2.1 Görelî Önem Vektörü Olarak Öncelikler, Tutarlılıkla İlişkilendirme	16
3.2.2 Ölçekli Karşılaştırma	18
3.3 AHP Kullanım Alanları	19
4. VERİMLİLİK VE ETKİNLİK	21
4.1 Verimlilik ve Etkinlik Kavramları	21
4.1.1 Etkinlik ile İlgili Kavramlar	22
4.1.2 Verimlilik Ölçümüne Yaklaşımlar	25
4.1.3 Yeni Yaklaşımların Temelleri ve Sınır Üretim Fonksiyonları	27
4.1.4 Sınır Üretim Yaklaşımına Dayanan Etkinlik Ölçme Teknikleri	32
4.1.5 Geleneksel Yaklaşımlar ve Yeni Yaklaşımların Karşılaştırılması	34

5.	VERİ ZARFLAMA ANALİZİ.....	36
5.1	Veri Zarflama Analizine Giriş.....	36
5.2	Veri Zarflama Analizi Modeli Temelleri	39
5.2.1	Tek Girdi-Tek Çıktılı Durum	39
5.2.2	İki Girdi - Tek Çıktı Durumu	42
5.2.3	Tek Girdi-İki Çıktı Durumu	44
5.3	Temel Veri Zarflama Analizi Modelleri.....	46
5.3.1	CCR modeli.....	47
5.3.1.1	Girdiye yönelik CCR modeli.....	51
5.3.1.2	Çıktı Odaklı Model.....	54
5.3.2	BCC Modeli.....	55
5.3.3	Referans Seti Kavramı ve Etkinlikte Gelişim	62
5.4	Veri Zarflama Analizinin Adımları	63
5.4.1	Karar Birimlerinin Seçimi	63
5.4.2	Girdi ve Çıktıların Seçimi	64
5.4.3	Verilerin Elde Edilebilirliği ve Güvenilirliği	65
5.4.4	Görel Etkinliğin Ölçülmesi	65
5.4.5	Etkinlik Değerleri ve Etkinlik Sınırı.....	66
5.4.6	Karar Birimleri için Detay Analizi	66
5.4.7	Etkin Olmayan Karar Birimleri için Hedef Belirlenmesi.....	67
5.4.8	Sonuçların Değerlendirilmesi	67
5.5	VZA'nın Zayıf Yönleri.....	67
6.	UYGULAMA.....	69
6.1	Giriş.....	69
6.2	Uygulamanın Ana Hatları.....	69
6.3	Kullanılan Örneklem ve Verilerin Toplanması	69
6.4	Kullanılan Modelin Girdi ve Çıktıları	70
6.5	Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Değerlendirmenin Yapılması.....	73
6.6	Veri Zarflama Analizinin Uygulanması	78
6.6.1	Girdi Odaklı CCR Modeli	78
6.6.2	Girdi Odaklı BCC Modeli	84
6.6.3	Girdi ve Çıktılar Arasındaki Korelasyon Katsayısına Bakılarak CCR ve BCC Modelin Uygulanması	88
6.6.4	Çıktı Odaklı CCR Modeli.....	90
6.6.5	Çıktı Odaklı BCC Modeli.....	93
6.6.6	Uygulamadan Elde Edilen Sonuçlar.....	94
7.	SONUÇLAR.....	96
	EKLER	102
	Ek 1 Girdi Odaklı CCR dual model sonuçları.....	103
	EK-2 Girdi Odaklı CCR dual model sonucu girdilerdeki azalma miktarı	104
	EK-3 Girdi Odaklı BCC Dual Sonuçları	105
	EK-4 Girdi Odaklı BCC Dual Sonuçlarına Göre Girdi Azalma Miktarları	106
	EK-5 Çıktı Odaklı CCR Primal Modelin Sonuçları.....	107
	EK-6 Çıktı Odaklı CCR Modelin Sonuçlarına Göre Etkin Olmayan Otellerin Çıktılarındaki Artış Miktarı	108
	EK-7 Çıktı Odaklı BCC Dual Modelin Çıktıları.....	109

EK-8 Çıktı Odaklı BCC Modeli sonuçlarına Göre Etkin Olmayan Otellerdeki Çıktı Artışları110

ÖZGEÇMİŞ..... 111



SİMGE LİSTESİ

a	Doluluk oranı ile ilgili ek kısıt
C_n	Alternatifler takımı
ε	10^{-4} 'den küçük bir sayısal değer
$\lambda_{\max}$	Eigen vektör
λ_{jk}	Karar Verme Birimlerine verilen ağırlıklar
g_k	Çıktı odaklı primal modeldeki etkinlik ifadesi
h_k	Girdi odaklı primal modelde hesaplanan etkinlik değeri
θ_k	Girdi odaklı dual modelde hesaplanan etkinlik değeri
s_{ik}^-	İlgili girdilerdeki fazla kullanım
s_{rk}^+	İlgili çıktılardaki eksik kullanım
u_0	Girdi odaklı modelde ölçeğe göre değişen getiri kavramıyla ilgili değişken
u_{rk}	Çıktı faktörlerine verilen ağırlıklar
v_0	Çıktı odaklı modelde ölçeğe göre değişen getiri kavramıyla ilgili değişken
v_{ik}	Girdi faktörlerine verilen ağırlıklar
w_n	AHP'deki sayısal ağırlıklar
X_{ik}	Kullanılan girdi faktörleri miktarı
Y_{rk}	Üretilen çıktı faktörleri miktarı
z_k	Çıktı odaklı dual modeldeki etkinlik ifadesi

KISALTMA LİSTESİ

AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
BCC	Banker-Charnes-Cooper Modeli
CCR	Charnes-Cooper-Rhodes Modeli
CI	Tutarlılık İndeksi
CR	Tutarlılık Oranı
CRS	Ölçeğe Göre Sabit Getiri
DRS	Ölçeğe Göre Azalan Getiri
IRS	Ölçeğe Göre Artan Getiri
KVB	Karar Verme Birimi
MPSS	En Etkin Ölçek Birimi
RI	Rassallık İndeksi
SFA	Stokastik Sınır Yaklaşımı
Ş.k.g	Şu Kısıtlara Göre
TAE	Tahsis Etkinliği
TE	Teknik Etkinlik
TFV	Toplam Faktör Verimliliği
VZA	Veri Zarflama Analizi



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Analitik Hiyerarşi Prosesinin dokuz aşaması (Huizingh ve Vrolijk,2000).....	9
Şekil 3.2 Kademeli bir hiyerarşi (Saaty,1994)	12
Şekil 4.1 Teknik etkinlik ve verimlilik (Tarım, 2001)	23
Şekil 4.2 Eşürün eğrisi, teknik etkinlik ve tahsis etkinliği(Yavuz,2003)	28
Şekil 4.3 Etkinlik Gösterimleri (Tarım, 2001)	30
Şekil 5.1 Marketlerin karşılaştırılması (Cooper vd., 2000).....	40
Şekil 5.2 Regresyon sınırı ve etkinlik sınırı (Cooper vd., 2000).....	41
Şekil 5.3 A marketindeki gelişme (Cooper vd., 2000).....	42
Şekil 5.4 İki girdi ve bir çıktı durumu (Cooper vd., 2000).....	43
Şekil 5.5 A marketindeki gelişme (Cooper vd., 2000).....	44
Şekil 5.6 Tek girdi-iki çıktı durumu (Cooper vd., 2000)	45
Şekil 5.7 Gelişme (Cooper vd., 2000)	45
Şekil 5.8 CCR ve BCC için etkinlik sınırları (Cooper vd., 2000).....	56
Şekil 5.9 Ölçeğe göre getirisinin grafik gösterimi (Tarım, 2001).....	59
Şekil 6.1 Kullanılan girdi ve çıktılar	70
Şekil 6.2 X1 deki azalma oranları	82
Şekil 6.3 X2 deki azalma oranları	83
Şekil 6.4 X3 deki azalma oranları	83
Şekil 6.5 BCC sonuçlarına göre X1 miktarındaki azalma.....	85
Şekil 6.6 BCC sonuçlarına göre X2 miktarındaki azalma.....	86
Şekil 6.7 BCC sonuçlarına göre X3 miktarındaki azalma.....	86
Şekil 6.8 Y1 miktarındaki artış.....	92
Şekil 6.9 Y2 miktarındaki artış.....	92
Şekil 6.10 BCC Sonuçlarına göre Y1'deki artış miktarı	94
Şekil 6.11 BCC Sonuçlarına göre Y2'deki artış miktarı	94

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Rassallık göstergeleri (Saaty,1980).....	18
Çizelge 3.2 Analitik Hiyerarşi Prosesinde kullanılan ölçek (Saaty,1980)	19
Çizelge 4.1 Verimlilik göstergeleri gruplandırması (Yavuz,2003).....	26
Çizelge 4.2 Sınır üretim fonksiyonu yaklaşımına dayanan ölçüm teknikleri sınıflandırması (Yavuz,2003)	32
Çizelge 5.1 Tek girdi-tek çıktı durumu(Cooper vd., 2000).....	39
Çizelge 5.2 Etkinlik (Cooper vd., 2000)	41
Çizelge 5.3 İki girdi ve bir çıktı durumu (Cooper vd., 2000).....	42
Çizelge 5.4. Bir girdi ve iki çıktı durumu(Cooper vd., 2000)	44
Çizelge 6.1 Etkinlik analizi yapılacak oteller ve elde edilen değerler	72
Çizelge 6.2 Toplanan verilerin ikili karşılaştırılması	73
Çizelge 6.3 İkili karşılaştırma hesaplamaları	73
Çizelge 6.4 Çalışan sayısının aralıklarının ikili karşılaştırılması	73
Çizelge 6.5 İkili karşılaştırma hesaplamaları	74
Çizelge 6.6 Yatak sayısının aralıklarının ikili karşılaştırılması	74
Çizelge 6.7 İkili karşılaştırma hesaplamaları	74
Çizelge 6.8 Personel maliyetinin aralıklarının ikili karşılaştırılması	74
Çizelge 6.9 İkili karşılaştırma hesaplamaları	75
Çizelge 6.10 Yiyecek-içecek maliyetinin aralıklarının ikili karşılaştırılması	75
Çizelge 6.11 İkili karşılaştırma hesaplamaları	75
Çizelge 6.12 Doluluk oranı aralıklarının ikili karşılaştırılması	75
Çizelge 6.13 İkili karşılaştırma hesaplamaları	76
Çizelge 6.14 Kazanç aralıklarının ikili karşılaştırılması	76
Çizelge 6.15 İkili karşılaştırma hesaplamaları	76
Çizelge 6.16 Ağırlıkların toplu gösterimi.....	76
Çizelge 6.17 AHP sonuçları	77
Çizelge 6.18 VZA’da uygulanacak oteller ve girdi-çıkıtı değerleri.....	78
Çizelge 6.19 CCR primal sonuçları.....	81
Çizelge 6.20 İfade dönüşümleri.....	81
Çizelge 6.21 BCC Primal sonuçları	85
Çizelge 6.22 CCR ve BCC çıktıları ve korelasyon katsayısı	87
Çizelge 6.23 Girdi ve çıktılar arasındaki korelasyon katsayıları	88
Çizelge 6.24 Eski ve yeni CCR etkinlik değerleri.....	89
Çizelge 6.25 Eski ve yeni BCC etkinlik değerleri.....	89
Çizelge 6.26 Çıkıtı odaklı CCR primal modelin çıktıları.....	91
Çizelge 6.27 BCC primal modelin çıktıları.....	93

ÖNSÖZ

Bu çalışma önemli etkinlik ölçüm tekniklerinden biri olan Veri Zarflama Analizi'nin uygulamasının somut bir örneğini göstermektedir. Veri Zarflama Analizi aşamasına geçilmeden önce Analitik Hiyerarşi Prosesi uygulanarak bir ilk eleme yapılmış ve hesaplamalar sonucu en yüksek puan alan ilk 15 otele Veri Zarflama Analizi uygulanmıştır. Bundan sonra etkin ve etkin olmayan oteller belirlenmiş ve etkin olmayan otellerin etkinliklerini arttırmaları için girdi miktarlarını ne kadar azaltmaları ya da çıktı miktarlarını ne oranda arttırmaları gerektiği sunulmuştur.

Bu çalışmanın hazırlanmasında bana yol göstererek yardımcı olan başta değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Semih Önüt'e, verilerin toplanmasında bana kolaylık sağlayan otel yöneticilerine, bilgilerini benden esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Elif Kongar'a, tüm arkadaşlarıma ve bana desteklerini hep hissettiren aileme teşekkür ederim.



ÖZET

Veri Zarflama Analizi(VZA), doğrusal programlamaya dayalı parametresiz bir teknik olup, organizasyonel birimlerin görelî etkinliğini ölçmekte kullanılmaktadır. Diğer tekniklere göre üstünlüğü, tek bir boyuta indirgenemeyen birden çok girdi ve birden çok çıktının olduğu durumlarda uygulanabilmesidir. Bu gibi durumlara örnek olarak okul ve hastaneler gibi çeşitli yerleri örnek olarak verebiliriz.

Yüksek seviyedeki rekabetçi ortamda uzun zamandan beri fark edilmiştir ki bir otel için pazar stratejisini formüle ederken göz önünde bulundurması gereken önemli noktalar, servis kalitesini arttırıp kolektif operasyonlarının etkinliğini arttırmaktır. Rekabet stratejileri formüle ederken kişiler; diğer organizasyonların avantajlarını ve dezavantajlarını anlarken, diğer organizasyonlara göre görelî performansları belirlemelidir. Konaklama sektöründe pazar payını arttırma, karı maksimumlaştırma ve kaynak tahsisi gibi konuların gelişimine odaklanıldığından beri yöneticiler operasyonel etkinliğin artırılmasının yollarını aramaktadırlar.

Otel işletmelerinin girdi ve çıktıları ölçüldükten sonra, bu verilere dayanarak onların göreceli etkinliklerini saptarken kullanılan tekniklerin bazı yetersizlikleri, bu açıdan sık kullanılmayan “Veri Zarflama Analizi” ile ortadan kaldırılabilir. Doğrusal programlama tabanlı Veri Zarflama Analizi otelleri etkin ve etkin olmayan olarak belirler ve etkinliklerine göre sıralar. Sonuç olarak etkin olmayan oteller, etkin olan diğer oteller referans alınarak etkin hale getirilmeye çalışılır. Veri Zarflama Analizi kullanılmadan önce ilk eleme için Analitik Hiyerarşı Prosesi kullanılmıştır.

Metot; homojen bir müşteri yapısı gösteren Antalya’nın 5 yıldızı otellerinin örnekleminde uygulanmıştır. Bu çalışmada oluşturulan doğrusal programlar, Lingo yazılımı ile çözülmüştür. Sonuçlar, hem metot uygulamasının başarısını incelemek hem de Antalya yöresindeki otellere ait somut bulguları tartışmak suretiyle değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Analitik Hiyerarşı Prosesi, etkinlik ölçümü, Antalya Yöresi otelleri.

ABSTRACT

Data Envelopment Analysis(DEA) is a linear programming based nonparametric technique for measuring the relative performance of organizational units, where the presence of multiple inputs and outputs makes comparison difficult. It is especially useful in environments where inputs and outputs can not easily be reduced to single monetary terms; such as hospitals and schools etc.

In the face of a highly competitive environment, it has long been considered important for a hotel to formulate a marketing competition strategy, strengthen corporate operations and upgrade quality of service. In formulating competition strategies, one must first measure the comparative performance of the entire industry, before one may understand one's advantages and disadvantages. As hospitality businesses have focused on improving resource allocation, market penetration, and profit maximization, managers have sought ways to achieve maximum operational efficiency.

Certain deficiencies of the techniques that are used in order to specify the relative efficiencies of hotels by reevaluating the data gained from input and output indicators can be prevented, if "data envelopment analysis" will instead be employed. Using linear programming based techniques, DEA separates the hotels into efficient and inefficient ones and cardinally ranks the latter. In addition the inefficient hotels are assigned referents to be emulated. Before Data Envelopment Analysis is used Analytical Hierarchy Process is used for first elimination.

The method was applied to a sample of Antalya's 5 star hotels, which indicate a rather homogeneous customer structure. In this study; the LP formulations have been generated and solved by Lingo software package.the results were evaluated by examining the performance of the method, as well as discussing the findings concerning the Antalya hotels.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Analytical Hierarchy Process, efficiency measurement, Antalya region hotels.

1. GİRİŞ

Stratejik planlamanın ve üretim kontrolünün özü işletme içi kaynakların en etkin biçimde kullanılması esasına dayanır. Bu nedenle; sürekli değişim gösteren pazar koşullarına ayak uydurabilmek ve artan pazar rekabetinde daha uzun süre yaşayabilmek amacıyla günümüz işletmeleri ellerinde bulundurdıkları kaynakları en etkin şekilde kullanmak zorundadırlar.

Etkinlik ve verimlilik gibi kavramlar, kaynakların sınırlı olduğu dünyamızda her zaman önemli olmuş ve olmaya devam edecektir. Ekonomideki birimler; rekabet veya çevresel etkenlerdeki olumsuz değişikliklerin yarattığı kar marjı erimesine karşın ayakta kalabilmek için verimli çalışmayı, yani girdi kullanımlarında mümkün olduğu kadar az savurgan davranmayı öğrenmek zorundadır.

Çağdaş işletmeler; maliyeti minimize etme, karı maksimumlaştırma ve etkin üretim gibi temel yönetsel hedeflere erişebilmek için kontrol alt sistemine gerek duymaktadır. Bu alt sistem, arzulanan sonuçlara ne ölçüde erişildiği ya da erişilemediğini araştırır. Eğer bir işletme, sahip olduğu kontrol alt sistemi sayesinde, kendisinin ve rakiplerinin güçlü ve zayıf yönlerini zamanında saptayabilir ve gerekli önlemleri yine zamanında alabilirse, pazar dinamiği içindeki başarı düzeyini artırma şansına sahip olabilir. Aksi takdirde, söz konusu işletmenin uzun vadede ayakta kalabilme şansı oldukça düşüktür. Çağdaş yöneticiler, işletmelerinin çıktılarıyla girdileri arasındaki ilişkileri, ele alınan verimlilik düzeylerini doğru olarak ölçebildikleri oranda, ileriye yönelik planlama faaliyetlerini etkin duruma dönüştürebilecekleri gerçeğini kavramışlardır. Bu nedenle, her işletmenin kendi örgütsel yapısına uygun şekilde geliştirilmiş olan kontrol alt sistemi bünyesindeki verimlilik ölçütleri, işletmenin gelecek dönemlerdeki başarıları açısından çok yararlı göstergelerdir.

Veri Zarflama Analizi; benzer karar birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacı ile geliştirilmiş olan parametrik olmayan bir etkinlik ölçütüdür. Bu yöntemde, birden fazla girdi kullanılarak birden fazla çıktının elde edildiği üretim ortamlarında etkinlik ölçümü yapılabilmektedir. Sözü edilen yöntem; son yıllarda okul, hastane, mağaza, banka şubeleri, oteller ve benzeri ortamlarda bir yönetim aracı olarak kabul görmeye ve uygulanmaya başlanmıştır.

Bu çalışmanın hedefi; şimdiye kadar otelcilik alanında buradaki kullanım biçimiyle uygulanmamış olan Veri Zarflama Analizi ve Analitik Hiyerarşi Prosesinin bir arada kullanımı yoluyla otellerin etkinliklerinin karşılaştırılmasıdır. Böylece, sektörel politikaların oluşturulması bağlamında aynı pazarı paylaşan otellerin göreceli etkinlikleri gözlenebilecek

ve gerekli iyileştirme oranları belirlenebilecektir. Aynı zamanda herhangi bir otel yönetimi de, kendi göreceli etkinliğinin diğer otellere nazaran yerini saptayacak, kendisine ait etkinlik arttırıcı önlemler alabileceklerdir. Veri Zarflama Analizi'nin bu açıdan getirdiği en önemli katkı ise, pek çok girdi ve çıktıyı içeren otel hizmeti karmaşık ürününün etkinliğini, bütüncül olarak değerlendirebilecek bir yaklaşım halinde kullanılabilmesidir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde, literatür taraması yapılmış; Veri Zarflama Analizi ile ilgili çalışmalar incelenmiş, Analitik Hiyerarşi Prosesi ile ilgili çalışmalar gözden geçirilmiş ayrıca Veri Zarflama Analizi ve Analitik Hiyerarşi Prosesinin bir arada kullanıldığı çalışmalar incelenip son olarak da turizm sektöründe yapılmış olan Veri Zarflama Analizi çalışmalarına göz atılmıştır.

Üçüncü bölümde, Analitik Hiyerarşi Prosesi incelenmiş; AHP hakkında bilgi verilmiş, ikili karşılaştırma, hiyerarşi, ölçeklendirme gibi kavramlardan bahsedilmiş ve AHP Metodolojisi hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde, verimlilik ve etkinlik kavramları üzerinde durulmuş, etkinlik ölçüm yaklaşımının temelleri ile yeni yaklaşımlardan bahsedilmiş ve geleneksel yaklaşımlarla yeni yaklaşımların karşılaştırılması yapılmıştır.

Beşinci bölümde, hizmet sektöründeki geleneksel etkinlik ölçme metotlarının yetersiz kaldığı boşluğu dolduracak olan Veri Zarflama Analizinden bahsedilmiştir. Bu bölümde VZA modellerinin temelleri anlatılmış ve temel olan Veri Zarflama Analizi modelleri açıklanmıştır.

Bu bölümü takiben uygulama kısmında; Antalya yöresindeki 5 yıldızlı otellerin etkinliklerini ölçmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. 32 otelden veriler elde edilmiş ve elde edilen verilerle Analitik Hiyerarşi Prosesi uygulanarak oteller iki ayrı gruba ayrılmıştır. Bu aşamadan sonra sıralamaya göre ilk 15 otele Veri Zarflama Analizi uygulanmıştır. Öncelikle girdi odaklı VZA modelleri oluşturulup otellerin etkinlik değerleri hesaplanmış ve etkin olmayan birimlerin girdi miktarlarını ne oranda azaltmaları gerektiği ortaya konmuştur. Girdi odaklı VZA modellerinde yapılan başka bir çalışma da, girdi ve çıktıların korelasyon katsayıları hesaplanmış ve birbirleri ile yüksek korelasyon gösteren girdi veya çıktılar elenerek modeller tekrar oluşturulmuştur. Aynı otel grubu için çıktı odaklı VZA modelleri oluşturulup etkinlik oranları hesaplanmış ve etkin olmayan birimlerin çıktı miktarlarını ne oranda arttırmaları gerektiği ortaya konmuştur.

Son bölümde ise, sonuç ve değerlendirmeler bulunmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatüre bakıldığında Veri Zarflama Analizi, Analitik Hiyerarşi Prosesi ve iki tekniğin de bir arada kullanıldığı çalışmalara rastlanmaktadır.

Veri Zarflama Analizi ile ilgili çalışmalara göz atıldığında örnek olarak şu çalışmalardan bahsedilebilir: Weber (1996), satıcı değerlendirmesinde çoklu kriterli performans ölçümlerini VZA kullanarak yapmıştır. Miller (1996), kalite, verimlilik ve fazlalık değerlerini operasyonelleştiren ölçüm metodolojisini oluşturup sağlık sektöründe bir VZA uygulaması gerçekleştirmiştir. Madu ve Kuei (1997), VZA'nın kıyaslama uygulamalarındaki yerini ortaya koymuştur. Anderson vd.(1998), bayileşmenin etkin bir yapı olup olmadığını, VZA olarak adlandırılan doğrusal programlama tekniği ile bulmuştur. Bauer vd. (1998) bankaların etkinliği ölçerken, uygunluk analizi için en kullanışlı etkinlik sınırını içeren tutarlılık kümesini ortaya koymuştur. Al-Shammari ve Salimi (1998), VZA olarak bilinen parametrik olmayan bir yaklaşım kullanarak bankaların karşılaştırmalı etkinliğini değerlendirmiştir. Tsang vd. (1999), organizasyonun bakım faaliyetlerinin etkinliğini, diğer şirketlerle kıyaslama yaparak VZA ile bulmuştur. Al-Harbi (2000), bakım departmanının karşılaştırmalı etkinlik ölçümde VZA'nın objektif bir yaklaşım olduğunu ileri sürmüştür. Al-Shammari (1999) ise tekrar VZA kullanarak hastanelerin etkinliğini ölçmüştür. Liu vd.(2000), VZA'nın çeşitli karar verme problemlerinde yararlı bir şekilde kullanılabileceğini ve sistemler için iyileştirme hedeflerini ortaya koyduğu için kullanışlı bir teknik olduğunu ortaya koymuştur. Sarkis vd. (2001), çevresel çöp öğütme teknolojilerinin yatırımlarını ve adapte süreçlerini değerlendiren bir karar verme vakası üzerinde çalışmıştır ve çalışmada VZA kullanmıştır. Forker vd.(2001), analitik bir metot olan VZA'nın şirketlerin en etkin tedarikçilerini belirlemelerinde yardımcı bir teknik olduğunu ortaya koymuştur. Yu vd. (2001), 1994-1998 yılları arasında büyük ve orta ölçekli süpermarketlerin etkinliklerini VZA kullanarak karşılaştırmıştır. Sarkis (2002) ise, Al-Shammari (1999) deki çalışmasını esas alarak hastaneler ile ilgili bir VZA çalışması yapmıştır. Beasley(2002), organizasyon içindeki karar verme birimlerinin ortalama etkinliğini maksimize eden VZA modelini kullanmıştır. Uri (2003), yerel değişim taşıyıcılarının teknik ve tahsis edici etkinliklerinin ölçümünde VZA kullanmıştır. Bala vd. (2003), Kanada banka şubelerinin performansının değerlendirilmesi için VZA'yı esas alan gelişmiş bir ölçüm aracı ortaya koymuştur. Cook vd. (2003), sağlık sektöründeki karar verme birimlerinin performanslarını çoklu-fonksiyonel perspektifte incelemiştir.

AHP ile ilgili de literatürde oldukça çalışma bulunmaktadır. Tummala vd. (1997), operasyonel ve stratejik başarı faktörlerini, fayda/maliyet analizlerini değerlendirip Hong

Kong elektronik endüstrisinde eş-zamanlı mühendislik uygulamalarını geliştirmiştir. Leung vd. (1998), alternatiflerin değerlendirilmesinde AHP'yi kullanmışlardır. Korpela ve Lehmusvaara (1999), depo ağı tasarımı ve değerlendirmesinde AHP'yi kullanmışlardır. Bevilacqua ve Braglia (2000), İtalya'da bulunan petrol rafinelerinin bakım stratejilerinin seçimini yapan AHP odaklı bir model oluşturmuşlardır. Yusuff vd. (2001), küçük ve orta ölçekli organizasyonlarda gelişmiş üretim teknolojilerinin adaptasyonu aşamasında karar verici yardımcısı olarak AHP'yi kullanmışlardır. Kim ve Choi (2001), bilgi teknolojilerinde çoklu karar verme problemi çözümü prosedüründe AHP'yi kullanmışlardır. Korpela vd.(2002) AHP kullanarak tedarik zincir tasarımını ve üretim kapasitesi tahsisini kapsayan, tedarikçilerle olan stratejileri yapılandıran bir model ortaya koymuşlardır. Su vd. (2003) tasarım prosesini geliştirmek için fonksiyonel bağımsızlığı ölçen AHP odaklı bir model geliştirmişlerdir. Cho ve Kwon (2003), Ar-Ge çalışmaları esnasında ortaya konan teknolojik projelerin değerlendirmesini AHP kullanarak yapmışlardır.

Literatüre bakıldığında AHP ve VZA uygulamalarının birarada kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Seifert ve Zhu (1998), Çin endüstrisi etkinliğinin(1953-1990 yılları arasında) AHP/VZA yaklaşımlarını birarada kullanarak fazlalıkları ve eksikliklerini belirlemişlerdir. Zhang ve Cui (1998), Çin ekonomik bilgi sisteminde proje değerlendirilmesi prosesini AHP/VZA kullanarak yapmışlardır. Stern vd. (2000), çoklu girdi ve çoklu çıktıya sahip birimlerin sıralanması için iki aşamalı AHP/VZA modeli kullanmışlardır. Yang ve Kao(2003), tesis tasarımı problemini AHP/VZA kullanarak çözmüşlerdir. Takamura ve Tone(2003), yer seçimi prosesinde AHP/VZA metodolojilerini bir arada kullanmışlardır. Jablonsky ve Fiata (2003) iki aşamalı olarak Avrupa Birliğine aday ülkelerin etkinliklerinin karşılaştırmasını yapmışlardır ve karşılaştırmayı yaparken AHP/VZA metodolojilerini kullanmışlardır. Eraslan, çevresel faktörlerin imalat sistemlerine uygulanması ve firmanın finansal performansının değerlendirmesini AHP/VZA metodolojileriyle yapmıştır.

Literatürde turizm sektöründe uygulanmış VZA çalışmaları da bulunmaktadır. Metters vd. (1999) servis operasyonlarının etkinliklerini VZA kullanarak elde etmişlerdir. Anderson vd.(2000) otellerdeki yönetim etkinliğini doğrusal bir programlama olan VZA ile hesaplamıştır. Hwang ve Chang (2003), (94-98) yılları arasında Tayvan'da bulunan 45 otelin yönetim etkinliğini VZA kullanarak ölçmüştür. Sigala (2003), İngiltere'de bulunan otellerdeki iletişim teknolojilerinin verimliliğe etkisini VZA kullanarak ölçmüştür. Reynolds (2003), restaurant sektöründe organizasyonel etkinliğin ölçülmesinde VZA'nın kullanışlı bir teknik olduğunu göstermiştir.

3. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ

Bu bölümde Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin yapısı ortaya konularak, uygulama adımları ayrıntılarıyla incelenecektir.

3.1 AHP Hakkında Bilgi

Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin kavranması için aşağıdaki hususların değerlendirilmesi gerekmektedir.

3.1.1 Ölçüm ve Değerlendirme

Öncelikle ölçümle ilgili problemleri göz önüne alalım: Eğer yeteri kadar açık ve elle tutulabilir bir takım objelerin bize verildiğini varsayarsak, gruplara ayrılan objeleri karşılaştırmak için yapılması gereken, tecrübelerle dayalı bilgilerden yararlanmak ve her bir grup objenin göreceli ağırlıklarını bulmaktır. Bundan sonraki problem, grupsal karşılaştırmadan bir anlam çıkarmaktır. İkinci işlem aynı anda iki obje için geçerli olan avantajların, birbirleri ile ne şekilde ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Tarafımızdan yapılan ölçümlerin hiç biri, birebir doğru olarak kabul edilemez. Araçların kullanımını içeren bütün ölçümlerde deneysel hata ve alet ölçümü hataları vardır. Hataların ciddi etkileri değişken sonuçların oluşumuna yol açar. Tutarlılıktaki düzensizlik bazı problemler için ciddi sorunlar oluşturabilir. En iyi araçlar kullanılmasına rağmen, ölçümdeki tutarlılığı yakalamak pratikte zordur. Önemli olan bir problemdeki yanlışlığın nasıl bulunacağını değerlendirmesidir.

Tutarlılıktan kastedilen tercihler arası geçiş için sadece, geleneksel gereksinimlerin geçerli olmadığıdır. Ama tercihler için gerçek durum karşılaştırmalar sonucu ortaya çıkar. Örneğin, eğer A; B'ye göre iki kat tercih edilir, B; C'ye göre üç kat tercih edilirse, A; C'ye göre altı kat tercih edilmelidir. Biz bunu, tercihin sağlamlığındaki temel tutarlılık olarak nitelendiririz. Eğer kullandığımız etmenleri karşılaştırırken gerekli tutarlılığı sağlayamazsak, çalışmamızda çözdüğümüz problemlerin tutarlılığını da kanıtlayamayız (Saaty, 1980).

Kullanılacak etkin bir metodun aşağıdaki özelliklere sahip olmasını gerekir:

- Basit yapılı olmalıdır.
- Hem gruplara hem de tek tek elemanlara adapte edilebilmelidir.
- Genel düşüncemize ve sezgilerimize uygun olmalıdır.
- Ortak karar ve uzlaşmayı desteklemelidir.

- Yöneticide gereğinden fazla uzmanlaşma gerektirmemelidir.

Metotun hitap ettiği bütün problemlerin özü önerilen çözümlerdeki karların, maliyetlerin ve risklerin ölçülmesidir. Etkin bir metot; hangi sonuçların diğerlerinden daha ağırlıklı olduğunu, hangi amaçların diğerlerinden daha önemli bir yer tuttuğunu, planların ne için yapılması gerektiğini ve bunun nasıl gerçekleştirileceği gibi sorulara cevap vermelidir. Bu ve diğer sorular çok kriterli bir mantık gerektirmektedir. Yapılan çalışmalara göre; çok kriterli bir mantık olan AHP, bu sorulara sıradan mantıktan daha değişik ve daha iyi yanıtlar vermektedir.

AHP, ortak kriterler veya özellikler ışığında, homojen elemanların ikili karşılaştırmaları ile baskın öncelik elde etmeyi hedefleyen bir ölçüm teorisidir. AHP, çok-kriterli karar verme ortamında, her seviyedeki elemanların karşılıklı bağımsız olduğu hiyerarşik bir yapıda elemanları ölçeklendirmek için kullanılabilir.

Karar verebilmek için aşağıdakiler gibi çeşitli bilgi ve teknik veriye ihtiyaç duyulur.

- Karar verilecek problem hakkında detaylar
- İlgili kişiler hakkında bilgi
- Bu kişilerin amaçları ve politikaları
- Sonuçları etkileyen faktörler
- Zaman senaryoları ve kısıtları

Karar vermenin temeli, potansiyel sonuçları ve alternatifleri ortaya koymaktır. Karar vermeden önce bir yapı meydana getirmek için elemanları sınıflandırmak, benzer etkileri olanları kümelendirmek ve son olarak bu etkilerin sonuçlarını ortaya koymak için bunların mantıklı bir şekilde, oran ölçeğine oturtmak gerekmektedir. Kısacası karar vermenin aşamaları şunlardır:

- Problemi bağımlı olduğu elemanlarla birlikte bir sistem veya hiyerarşi olarak tasarlamak
- Duygu, sezgi ve fikirleri yansıtan yargıları ortaya çıkarmak
- Bu yargıları anlamlı rakamlarla göstermek
- Bu rakamları hiyerarşideki elemanların önceliklerini belirlemede kullanmak
- Sonuçları genel bir çıktı belirlemek üzere sentezlemek
- Yargılardaki değişimlere karşı duyarlılığı analiz etmek

Bu kriterler; bu projede anlatılan karar verme prosesi tarafından karşılanmaktadır. Bu yöntem *Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP)* adı verilmektedir. AHP; sonucu etkileyen algıları, sezgileri ve yargıları hiyerarşi içinde organize eder. AHP, insanın doğuştan gelen ikili

karşılaştırmada görelî büyüklükleri tahmin etme yeteneğine bağılıdır. Bu karşılaştırmalar hem maddî hem de maddî olmayan boyutlar arasında, oran ölçeklerini oluşturabilmek için kullanılır. Bu boyutları bir hiyerarşi ya da ağ yapısı olarak düzenlemek, problemi küçük parçalarına ayırarak, sezgilerimizi organize edecek sistematik bir prosedür oluşturmamıza yardım eder. Bu yüzden AHP ikili karşılaştırma yargılarını hiyerarşide önceliklere çevirir.

En basit ve genel olarak, etkiler en yaygın ve az kontrol edilebilir olandan, daha spesifik ve kontrol edilebilir olana doğru düzenlenir. Orijinal problemin zaman senaryolarından başlanarak, kişilere ve onların amaç ve politikalarına doğru ilerlenir. Burada söz konusu olan hiyerarşi, karardan etkilenenleri, onların amaç ve politikalarını kapsar. Sonuç olarak yapı, bir tahminin alternatif sonuçlarını veya bir karardaki uygun seçenekleri oluşturur. Basit senaryolar daha az karmaşık yapılara sahiptirler. Prensipte olarak, bütün karar problemleri, kararın yapısına, sonucun önemine ve karar vericilerin uzmanlığına bağılı olarak çoklu yapılar olarak gösterilebilirler.

AHP kullanılarak, başarılı bir şekilde, ABD başkanlık seçimlerinin, spor karşılaşmalarının ve satranç maçlarının sonuçları tahmin edilebilmiştir. Bir diğere örnek de 1986'da yapılan doların yen karşısındaki değerinin tahmin edilmesidir. O zamanlar dolar 240 yen değerindeydi. AHP ile doların birkaç ay içinde 139 yen civarına düşüp orada kalacağı tahmin edildi. Dolar 139 yene düştü ve yıllar boyu aynı seviyede kaldı. Böylelikle AHP'nin güvenilir bir tahmin prosesi olduğunu kanıtlanmış oldu. Tahmin, sonucu şekillendirebilecek tüm etkileri dikkate alacak şekilde geniş olmalıdır. Çoğunlukla zor bir karar verileceğinde, pasif gözlemciler gibi kararsız kalınma riski ortaya çıkar. AHP, sonucu kontrol eden faktörlerin ağırlıklarını tartarak doğru karar verme şansını sağlar (Saaty, 1994).

3.1.2 İkili Karşılaştırma

Fiziksel dünyanın olağanüstü olayları ve maddeleriyle uğraşırken, fiziksel bilimler bu olgular arasında ilişkiler kurabilmek için genellikle oran ölçeklerini kullanırlar. Oran ölçeği dışındaki özellikler nadiren kullanılır. Örneğin sıcaklık genellikle ölçümlerdeki farklılıkları kıyaslama anlamına gelen aralık ölçeğinde ölçülür. Kelvin ölçeği bir oran ölçeğidir.

AHP, bir grup elemanın görelî büyüklüklerinin oran ölçeklerini, ikili karşılaştırmalar yaparak belirler ve üstünlükleri ortaya koyan karşılaştırmalara dayanan yargılardan yola çıkar. Bu yüzden AHP ile karar vermenin temeli, görelî oran ölçekleriyle sıralama aktiviteleridir. Fakat genelde olduğu gibi somut olmayan olgularla uğraşıyorsa karşılaştırma yapmak için sezgileri kullanmak gerekir. Oysa sezgiler, denk olgular arasındaki farkları kesin olarak ayırt edemez.

Tecrübelerle dayanan duygular ve sezgilerle karşılaştırmalar yapma becerisi, kesin bir bilinç yeteneği olarak ortaya çıkmaktadır. Eğer bu beceri matematiksel olarak uygulanabilir hale getirilirse, sezgileri de kullanılabilir hale getirmiş oluruz.

Somut olmayan olgularda bu karşılaştırma oranları, sezgileri göstermek için kullanılan göreceli büyüklüklerin, bilimsel açıdan anlamlı ifadeleridir. Hem somut, hem de somut olmayan olguların ikili karşılaştırmaları, onların önemlerini gösteren oran ölçeklerinin bulunmasını sağlar (Saaty, 1994).

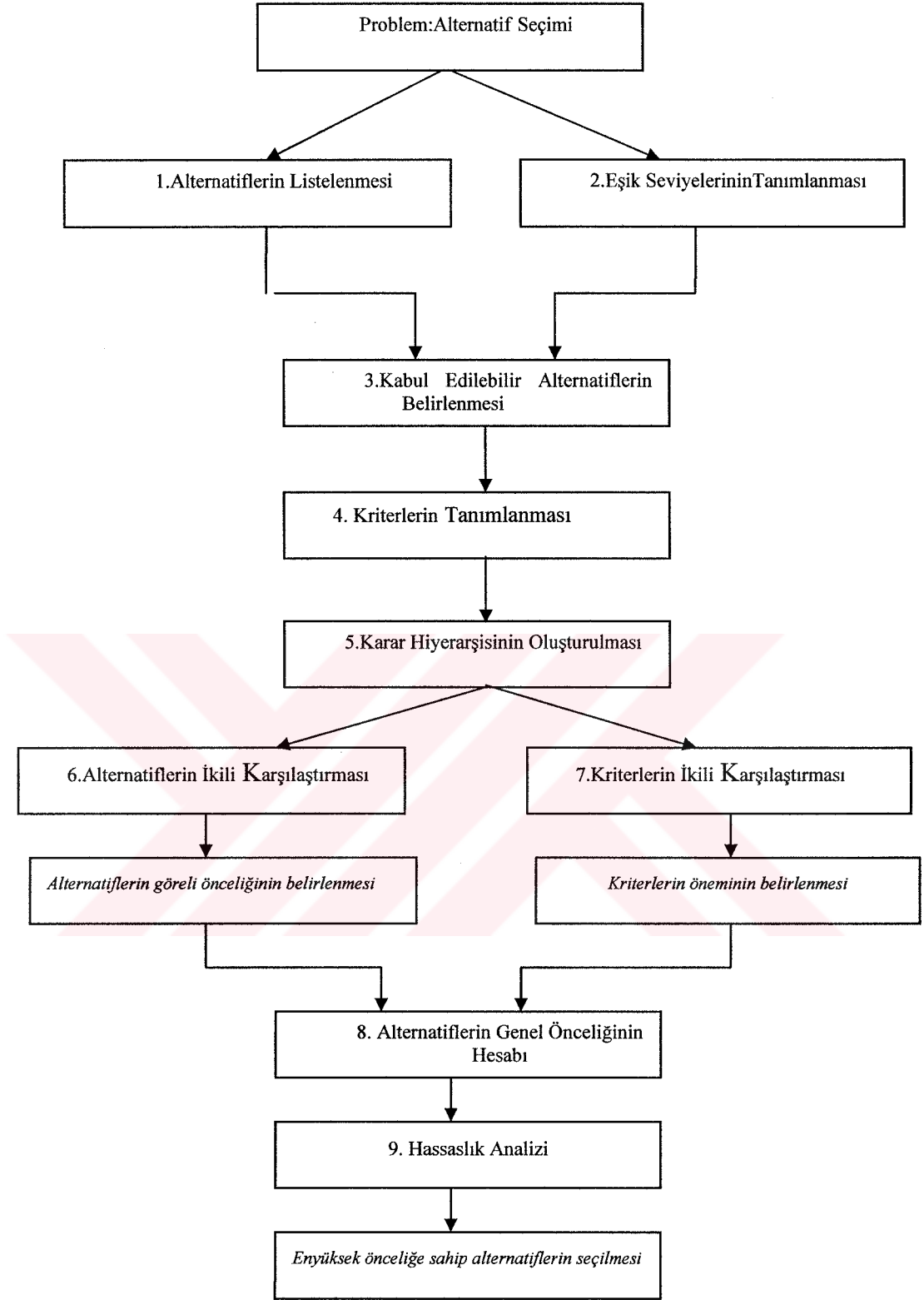
3.1.3 AHP Kullanımının Kolaylığı

AHP, ağır matematiksel temellerine rağmen, kullanımda basitlik kriterini sağlamaktadır. Aşağıda AHP'nin hem akademik olarak, hem işletmelerde hem de hükümetlerde tepe yönetim kararlarında yoğun olarak kullanımının nedenleri verilmiştir:

- Genel olarak kullanıcılar AHP'yi doğal bulmaktadırlar.
- İleri teknik bilgi gerektirmez ve herkes kullanabilir.
- İnsanların fikirleri kadar duygu ve sezgilerine de dayanan yargıları hesaba katar.
- Somut olguların yanında somut olmayanlarla da ilgilenir.
- Doğrudan çıkan rakamların belirlenmesi yerine karşılaştırmalardan ölçekler çıkarılır.
- Ölçeklerdeki değerleri kesin varsaymak yerine, problemin amaçlarına göre bunların değerlendirilmesini sağlar.
- Karar problemlerini göstermek için karmaşık hiyerarşik yapılar yerine basit yapılardan faydalanılır. Böyle bir yaklaşım ile, risk, tahmin ve çatışma problemleri kontrol altında tutulabilir.
- Kaynak dağıtmak, kar-zarar analizleri, çatışmaları çözmek ve sistemi dizayn ve optimize etmek için kullanılabilir.
- Doğru kararların nasıl verilmesi gerektiğini emretmekten çok, nasıl verilebileceğini tarif eden bir yaklaşımdır.
- Farklı uzmanlıkların ve tercihlerin de dikkate alınması gereken grup kararlarında bile, sonuca ulaşmak için basit ve etkili bir prosedür sunar (Saaty,1994).

3.1.4 AHP Metodolojisi

Analitik Hiyerarşi Prosesi dokuz aşamadan oluşmaktadır Şekil 3.1 bu dokuz safhayı göstermektedir. Bunlar;



Şekil 3.1 Analitik Hiyerarşi Prosesinin dokuz aşaması (Huizingh ve Vrolijk, 2000)

1.*Alternatiflerin Listelenmesi*:AHP'nin amacı belirlenen opsiyonlar kümesinden bir ya da birkaç alternatifi seçmektir. Bu yüzden AHP'nin ilk adımı bütün alternatiflerin listelenmesidir.

2.*Eşik Seviyelerinin Belirlenmesi*: Daha sonra eşik seviyeleri belirlenir. Bu eşik seviyeleri, alternatiflerin sahip olması gereken minimum seviyedeki özelliklerdir. Bir anlamda alternatiflerin karşılaması gereken minimum seviyedeki ihtiyaçlardır.

3.*Kabul Edilebilir Alternatiflerin Belirlenmesi*: Birinci adımda listelenmiş olan tüm alternatifler ikinci adımda belirlenmiş olan eşik seviyeleri göz önüne alınarak değerlendirilir ve bu seviyenin altında kalan alternatifler prosedürden çıkarılır.

4.*Kriterlerin Tanımlanması*: Dördüncü aşamada uzmanlar; alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılacak olan kriterleri belirlerler. AHP'nin kullanım kolaylıklarından biri de; karmaşıklığı ortadan kaldırmak için, bu kriterlerin alt-kriterlere ayrıştırılabilmesine olanak sağlamasıdır.

5.*Karar Hiyerarşisinin Geliştirilmesi*: Alternatifler, kriterler ve alt-kriterler belirlendikten sonra uzmanlar karar hiyerarşisini oluştururlar. Bu hiyerarşi en az üç aşamadan oluşur: amaç, kriterler ve alternatifler. Hiyerarşi, karar verme probleminin yapısını oluşturur ve ileri aşamalarda yapılacak olan ikili karşılaştırmaların temelini oluşturur.

6.*Alternatiflerin İkili Karşılaştırması*: Her kriter için karar verici bütün alternatifleri ikili olarak karşılaştırır ve yine her kriter için mümkün olabilecek tüm ikili karşılaştırmalar yapılır. Bir kriter için ikili karşılaştırma yapılırken, diğer kriterler karşılaştırmaya katılmaz. Her kriter bireysel olarak değerlendirilir. Kişiler karşılaştırma yaparken sözlü ya da sayısal ifadelerden faydalanabilirler. Ya “eşit derecede önemli”, “mutlak önemli” gibi sözlü ifadeler kullanarak, ya da bu ifadelere karşılık gelen sayısal değerlerle karşılaştırma yaparlar.

İkili karşılaştırma, her alternatifin görelî önceliğinin hesaplamasını yapan AHP'nin girdisi konumundadır. “Görelî” ifadesinin anlamı belirli bir kritere dayanan öncelik anlamına gelmektedir.

7.*Kriterlerin İkili Karşılaştırması*: AHP'de yapılacak diğer bir işlem, kriterlerin ikili karşılaştırmasının yapılmasıdır. Bu, alternatiflerin önceliklerinin belirlendiği aşamanın aynısıdır. Karar verici tüm kriterleri ikili olarak karşılaştırır. Uzman kişilerin yargıları doğrultusunda hangi kriterlerin daha önemli olduğu yapılan hesaplamalar sonucu ortaya çıkar.

8. Alternatiflerin Genel Önceliğinin Hesaplanması: Alternatiflerin genel önceliğinin hesaplanması, alternatiflerin göreceli önceliklerinin, bir üst seviyedeki kriterin önceliği ile çarpılıp, tüm kriterler için bu çarpım yapıldıktan sonra bu değerlerin toplanması ile elde edilmektedir. Sonuçta en yüksek öneme sahip alternatif ya da alternatifler belirlenmiş olur.

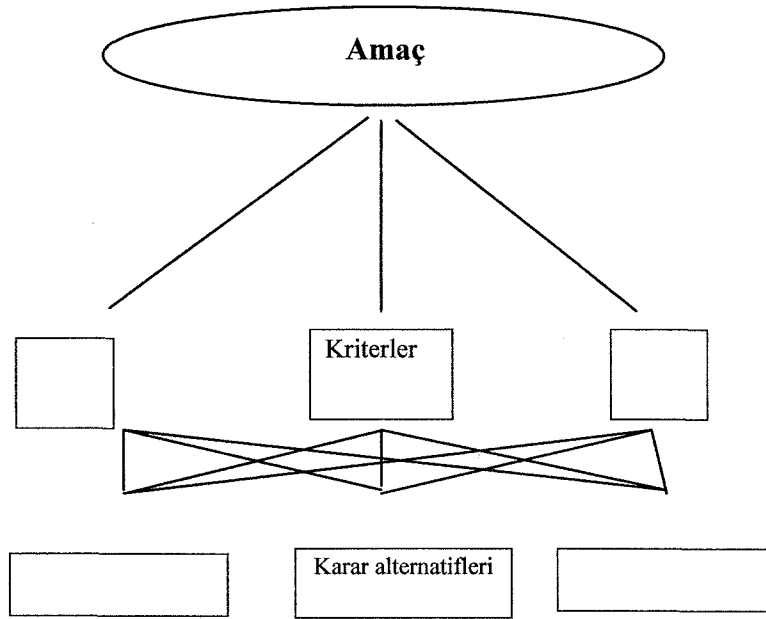
9. Hassaslık Analizi: Hassaslık Analizinde yapılan, yargıların tutarlılığının ölçülmesidir. Bu yargılar kişiler tarafından subjektif olarak verildiğinden, tutarlı olmayabilir. AHP, belirli bir ölçüde tutarsızlığa izin vermektedir. Tutarlılık oranı hesaplanır ve eğer oran 0,1'den küçükse işlemler kabul edilir ve sonuca ulaşılmış olur. Fakat tutarlılık oranı 0,1'den büyük ise yapılan yargılar tekrar gözden geçirilmelidir (Huizingh ve Vrolijk,2000).

3.1.5 Hiyerarşi ve Hiyerarşik Sentez

Hiyerarşi, Analitik Hiyerarşi Prosesinin temel taşlarındandır. AHP'nin kullanım kolaylığı, hiyerarşik yapının oluşmasına bağlıdır.

3.1.5.1 Hiyerarşi

Hiyerarşi, kompleks bir problemin çok seviyeli bir yapı olarak gösterilmesidir. İlk seviye olan amaç, sırasıyla faktörler, kriterler, alt kriterler ve en alt seviyede seçenekler tarafından takip edilir. Hiyerarşi, kompleks bir problemin doğrusal zincir yapıdaki adımlarla neden-sonuç ilişkilerinin incelenerek çözülmesi için de uygun bir yoldur. Şekil 3.2'de, 3 seviyeli basit bir hiyerarşi gösterilmiştir. Hiyerarşinin amacı üst kademedeki elemanların, daha alt kademelerdeki elemanlar üzerindeki etkilerini ya da alternatif olarak alt seviyedeki elemanların, üst seviyedeki elemanların önemine veya yerine getirilmesine katkılarını ölçmektir. Bu tarz bir ölçme genellikle, yargıyı meydana getiren bir soruya cevap vermek suretiyle ikili karşılaştırmalarla yapılmaktadır.



Şekil 3.2 Kademeli bir hiyerarşi (Saaty,1994)

AHP'nin en önemli yönü, oran ölçeklerinin kullanılmasıdır. Oran ölçekleri hiyerarşiden türetilen ve sonuçta da bir oran olarak ifade edilebilen özel rakamlardır. Diğer ölçekler bu özelliklere sahip değildir. Oran ölçekleri ve hiyerarşiler birbirlerine yüksek derecede uyum sağlarlar (Saaty,1994).

3.1.5.2 Hiyerarşinin Sebepleri

Amaçların, konuların ve niteliklerin, bir hiyerarşide düzenlenmesinin amacı, çoğu problemde sistemin iç dinamiklerini sebep-sonuç ilişkilerini tanımlamaya yetecek detayda bilmememizden kaynaklanır. Eğer bu başarılabilseydi, problem bir tek sosyal mühendislik problemine indirgenirdi ve amaçları gerçekleştirmek için sistemde hangi noktaların birleştirilmesi gerektiğini kolaylıkla bulunabilirdi.

Özet olarak, hiyerarşiyi oluştururken hiyerarşinin konuyla ilgili yeterli derecede bilgi içermesine ve problemi olabildiğince iyi biçimde betimlemesine dikkat edilmelidir. Çözüm için prosesle ilgili konular ve özellikler belirlenir, problemle ilgili bileşenler saptanır. Amaçları, özellikleri ve konuları bir hiyerarşiye yerleştirmenin üç amacı vardır. Bunlar, bulunan durumdaki karmaşık ilişkilere kendine has bütünsel bir bakış sağlamak, hiyerarşide istenilen etkinin daha önemliden daha az önemli olana doğru sıralanmasını sağlamak, ayrıca karar verene konuları düzene ve öneme göre karşılaştırıp, çözümü daha iyi bir biçimde tartmasına ve pekiştirmesine imkan tanımadır.

Bir kademede ki bileşenler, daha üst kademede ki bileşenlerin tümü tarafından değerlendirilmişse, o hiyerarşi için tamamlanmış denilir. Böylece hiyerarşi sadece bir tane en üst bileşeni paylaşan alt bileşenlere bölünebilir. Öte yandan bir karar verici, sistemdeki bir veya daha fazla parçaya odaklanmak için çeşitli kademe ve bileşenleri eleyebilir veya aralarına birşeyler koyabilir. Daha az öneme sahip bileşenler hiyerarşinin yüksek kademelerindeki genel bölümlerde gösterilebilirler, problem için kritik olan bileşenler ise daha derin ve özel bir biçimde geliştirilebilirler.

Ek olarak, hiyerarşik yapıdaki başlıca faktörleri tanımlamak kararın sonucuna etki eder. Karar vermek için etkin bir yola ihtiyaç vardır. Belirlenen faktörlerin sonuca eşit olarak mı yoksa bazılarının daha baskın olarak mı etkili olacağının tespit edilmesi gereklidir. Bu, prosesin başarısında önemlidir. Öncelik belirleme prosedürü, kriter, alt kriter, karşılaştırılan birimlerin özelliklerine ihtiyaç duyar ve alternatifler hiyerarşide derece derece konumlandırılır böylece her seviyede karşılaştırılan elemanlar bir üst seviye ile alakalı şekilde karşılaştırılabilir. Sonuç olarak ağırlıklandırma prosesi, kapsamlı önceliklerin belirlenmesi için kullanılır. Bu, aşağı seviyeden başlayarak bir üst seviyedeki kritere göre ağırlıklandırma yapıp, o kriterin ağırlığı ile çarpılmasıyla sağlanır (Saaty,1994).

Değerlendirmeye alınan elemanlar 5 ila 9 lu gruplar halinde homojen olarak kümelendirilirse, üst seviyeye göre değerlendirme daha anlamlı olabilir. Eğer homojen bir grup değillerse, aralarındaki farklılık fazla ise, değişik seviyelerde değerlendirilmelidir. 9'dan daha büyük gruplarda matris işlemi zorlaşacağından rating(puanlama) metodu tercih edilir. Rating metodunda, değerlendirme matris yoluyla değil puanlama şeklinde yapılır. Eğer büyük çapta hatalar önlenmek isteniyorsa, gruplandırma işleminin doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir (Saaty,1994).

3.1.5.3 Hiyerarşinin Avantajları

AHP ile kullanılan hiyerarşinin sağladığı avantajlar şu şekilde sıralanabilir;

1. Bir sistemin hiyerarşik gösterimi, yüksek kademelerdeki öncelik üzerinde yapılan değişikliğin alt kademelerdeki elemanların üzerinde yaptığı etkiyi tanımlamak için kullanılır.
2. Hiyerarşik bir yapı, alt kademelerdeki sistemin oluşumu ve fonksiyonu hakkında çok detaylı bilgi verir. Üst kademede ise aktörlerin amaçları doğrultusunda yeni bir bakış sağlar.
3. Güvenilir ve esnekler. Güvenilirlik küçük değişimlerin küçük etkilere sahip olması, esneklik ise hiyerarşiye yeni eklenenlerin iyi oluşturulmuş bir hiyerarşinin performansında bozulmaya yol açmaması anlamına gelir (Saaty,1980).

3.1.5.4 Rasyonelite

AHP' yi rasyonel olarak şöyle tanımlayabiliriz;

- Problemin sonucunu sağlayan amaca odaklanmak,
- İlgilerin ve etkilerin oluşumunu ve gelişimini sağlamak için problem hakkında yeterince bilgi sahibi olmak,
- Yeterli bilgiye ve donanıma sahip olmak ve yapı içindeki baskınlık özelliğini değerlendirmek için diğer proseslerin bilgi ve deneyimlerinden faydalanmak,
- En iyi çözümü geliştirebilmek için farklı düşüncelerden yararlanmak (Saaty,1994).

3.1.5.5 Bir Hiyerarşinin Oluşturulması

Hiyerarşinin anlamı gözlemcinin bakış açısına, önceki deneyimlerine, mantığını kullanımına ve koşullara göre değişir. Bakışı sağlayan şeyler, perspektifler ve ihtiyaçlardır.

Bir hiyerarşiyi oluşturmak için ihtiyaç duyulanlar, yaratıcı düşünce, hatırlama, hafıza, diğer insanların görüşleri ve hiyerarşinin yapımı sırasında öğrenilenlerdir. Diğer yandan, bazı fikirler sadece kendilerini temsil ederler ve akla gelen düşünceler de kişinin ihtiyaç duyduğu veya beklediği şeyler olmayabilir. Bir kişinin düşüncesini geliştirmek için bir dizi hiyerarşiye ihtiyaç duyduğu gerçeğinden kaçınılamaz. Kimse karar problemi hakkında herşeyi bilemez. Sonuçtan tatmin olana kadar düşünmeli, tartışmalı ve tekrar gözden geçirmelidir (Saaty,1994).

Pratikte amaçları, kriterleri ve hiyerarşik sistemi veya daha genel bir sistem içinde olması gereken aktiviteleri belirten hazır bir prosedür yoktur. Bu prosedür, sistemin karmaşıklığını çözmek için hangi amaçların seçildiğine bağlıdır. Bu yaklaşımın bir sonucu olarak, hiyerarşinin üst bölümlerinin, hiyerarşinin bütün alt kısımlarının işlemlerinden bağımsız olduğunu farzedebiliriz (Saaty,1980).

3.1.5.6 Hiyerarşide Öncelik

Bir hiyerarşi, durumlar ve bu durumların ilişkileri içerisindeki en önemli elemanların analizini sağlar. Fakat karar verme sürecinde veya planlama proseslerinde çok güçlü bir yardımcı değildir. Burada gereksinim duyulan şey, belirli seviyedeki her hangi bir elemanın bir sonraki ve daha yüksek seviyedeki elemanları nasıl etkilediğini bulma gücüdür. Böylece en düşük düzeydeki elemanların, diğer bütün elemanlar üzerindeki etkileme güçleri hesaplanabilir.

Önce birkaç terimin açıklanması gerekmektedir. Bir matris aşağıdaki şekildeki gibi bir dikdörtgendeki sayıların dizisidir.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 2.9 & 6 \\ 3 & 3.5 & 7 & 1 \\ 2.1 & 2 & 0 & 1.1 \end{pmatrix}$$

Bir matrisdeki yatay sayı dizisine **satur**, dik sayı dizisine ise **sütun** denir. Sadece bir satır veya bir sütuna sahip matris e **vektör** denir. Eğer bir matris eşit satır ve sütun sayısına sahipse bu matris e **kare matris** denir.

3.2 AHP Metodu

Bir grup insan tarafından “n” aktivitenin icra edilmekte olduğunu varsayalım. Grubun hedeflerinin aşağıdaki gibi olduğunu farzedelim;

- Bu aktivitelerin göreceli önemleri üzerinde yargıya varmak,
- Yargıların, bütün aktiviteler arasında, kantitatif yargı yorumuna izin veren bir miktarda ölçüldüğünden emin olmak.

Burada hedef(2) nin teknik yardım gerektirmekte olduğu açıkça görülmektedir.

Burada hedef, grubun kantitatif yargılarından (örneğin aktivite çiftleri ile ilgili göreceli değerlerden) bireysel olarak aktivitelerle ilgili bir ağırlıklar kümesi oluşturmaktır. Aşağıda belirtildiği gibi bu ağırlıklar, grubun kantitatif yargılarını yansıtmalıdır.

$C_1, C_2, \dots, C_n$ aktiviteler takımı olsun. Aktivite çiftleri üzerindeki ölçülmüş yargılar C_i ve C_j bir $n \times n$ matris şeklinde gösterilirler.

$$A = (a_{ij}), \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.1)$$

Sonuçta A matrisi aşağıdaki şekle dönüşür ve iki adımda karşılaştırma hesaplamaları yapılır:

Adım.1. İlk olarak, yargıların yalnız kesin fiziksel ölçülerin sonuçları olduğunu farzedelim. Karar vericilere bir $C_1, C_2, \dots, C_n$ çakıl taşı kümesi ve bir hassas ölçü verilmiş olsun. C_1 'i C_2 ile karşılaştırmak için, C_1 bir ölçüğe koyarak ölçüsünün okunduğunu ve $w_1=305$ gr olarak bulunduğunu daha sonra aynı şekilde C_2 'nin de ölçüldüğünü ve $w_2=244$ gr bulunduğunu farzedelim. w_1, w_2 ye bölmüş ve 1.25 bulunmuştur, buna göre C_1, C_2 'den 1.25 kez daha ağırdır. Daha sonra bunu $a_{12} = 1.25$ olarak kayıt edelim. Sonuçta, bu mutlak ölçünün, w_i ağırlıklarla a_{ij} yargılar arasındaki ilişkileri; basit olarak şu şekilde verilebilir.

$$\frac{w_i}{w_j} = a_{ij} \quad (i,j=1,2,\dots,n) \quad (3.2)$$

ve

$$A = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix}$$

Adım.2. Alternatiflerin birbiri ile karşılaştırmaları matrise yerleştirildikten sonra matriste sütun toplamaları alınır, her değer kendi sütun toplamına bölünür ve normalize edilmiş matris elde edilir. Normalize matrisin her bir satırının ortalama değerleri alınır ve sonuç olarak alternatiflerin göreceli öncelikleri belirlenmiş olur. Bundan sonraki aşama tutarlılığın hesaplanması aşamasıdır (Saaty,1980).

3.2.1 Göreceli Önem Vektörü Olarak Öncelikler, Tutarlılıkla İlişkilendirme

Bir hiyerarşideki herhangi bir seviyedeki $C_1, \dots, C_n$ elemanlarını ele alalım. Eğer yapılan bütün karşılaştırmalardaki yargılar mükemmelse, bütün i, j, k 'lar için

$$a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} \quad (3.3)$$

olur ve A matrisi *tutarlı* olarak adlandırılır.

Matris teorisinde, bu formül w 'nın, n görelî önem değeri ile A 'nın bir görelî önem vektörü olduğunu belirtir. Bu durumda;

$$A.w = n.w \quad (3.4)$$

olur. Matris olarak gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$A = \begin{array}{c|cccc} & A_1 & A_2 & \dots\dots\dots & A_n \\ \hline A_1 & w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots\dots\dots & w_1/w_n \\ A_2 & w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots\dots\dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_n & w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots\dots\dots & w_n/w_n \end{array} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}$$

a_{ij} 'nin tam ölçülere değilde, öznel yargılara dayandırıldığı pratik duruma dönecek olursak karşımıza şu formül çıkar:.

$$A.w = \lambda_{\max}.w \quad (3.5)$$

eşitliğini sağlayan $\lambda_{\max}$ vektörünü bulmak zorundayız.

$\lambda_{\max}$ eigen vektör olarak adlandırılır. a_{ij} 'deki küçük değişiklikler $\lambda_{\max}$ 'da da küçük değişiklikleri beraberinde getirir, n 'den sapma miktarı, tutarlılık ölçüsü olarak adlandırılır.

Eğer bu yeni vektörün bileşenlerinin toplamını alır ve bileşen sayısına bölünürse $\lambda_{\max}$ (maksimum veya en önemli göreceli değer) diye nitelendirilen bir sayıya ulaşılmış olur ve bu sayı tutarlılığın hesaplanmasında kullanılır. n 'e (matrisdeki aktivitelerin sayısı) yakın bir $\lambda_{\max}$ daha fazla tutarlı bir matrisi ifade eder.

Aşağıdaki formülde $\lambda_{\max}$ kullanılarak hesaplamalar yapılır ve tutarlılığa yakınlık göstergesi olarak nitelendirilen “tutarlılık indeksi(CI)”elde edilir(Saaty,1980).

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3.6)$$

(3.6) hesaplandıktan sonra elde edilmesi gereken başka bir değer de “Rassallık İndeksi-RI” dır. Oak Ridge Uluslararası Labaratuvarında çalışanları, 100’lük bir örnek kütle kullanarak 1-15 arası sıralı matrisler için ortalama bir R.I. hesaplamışlardır. Aşağıdaki çizelgede ilk satır matrisin sırasını, ikinci satır ise ortalama R.I. değerlerini vermektedir (Saaty,1980).

Çizelge 3.1 Rassallık göstergeleri (Saaty,1980)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rassallık Göstergesi	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

CI’nın RI’ya oranına “tutarlılık oranı(CR)” denir. AHP uygulamalarında, CR’nin 0,1’den daha az olması yapılan uygulamanın tutarlı olduğunu gösterir. Eğer bu değer aşılsa yapılan yargılar tekrar gözden geçirilebilir. Çünkü ikili karşılaştırma yaparken uyulması gereken tutarsızlık oranından belirli bir sapma miktarı vardır. Eğer sapma miktarı, belirlenen limiti aşarsa kişiler yargılarını tekrar gözden geçirmelidir (Saaty,1991).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.7)$$

AHP, tutarlılıkla oldukça ilişkilidir çünkü ikili karşılaştırmalarda insanlar her zaman tutarlı kararlar veremeyebilir. Bu yüzden eğer tutarsızlık miktarı önceden kestirilebilirse, kararların iyileştirilmesi de o oranda doğru olarak yapılabilir (Saaty,1994).

3.2.2 Ölçekli Karşılaştırma

AHP’nin ikili karşılaştırma yaklaşımında oranlar, mutlak sayılardan oluşan temel ölçeklerin kullanılmasıyla oluşturulmuştur. İki alternatifin belirli bir özelliğe göre karşılaştırılmasında, biri diğerine göre o özelliği daha az veya küçük miktarda kullanır. Birimler arasında daha fazla ölçeğe sahip olanı kestirmek için temel ölçeklendirmeden kesin sayılar atamak gerekmektedir. Bu proses her aşamada yapılmaktadır. Karşılaştırma ölçekleri Çizelge 3.2.’de gösterilmektedir (Saaty,1980).

AHP de hem mutlak hem de göreceli ölçekler bir arada kullanılmaktadır. Fakat yaygın olanı göreceli ölçeklendirmedir. Kriterlerin karşılaştırılmasında göreceli ölçüm oldukça etkin bir

yöntemdir. Fakat işin içine daha fazla sayıda alternatif girdiğinde, mutlak ölçek kullanımı daha uygun hale gelmektedir (Saaty,1994).

AHP, hiyerarşik yapının sonucunda yargıları mutlak sayı formlarına dönüştürüp, önceliklerin ölçek oranlarını ortaya çıkarır. Bu ölçekler, alternatiflerin sıralanmasında daha sonraki aşamalarda kullanılmaktadır.

Çizelge 3.2 Analitik Hiyerarşi Prosesinde kullanılan ölçek (Saaty,1980)

Önem derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemde	İki aktivite hedefe eşit olarak katkıda bulunur
3	Biri ile diğeri kısmen aynı	Tecrübe ve yargı ufak bir şekilde bir aktiviteyi diğerinden daha çok favori tutar.
5	Temel veya güçlü önem	Tecrübe ve yargı güçlü bir şekilde bir aktiviteyi diğerinden daha çok favori tutar.
7	Çok güçlü veya ispatlanmış önem	Bir aktivite diğerine göre çok güçlü tercih edilir ve üstünlüğü pratikte ispatlanmıştır.
9	Kesin önemlilik	Bir aktiviteyi diğerine göre seçimin en yüksek şekilde olduğu durumdur.
2,4,6,8	Komşu ölçü değerlerine bitişik ara değerler	Uzlaştırmaya ihtiyaç olduğu zaman

Nitel önemi ortaya koyma aşamasında çizelgeden de görüldüğü gibi beş adet şiddet bulunmaktadır: eşit, kısmen aynı, güçlü, çok güçlü ve kesin önemlilik. Bunun sebebi insanların değerlendirme yaparken en azı ya da en fazlayı kolayca ayırt edebilmeleri, fakat küçük farkları ortaya koyamamalarıdır. Bu yüzden 1-9 ölçek gereken ihtiyaca cevap verebilmektedir. Problem, amaçların karşılaştırılmasını temsil eden doğru sayıların elde edilebilmesidir. 1-9 ölçek bu sonucu elde edebilmeyi sağlayan basit bir ölçektir (Saaty,1994).

3.3 AHP Kullanım Alanları

AHP kullanımının görüldüğü birçok alan vardır. Genel olarak Karar Verme aşağıdaki alanlarda uygulama bulmaktadır:

- Planlama
- Alternatif kümeleri geliştirme
- Öncelik belirlenmesi

- Alternatifler kümesi oluşturulduktan sonra en iyi politikanın seçilmesi
- İhtiyaçların belirlenmesi
- Çıktıların tahmin edilmesi
- Sistemlerin tasarlanması
- Optimizasyon
- Anlaşmazlıkların Çözümlemesi

Bütün bu alanlardaki çıktıları tahmin etme yeteneği, ileride anlaşmazlıklar ve baskılar oluştuğunda alınan kararlara yol gösterilmesini sağlar. Aksi halde şimdi yapılan iyi tahmin; kısa, orta ve uzun vadede etkili olmayabilir. AHP'nin hiyerarşik yapısı bize, bir kararın karşılaşılabileceği güçlüklerin de birleştirilmesine olanak sağlar (Saaty,1994).



4. VERİMLİLİK VE ETKİNLİK

4.1 Verimlilik ve Etkinlik Kavramları

Performans ölçütlerinden biri olan ve yaygın olarak kullanılan verimlilik kavramının çoğu kez etkinlik kavramından farkı anlaşılmadan, yanlış kullanıldığı görülmektedir. Bu yüzden, verimlilik ve etkinlik kavramlarının taşıdıkları anlam farklarını ortaya koyma ihtiyacı hissedilmiştir.

Verimlilik, veya prodüktivite kavramı (productivity), en basit tanımıyla, çıktının girdiye oranıdır. Bu çerçevede, verimlilik kavramı göreceli bir kavram değildir. İncelenen karar birimlerinin verimliliklerini birbirlerinden bağımsız olarak ölçme imkanı vardır (Tarım,2001).

Verimlilik ile yakın ilişkili kavramlara bir göz atarken, atlanmaması gereken bir diğer husus da, yapılan tanımların kapsamı açısından önemlidir. Verimlilik terim olarak, bir ölçü olarak ifade edilirken, Toplam Faktör Verimliliği, Toplam Verimlilik ve Kısmi Verimlilik sık sık karşımıza çıkar. **Kısmi Verimlilik**, üretim faktörlerinin ortalama verimlilikleri hakkında bilgi vermektedir. Örneğin işgücü verimliliği ya da sermaye verimliliği denildiğinde, incelemeye konu edilen, üretim faktörlerinden sadece biri olmaktadır. **Toplam Faktör Verimliliği** tanımına buradan ulaşmak gerekirse, tüm üretim faktörlerinin hesaplamalara girmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Üretim faktörlerinin her biri, uygun ağırlıkla hesaplamada yer almaktadır. Pek çok model ve teknikte **Toplam Verimlilik** ile ifade edilenin, genellikle model ya da teknik çerçevesi içinde tanımlanan “girdi”ye bağlı olduğu görülmektedir. Kısmi verimlilikten farklı olarak tek bir üretim faktörü değil, daha fazlası söz konusudur, ancak toplam faktör verimliliğinde olduğu gibi tüm faktörler hesaplamaya dahil edilmemektedir. Modele bağlı olarak, örneğin sermaye ve işgücünün girdi olarak alınması ve toplam çıktı olarak tanımlanan değere bölünmesi, bir toplam verimlilik ifadesi olarak kullanılabilmektedir (Yavuz,2003).

En yüksek verimliliğe sahip olan biriminin bulunduğu ölçek büyüklüğü, en verimli ölçek büyüklüğü (Most Productive Scale Size-MPSS) olarak tanımlanmıştır. Optimum olan bu ölçek büyüklüğünün üzerine çıkınca veya altında kalınca karar verme birimlerinin verimliliklerinin düştüğü gözlenmektedir (Tarım,2001).

Ulaşılabilecek bir hedefi, bir performans standardının başarılmamasını **Etkililik** ifade eder. Yani üretilen mal ve hizmetler gerçekten istenen ve faydalı çıktılar mıdır? Ya da üretim ile amaçlanan sonuç elde edilebilmiş midir? Bu sorulara verilecek yanıt, etkililiğin genellikle gerçekleşen çıktının planlanan çıktıya oranı olarak hesaplanmasıyla verilmektedir.

Etkililik;

Etkililik = Gerçekleşen Çıktı / Planlanan Çıktı

şeklinde oranlaştırılır (Şafak, 2003).

Temelini üretim ekonomisinden alan bir kavram olan **Etkinlik**, bu çalışma içinde ayrıntılı olarak anlatılacaktır. Ancak, burada kısaca etkinliğin ne olduğunun genel bir tanımla ortaya konmasında yarar vardır. Etkinlik, işletme düzeyinde kaynakların, yani müşteriye ulaşacak mal ve hizmetlerin üretilmesi için kullanılan girdi unsurlarının fiili kullanımının, belli tekniklerle saptanmış standartlarla karşılaştırılması yolu ile bulunan bir göstergedir. Yani girdilerin ne derece iyi biçimde kullanıldığını, kaynak kullanımında gerçekleşen performansı, işletmenin kendisini bu bakımdan nerede konumlandırılacağını gösterir. Burada etkinliğin, performansın kaynak kullanımına ilişkin bir boyutu olduğu da açıklık kazanmaktadır. Bir oran olarak ifade edilmek istenirse; etkinlik, standart değerin fiili değere bölünmesidir denebilir.

Bu kapsamda **etkinlik** temel olarak işletmeler için bir davranışsal amaca ulaşma başarısı olarak düşünülebilir. Üretici davranışsal amaçlarına ulaşabildiği ölçüde etkin, ulaşamadığı ölçüde etkinsizdir. Farklı davranışsal amaçlar olabilirse de, üzerinde sıklıkla durulanlar maliyet minimizasyonu, kar ve getiri maksimizasyonu olarak ortaya çıkmaktadır. Üreticinin amacına ulaşmak için kullanacağı kaynaklar ve elde edeceği sonuçların gözlemlenen değerleriyle, amacına ulaşmasını sağlayacak olan değerler arasındaki fark ise etkinliğinin ya da etkinsizliğinin ölçüsüdür. Bu farkın bilgisine ulaşmak için yapılacak olan karşılaştırmalar miktarlar cinsinden veya değer cinsinden olabilir (Yavuz,2003).

4.1.1 Etkinlik ile İlgili Kavramlar

Bu bölümde teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve tahsis edici etkinlik tanımlarından bahsedilecektir.

Üretim girdilerinin çıktılarına dönüştürülme süreci **Teknik Etkinlik** dir. Bu sürecin etkin olabilmesi, zaman boyutu dikkate alınmadığında mevcut teknoloji çerçevesinde, belirli bir girdi bileşimi kullanılarak maksimum çıktının elde edilmesine veya belirli bir çıktı bileşiminin en az girdi kullanılarak üretilmesine bağlıdır.

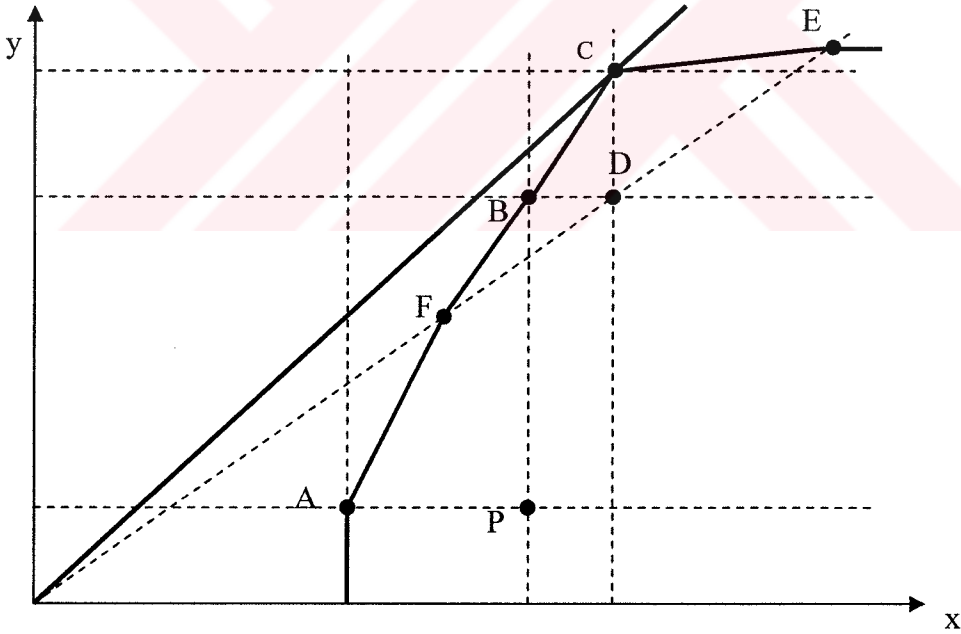
Teknik etkinlik, girdi bileşiminin en verimli şekilde kullanılarak mümkün olan maksimum çıktıyı üretme başarısıdır. Açıklamalar çerçevesinde, teknik etkin olan karar verme birimlerinin üretim sınırı üzerinde yer almaları gerekmektedir. Üretim sınırının altında kalan karar verme birimlerinin, görece olarak, kaynaklarını israf ettikleri söylenebilir. Bu noktada

referans verilen karar birimleri üretim sınırını tanımlayan karar verme birimleri ve bunların doğrusal kombinasyonları sonucunda oluşan hipotetik karar verme birimleridir.

Bu bağlamda üretim sınırı (üretim fonksiyonu veya etkin üretim fonksiyonu) teknik etkin olan tüm mümkün üretim karışımlarının kümesidir ve bu tanımla sebebiyle, etkin sınır olarak da kullanılmaktadır.

Teknik etkinlik ve verimlilik arasındaki farkı açıkça ortaya koymak üzere Şekil 4.1 verilmiştir. Şekil 4.1’de verilen A ve B gözlemleri üretim sınırında yer almakta ve teknik etkin olarak tanımlanmaktadır. P gözlemi ise, A ile aynı çıktı düzeyini daha fazla girdi kullanarak gerçekleştirmiştir. Öte yandan, P karar birimi, B ile aynı miktarda girdi kullanmış olmasına rağmen daha az çıktı üretmiştir. Bu yüzden, P’nin teknik etkinsizlik içinde olduğu yorumu yapılır.

Bu üç gözlemin verimlilikleri, çıktı/girdi oranından hesaplanmakta, ve sonuçta, B’nin diğer iki karar biriminden daha verimli olduğu, P’nin ise en verimsiz karar birimi olduğu sonucuna varılmaktadır. A gözlemi teknik etkin olarak değerlendirilmesine karşın B’ye kıyasla verimliliği düşüktür (Tarım,2001).



Şekil 4.1 Teknik etkinlik ve verimlilik (Tarım, 2001)

P gözlemi B gözlemine doğru kayarak teknik etkinliğini ve verimliliğini artırabilir. Çünkü sırasıyla üretim sınırına yaklaşmakta ve çıktı/girdi oranı büyümektedir. A gözlemi ise B gözlemine doğru kayarak teknik etkinliğini korurken ölçekten kaynaklanan avantajla

verimliliğini artırabilir. Çünkü, üretim sınırından ayrılmamakta ve çıktı/girdi oranı büyümektedir. Göreli olarak en verimli olan C gözlemi en verimli ölçek büyüklüğüne (Most Productive Scale Size-MPSS) sahiptir.

C karar birimi ile D karar birimi karşılaştırıldığında, D karar biriminin üretim sınırı üzerinde olmaması sebebiyle kaynak israfında bulunduğu gözlenir. Buna karşın, D karar birimi, en verimli ölçek büyüklüğüne sahip olan C karar birimi ile aynı girdi ölçeğindedir. Bunun sonucu olarak, D karar biriminin optimum ölçekte olduğu ancak kaynaklarını iyi kullanamadığı sonucuna varılır.

A karar birimi ile D karar biriminin karşılaştırılması sonucunda, A karar biriminin teknik olarak etkin, fakat D karar biriminin teknik etkin olmadığı görülür. Diğer taraftan, D karar biriminin verimliliği, A karar biriminin verimliliğinin üzerindedir. Diğer bir deyişle, teknik etkin olan bir gözlem teknik etkinsizlik yaşayan bir gözlemle kıyaslandığında verimsiz bulunabilir.

Bir başka ilginç gözlem, F, D, E karar birimleri üzerine yapılabilir. Bahsedilen üç karar birimi de aynı verimlilik düzeyindedir. Ancak, bu üç karar biriminden optimum ölçekte faaliyette bulunan, sadece D karar birimidir. Diğer iki karar birimi olan F ve E teknik olarak etkin olmalarına karşın optimum ölçekte faaliyet göstermemektedirler.

Teknik etkinliğin yanında, bir başka performans göstergesi olarak en verimli ölçek büyüklüğüne olan yakınlık alınmalıdır. Bu kavram **ölçek etkinliği** olarak adlandırılmaktadır. Şekil 4.1 incelendiğinde, C ve D karar birimlerinin her ikisinin de ölçek etkin oldukları, fakat bu ikisinden sadece C'nin teknik etkin olduğu, D'nin ise teknik etkinsiz olduğu; A, B, E ve F karar birimlerinin teknik etkin olmalarına karşın ölçek etkin olmadıkları; P karar biriminin ne ölçek etkin ne de teknik etkin olduğu yorumu yapılır.

Aynı verimlilik düzeyinde bulunan ve her ikisi de teknik etkin olan F ve E karar birimleri ölçek açısından değerlendirildiklerinde, her ikisinin de ölçek etkin olmadıklarının ötesinde bir yorumda bulunmak mümkündür. F gözlemi incelendiğinde, bu karar biriminin, teknik etkinliği korumak kaydıyla, ölçeğini büyüttüğü zaman verimliliğinin artacağı yorumu yapılabilir. Bu durum, ölçeğe göre artan getiri (Increasing Return to Scale-IRS) olarak isimlendirilir. Bu terimlere ileriki bölümlerde değinilecektir.

E karar birimi ise, teknik etkinliğini koruyarak ölçeğini küçülttüğü zaman verimliliğinde artış gözleyecektir. Bu durum, ölçeğe göre azalan getiri (Decreasing Return to Scale-DRS) olarak

isimlendirilir (Tarım,2001).

Ölçek etkinliği, birimin etkinliği üzerine olan ölçek büyüklüğünün etkisini ölçer. Şu şekilde formülleştirilebilir:

$$\frac{\text{teknik etkinlik}}{\text{saf teknik etkinlik}} \quad (4.1)$$

teknik etkinlik saf teknik etkinlikten daha küçük olacağı için ölçek etkinliği 1'den büyük olamaz (Thanassoulis,2001).

4.1.2 Verimlilik Ölçümüne Yaklaşımlar

Ölçüm yapabilmek için ister makro düzeyde ister mikro, yani işletme düzeyinde olsun çıktının ve girdinin ne olduğunun ya da ne olabileceğinin, nasıl tanımlandığının ve hesaplamaya nasıl yansıtıldığının bilinmesi gereği açıktır. Bu bilgi, hesaplanan verimliliğin de adlandırılmasına yarayacaktır.

Ölçüm yaklaşımlarını sınıflandırırken, başlangıçta makro ve mikro olarak bir ayrıma gitmek doğru olacaktır. Ulusal düzeyde verimliliğin düzeyini belirlemek, ifade etmek, makro göstergelerle mümkündür. Geleneksel olarak işgücü verimliliği, ya da sermaye verimliliği gibi kısmi verimlilik göstergeleri ve buna benzer gösterge grupları içeren yaklaşımlar, ülkeler arası makro verimlilik karşılaştırmalarında kullanıla gelmiştir. Aynı şekilde, işletme düzeyinde de hesaplanıp izlenebilecek göstergeler geliştirilmiştir. Çizelge 4.1'de zaman içinde geliştirilmiş olan gerek makro, gerekse mikro düzeyde verimlilik göstergeleri için bir gruplandırmaya yer verilmektedir.

Çizelgede soldan sağa doğru gidildiğinde, örneğin mikro düzeyde parasal olarak kısmi verimliliğin ortalama olarak hesaplanabileceğini söyleyebiliriz. Geliştirilen tüm model ve yaklaşımlar, genel olarak bu sınıflandırmanın bir bölümünü kapsar. Ölçüm yaparken girdi ve çıktıların neler olacağına da iyi karar vermek gerekir. Gerekli olan yerde, benimsenen model ya da yaklaşıma göre girdileri fiziksel olarak, parasal olarak, ortalama veya marjinal olarak ifade etmek mümkündür.

Çizelge 4.1 Verimlilik göstergeleri gruplandırması (Yavuz,2003)

		Girdi ve çıktının ifade ediilişine, Hesaplara ne şekilde dahil edildiğine göre		
Verimlilik	Yaklaşım Düzeyine göre	Fiziksel/ parasal olarak ifade ediilişine göre	Girdi faktörlerinin bir kısmını ya da tamamının hesaplamalara alınmasına göre	Hesaplamada toplam çıktı/ girdi ya da değişim olarak çıktı/ girdi kullanılmasına göre
	Makro veya mikro	Fiziksel parasal yarı fiziksel yarı parasal	Toplam faktör Verimliliği Kısmi verimlilik	Ortalama verimlilik Marjinal verimlilik

Oransal temele dayanan verimlilik ölçme yaklaşımları, modelleri, yöntem ya da teknikleri, girdi ve çıktının nasıl tanımlandığı belirleyici olmak üzere bir grup oranın bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Farklı alanlara, örneğin sanayii üretimine, ya da sağlık veya turizm gibi, hizmet sektörünün belli bir alt koluna yönelik modeller bulunduğu gibi, kapsamı yapılan ölçümün amacıyla belirlenen modeller de bulunmaktadır. Dolayısıyla her modelin her alanda kullanılması beklenemez.

Oransal yaklaşımlar, ayrıntılara inilmeksizin, temel bir takım özelliklerine dayanılarak sınıflandırılmışlardır. Oransal modellerin pratikliğine rağmen bir takım yetersizlikleri bulunmaktadır. Oransal yaklaşımlarla verimlilik ölçümünün sorunlarından biri, birden fazla girdi ve çıktı içeren durumlarda değerlendirmenin güçlüğüdür. Ayrı ayrı girdi faktörlerini ele alan kısmi verimlilik yaklaşımı, çıktıların da birden fazla olması durumunda oldukça yanıltıcı değerlendirmelere yol açabilir. Gerek işletme düzeyinde gerekse makro çalışmalarda toplam faktör verimliliğini (TFV) hesaplamak için girdi ve çıktıların (birden fazla çıktı içeren üretim süreçleri için) uygun şekilde ağırlıklandırılması gerekmektedir. Oransal modeller, bu ağırlıklandırmayı çıktıları eşdeğerlere (adam-saat gibi) dönüştürme gibi yöntemlerle yapabilmektedir. Aslında özet ve bütünsel bir gösterge elde edebilmek için basit verimlilik oranına girecek olan verilerin aynı bazda olması gereklidir. Ağırlıklandırma için fiyat verilerinden (satış değerleri ve bunun gibi) de yararlanılabilir. Ya da uzman görüşleri ile uygun ağırlıkların bulunması yoluna gidilebilir.

Yeni yaklaşımların ortaya çıkmasında en önemli etkenlerden biri, bu bütünsellik arayışı

olmuştur. Ele alınacak yeni yaklaşımların tümü TFV temellerinden hareket etmektedirler (Yavuz,2003).

4.1.3 Yeni Yaklaşımların Temelleri ve Sınır Üretim Fonksiyonları

Orijinal VZA modelinin temelini oluşturan Farrell sınırı konusunda literatürde ayrıntılı açıklamalar yer almaktadır. Yöntemin temelini kavrayabilmek açısından Farrell yaklaşımını bilmek faydalı olacaktır.

Al-Shammari ve Salimi,(1998) tarafından bildirildiğine göre Veri Zarflama Analizi; Farrell'in (1957) öncülük eden çalışmasını esas almaktadır, fakat tekniği geliştiren Charnes vd.dir. Farrell'in çalışmasını, çoklu girdileri ve çoklu çıktıları dahil ederek genişletmiş ve KVB'lerinin karşılaştırmalı etkinliğini ölçmek için matematiksel programlama olarak yeniden formüle etmiştir.

Tarihsel olarak, üretim ve maliyet fonksiyonları, farklı teknikler kullanılarak tahmin edilmiştir. Verimlilik ölçümü için, bu tahminleme sonuçlarından elde edilen "ortalama" fonksiyon, teoride ve pratikte, etkin üretim olasılıklarının yanıltıcı bir göstergesidir. Pratikte, ortalama bir performans standardı, etkinsizliği kurumsallaştırmaktadır. Ulaşılabilir olanın seviyesini düşürmek suretiyle getirilen ortalama standartlar, performansta gelişmeyi özendirmezler, aksine caydırıcı olurlar. Buna ek olarak, ortalama bir üretim fonksiyonu, maksimize eden davranışı yansıtan sınır fonksiyonu ile çalışmaktadır.

Sınır performans karşılaştırmaları, üretim fonksiyonu tanımının kendisinden kaynaklanır. Üretim, girdilerin fiziksel bir transformasyon süreciyle çıktılarına dönüştürülmesidir (Yavuz,2001). Üretim fonksiyonu, veri bir teknoloji ile etkin dönüşüm olasılıklarını tanımlayan, tamamıyla teknik bir ilişki olarak yorumlanmalıdır (Yavuz,2003).

"Sınır" terimi, olası gözlemler üzerinde bir sınırlama oluşturmaktadır. Üretim bu sınırın altında gerçekleşebilir, ama üstünde gerçekleşemez. Bir işletmenin üretim fonksiyonun altındaki üretimi, görelî etkinliğin ölçüleri olarak görülebilir (Yavuz,2001).

Sınır yorumu, üretim fonksiyonunun aynı zamanda üretim kümesinin üst sınırı olarak benimsenmesi anlamına gelmektedir. Üreticiye açık olan tüm girdi bileşimi-çıktı kombinasyonları, üretim imkan kümesini oluşturur.

Farell'in çalışmasında toplam etkinlik iki çarpımsal bileşene ayrılmaktadır;

$$\text{Toplam etkinlik} = \text{Teknik Etkinlik} * \text{Tahsis etkinliği} \quad (4.2)$$

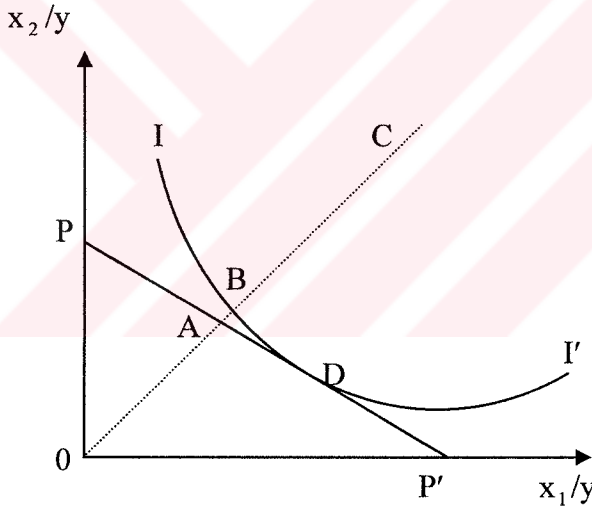
Bu eşitlikte teknik etkinlik ve tahsis etkinliği ayrı ayrı, üretim fonksiyonu terimleriyle fiili performansın potansiyel performansa oranı olarak ifade edilebilir.

Ölçeğe göre sabit getirili bir üretim teknolojisi ile, iki girdi kullanarak (x_1 ve x_2) tek bir çıktı(y) üreten bir işletme düşünülecek olursa ölçeğe göre sabit getiri varsayımına göre üretim fonksiyonu şu şekilde olacaktır:

$$y = f(x_1, x_2) \quad (4.3)$$

Bu üretim fonksiyonu Şekil 4.2 deki sınır teknolojisini oluşturmak üzere(II') aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$y = f(x_1/y, x_2/y) \quad (4.4)$$



Şekil 4.2 Eşürün eğrisi, teknik etkinlik ve tahsis etkinliği(Yavuz,2003)

Şekil 4.2'de, bir işletme birim çıktıyı C noktasında üretmektedir. Bu işletmenin teknik etkinliği (TE) fiili girdi tüketiminin teknik olarak etkin girdi tüketimine oranıdır. Bu oran ise şekil üzerinde OB/OC oranı olarak tanımlanır. Oran 1'den küçük bir değer taşımaktadır ve teknik etkinsizliğin ölçüsüdür. Bu ölçüt y kadar ürün elde etmek için kullanılması gereken girdilerin, gerçekte kullanılan girdilere oranını göstermektedir. Potansiyel ya da maksimum performans sınırı (II') ile tanımlıdır. Gözlemlenen performans düştükçe, gözlemin sınıra olan uzaklığı artar ve hesaplanan teknik etkinlik oranı sıfıra doğru düşer. Benzer şekilde,

performans iyileştikçe, etkinlik oranı 1'e yaklaşır. O halde, teknik etkinlik 0 ve 1 arasında değişmektedir.

Sınır kavramı çerçevesine tahsis etkinliği(TAE) oranını da dahil edilmiştir. Teknik etkinlik gibi tahsis etkinliği de 0 ile 1 arasında değişen radyal bir ölçüdür. Şekildeki B noktasında tahsis etkinliği OA/OB oranı ile ifade edilir. (TAE=OA/OB) şeklindeki PP' doğrusu, faktör fiyatları ile belirlenmiş olan eş maliyet çizgisini oluşturmaktadır. Tahsis etkinliği kavramı, sınır üretim fonksiyonunun tek başına maliyetleri minimize etmek için yeterli olamayacağını göstermektedir. Toplam etkinlik, teknik etkinlik ve tahsis etkinliğini bir arada gerektirir. Yani (TAE=TE=1) olmalıdır, ki bu durum da şekilde D noktasında gerçekleşir. C noktası için toplam etkinsizliğin ölçüsü ise, teknik etkinsizlik ile tahsis etkinsizliği ölçülerinin çarpımına eşittir (Yavuz,2003).

Teknik etkinlik ve ölçek etkinliği ile ilgili ölçüm yaklaşımı, tek-girdi tek-çıkıtı durumu için başka bir örnekle grafik yardımıyla açıklanmıştır. Notasyon olarak, x eksenini ilgili karar biriminin girdi miktarını gösterirken, y eksenini karar biriminin çıktı miktarını göstermektedir. Şekil 4.3'te gösterilen üretim sınırı üzerinde olan A, B, C ve D noktaları teknik etkindir. P, Q, R ve S noktaları üretim sınırı üzerinde yer almadıkları için teknik etkin değildir. M, N, U, V ve Y noktaları ise etkin olmayan üretim karışımlarını göstermektedir.

P noktasının verimliliği, tanım gereği, P_y/P_x olarak ifade edilir. Teknik etkin olarak kullanılması durumunda P_x girdisi ile üretilmesi mümkün olan çıktı miktarı B_y kadardır. Bu bağlamda, gerçekleşen ve olması gereken maksimum çıktıdan hareketle, P noktasının çıktıya yönelik teknik etkinliği bulunabilir. Teknik etkinlik skorunun hesaplanmasında, aynı miktarda girdi kullanan ve teknik etkinliği göreceli olarak tam olan B karar biriminin verimliliğiyle, P karar biriminin verimliliğinin oranlanması sonucu, P'nin teknik etkinlik skoru bulunur:

$$(P_y/P_x) / (B_y/B_x) = P_y/B_y \quad (4.5)$$

Benzer şekilde P noktasının girdiye yönelik teknik etkinliği, çıktı düzeyi sabit tutularak,

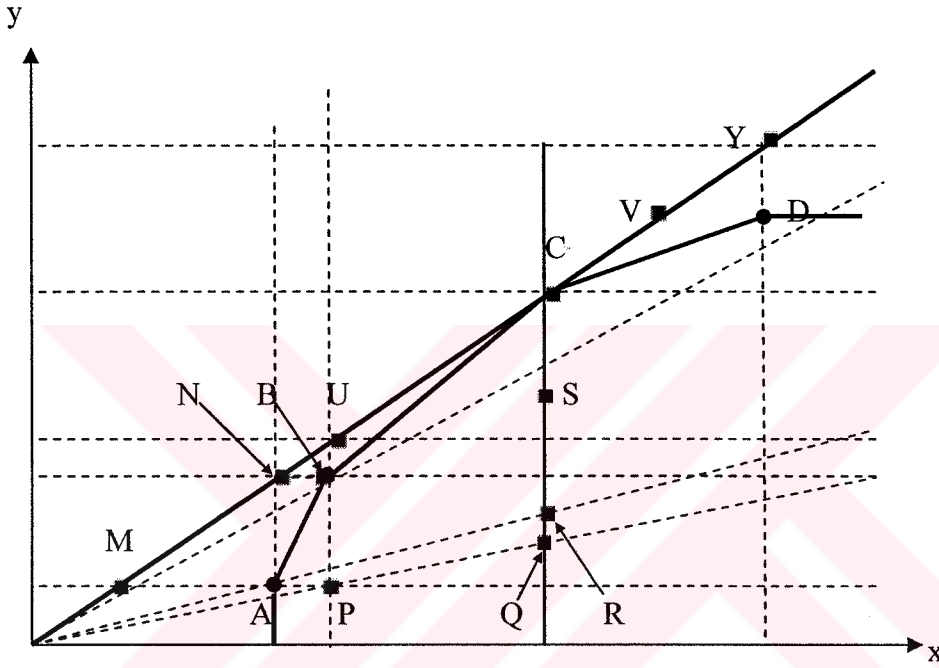
$$(P_y/P_x) / (A_y/A_x) = A_x/P_x \quad (4.6)$$

bulunur.

Üretim sınırının doğrusal olmadığı durumlarda, yani ölçeğe göre değişken getiri varsayımının geçerli olduğu durumlarda, çıktıya ve girdiye yönelik teknik etkinlik değerleri, göreceli teknik etkin olanlar haricindekiler için, eşit olmayabilir, etkin olanlar için bu değer girdi ve çıktı

miktarına göre farklılık göstermez ve değeri 1'dir.

Şekil 4.3 incelendiğinde, gözlenen karar birimlerine karşılık gelen noktalar arasında C noktasının kullandığı miktarın MPSS olduğu görülmektedir. C'den daha az veya daha çok girdi kullanmak, diğer bir deyişle sırasıyla ölçeği küçültmek veya büyültmek verimliliği azaltmaktadır. Eğer ölçeğe göre sabit getiri varsayımı geçerli olursa ve bir C noktası gözlenirse, o zaman, doğrusal bir üretim sınırı tanımlanır. Tüm noktalar, üretim sınırı üzerinde oldukları için teknik etkindirler (Tarım, 2001).



Şekil 4.3 Etkinlik Gösterimleri (Tarım, 2001)

Bu noktalar, en verimli ölçek büyüklüğüne sahip olan C ile aynı verimlilikte oldukları için, ayrıca, ölçek etkindirler. Göreli teknik ve ölçek etkinliği tam olan karar birimleri, toplam etkin olarak adlandırılmaktadır.

Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı kabul edildiğinde, çıktı sabit tutulup, girdi yönelimli olarak P noktasının etkinliği incelendiğinde, P'nin idealde olması gereken yerin M noktasının koordinatları olduğu görülür. P noktasının, M'nin girdi-çıkış bileşimini yakalayabilmesi halinde toplam etkinliği 1 olacaktır. Bu arada M'nin üretim sınırının dışında kalan hipotetik bir nokta olduğu unutulmamalıdır. Fakat P noktasının gerçekleşen toplam etkinliği, tanımdan:

$$(P_y/P_x) / (M_y/M_x) = M_x/P_x \quad (4.7)$$

olarak bulunur ve 1 değerinden küçüktür. P noktasının girdiye yönelik teknik etkinliği,

yukarıda bulunduğu üzere, A_x/P_x 'dir.

P noktasının, A noktasına doğru ilerletilmesi sonucu, çıktı miktarında değişiklik olmadan, girdi miktarı azaltılmaktadır ve P teknik etkinliği yakalamaktadır. Bu ilk aşamadan sonra, P noktasının M noktasına doğru daha ileriye götürülmesi halinde, tam toplam etkinliğe ulaşılmış olacaktır. Böylece, P'nin yolculuğunun, A ve M arasındaki kısmına karşılık gelen etkinlik bileşeni ölçekle ilgili etkinsizliktir sonucuna varılır.

A karar biriminin teknik etkinliği göreceli olarak tamdır. Bu karar biriminin, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında ve girdiye yönelik olarak bulunması gereken ideal koordinatlar, M'nin koordinatlarıdır. Mevcut durumda, A ve M'nin verimlilikleri kıyaslandığında:

$$(A_y/A_x) / (M_y/M_x) = M_x/A_x \quad (4.8)$$

bulunur. M karar birimi, A'ya kıyasla daha az girdi kullandığı için M_x/A_x oranı 1'den küçüktür. A'nın teknik etkinlik skorunun tam olduğu düşünülürse, elde edilen skor sadece ölçek etkinlik skorudur. Öte yandan, P ve A'nın her ikisi de aynı ölçek etkinliğine sahip olmalıdır. Çünkü, P ve A aynı miktarda çıktı üretmektedir ve P'nin A'dan daha fazla girdi kullanmasının sebebi, teknik etkinsizliğidir. Dolayısıyla, M_x/A_x oranı aynı zamanda P'nin ölçek etkinlik skorudur. Dikkat edilmesi gereken nokta, P'nin ölçek etkinliğinin değeri belirlenirken, artık P noktasının koordinatları yerine, P'ye teknik etkin bir rol modeli olan A'nın koordinatlarının esas alınmasıdır.

Bu açıklamalar çerçevesinde P karar biriminin,

$$\text{Toplam etkinlik skoru} = M_x/P_x \quad (4.9)$$

$$\text{Ölçek etkinliği skoru} = M_x/A_x \quad (4.10)$$

$$\text{Teknik etkinlik skoru} = A_x/P_x \quad (4.11)$$

bulunur. Açıkça görüldüğü üzere, toplam etkinlik değeri, teknik etkinlik ve ölçek etkinlik değerlerinin çarpımına eşit olarak tanımlanmıştır (Tarım, 2001).

4.1.4 Sınır Üretim Yaklaşımına Dayanan Etkinlik Ölçme Teknikleri

Etkinlik ölçüm ve analizinde, sınır yaklaşımları olarak anılabilecek bir dizi teknik geliştirilmiş bulunmaktadır. Bunları deterministik ve stokastik olarak ikiye ayırmak mümkündür. Bu ikili ayırım da kendi içinde parametrik ve parametrik olmayan teknikler olarak ayrılır (Yavuz,2003).

Çizelge 4.2 Sınır üretim fonksiyonu yaklaşımına dayanan ölçüm teknikleri sınıflandırması (Yavuz,2003)

	Deterministik	Stokastik
Parametrik (ekonometrik)	Cobb-Douglas türü üretim fonksiyonu	- Stokastik üretim sınırı - Malmquist TFV indeksi (uzaklık fonksiyonlarının stokastik olarak belirlenmesi durumunda)
Parametrik Olmayan (doğrusal programlama)	- Veri Zarflama Analizi - Malmquist TFV indeksi	

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere, geleneksel üretim fonksiyonu tahminleme yaklaşımı hem parametrik hem de deterministiktir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu çoğu kaynakta bu özellikleri taşıması nedeniyle örnek olarak gösterilmektedir.

Malmquist indeksleri etkinlik ölçme tekniklerini kullanarak Toplam Faktör Verimliliği İndeksi üretmenin bir yoludur ve tekniği oluşturan uzaklık fonksiyonlarının VZA benzeri doğrusal programlama teknikleri ya da stokastik tekniklerle tahmin edilmesine göre sırasıyla parametrik olmayan ve parametrik grubuna dahil edilebilmektedir.

Sınır üretim fonksiyonlarını tahmin etmek ve bu yolla üretimin etkinliğini ölçmek için kullanılan ekonometrik yöntem, stokastik sınır üretim fonksiyonu tekniği olarak bilinmektedir. Veri Zarflama Analizi’nin temelinde, teknik etkinsizliğin, üretim sınırından uzaklık ile tanımlanması yatmaktadır. İleriki bölümde Veri Zarflama Analizi ayrıntılı şekilde incelenecektir.

Bu çizelgeye bakıldığında deterministik, stokastik, parametrik ve parametrik olmayan tanımları ortaya çıkmaktadır.

Deterministik programlama, n değişkenli bir problemin optimum çözümünü, problemi n aşamaya ayrıştırarak ve her aşamada tek değişkenli bir alt problemi çözerek belirler. Bunun hesaplama avantajı, n değişkenli problemler yerine tek değişkenli alt problemleri optimum kılacak olmasıdır. Stokastik programlama, problemin bazı veya tüm parametrelerinin rassal değişkenlerle tanımlandığı durumlara çözüm bulmaya uğraşır. Böyle durumlar genellikle gerçek hayatta parametrelerin kesin olarak belirlenmesinin zor olduğu problemlerde görülür (Taha,2000).

Parametrik yaklaşımlarda, performans ölçümü gerçekleştirilecek olan endüstri dalına ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayımı yapılır ve bu fonksiyonun parametrelerinin belirlenmesine çalışılır. Parametrelili yöntemlerle performans ölçümünde, genel olarak regresyon teknikleri ile tahmin yapılırken, üretim fonksiyonu çoğunlukla bir tek çıktı ile birçok girdiyi ilişkilendirerek tanımlanmaktadır. Ayrıca, birçok girdi ile birçok çıktının ilişkilendirildiği parametrelili yöntemler de mevcuttur (Yolalan, 1993).

Parametrik yöntemler, parametrik olmayan yöntemlere nazaran daha yapısal bir şekle sahip olan sınır yaklaşımı kullandıklarından, bir dezavantaja sahiptirler. Fakat parametrik yöntemler rassal hataya izin vermelerinden dolayı avantajlıdır. Çünkü bu yöntemler ölçüm hatalarını açıklamada daha başarılıdır. Parametrik yöntemlerin karşılaştığı en büyük zorluk, rassal hata ve etkinsizliğin nasıl ayırt edileceğidir. Parametrik yöntemler bu ayrımı yapmak için kullandıkları dağılım varsayımlarıyla birbirlerinden ayrılırlar (Emiral, 2001).

Fakat çoğu durumda üretim fonksiyonu için bilinen bir fonksiyonel form bulunmamaktadır, üretim fonksiyonundan bahsetmek kolay olmayabilir. Parametrik olmayan yaklaşımlarda, üretim fonksiyonu hakkında varsayımlar bulunmamaktadır. Onun yerine ölçülen girdi ve çıktılarından deneysel olarak en iyi uygulama fonksiyonları oluşturulur(Norman ve Stoker,1991).

Parametrik olmayan yöntemler, parametrelili yöntemlere bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır ve genel olarak matematik programlamayı çözüm tekniği olarak benimsemişlerdir. Parametresiz yöntemler üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmezler. Bu açıdan daha esnektirler ve ayrıca birçok girdili ve birçok çıktıli üretim ortamlarında etkinlik ölçümü için oldukça uygun bir yapıya sahiptirler (Yolalan, 1993).

Parametrik olmayan programlama yaklaşımının bir başka özelliği ise sınırın parçalı doğrusal olarak tanımlanabilmesidir. Parametrik yöntemlerde, bunun aksine, sınır kesiksiz olarak tanımlanmaktadır. Parametrik yöntemlerde, parametrik olmayan yaklaşımın aksine, üretim

sınırını temsil eden fonksiyonun parametreleri belirlenmeye çalışılmaktadır. Parametrik olmayan programlama yaklaşımında etkin sınırdan sapmaların tamamı etkinsizlik olarak değerlendirilmektedir (Tarım,2001).

4.1.5 Geleneksel Yaklaşımlar ve Yeni Yaklaşımların Karşılaştırılması

Verimlilik ölçümüne oransal yaklaşımlarla elde edilen verimlilik göstergeleri bir dizi kritere göre gruplandırılmıştır. Bu kriterler; makro ya da mikro yaklaşıma sahip olma, fiziksel/parasal olarak ifade edilmiş veriler kullanma ve buna göre göstergeler üretme, toplam faktör verimliliği ya da kısmi verimliliğe yönelme ve ortalama ya da marjinal hesaplamalardan hareket etme olarak ifade edilmiştir. Ayrıca oransal yaklaşımların firmalar arası ve uluslar arası karşılaştırmalarda kullanılmakta olduğu da belirtilmiştir.

Veri Zarflama Analizi etkinlik karşılaştırması yapan bir teknik olmasına karşın, dayandığı temel formül, toplam faktör verimliliği formülüdür. Yeni tekniklerin diğerlerinden farklı olarak kullanıldığı verilerin aynı biçimde ifade edilmesine gereksinimleri yoktur. Aynı uygulama içerisinde, aynı hesaplamaya girmek üzere hem miktar hem de parasal olarak ifade edilmiş veriler kullanılabilmektedir ve belli bir döneme ait ortalama rakamlarla çalışılır.

Oransal yaklaşımların yetersiz kaldığı durumlardan biri, giderek karmaşıklaşan üretim teknolojileri için anlamlı, karşılaştırılabilir göstergeler üretme konusundadır. Özellikle kısmi verimlilik göstergeleri yanıltıcı olabilmektedir. Toplam faktör verimliliği hesaplamalarında ise girdi ağırlıkları, çok çıktılı durumlarda da çıktı ağırlıkları sorun olmayacaktır.

Ancak oranlarla elde edilen göstergeler oldukça pratiktir ve uzmanlık gerektirmediklerinden işletme içinde verimlilik ve bileşenlerine ilişkin çok çeşitli göstergelerin izlenebilmesine olanak sağlamaktadırlar (Yavuz,2003).

SFA(Stokastik Sınır Yaklaşımı) gibi parametrik metotlarda, fonksiyonel formlar tanımlayarak sınırın şeklini daha yapısal hale getirme gerekliliği olduğundan, parametrik olmayan yaklaşımlara göre bazı dezavantajlara sahiptir. Fakat parametrik metotların bir avantajı da rassal hatalara izin vermesidir. SFA gibi parametrik yaklaşımlar kullanımda farklılıklar göstermektedir (Bauer vd.,1998).

Veri Zarflama Analizi, girdi ve çıktıların ağırlıklandırılması problemini, matematiksel programlama prensipleri ile çözmüştür. Aynı şekilde uzaklık fonksiyonları VZA benzeri tekniklerle hesaplandığında da geçerlidir. Bunun yanında , ele alınan yeni tekniklerin üçü de, karmaşık üretim teknolojileri için çoklu girdi, özellikle de çoklu çıktı içeren durumlarda, oransal tekniklerle elde edilemeyen bütünsel göstergelere ulaşılabilmesini sağlamaktadır.

Sınır yaklaşımlarının bir diğer özelliği üretim üzerinde etkili olan pek çok çevresel değişkeni de yeni teorik gelişmeler sayesinde modele dahil edebilmeleridir. Stokastik yöntemler halihazırda bir fonksiyon üzerinden hareket ettiğinden bu daha kolaydır, ancak VZA'nın da bunu yapabiliyor olması oldukça önemlidir (Yavuz,2003).



5. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Bundan önceki bölümlerde, önce performans ile ilgili bazı kavramlardan bahsedilmiş, etkinlik ölçümüyle ilgili bazı temel kavramlar ile Veri Zarflama Analizi yöntemine temel teşkil eden Farrell tekniği üzerinde durulmuş ve performans ölçümlerinde kullanılan temel teknikler sınıflandırılarak kısaca anlatılmıştır. Bu bölümde ise parametresiz etkinlik ölçüm teknikleri arasında son yıllarda oldukça yoğun bir ilgi uyandıran Veri Zarflama Analizi tanıtılacaktır.

5.1 Veri Zarflama Analizine Giriş

Rekabetçi ortamda dünya çapındaki üretim ve servis operasyonları, kalite ve verimliliği arttırmak için amansız bir çabaya ihtiyaç duymaktadırlar. Organizasyonel karlılık, hem kalite hem de verimliliğin bir fonksiyonudur ve kalite ya da verimlilikteki artış doğal olarak karlılığın artışına da etki eder. Bu iki konudaki eşzamanlı artış rekabetçi avantaj elde etmede büyük rol oynar (Miller ve Adam,1995).

Veri Zarflama Analizi, doğrusal programlama prensiplerine dayanan ve spesifik olarak “karar verme birimleri”nin (girdiyi çıktıya dönüştürmede sorumlu işletme veya ekonomik kuruluşlar, literatürde “decision making units” olarak anılmaktadır) etkinliğini ölçmek için tasarlanmış olan parametresiz bir tekniktir (Yavuz, 2001).

Yavuz (2001) tarafından bildirildiğine göre yöntemin ilk versiyonu, Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından, Farrell’in sınır üretim fonksiyonları kavramına dayanılarak, kamu programlarına katkıda bulunan ve kar amacı gütmeyen kuruluşların teknik etkinliğini ölçmek ve karşılaştırmak amacıyla geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen ilk uygulamada, federal bütçelerle desteklenen eğitim programlarına dahil olan okulların etkinliklerini ölçmek hedeflenmiştir.

VZA, bazı sistemlerin geliştirme hedeflerine yardımcı olan ve çok kriterli sistemlerin değerlendirilmesinde kullanılan çeşitli karar analiz problemlerini işaret etmek amacıyla oldukça kullanılmaktadır (Liu vd,2000).

VZA, homojen birimlerin nisbi etkinliğini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Operasyonel birimlerin homojenliğinden kasıt, grubun aynı girdi ve çıktı kümelerine sahip, aynı tip üretim prosesini kullanan birimlerden oluşmasıdır (Yu ve Angelo,2001).

Veri Zarflama Analizi olarak adlandırılan parametrik olmayan yaklaşımlar etkinlik ölçümü için doğrusal programlama tekniklerini kullanmaktadır. Teknolojik etkinliği temel alan VZA’nın genel formunda etkin birimler ya olabildiğince fazla çıktı üretir ya da aynı çıktı oranını daha az girdi kullanarak elde eder. VZA etkinlik sınırı, konveks üretim olasılık

kümesini kullanarak, birimlerin çıktı/girdi kümesiyle alakalı parçalı doğrusal bölümden ve baskın olmayan diğer birimlerin bileşiminden oluşmaktadır (Bauer vd.,1998).

Performans değerlendirmesi, herhangi bir organizasyonda, yönetim sürecinin kritik bir bileşenidir. Karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçümü, araştırmacılar ve uygulayıcılar için, tartışmaya açık bir konu olarak süregelmiştir. Özel bir doğrusal programlama modeline dayanan Veri Zarflama Analizi bu soruna ışık tutmaktadır. VZA, çoklu girdi ve çıktıların varlığının karşılaştırmayı zorlaştırdığı durumlarda, organizasyonel birimleri değerlendirmek ve karşılaştırmak için kullanılan özel bir optimizasyon modeli olarak karşımıza çıkmaktadır (Al-Shammari, 1999).

VZA'nın genel formunda, her birim sadece etkinlik sınırındaki ya da kendi doğrusal kombinasyonundaki birimlerle karşılaştırılır (Bauer vd.,1998).

Norman ve Stoker(1991) tarafından bildirildiğine göre Charnes, Cooper; kendi etkinlik tanımlarını şu şekilde yapmışlardır:

%100 etkinlik bir birimde şu şekilde ortaya çıkabilir:

- a. (i) bir veya daha fazla girdisi artırılırken (ii) bazı diğer çıktılar azaltılırken hiçbir çıktısı artırılamıyorsa
- b. (i) bazı çıktılar azaltılırken (ii) diğer bazı girdiler artırılırken hiçbir girdi azaltılamıyorsa

Teknik etkinliğin hesaplanması ile ilgili parametrik olmayan yaklaşımı ile ilgili devam eden gelişmelerin temelini oluşturan CCR modeli 1978'de ortaya konmuştur.

Eğer etkinliğin “teorik” veya “gerçek” modelini ortaya koymanın bir yolu yoksa tanımımızı, benzer şartlarda görülen seviyelerle alakalı etkinlik seviyelerini işaret eden tanıma adapte etmememiz gerekir (Norman ve Stoker,1991).

VZA yaklaşımı aşağıdaki sebeplerden dolayı seçilmiştir:

- VZA bireysel durumlarla ilgilenir,
- VZA her şirket için tek bir ölçüm ortaya koyar,
- VZA çoklu-girdi ve çoklu çıktı durumlarıyla ilgilenir,
- Girdi-çıkı ilişkilerinin fonksiyonel formunda her hangi bir kısıta rastlanmaz,
- Farklı girdi veya çıktılar için önceden belirlenmiş ağırlıklara ihtiyaç duymaz,

- VZA, etkin olmayan bir şirketi etkin olarak sayılmadan önce ihtiyaç duyulan gelişme seviyelerinin belirlenmesini sağlar.

Bu avantajlar sayesinde VZA yaklaşımı, hem özel sektörde hem de kamu sektöründe geniş kullanım alanı elde etmiştir (Madu ve Kuei,1997).

Organizasyonlar arasında yapısal farkları kıyaslamaya olanak veren çarpanlar şirketten şirkete farklılık göstermektedir. Yapısal farklılıklar; farklı şirket amaçları, yöneticilerin karar-verme yetilerinin farklılık göstermesi, çalışanlarla daha iyi ya da daha kötü iletişim, farklı seviyelerdeki işçi moralleri/motivasyonları/işbirlikleri, firma çalışanları boyunca öğrenme ve zeka seviyeleri ve şirket proseslerini direkt olarak etkileyen gözle görülmeyen özelliklerden kaynaklanabilir. Bu seviye farkları, performans değerlendirme prosedürlerini saptırabilir ve şirket çapında uygulanan programları (Toplam Kalite Yönetimi gibi) etkileyerek, şirket etkinliğini azaltabilir (Forker ve Mendez,2001).

İlk uygulamada spesifik olarak, federal bütçelerle desteklenen eğitim programlarına katılan bir çok okulun etkinliklerini ölçmek amaçlanmıştır.

VZA'nın daha geniş bir ölçüde tanınmasını, literatürde yer edinmesini takiben yöntemin temel prensiplerinde ve modelde gelişmeler yaşanmış, CCR oran modeli(ismini Charnes, Cooper ve Rhodes'un baş harflerinden almıştır.), BCC(Banker, Charnes, Cooper) ölçeğe göre getiri modeli geliştirilmiştir. Farklı modeller kullanıldığında dahi elde edilen etkinlik değerlerinin güvenilir olduğu literatür içinde kanıtlanmıştır.

VZA, her bir karar biriminin göreceli etkinliğini, gözlemlenen girdi ve çıktıları kullanarak, ağırlıklı çıktıların ağırlıklı girdilere oranını hesaplayarak belirler. Her bir karar birimindeki her bir girdi ve çıktı için, bir optimizasyon prensibi çerçevesinde ağırlıklar seçilir. Farklı karar birimleri için ortak ağırlıklar belirlemenin zorlukları görülerek, her bir birimin diğer birimlerle karşılaştırıldığında kendisini en iyi durumda gösteren bir ağırlıklar kümesi benimsenmesinin uygun olacağı öne sürülmüştür. Farklı karar birimlerinin girdi ve çıktılarını, bunlar tüm birimler için ortak girdi ve çıktılar olmasına karşın, farklı şekilde ağırlıklandırabileceklerini kabul etmişlerdir. Örneğin göreceli etkinliği karşılaştırılmak istenen okulların çıktıları arasında müzik ve spor dallarında başarının yer aldığını göz önüne alırsak, farklı okulların bu dallardan herhangi birine verdiği önemin, diğerlerinden farklı olabileceğini düşünebiliriz.

Dünyada yaygınlaşan uygulamalara karşılık, ülkemizdeki çalışmalar genellikle akademisyenlerin uygulamalarıyla, yöneylem ya da iktisat kongrelerindeki bildirilerle sınırlı

kalmış ve genellikle bankacılıkta yoğun olarak kullanılmıştır. Bir karar destek aracı olarak kullanılabilecek bu modelin, gerek teknik yönüne gerekse farklı alanlarda getirebileceği yaklaşımların araştırılmasına yönelik daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

VZA'nın ülkemizde sınırlı kullanım olanağı bulmasının ya da bir yönetim destek yöntemi olarak kullanılmasının nedenleri olduğu öne sürülebilir. Yöntemin karmaşık görünümü, uygulamaya temel teşkil edebilecek veri setlerine ulaşmanın zorlukları, özellikle kamuda gerekli veri altyapısının bulunmayışı gibi olası nedenler sıralanabilirse de, son yıllarda en azından teknik bilgi yetersizliğini telafi edecek, kullanımı kolay paket programların geliştirilmiş olmasının, bir bakıma yöntemin yaygınlaşmasına katkıda bulunacağına da kesin gözüyle bakılmaktadır (Yavuz, 2001).

5.2 Veri Zarflama Analizi Modeli Temelleri

Veri Zarflama Analizi modellerini anlatmaya başlamadan önce “tek girdi-tek çıktılı”, “iki girdi-tek çıktılı” ve “tek girdi-iki çıktılı” durumları örneklemek yararlı olacaktır.

5.2.1 Tek Girdi-Tek Çıktılı Durum

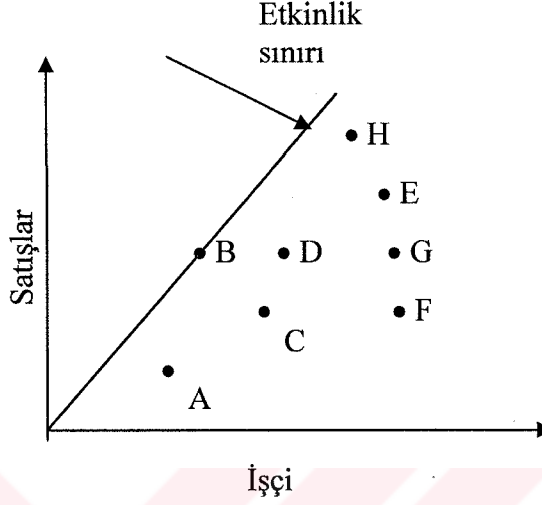
Veri zarflama analizi konusuna bir giriş yapabilmek için öncelikle tek girdili ve tek çıktılı durumu ele almak uygun olur. Aşağıdaki örnekle bu durumu açıklamak daha kolay olacaktır. Çizelge 5.1’de, 8 marketten oluşan A’dan H’ye kadar sınıflandırılmış bir mağaza zincirinin bazı özellikleri görülmektedir.

Çizelge 5.1 Tek girdi-tek çıktı durumu(Cooper vd., 2000)

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

Çalışan sayısı ve satışlar yukarıda gösterildiği gibidir. Çizelgenin en alt satırı her çalışan başına satış gösterir. Bu ise yatırım analizi ve yönetimde sık kullanılan “verimlilik”in bir ölçümüdür. Buna “etkinlik”in daha genel bir tanımı olarak da bakılabilir. Böylelikle B’yi en etkin dal, F’yi ise en az etkin dal olarak belirleriz. Bu veriler, Şekil 5.1’de “çalışan sayısı”nı yatayda, satışları dikeyde göstermek üzere temsil edilebilir. Her noktayı orjine bağlayan

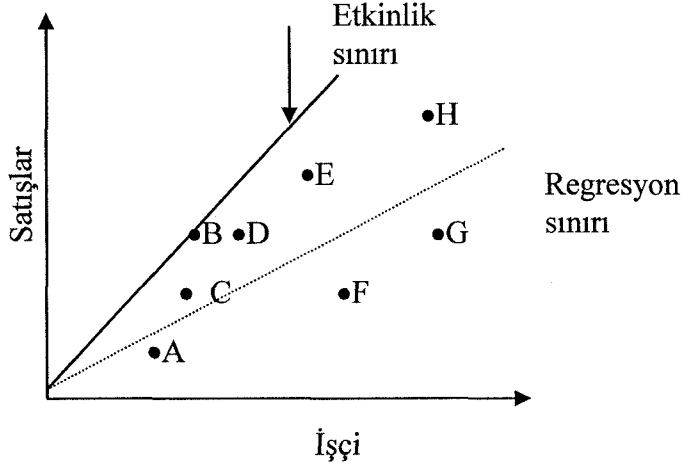
doğrunun eğimi işçi başına satışı ifade eder ve bu eğim en büyük B’dedir. Bu doğru “etkinlik sınırı” olarak adlandırılır. Dikkat edilecek olursa, bu sınır en az bir noktaya değer ve tüm noktalar ya bu doğrunun üzerindedir ya da altındadır. Veri Zarflama Analizi’nin esası bu özellikten dolayı ortaya çıkmıştır. Çünkü matematiksel olarak, yapılması gereken bu sınır noktalarını zarf içine almaktır.



Şekil 5.1 Marketlerin karşılaştırılması (Cooper vd., 2000)

Şekil 5.2’de noktalı doğru, orjine doğru gelen regresyon çizgisini gösterir ve $y = 0.622x$ olarak tanımlanmıştır. Bu doğru, istatistiksel olarak tanımlandığı şekilde, bu veri noktalarının ortasından geçer ve bu şekilde biz doğrunun üstündeki noktaları mükemmel (“excellent”) ve altındaki noktaları da başarısız (“unsatisfactory”) olarak tanımlarız.

Bu veri noktalarının mükemmellik veya başarısızlığı, bu sabit doğrudan sapmaların büyüklüğü ölçülerek belirlenebilir. Diğer taraftan, sınır doğrusu en iyi mağaza olan B’nin performansını gösterir ve bu doğrudan sapmalardan yola çıkılarak diğer mağazaların etkinlikleri belirlenir. VZA ilerideki uygulamalar için ya da iyileştirmeler yapmak için bir kıyaslama aracı olarak B gibi bir noktayı tanımlar.



Şekil 5.2 Regresyon sınırı ve etkinlik sınırı (Cooper vd., 2000)

Yukarıdaki örneğe dönülürse, sınır çizgisinin aynı noktayla sonsuza kadar gideceğini düşünmek mantıklı değildir.

En iyi mağaza olan B'ye kıyasla, diğerleri etkinsizdir. Diğerlerinin etkinliğini B'ye bağlı olarak ölçülebilir,

$$0 \leq \frac{\text{Çalışan başına diğerlerindeki satışlar}}{\text{Çalışan başına B'deki satış}} \leq 1 \quad (5.1)$$

ve buradan bulunan sonuçları referans alarak aşağıdaki sıralama elde edilir,

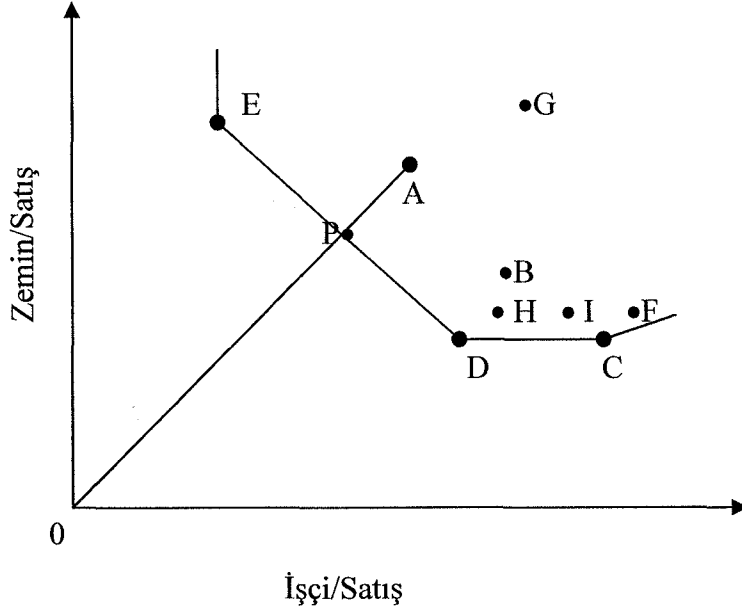
$$1 = B > E > D > C > H > A = G > F = 0.4$$

En kötü sonuca sahip olan F'nin etkinliği %40 ($0.4 \cdot \%100$) olmakta iken B'nin etkinliği 1'dir.

Çizelge 5.2 Etkinlik (Cooper vd., 2000)

Mağazalar	A	B	C	D	E	F	G	H
Etkinlik	0.5	1	0.667	0.75	0.8	0.4	0.5	0.625

Aynı örnek daha sonra, etkinsiz mağazaların nasıl etkin hale getirilebileceği ve bunların nasıl etkinlik sınırının üzerine çıkarılabileceği açısından ele alınmıştır. Örneğin, A mağazası Şekil 5.3'te değişik yollarla iyileştirilebilir. Biri, girdiyi A_1 seviyesine indirgeyerek sağlanabilir. Diğerleri çıktıyı A_2 seviyesine artırarak sağlanabilir. $\overline{A_1 A_2}$ doğru kesitindeki herhangi bir nokta, girdide artış veya çıktıda azalma olmadan iyileştirme sağlayabilir.

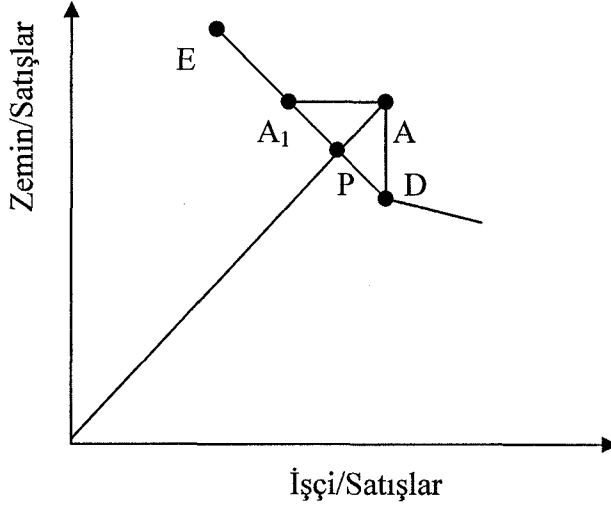


Şekil 5.4 İki girdi ve bir çıktı durumu (Cooper vd., 2000)

Etkinlik açısından, daha az girdiyle bir birim çıktı elde eden mağazaların daha etkin olarak tanımlanması normaldir. Sonuç olarak C, D ve E'yi birbirine bağlayan çizgi “etkinlik sınırı” olarak tanımlanır. Bu üç mağaza arasında sapmalar olacaktır, fakat bu sınır üzerindeki hiçbir noktanın girdilerinden birinin değeri diğeri kötüleştirilmeden iyileştirilemez. Bütün veri noktalarını, sınır çizgisi tarafından zarfa alınmış bölge içerisinde zarflayabiliriz. Bu bölgeyi “üretim imkan kümesi” olarak adlandırırız.

Sınır çizgisi üzerinde olmayan mağazaların etkinliği takip eden sınır noktası referans alınarak ölçülebilir. Örneğin, A etkinsizdir. A'nın etkinsizliğini ölçmek için, OA (sıfırdan A'ya çizilmiş doğru), sınır çizgisini P'de keser. Daha sonra, A'nın etkinliği $OP/OA = 0.8571$ olarak değerlendirilir.

Bu, A'nın etkinsizliği, D ve E'nin bir kombinasyonu tarafından değerlendirilebilir demektir. Çünkü P noktası D ve E'yi birbirine bağlayan doğru üzerindedir. D ve E, A için referans setleri olarak adlandırılır. Etkinsiz bir mağaza için referans seti mağazadan mağazaya değişir(Şekil 5.5).



Şekil 5.5 A marketindeki gelişme (Cooper vd., 2000)

Etkinsiz noktaları etkin noktalarla ilişkilendirmek suretiyle iyileştirmeler tanımlayarak, Şekil 5.2'deki analiz, bu iki girdili duruma genişletilebilir. Örneğin, A, girdi $x_1=3.4$ ve girdi $x_2=2.6$ ile P noktasına kaydırılarak etkin bir şekilde iyileştirilebilir, çünkü bu noktalar P'nin koordinatlarıdır. Bununla birlikte, DA, doğru yapısındaki herhangi bir nokta iyileştirme için aday konumunda bulunabilir. D, girdi x_2 azaltılarak elde edilmiştir, A₁'de girdi x_1 azaltılarak elde edilmiştir (Cooper vd., 2000).

5.2.3 Tek Girdi-İki Çıktı Durumu

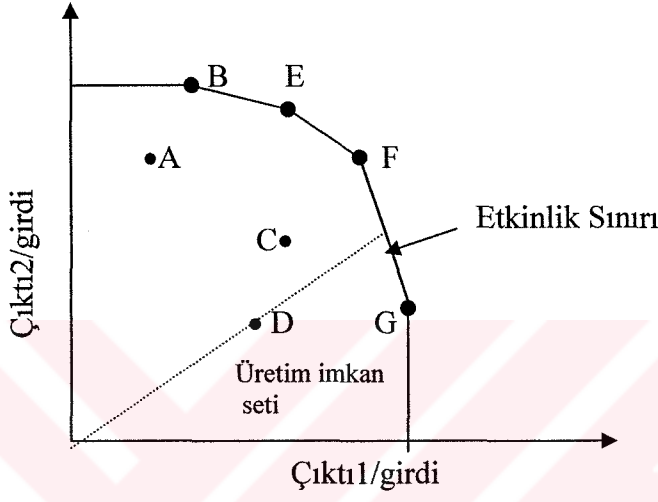
Çizelge 5.4 satış elemanı başına düşen müşteri sayısını ve 7 ofisin satış elemanı başına düşen satışı gösterir. Bu durumda bir sınır elde etmek için, sadece gelir girdisi olan çalışanları çıktılara böleriz. Bu şekilde, etkinlik sınırı B,E,F ve G'yi birbirine bağlayan doğruları içerir ve Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Bir girdi ve iki çıktı durumu(Cooper vd., 2000)

Ofis		A	B	C	D	E	F	G
Çalışanlar	x	1	1	1	1	1	1	1
Müşteriler	y_1	2	3	6	5	6	7	8
Satışlar	y_2	8	10	7	4	9	8	4

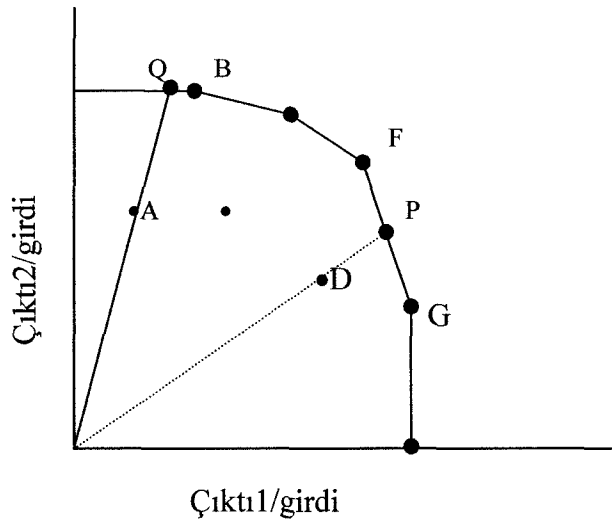
Üretim imkan kümesi, (“the production possibility set”) eksen ve etkinlik sınırı tarafından sınırlanmış bölgedir. A,C ve D dalları etkinsizdir ve etkinlikleri sınır doğruları referans alınarak değerlendirilebilir. Örneğin, Şekil 5.7’den, D’nin etkinliği şu şekilde hesaplanabilir,

$$\frac{d(O,D)}{d(O,P)} = 0.75 \quad (5.2)$$



Şekil 5.6 Tek girdi-iki çıktı durumu (Cooper vd., 2000)

Aşağıda “radyal ölçüm” gösterilmektedir ve iki uzaklık ölçümünün rasyosu olarak yorumlanabilir. Uzaklık ölçümlerinin seçimi tek değildir, benzerlik nedeniyle Öklit ölçümlerini seçeriz.



Şekil 5.7 Gelişme (Cooper vd., 2000)

$$d(O,D)=\sqrt{4^2+3^2}=5 \quad (5.3)$$

$$d(O,P)=\sqrt{\left(\frac{16}{3}\right)^2+4^2}=\frac{20}{3} \quad (5.4)$$

Radyal işaretin altındaki terimler D'nin ve P'nin koordinatlarının kareleri olup, D için Çizelge 5.4'ten elde edilmiştir ve P için $y_2 = 3/4y_1$ ile $y_2 = 20 - 3 y_1$ kesişiminden alınmıştır. (5.2) formülünde görülen sonuç aşağıdaki şekilde de elde edilir (Cooper vd., 2000).

$$5 \div \frac{20}{3} = \frac{3}{4} = 0,75 \quad (5.5)$$

5.3 Temel Veri Zarflama Analizi Modelleri

Orijinal VZA modelindeki amaç fonksiyonu, belirli bir KVB için ağırlıklandırılmış çıktıların ağırlıklandırılmış girdilere oranını maksimize etmektir. Bu, ağırlıklı çıktıların ağırlıklı girdilere oranının 1 veya 1'den az olmasıyla kısıtlandırılmıştır (her KVB için bir tane). Karar değişkenleri, çıktı ağırlıkları ve girdi ağırlıklarıdır.

VZA yaklaşımı, bütün birimlerin referans grubunu esas alan varsayıma dayanan bileşik birimi oluşturmak için doğrusal programlama modelini kullanır. Her KVB'nin performansı diğer KVB'lerinin görelî performansı ile ölçülür. Eğer bileşik birime göre değerlendirilen birim, çıktısını daha az girdiye ihtiyaç duyarak elde ediyorsa, birim görelî olarak etkin olmaz ya da bileşik birim çıktıya ulaşmak için değerlendirilen birimin girdisi kadar girdiye ihtiyaç duyuyorsa birim etkindir. Bileşik birim, kendi operasyonlarının etkinliğini arttırmaya çalışmak için, etkin olmayan birimlerden daha iyisini yapmak zorunda olan birimlerin altkütlesinden elde edilir ve varsayım olarak en iyi uygulamayı temsil eder. VZA sonuçları, etkin olmayan birimlerin tanımlanmasına ve görelî olarak etkin olmayan birimlerin servis hacmini arttırırken, servis kalitesinden ödün vermeden nasıl etkinliklerini arttırabilecekleri konusunda yol göstermektedir (Al-Shammari ve Salimi, 1998).

VZA literatüründe temel olarak iki tür programlama modeli bulunmaktadır. Bunlar da kendi aralarında ikiye ayrılır;

1. CCR Modeli

- a. Girdiye Yönelik CCR Modeli
- b. Çıktıya Yönelik CCR Modeli

2. BCC Modeli

- a. Girdiye Yönelik BCC Modeli
- b. Çıktıya Yönelik BCC Modeli

5.3.1 CCR modeli

Bu model, KVB olarak anılan karar verme birimlerinin görelî etkinliğini ölçmek için tasarlanmıştır. Bir karar verme birimi, girdileri çıktılarına dönüştürmekten sorumlu bir varlık olarak düşünülebilir. Her bir KVB için, v_i and u_r ile gösterilen ağırlıkları kullanarak sanal girdi ve çıktıları (ağırlıklı girdi ve çıktı toplamaları) formüle edebiliriz (Cooper vd., 2000):

$$\text{sanal girdi} = v_1 x_{10} + \dots + v_m x_{m0} \quad (5.6)$$

$$\text{sanal çıktı} = u_1 y_{10} + \dots + u_s y_{s0}, \quad (5.7)$$

En yalın toplam faktör verimliliği formülünü, yani sanal çıktıların fiili girdilere oranından türeyen basit verimlilik formülünü, aşağıdaki şekilde vermek mümkündür:

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{sanal çıktılar (çıktıların ağırlıklı toplamı)}}{\text{sanal girdiler (girdilerin ağırlıklı toplamı)}} \quad (5.8)$$

Verimliliği hesaplanmak istenen spesifik bir birimin verimliliği ise, matematiksel notasyonla gösterilmek istenildiğinde, aşağıdaki biçimde yazılır:

$$\text{Verimlilik (KVB}_k) = \frac{u_1 y_{1k} + \dots + u_s y_{sk}}{v_1 x_{1k} + \dots + v_m x_{mk}} \quad (5.9)$$

v_l = birinci girdiye verilen ağırlık

y_{lk} = bir numaralı çıktı değeri

u_l = birinci çıktıya verilen ağırlık

x_{lk} = bir numaralı girdi değeri

Bu formül, tüm birimlerde ortak bir ağırlıklar kümesinin kullanıldığı varsayımını içermektedir. Bu varsayım ise, üzerinde anlaşılan bu ortak ağırlık kümesinin nasıl belirlenebileceği sorununu da beraberinde getirir. Yalnızca girdi ve çıktıların ağırlıklandırılması tek başına sorun teşkil ederken, gözlem kümemizde yer alan farklı birimlerin farklı şekilde ağırlıklandırılmalarının tercih edilebilmesi olasılığı da bir diğer güçlüğü oluşturmaktadır.

VZA CCR modelini ve diğer modellerini açıklamanın en iyi yollarından biri toplam faktör verimliliğini hatırlamaktır. Yukarıda tek bir karar biriminin verimliliğini hesaplamak için kullanılan formül, aslında toplam faktör verimliliğini hesaplamak için kullanılan, girdi ve çıktıları ağırlıklandırarak performansı tek bir oran ile özetleyen formüldür (Yavuz, 2001).

Genel olarak Veri Zarflama Analizi olarak bilinen parametrik olmayan yaklaşım, ölçülen verilerin dış zarfıyla ilgilenir. Bu zarf, VZA'da *etkinlik sınırı* olarak adlandırılır (Yu ve Angelo,2001).

VZA'dan elde edilebilecek kullanışlı bir başka çıktı ise, modelinin referans ağırlıklarıdır. Referans ağırlıkları, eğer bir birim etkinse, etkinlik sınırı boyunca nerede yer alacağını belirlemek için kullanılabilir. Etkin birim referans ağırlığı olarak 1.0 değerini alır. Etkin olmayan diğer birimlerin 0.0 ve 1.0 arasındaki referans ağırlıkları; bir ya da daha fazla etkin birim referans alınarak, VZA modeli ile matematiksel olarak hesaplanır. Bu referans ağırlıkları, beraber şekilde toplandığında etkin olmayan birimlerin etkinlik noktasını belirleyen her bir etkin birimin kriter değerlerinin oranını verir.

VZA, bir birimin ne kadar etkin olduğunun yanında, etkin olmayan birimlerin etkinlik sınırında nerede yer alabileceğini gösteren kıyaslama çalışmalarına da imkan verir. Şu belirtilmelidir ki, VZA modeli; girdi ve çıktı sayısındaki değişimler, ölçülen etkinlik değerleri ve etkinlik sınırının geometrisi gibi çeşitli konularda farklı formlara bürünebilir. VZA modeli uygulanırken değinilmesi gereken başka bir konu da göreceli etkinlik kavramının uygulanması gerekliliğidir.

Herhangi bir birim için denklemler sonucu fazlalık değeri 0.0 ve etkinlik değeri 1.0 olan birim diğer birimlere göre etkindir. Eğer birim etkin değilse, ya etkinlik değeri 1.0'dan az ya da fazlalık değerler 0.0'dan farklıdır. En düşük etkinlik değeri ve yüksek fazlalık değerine sahip birim, etkin birimlere göre en kötü performansı gösteren birimdir (Weber,1996).

Daha önce de belirtildiği üzere VZA'da KVB (karar verme birimleri) etkinliği ölçülen birimlere verilen isimdir. KVB tanımı, geniş bir uygulama alanında kullanımına imkan vermek amacıyla, özünde esnek bir tanımdır. Genel anlamda bir karar verme birimi, girdileri çıktılarına dönüştürmekten sorumlu bir varlık olarak düşünülebilir.

n adet KVB ($KVB_1, KVB_2, \dots, KVB_n$) olduğunu kabul edecek olursak, her bir, $j = 1, \dots, n$, KVB için ortak girdi ve çıktılar aşağıdaki hususlar dahilinde seçilmelidir:

1. Her bir girdi ve çıktıya karşılık gelen sayısal değerler, her bir KVB için pozitif olmalıdır.
2. Girdiler, çıktılar ve KVB'lerin seçimi, KVB'lerin göreceli etkinlik değerlendirmesi içinde, analistin ya da yöneticinin ilgisini yansıtmalıdır.
3. Prensipte, küçük girdi değerleri ve büyük çıktı değerleri tercih edilmelidir ki, etkinlik değerleri bu özelliklere sahip olsun.
4. Farklı girdi ve çıktıların ölçüm birimleri benzer olmalıdır. Bazıları, insan sayısını, depo büyüklüğünü, harcanan parayı vb. içerebilir.

m adet girdi ve n adet çıktının yukarıdaki hususlara göre seçildiği varsayılarak, KVB'lerin girdi ve çıktı değerleri aşağıdaki gibi matris formunda yazılabilir:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_{s1} & y_{s2} & \dots & y_{sn} \end{pmatrix}$$

Burada, X $m \times n$, Y $s \times n$ boyutlarında matrislerdir (Cooper vd., 2000).

Veri Zarflama Analizi modellerinde ideal olarak karar verme birimi adedi, girdi ve çıktı sayılarının toplamının 2 ile 5 katı arasında olmalıdır (Sarkis ve Weinrach, 2000).

VZA tekniği olarak adlandırılan parametrik olmayan programlama yaklaşımı esas olarak kesirli programlama (fractional programming) formundadır. Kesirli programlama için doğrusal programlama modellerinin çözümünü veren Simplex Algoritması'na benzer bir standart yöntem bulunmamaktadır. Öte yandan, etkinlik analizinde kullanılan matematiksel programlama modelinin özel yapısı kullanılarak, kesirli programlama modelini standart çözüm yöntemi bulunan doğrusal programlama modeline dönüştürmek mümkündür.

Bir karar biriminin, k , ürettiği çıktı faktörleri miktarı Y_{rk} , $r = 1, \dots, s$ ve kullandığı girdi faktörleri miktarı X_{ik} , $i = 1, \dots, m$ olsun. Karar birimi k 'nın toplam faktör verimliliği, eğer faktörlere verdiği ağırlıklar çıktı ve girdiler için, sırasıyla, u_r , $r = 1, \dots, s$ ve v_i , $i = 1, \dots, m$ ise aşağıdaki formül elde edilir.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad (5.10)$$

Kurulan kesirli programlama modeli ise aşağıdaki gibi oluşturulmuştur :

$$\max h_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}} \quad (5.11)$$

ş.k.g.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, \dots, n \quad (5.12)$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \quad (5.13)$$

Karar verme birimi k , ağırlıklarını kendi toplam faktör verimliliğini maksimize edecek şekilde seçebilmelidir. Amaç fonksiyonu bunu göstermektedir. Böylece, karar birimi k 'nın 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'in üzerine çıkmamalıdır. Modeldeki 1. kısıt da bunu ifade etmektedir. Aksi halde karar verme birimi k için toplam faktör verimlilik değeri sınırsız bulunur. Etkinlik skorlarının belirli bir aralıkta olması için sınır getirilmesi gerekmektedir. Bu üst sınır 1 olarak seçilmiştir. Karar verme birimi k 'nın elde ettiği etkinlik skorunun, diğer karar verme birimlerinin skorları çerçevesinde normalize edilmesi gerekir. Ayrıca karar verme birimi k tarafından kullanılacak girdi ve çıktı ağırlıklarının negatif olamayacağı da açıktır. 2. kısıt bunu ifade etmektedir (Yavuz, 2003).

Ancak, yine tespit edilen bir eksiklik, daha sonra düzeltilmiştir. Matematiksel programlama modelinde kullanılan u_r ve v_i ağırlıkları ile ilgili olan $u_{rk} \geq 0$ ve $v_{ik} \geq 0$ kısıtlarının, $u_{rk} > 0$ ve $v_{ik} > 0$ şeklinde değiştirilmesi gerekmiştir. Kalan kısmı değişmemek üzere, eklenen $u_{rk} > 0$ ve $v_{ik} > 0$ kısıtlarıyla tanımlanan model arşimedgil olmayan model (non-archimedean model) olarak adlandırılmaktadır. İlgili model aşağıda verilmiştir (Tarım, 2001).

$$\max h_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}} \quad (5.14)$$

ş.k.g.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, \dots, n \quad (5.15)$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq \varepsilon; \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \quad (5.16)$$

Bu model girdiye yönelik bir modeldir. ε modelin arşimedgil olmadığını göstermektedir. Arşimedgil olmayan modelde yer alan ε , pratikte 10^{-4} , 10^{-5} ya da 10^{-6} gibi küçük bir değer olarak alınmakta ve arşimedgil olmayan büyüklük olarak adlandırılmaktadır (Tarım,2001).

5.3.1.1 Girdiye yönelik CCR modeli

Kurulan (5.11),(5.12) ve (5.13) numaralı kesirli programlama modeli doğrusal programlama metodlarının uygulanabilmesi için bir dönüştürmeye tabii tutulur. Burada amaç fonksiyonundaki kesiri maksimize etmek için, pay ve paydanın bireysel değerleri değil, pay ve paydanın birbirlerine göre değerleri önemlidir. Aynı etkiyi yakalamak, paydanın bir sabite eşitlenmesi ve yalnızca payın maksimize edilmesiyle mümkündür. Burada hatırlanması gereken önemli bir nokta, modelin ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında, toplam etkinliği ölçtüğüdür.

Karar verme birimi k için doğrusal model, kesirli modeldeki amaç fonksiyonunun paydasını 1'e eşitlemek suretiyle elde edilir, bu model primal formdadır :

$$\max h_k = \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} \quad (5.17)$$

ş.k.g.

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 1 \quad (5.18)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (5.19)$$

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

bu yeni oluşturulan program, girdilerin ağırlıklı toplamını 1 ile kısıtlar ve u_{rk} ve v_{ik} ağırlıkları için uygun değerler seçerek, k karar verme biriminin ağırlıklı çıktı toplamını maksimize eder. Kesirli fonksiyonda bulunan 1'den küçüktür kısıtları primal doğrusal programda da mevcuttur. Böylece etkinlik değeri 1'i aşamaz (Yavuz, 2001).

Arşimedgil olmayan girdiye yönelik primal CCR modelinde ise, bu modelde amaç fonksiyonu ve 2. kısıt aynen kalır. Değişen sadece pozitiflik kısıtıdır. Daha önce de bahsedildiği gibi bu kısıtlar negatif olmama kısıtına dönüşür, yani; $u_{rk}, v_{ik} \geq \varepsilon$ olur:

$$\max \quad h_k = \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} \quad (5.20)$$

ş.k.g.

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 1 \quad (5.21)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (5.22)$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq \varepsilon; \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \quad (5.23)$$

Bu modellerin çözümü sonucu bazı KVB'lerin etkinlik değerleri 1 olarak, $h_k=1$, bulunur. Bu KVB'ler etkin olan karar birimleridir ve etkinlik sınırını oluşturur. Etkinlik değerleri 1'den küçük çıkan, $h_k < 1$, KVB'ler etkin olmayan karar birimleridir ve etkinlik sınırının veya zarflama düzeyinin altında kalan KVB'leri oluştururlar. İşte bu KVB'lerin nasıl etkin hale gelebilecekleri konusunda bir fikir sahibi olabilmek için primal CCR modelinin dualine ihtiyaç duyulmaktadır. Öncelikle ilk verilen primal modelin duali ele alınacak olursa, model aşağıdaki şekilde oluşur:

$$\min \theta_k \quad (5.24)$$

ş.k.g

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_{jk} \geq y_{rk} \quad r = 1, \dots, s \quad (5.25)$$

$$\theta_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jk} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (5.26)$$

$$\lambda_{jk} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

Bu modelde θ_k değeri kısıtsızdır, yani hem negatif, hem de pozitif değer alabilmektedir. Bilindiği gibi primal ve dual doğrusal modellerin, eğer optimal bir çözüm varsa, optimal çözümleri aynıdır. θ_k değeri primal modeldeki h_k değerine, yani etkinlik değerine karşılık gelmektedir ve etkinlik değeri negatif ve 0 değerlerine eşit olamayacağı için, θ_k her ne kadar kısıtsız gibi görünse de çözüm kümesi, $(0,1]$ 'dir (Tarım, 2001).

Dual modelin çözümü sonucunda, eğer KVB_k 'nin ancak etkinlik oranı, θ_k , 1'e eşit ise etkindir. Burada, λ_{jk} değerleri, girdiler ve çıktılar üzerindeki ağırlıklar yerine, karar birimleri üzerindeki ağırlıkları simgelemektedir ve bu ağırlıklar sıfıra eşit veya sıfırdan büyük olmalıdır (Yavuz, 2003).

Arşimedgil olmayan primal CCR modelinin duali ise aşağıdaki gibi oluşur:

$$\min \theta_k - \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m s_{ik}^- + \sum_{r=1}^s s_{rk}^+ \right] \quad (5.27)$$

ş.k.g.

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_{jk} - s_{rk}^+ = y_{rk} \quad r = 1, \dots, s \quad (5.28)$$

$$\theta_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jk} - s_{ik}^- = 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (5.29)$$

$$\lambda_{jk}, s_{ik}^-, s_{rk}^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

Bu dual modelin önceki dual modelden farkı, karar verme birimi k 'nın etkin olabilmesi için

θ_k değerinin 1 çıkmasının tek başına yeterli olmamasıdır. Buna ek olarak, etkinlik şartına s_{ik}^- ve s_{rk}^+ aylak değişkenlerinin de sifıra eşit olması eklenmiştir. Eğer bu aylak değişkenleri 0'dan farklı bir sayısal değer alırsa, s_{ik}^- , ilgili girdilerdeki fazla kullanımı, s_{rk}^+ , ilgili çıktılardaki eksikliği ifade eder.

Bu bağlamda CCR etkinliğinden bahsedilmesi için:

- i. $\theta_k^* = 1$
- ii. $s_{ik}^-, s_{rk}^+ = 0$

şartlarının sağlanması gerekir (Cooper vd., 2000).

5.3.1.2 Çıktı Odaklı Model

Bu modelde amaç, ölçülen girdi değerlerinden daha fazla girdi kullanmadan, maksimum çıktı üretmektir. Bu tip modellere “çıktı odaklı modeller” denilmektedir. CCR primal modeli aşağıdaki gibi kurulabilir:

$$\min \quad g_k = \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} \quad (5.30)$$

ş.k.g.

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} = 1 \quad (5.31)$$

$$-\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} + \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (5.32)$$

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

Bu primal modelin duali ise aşağıdaki gibi oluşur;

$$\max \quad z_k \quad (5.33)$$

ş.k.g.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jk} \leq x_{ik} \quad i = 1, \dots, m \quad (5.34)$$

$$-\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_{jk} + z_k y_{rk} \leq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (5.35)$$

$$\lambda_{jk} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

Arşimedgil olmayan çıktıya yönelik CCR modelinin dualine gelecek olursak, bu modeli aşağıdaki şekilde göstermek mümkündür;

$$\max \quad z_k + \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m s_{ik}^- + \sum_{r=1}^s s_{rk}^+ \right] \quad (5.36)$$

ş.k.g.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jk} - x_{ik} + s_{ik}^- = 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (5.37)$$

$$-\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_{jk} + z_k y_{rk} + s_{rk}^+ = 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (5.38)$$

$$\lambda_{jk}, s_{ik}^-, s_{rk}^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

Bu bağlamda CCR etkinliğinden bahsedilmesi için:

$$\text{iii.} \quad z_k^* = 1$$

$$\text{iv.} \quad s_{ik}^-, s_{rk}^+ = 0$$

şartlarının sağlanması gerekir (Cooper vd., 2000).

5.3.2 BCC Modeli

Bir önceki bölümde CCR modelinden bahsederken ölçeğe göre sabit getiri kabulü yapılmıştır. BCC modeline geçmeden önce ölçeğe göre sabit getiri ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımlarından bahsetmek gerekir.

Eğer (x, y) aktivitesi fizibilse, her pozitif çarpan t için (tx, ty) aktivitesi de fizibilse, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı kabul edilir (Cooper vd., 2000).

Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı, tek girdi-tek çıktı durumunda rahatça gözlenebilmektedir.

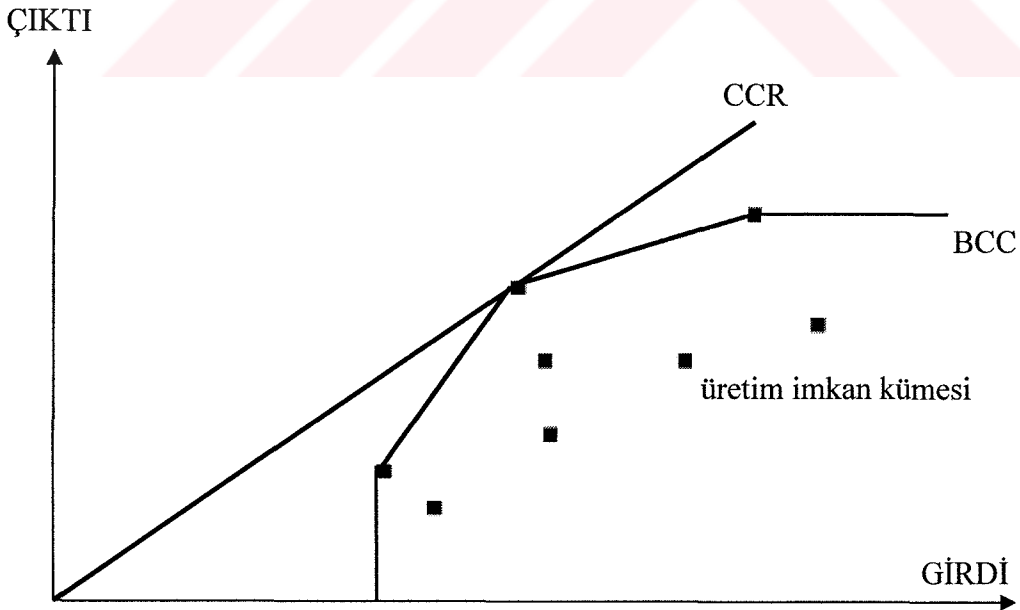
Ölçeğe göre değişken getiri, kendi içinde ölçeğe göre azalan getiri ve ölçeğe göre artan getiri olarak ikiye ayrılır. Bir üretim sürecine ilişkin olarak ölçeğe göre artan getiri (IRS) durumunun var olması için, tüm girdi miktarlarının artış oranından daha yüksek bir oranda çıktı miktarında artış gözlenmesi gerekir. Benzer şekilde, bir üretim sürecine ilişkin olarak ölçeğe göre azalan getiri (DRS) durumunun var olması için tüm girdi miktarlarının artış

oranından daha düşük bir oranda çıktı miktarında artış gözlenmesi gerekir (Thanassoulis,2001).

Parametresiz yaklaşımın ilk uygulamaları ölçeğe göre sabit getirili üretim varsayımlarından yola çıkan doğrusal programlar olmuştur. Buraya kadar anlatılan, CCR VZA modelinde, ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı geçerliydi. Birçok ekonomist bu varsayımı fazla kısıtlayıcı bulmuşlar ve VZA yerine alternatif istatistiksel yöntemler kullanmayı tercih etmişlerdir. Ancak son çalışmalar sabit getiri varsayımını gevşetmeyi ve programlama yaklaşımına daha geniş uygulama alanı kazandırmayı başarmıştır. Bu çalışmalar VZA'ya olan ilgiyi canlandırmıştır (Yavuz, 2001).

Şekil 5.8'de, BBC modelinin geliştirilmesiyle oluşan etkinlik sınırının, CCR etkinlik sınırıyla olan farkı gösterilmiştir:

CCR modelinin çözümü sonucu hesaplanan etkinlik değeri, toplam etkinliği ifade etmekte ve teknik, ölçek etkinliği gibi bir ayrıma gitmemektedir. 1984 yılında VZA'ya yeni bir yaklaşım getiren, ölçeğe göre değişken getiri (VRS) varsayımının geçerli olduğu BCC VZA modeli ortaya çıktı. Bu modelde toplam etkinlik, teknik etkinlik ve ölçek etkinliği olarak iki ayrı kısımda incelenmektedir.



Şekil 5.8 CCR ve BCC için etkinlik sınırları (Cooper vd., 2000)

Tüm bunların ışığında ölçeğe göre değişken getiri varsayımını içeren, girdiye yönelik BCC kesirli modeli aşağıdaki gibidir:

$$\max h_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}} \quad (5.39)$$

ş.k.g.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (5.40)$$

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

Yukarıda verilen BCC kesirli modele ilk bakıldığında, CCR modeline çok benzediği görülür. ama burada tek bir farklılık vardır, o da amaç fonksiyonun payındaki u_0 değişkenidir. İşte bu değişken, ölçeğe göre değişen getiri kavramıyla ilgili değişken olup, CCR modelinden farklı olarak ölçek etkinliği ve teknik etkinlik ayrışmasına izin vermektedir (Tarım, 2001).

Verilen modelin arşimedgil olmayan modeli aşağıdaki gibidir:

$$\max h_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}} \quad (5.41)$$

ş.k.g.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (5.42)$$

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

Bütünlük açısından bir de çıktıya yönelik BCC kesirli programlama modeli verilecek olursa (Tarım, 2001);

$$\min \quad f_k = \frac{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} - v_0}{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj}} \quad (5.43)$$

ş.k.g.

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} - v_0}{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj}} \geq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (5.44)$$

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

Karar verme birimi k için BCC doğrusal modeli, primal formda aşağıdaki gibi oluşur:

$$\max \quad h_k = \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} - u_0 \quad (5.45)$$

ş.k.g.

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 1 \quad (5.46)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} - u_0 \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (5.47)$$

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

Yukarıdaki primal modele bağlı olarak dual model aşağıdaki gibi oluşur:

$$\min \quad \theta_k \quad (5.49)$$

ş.k.g.

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_{jk} \geq y_{rk} \quad r = 1, \dots, s \quad (5.50)$$

$$\theta_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jk} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (5.51)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1 \quad i = 1, \dots, m \quad (5.52)$$

$$\lambda_{jk} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

Verilen primal ve dual modellerinde açıkça görüldüğü üzere, BCC modellerinin CCR

modellerinden farkı; primaldeki u_0 değişkeni, dualdeki $\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1$ kısıtı ile ortaya çıkmaktadır.

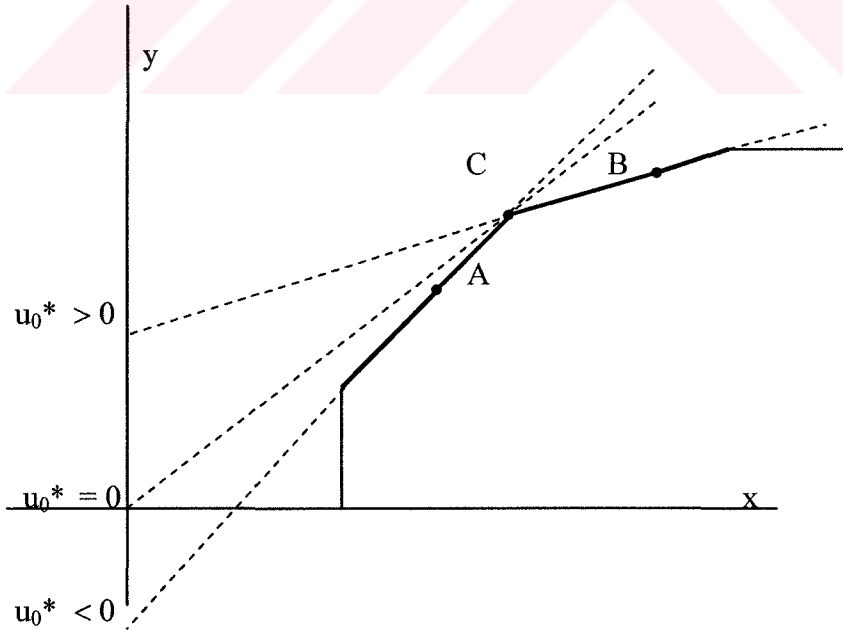
Dual modeldeki bu yeni kısıt, etkinlik sınırının en iyi gözlemin çoklu doğrusal kombinasyonlarından oluşması ve göreceli etkinliğin daha az katı bir şekilde tanımlanması olarak ifade edilebilir. Çünkü bu kez ölçeğe göre artan ve azalan durumlarda da modelin içinde, dolayısıyla etkinlik sınırında yer almaktadır (Yavuz, 2001; Tarım, 2001).

Primal model sonucu elde edilen her bir KVB için u_0^* değişkeni kısıtsızdır ve herhangi bir değeri alabilir. Modelin çözümü sonucu:

- $u_0^* < 0$ ise, ölçeğe göre artan getiri (IRS)
- $u_0^* = 0$ ise, ölçeğe göre sabit getiri (CRS)
- $u_0^* > 0$ ise, ölçeğe göre azalan getiri (DRS)

yorumları yapılır (Cooper vd., 2000).

Şekil 5.9 yukarıda açıklanan duruma ilişkin açıklayıcı bir örneği göstermektedir. Şekil 5.9'teki A karar birimi için, $u_0^* < 0$ olduğundan, A karar birimi ölçeğe göre artan getiri özelliği göstermektedir. B karar birimi için, $u_0^* > 0$ olduğundan, B karar birimi ölçeğe göre azalan getiri özelliği göstermektedir. C karar birimi ise, $u_0^* = 0$ olduğundan ölçeğe göre sabit getiri özelliğine sahiptir.



Şekil 5.9 Ölçeğe göre getirinin grafik gösterimi (Tarım, 2001)

BCC modellerinin arşimedgil olmayan yapısı verilecek olursa primal model için:

$$\max \quad h_k = \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} - u_0 \quad (5.53)$$

ş.k.g.

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 1 \quad (5.54)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} - u_0 \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (5.55)$$

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

dual model için:

$$\min \quad \theta_k - \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m s_{ik}^- + \sum_{r=1}^s s_{rk}^+ \right] \quad (5.56)$$

ş.k.g.

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_{jk} - s_{rk}^+ = y_{rk} \quad r = 1, \dots, s \quad (5.57)$$

$$\theta_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jk} - s_{ik}^- = 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (5.58)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1 \quad i = 1, \dots, m \quad (5.59)$$

$$\lambda_{jk}, s_{ik}^-, s_{rk}^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

Primal modelden anlaşılacağı üzere, ε değişkeninin modele eklenmesiyle, daha önce de CCR modelleri anlatılırken değinilen, girdi ve çıktı ağırlıklarının sıfırdan farklı çıkması sağlanmış olur. Doğrusal matematiksel programlama modelleri ile ilgili önemli bir kavram da aylak değişkenlerdir (slack variables). Eğer s_{rk}^+ pozitif bir bileşene sahip ise o zaman λ_j^* değerlerini değiştirmeden ve kısıtları ihlal etmeden, s_{rk}^+ nin pozitif bileşenine karşılık gelen çıktı miktarını, ilgili aylak değişkenin miktarı kadar arttırmak mümkündür. Benzer şekilde eğer s_{ik}^- pozitif bir bileşene sahipse, o zaman λ_j^* değerlerini değiştirmeden ve kısıtları ihlal etmeden,

s_{ik}^- nin pozitif bileşenine karşılık gelen girdi miktarını, ilgili aylak değişkenin miktarı kadar azaltmak mümkündür. Dual modeldeki s_{ik}^-, s_{rk}^+ değişkenlerinin, modelin çözümü sonucu sıfır çıkması bir etkinlik koşuludur. Eğer bu aylak değişkenleri 0'dan farklı bir sayısal değer alırsa, s_{ik}^- , ilgili girdilerdeki fazla kullanımı, s_{rk}^+ , ilgili çıktılardaki eksikliği ifade eder (Tarım, 2001).

(5.43) ve (5.44) numaralı kesirli modelden hareketle, çıktıya yönelik BBC primal modeli aşağıdaki gibi kurulabilir:

$$\min \quad g_k = \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} - v_0 \quad (5.60)$$

ş.k.g.

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} = 1 \quad (5.61)$$

$$- \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} + \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} - v_0 \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (5.62)$$

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

Bu primal modelin duali aşağıdaki şekilde oluşur:

$$\max \quad z_k \quad (5.63)$$

ş.k.g.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jk} \leq x_{ik} \quad i = 1, \dots, m \quad (5.64)$$

$$- \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_{jk} + z_k y_{rk} \leq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (5.65)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1 \quad (5.66)$$

$$\lambda_{jk} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

Arşimedgil olmayan çıktıya yönelik BCC modelinin dualini ise aşağıdaki şekilde göstermek mümkündür:

$$\max \quad z_k + \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m s_{ik}^- + \sum_{r=1}^s s_{rk}^+ \right] \quad (5.67)$$

ş.k.g.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jk} - x_{ik} + s_{ik}^- = 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (5.68)$$

$$-\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_{jk} + z_k y_{rk} + s_{rk}^+ = 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (5.69)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1 \quad (5.70)$$

$$\lambda_{jk}, s_{ik}^-, s_{rk}^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r \text{ (Cooper vd., 2000)}$$

5.3.3 Referans Seti Kavramı ve Etkinlikte Gelişim

Daha önceden de belirtildiği gibi VZA modelleri KVB'nin girdi ya da çıktı etkinliklerinin ölçülerek sonuç elde edilmesinin yanında, performans gelişimini sağlamak için örnek alınan etkinlik emsallerinden oluşan hedef girdi çıktı seviyelerinin belirlenmesinde de kullanılır. Bu hedefler ve emsallerin dikkate değer önemleri bulunmaktadır. Etkin olmayan KVB için hedef belirlerken, geniş bir ölçeğe yayılmış olan etkin birimlerden kendi karma girdi çıktı kümelerinin seçimi, KVB için uygulanabilirlikte kolaylık sağlar.

VZA yöntemindeki karşılaştırmaların temelinde etkin karar birimlerinin varlığı yatar. Yöntem etkin olmayan karar birimlerinin de göreceli olarak, verimli birimlerin uyguladığı yönetsel ya da organizasyona dayalı yöntemleri uygulayarak, aynı etkinlik seviyesine ulaşabileceklerini kabul etmektedir.

VZA, gözlem grubundaki etkin olmayan karar birimlerinin her biri için, etkinlik sınırı üzerindeki bir grup etkin karar birimini referans grubu olarak belirlerler ve karşılaştırmanın gözlem grubuna oranla daha küçük bir grup ile yapılmasını, dolayısıyla daha detaylı olmasını sağlar (Yavuz, 2001).

Doğrusal programlama uygulamalarının duali bize, referans kümesindeki belirli birimlerin ne derece önemli olduklarını ve "etkin olmayan" birimlerin optimal etkinliğe ulaşmasına yol gösterecek hangi liderlerin kullanışlı olabileceğini gösterir (Forker ve Mendez, 2001).

Etkin olmayan bir KVB_i için referans kümesi E₀ olarak ifade edilir ve

$E_0 = \{j \mid \lambda_{jk}^* > 0\} \quad (j \in \{1, 2, \dots, n\})$ dir (Cooper vd., 2000).

Girdi Odaklı CCR-Modeli için optimal çözüm şu şekilde ifade edilir

$$x_i^t = \sum_{j \in E_0} x_{ij} \lambda_{jk}^* = \theta_k^* x_{ik} - s_{ik}^* \quad (5.72)$$

$$y_i^t = \sum_{j \in E_0} y_{ij} \lambda_{jk}^* = y_{rk} + s_{rk}^{+*} \quad (5.73)$$

Bu tanımlamalar BCC Model için de geçerlidir (Thanassoulis, 2001).

5.4 Veri Zarflama Analizinin Adımları

Veri Zarflama Analizinin etkinlik karşılaştırması içeren bir çalışmada ölçüm metodu olarak kullanılması kararı, yöntemin amaçlanan çalışmaya uygunluk gösterip göstermediğinin saptanmasını gerektirir. Bunu belirlemek içinse uygulama aşamalarını ve modelin gereklerini bilmek zorunludur.

Daha önce de değinildiği gibi Veri Zarflama Analizi, ilişkilerinin altındaki fonksiyonel yapının spesifikasyonunu gerektirmeyen parametresiz bir yaklaşımdır. Ancak karşılaştırılacak karar birimlerinin ve bu karşılaştırmada esas alınacak girdi ve çıktıların belirlenmesi gereklidir ve yapılacak seçimler çalışmanın ilk aşamasını oluşturmaktadır.

5.4.1 Karar Birimlerinin Seçimi

Veri Zarflama Analizi gözlemlenen girdi ve çıktıları dayanarak, örneklemde ya da gözlem kümesinde yer alan karar birimlerinin göreceli etkinlik değerlerini yorumlayabilmek için, öncelikle amaçlanan çalışma için uygun karar birimlerinin ne olduğunu saptamaya yardımcı olur.

Hangi karar birimlerinin uygun olduğu sorusu tamamen yapılacak çalışmanın amacına, ya da ana temayı hangi konunun oluşturduğuna bağlıdır. Karar birimleri, girdileri çıktıları dönüştürmekle sorumlu herhangi bir ekonomik birim olabilir. Birimler işletmelerin bütünü olabileceği gibi (okullar, hastaneler gibi), büyük işletmelerin alt departmanları da olabilir (bir hastanedeki cerrahi birim veya hava kuvvetlerindeki nakliye gibi).

İki seçim prensibi belirlenmiştir:

- 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 örnekleme yer alan karar verme birimi sayısı yeterince büyük olmalıdır.

Bu karar birimlerinin birbirlerine, yaptıkları üretim açısından yeterince benzer olmaları gereklidir. Aynı girdileri, aynı çıktılara dönüştürmeleri bir zorunluluk iken benzer ortamlarda yer alıyor olmaları, çalışma sonuçlarının anlamlılığı açısından önemlidir (Yavuz, 2001).

5.4.2 Girdi ve Çıktıların Seçimi

Daha önceden de belirtildiği gibi, girdi-çıkıtı değişkenlerinin belirlenmesi, karşılaştırmalı performans değerlendirmesinde değerlendirmeyi sonuca ulaştırmak için birinci ve en önemli aşamadır. Sonuçlar, seçilen girdi ve çıktılara bağlıdır. Girdi-çıkıtı değişkenleri, etkinliğin değerlendirme biçimine göre özeldir (Thanassoulis, 2001).

VZA'da kullanılan girdi ve çıktılar çalışmadaki karar verme birimleri konusundaki karşılaştırmanın temelini oluşturduklarından, büyük bir dikkatle seçilmelidir. Her ne kadar fonksiyonel bir varsayım bulunmasa da, üretim prosesine nedensel olarak bağlı girdi ve çıktıların belirlenmesi gereklidir. Aynı karar verme birimi için farklı girdi ve çıktı grupları, farklı etkinlik değerleri alabilir. Eğer modelde önemli bir değişken gözardı edilirse, dışarıda bırakılan bu değişkeni etkin kullanmakta olan karar birimlerinin etkinliği düşük çıkacaktır. Literatürdeki uygulamalarda modele yeni girdi ve çıktıların eklenmesiyle daha önce etkinsiz görünen karar birimlerinin sınır üzerinde yer aldığı görülmüştür.

Ancak çok fazla girdi ve çıktı eklenmesi bir çözüm değildir. Zira sayı arttıkça VZA'nın ayrıştırma yeteneği düşmektedir. Ayrıca girdi ve çıktı sayılarının artışı karar birimlerinin sayısının da artışı gerektirir ($n > m + s$).

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

VZA'da girdi ve çıktı sayılarını azaltabilmenin bir yolu, çiftli korelasyonlara bakmaktır. Eğer iki girdi arasında mükemmel bir korelasyon mevcutsa, içlerinden biri etkinlik değerinde bir değişime yol açmadan modelden çıkarılabilir. Çıktılar için de aynı şey geçerlidir.

Eğer girdi ve çıktı çiftleri yüksek pozitif korelasyona sahip, fakat birbiri yerine kullanılabilecek konumda değilse, yine de bir adedi modelden çıkarılabilir. Ancak bu durumda etkinsiz birimlerden bazılarının etkinlik değeri düşecektir. Etkin birimler ise bu

durumdan etkilenmez (Yavuz, 2001).

VZA'da girdi miktarları arttıkça çıktı miktarlarının da artacağı kabulü vardır. Bu konuda açıklık yoksa, bir girdi ile çıktılar arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek için klasik regresyon analizi kullanılabilir.

Uygulamada hangi girdi ve çıktı kombinasyonunu üretim teknolojisini en iyi şekilde temsil ettiği çeşitli VZA senaryoları denenerek bulunur (Yolalan, 1993).

Sonuç olarak:

- Girdi-çıktı değişkenleri değerlendirilen etkinlik tipi ile uyum içinde olmalıdır
- Girdi-çıktı değişkenleri mümkün olabilecek en az seviyede olmalıdır (Thanassoulis,2001).

5.4.3 Verilerin Elde Edilebilirliği ve Güvenilirliği

VZA analizi için girdi ve çıktılar tanımlandıktan sonra, tüm karar 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 etkinliklerinin olduğundan yüksek görünmesine neden olabilir.

Uygulamada, verilere ulaşıp ulaşılamaması girdi ve çıktı seçimini etkileyebilmektedir. Eğer bir girdi veya çıktı için verilere ulaşılamıyorsa, üretim ilişkisini açıklayabilecek ve kolay veri elde edilebilecek farklı girdi ve çıktılar araştırılması gerekir.

Verilerin toplanabilmesi kadar güvenilirlikleri de önemlidir. Doğru olmayan veriler, ait oldukları birimin etkinlik değerini etkilemelerinin yanında, görelî etkinlikleri nedeniyle tüm birimlerin etkinlik değerlerini tartışmalı hale getirir (Yavuz, 2001).

5.4.4 Görelî Etkinliğin Ölçülmesi

Karar birimleri ile girdi ve çıktılar belirlendikten sonra sıra uygulamanın etkinlik değerlerinin hesaplanması aşamasına gelir. Uygulamacı, incelediği üretim teknolojisi için en uygun VZA modelini hesaplamada kullanır. Doğrusal programların çözümünde bilgisayardan yararlanılmaktadır. Modelleri çözmek için doğrusal programlama paket programlarından herhangi biri kullanılabilir (Yavuz, 2001).

5.4.5 Etkinlik Değerleri ve Etkinlik Sınırı

Doğa bilimlerindeki etkinlik kavramını izlenilerek, VZA'daki etkinliğin tanımı formalize edilmiş ve değerlendirilecek her bir karar birimine aşağıdaki şekilde uygulanmıştır:

Herhangi bir karar birimi için %100 etkinlik ancak aşağıdaki durumlarda söz konusudur:

- a) Hiçbir çıktısı aşağıdaki durumlar haricinde arttırılamaz;
 - i) bir ya da birden fazla girdisinin arttırılması veya
 - ii) diğer çıktılarından bazılarının azaltılması.
- b) Hiçbir girdisi aşağıdaki durumlar haricinde azaltılamaz;
 - i) çıktılarından bazılarının azaltılması veya
 - ii) diğer bazı girdilerinin arttırılması.
- c) Herhangi bir karar birimi %100 göreceli etkinliğe yalnızca, diğer ilgili karar birimleri herhangi bir girdi ya da çıktının kullanımında etkinsizliğe dair bir kanıt getirmiyorlarsa, ulaşmış sayılır.

Bir takım hesaplamalar sonucunda her bir karar birimi için 0 ve 1 arasında bir etkinlik değeri hesaplanmış olur. Etkinlik değeri 1'e eşit olan birimler en iyi gözlem kümesini, aynı zamanda da etkinlik sınırını oluştururlar. Tanımsal olarak, sınır üzerindeki herhangi bir nokta bir girdi kümesini çıktı kümesine dönüştürebilmek için elde edilebilir bir tekniği temsil eder. Etkinlik değeri 1'den küçük olan karar birimleri ise göreceli olarak etkinsizdir ve bu karar birimlerinin göreceli etkinlik değerleri, sınıra olan uzaklıklarını temsil eder. En iyi gözlem kümesini oluşturan karar birimlerinin etkinlik değerleri 1 olduğuna göre, göreceli olarak etkinsiz karar birimlerinin birden sapması göreceli etkinsizlik ölçüsünü verecektir. Karşılaştırmanın bundan sonraki bölümü bu birimler üzerindeki detay analizlerini içerir (Yavuz, 2001).

5.4.6 Karar Birimleri için Detay Analizi

Doğrusal programlardan elde edilen çözüm kümelerinin ışığında, daha önceki sayısal örnekler aracılığıyla açıklandığı gibi, etkin olmayan her bir karar biriminin yöneticisine işletmesini etkin duruma dönüştürebilmesi için ne gibi önlemler alması gerektiğine değin bilgiler türetilir (Yolalan, 1993).

Literatürde, bir referans grubunda yer alan karar birimlerinin referans olarak güçlülüğünün, bu birimlerin toplam gözlem grubu içindeki verimsiz birimlere ne kadar yoğunlukta referans gösterildiğine bağlı olduğu belirtilmektedir. Bu amaçla, analizin bu bölümünde, en iyi gözlemi oluşturan karar birimlerinin kaç tane etkin olmayan birimin referans grubunda yer aldığının bir dökümü yapılarak yoğunluk araştırılabilir.

Literatürde, etkinsiz bir karar biriminin referans grubunda yer alan birimlerle, yalnızca girdi-çıkıtı kombinasyonu (miktarları) olarak değil, pratik yönetsel uygulamalar açısından derinlemesine incelemeler yapılarak karşılaştırılması gereği yer almaktadır (Yavuz, 2001).

5.4.7 Etkin Olmayan Karar Birimleri için Hedef Belirlenmesi

VZA'daki karşılaştırma, gözlem kümesinde yer alan karar birimlerinden hareket eder. Yöntemin uygulanmasından elde edilen en büyük fayda, etkin olmayan karar birimlerine performanslarını iyileştirmeleri için elde edilebilir hedefler konulmasıdır.

Söz konusu hedefler, genel olarak etkin olmayan karar birimlerinin referans kümesinde bulunan etkin birimlerin ağırlıklı bir ortalamasıdır. Daha önce VZA yaklaşımının temellerinin anlatıldığı bölümlerde modelde yer alan eşitlikler ve aylak değişkenler yoluyla hedeflerin nasıl hesaplandığı açıklanmıştır.

Hesaplamalarla elde edilen sonuçlar, etkin birimlerin elde edilebilir bir teknoloji kullandıkları kabulünü içerdiğinden, etkinsiz bir birim için de ulaşılabilir kabul edilmektedir. Ancak pratikte bu her zaman mümkün olmaz. Etkinsiz birimlerde fiziksel kısıtlar ya da kontrol edilemeyen girdiler olabilir. Hedeflere doğru girilen iyileştirme sonuçsuz kalabilir.

Belirlenen hedefler için göz önünde bulundurulması gereken bir diğer nokta, etkinlik analizinin yapıldığı ve dolayısıyla hedeflerin belirlendiği zaman “t” iken, hedeflere varmak için iyileştirme çalışmalarının muhtemelen “t + 1” zamanında yapılacağıdır. Bu zamanlar bütçe dönemlerini belirtiyor olabilir, ki buna rağmen “t” zamanındaki hedeflere bağlı kalmak, etkinliğin zaman içinde sabit olduğu varsayımını yapmak anlamına gelebilir (Yavuz, 2001).

5.4.8 Sonuçların Değerlendirilmesi

Karar birimleri detaylı olarak incelendikten sonra, genel bir değerlendirmeye geçilir. Tahmini yapılan etkinlik sınırının ait olduğu endüstriyel sektöre yönelik yorumlar yapılabilir. VZA ile belirlenen hedeflere ulaşılmasa bile, elde edilen bilginin daha sonra değerlendirilebilmesi, iyileştirilmelere açık olunması anlayışı, önemli kazanımlardır (Yavuz, 2001).

5.5 VZA'nın Zayıf Yönleri

VZA yönetimi esas olarak veri tabanlı bir yöntem olduğu için, veri hatalarına karşı son derece duyarlıdır. Bu nedenle, etkinlik ölçümünde kullanılan diğer istatistiki yöntemlerde olduğu gibi girdi ve çıktı verilerinin olabilecek hatalardan arındırılması için özen gösterilmelidir. Ayrıca, seçilen girdi ve çıktı bileşenlerinin üretim dönüşümünü iyi bir şekilde temsil edemediği

durumlarda etkinlik ölçümü başarısız olmaktadır (Yolalan, 1993).

VZA yönteminin kullanımında, verilerin hangi girdi ve çıktı kümesinin, üretim fonksiyonunun tahmininde gerekli olduğunu analist dikkatle seçmelidir. Herhangi önemli girdi veya çıktının unutulması ya da yanlış ölçülmesi halinde görelî etkinlik yanlış bir şekilde yorumlanabilir.

VZA'nın önerdiği zarflama şekli bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Özellikle doğal zarflamanın mümkün olmadığı durumlarda kuramsal karar birimi yeterince belirgin değildir (Yolalan, 1993).

VZA yöntemi, belirli bir gözlem kümesinden hareketle görelî etkinliği ölçmektedir. Gözlem kümesindeki aşırı derecede büyük ya da küçük girdi ve çıktı değerlerine sahip olan bazı gözlemler, etkinlik sınırının oluşmasında problem yaratabilmektedirler (Yolalan, 1993).

Yöntemin kullanımı, VZA'nın kullanılmasının uygun olup olmadığının belirlenmesinden sonuçların yorumlanmasına kadar, kullanıcının tecrübe ve bilgisine bağımlı olabilir. Bazı etkinsizlik durumları kontrol edilemeyen bileşenlere bağımlı olabilir. Bu durumda belirlenen hedeflere ulaşmak mümkün değildir.

VZA yönteminde, fiziksel olmayan girdi ve çıktı ölçüleri, sonuçları zayıflatabilmektedir. Örneğin çıktı ölçüsü olarak bir kalite indeksi kullanılması yanıltıcı sonuçlara yolaçabilmektedir (Yavuz, 2001).

VZA yöntemi, her ne kadar parametresiz sıfatıyla tanıtılsa da, çok fazla sayıda karar değişkeninin (girdi ve çıktı ağırlıklarının herbir karar birimi açısından) hesaplanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle serbestlik derecesi oldukça yüksektir. Bu da çok fazla sayıda parametrenin yorumlanması gereğini beraberinde getirmektedir (Yolalan, 1993).

6. UYGULAMA

6.1 Giriş

Üçüncü bölümde karar verme tekniklerinden olan Analitik Hiyerarşi prosesinden bahsedilmiş ve beşinci bölümde de etkinlik ölçümündeki yetersizliklerin çoğunun üstesinden gelebildiği gösterilmiş bulunan Veri Zarflama Analizinin teknik çerçevesi çizilmiştir. Bu bölümde ise Analitik Hiyerarşi Prosesi ile otellerin nasıl gruplandırılacağını ve teorik çerçevesi çizilmiş olan VZA tekniğinin, otel işletmelerinin toplam etkinliklerinin ölçümünde nasıl kullanılabileceğini gösteren bir uygulama anlatılacaktır. Sözkonusu uygulama , yalnızca VZA tekniğinin nasıl kullanılabileceğini göstermeyi amaçlamamakta, aynı zamanda bu teknikten otel işletmeciliğine ilişkin analizlerde nasıl yararlanılacağını da somut bir örneğini vermeyi hedeflemektedir.

6.2 Uygulamanın Ana Hatları

Elde edilen veriler doğrultusunda ilk olarak Analitik Hiyerarşi Prosesi uygulanacaktır. Daha öncede bahsedildiği gibi 9 dan fazla alternatiflerde AHP'nin başka bir uygulaması olan rating metodu uygulanmaktadır. Otel sayısı fazla olduğundan otellerin ikili karşılaştırması yerine elde edilen verilerin ikili karşılaştırması yapıp otellerin düştüğü aralıklara göre puanlaması yapılacaktır. Bu puanlama sonucu en yüksek değeri almış ilk 15 otel Veri Zarflama Analizine katılacaktır.

Veri Zarflama Analizinde ise şu aşamalar yürütülecektir:

- Birimlerin tanımlanması
- Çıktıların seçilmesi
- Girdilerin seçilmesi
- Modellerin kurulması
- Modellerin işletilmesi
- Sonuçların değerlendirilmesi.

6.3 Kullanılan Örneklem ve Verilerin Toplanması

Bu bölümde bahsedilecek olan uygulama, farklı otel işletmelerinin göreceli etkinliklerini AHP ve VZA vasıtasıyla ölçerek, her bir otel için birbiriyle karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmeyi hedeflemektedir. Böylece, konaklama işletme sektöründe 5 yıldızlı otel işletmeleri türü ve Antalya bölgesi için bulgular elde edilecektir.

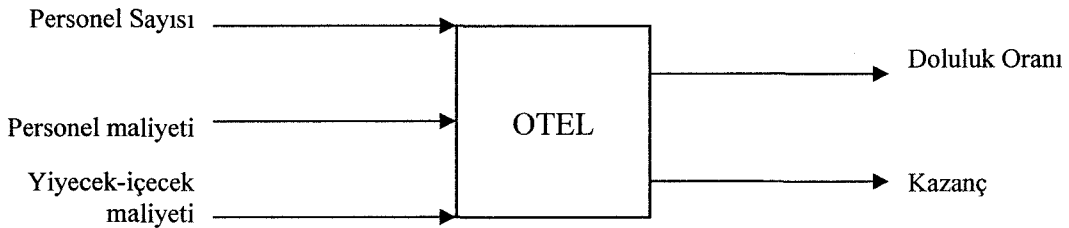
VZA tekniği, her bir otele ait bir etkinlik sonucu elde edebilmek üzere kullanmak açısından, önce otellerden elde edilebilecek bilgi envanterinin niteliği üzerinde durulmuştur. Sonra bu bilgiler aşağıda içerikleri tanımlanmış bulunan girdi ve ıktıları oluşturmak üzere bir araya getirilmiştir.

Bu çalışmada ele alınan işletme sayısı bu çalışmanın gerçekleşmesi için yeterlidir. Çünkü VZA'da karar verme birimlerinin görelilik ölçümünü yapabilmek için gerekli karar verme birimi sayısı, girdi ve çıktılar toplamının 2 ile 5 katı arasında olmalıdır. Bu çalışmada kullanılan toplam girdi ve çıktı sayısı 5 ve karar verme birimi sayısı ise 15'dir, yani analizde yeterli sayıda karar verme birimi değerlendirilebilecek durumdadır.

Çalışmanın sadece Antalya yöresi ile sınırlandırılmasının sebebi talebin homojen yapıda olmasını sağlamak içindir. Farklı bölgelerde bulunan otel işletmelerinin analize sokulması, bu otellere yönelik talebin benzer yapıda olmaması sebebiyle, kıyaslamayı güçleştirebilir. Dolayısıyla çalışmada temel amaç görelilik aptanması olduğundan, karar verme birimi olarak seçilen otel işletmelerinin benzer koşullarda faaliyette bulunuyor olmalarına zen gösterilmiştir.

6.4 Kullanılan Modelin Girdi ve ıktıları

Sonuç olarak AHP ve VZA analizinde kullanılacak olan girdi ve çıktılar şekil 6.1'de gösterilmiştir.



şekil 6.1 Kullanılan girdi ve çıktılar

Çalışmada esas alınan girdi ve çıktıların ayrıntıları aşağıda daha ayrıntılı olarak görülmektedir;

1)Girdiler olarak:

a) Personel Sayısı

Otel endüstrisi emek yoğun çalışmaktadır. Otel endüstrisinin bel kemiğini otelin çalışanları oluşturmaktadır. Bu yüzden personel sayısı önemli bir girdidir ve bu çalışmada da birinci girdi olarak otelde çalışan personel sayısı seçilmiştir.

b)Personel Maliyeti

Otel işletmesinin önemli bir bölümünü çalışanlar oluşturduğundan istihdam edilen personele yapılan harcamalar maliyetin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Personel maliyeti; maaş, prim, servis, yemek, kıyafet, lojman, ssk ve emekli ikramiyesi gibi hususları kapsamaktadır. Ayrıca her otelin fiyat politikası farklı olduğundan, oteller açısından ayırıcı bir özellik olmaktadır. Bu yüzden ikinci girdi olarak personel maliyeti seçilmiştir.

c)Yiyecek-içecek Maliyeti

Otelde oluşan diğer bir maliyet unsuru ise yiyecek-içecek maliyetidir. Bu maliyeti oluşturan kalemler; sabah-öğle ve akşam yemek malzemeleri, barlarda satılan alkollü ve alkolsüz içecekler ve snack barda satılan yemeklerin malzemelerinden oluşmaktadır. Ayrıca otellerin verdiği hizmet kalitesi ile yiyecek ve içeceklerin kalitesi orantılı olduğundan, bu maliyette oteller için ayırıcı özelliktedir. Bu yüzden üçüncü girdi olarak da yiyecek içecek maliyeti seçilmiştir.

Yatak sayısı VZA analizine katılmamıştır sadece AHP analizinde kullanılmıştır. Bunun sebebi, yapılacak VZA sonucunda yatak sayısındaki azalma miktarı, anlamsız bir ifade taşımaktadır. Bu yüzden yatak sayısı VZA'ya katılmamıştır.

2)Çıktılar:

a) Doluluk Oranı

Bir otel işletmesi temel olarak müşterisinin konaklama ihtiyacını giderir, yani oda hizmeti sunar. Bu yüzden bir otel işletmesinin çıktılarından biri de, sattığı oda sayısı ve bunun ölçüsü olan oda doluluk oranıdır.

b) Kazanç

İşletmelerin birinci hedefi kazanç elde etmektir. Kazanç; odalardan , yemeklerden, bardaki içecek satışından, banketlerden, düğünlerden ve snack bardaki yiyecek satışlarından elde

edilen gelirlerdir. Bu yüzden ikinci çıktı olarak elde edilen kazanç seçilmiştir.

VZA ile çözüm elde edebilmenin avantajlarından biri, çeşitli ölçeklerde elde edilmiş olan verilerin ölçekler arası doğrudan dönüştürmeler gerektirmeden kullanılabilmesidir. Burada belirtilmesi gereken bir diğer husus, ortaya konulan girdi ve çıktıların bir üretim çerçevesinde ele alınabilecek, belirli girdi ve çıktılarından ibaret olmadığıdır. Buradaki amacımız, etkinliği tanımlamaya daha yatkın ilişkiler içeren bir girdi-çıkıtı modeli kurmak ve bu model kapsamında sonuçları değerlendirebilmektir. Ayrıca uygulamada hesaplama kolaylığı getirmesi açısından personel maliyeti, yiyecek-içecek maliyeti ve kazanç verilerinde sayılar \$ olarak ifade edilmiş ve üç sıfır hesaplamalardan çıkarılmıştır. AHP ve VZA analizi yoluyla etkinliği hesaplanacak oteller ve temel verileri Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Etkinlik analizi yapılacak oteller ve elde edilen değerler

OTEL	ÇALIŞAN S.	YATAK S.	P. MAL	Y. MAL	DOLULUK	KAZANC
H1	450	1150	3.402	2.677	0,9	32.866
H2	300	1000	2.150	1.853	0,85	17.913
H3	420	960	3.500	1.850	0,82	11.780
H4	400	1200	2.979	1.759	0,9	18.527
H5	350	870	2.646	1.949	0,85	21.593
H6	195	450	1.660	850	0,76	4.245
H7	600	1500	4.392	2.471	0,9	25.130
H8	370	840	3.100	1.900	0,85	12.500
H9	190	560	1.459	1.298	0,85	8.072
H10	435	960	3.720	1.640	0,82	11.780
H11	210	480	1.880	815	0,75	6.439
H12	180	450	1.640	1.420	0,75	6.405
H13	180	440	1.400	655	0,55	4.935
H14	190	300	1.750	600	0,55	2.590
H15	375	780	3.250	1.550	0,67	4.769
H16	280	650	2.100	1.668	0,9	13.239
H17	600	1400	4.608	3.000	0,8	49.000
H18	260	650	1.981	1.354	0,8	8.730
H19	250	650	1.875	1.430	0,85	10.064
H20	400	1000	2.928	1.929	0,9	18.067
H21	300	900	2.650	1.800	0,75	9.855
H22	185	500	1.600	1.350	0,65	5.457
H23	150	360	1.300	610	0,62	3.910
H24	250	600	2.100	1.280	0,62	4.890
H25	220	400	1.960	750	0,6	3.942
H26	250	500	2.200	1.500	0,65	7.550
H27	200	350	1.600	652	0,7	7.161
H28	180	300	1.550	650	0,6	2.300
H29	400	1000	2.300	1.450	0,65	14.235
H30	280	850	2.450	1.500	0,6	8.005
H31	100	360	744	690	0,7	3.839
H32	450	1100	3.348	1.905	0,7	20.236

6.5 Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Değerlendirmenin Yapılması

Öncelikle toplanan verilerin ikili karşılaştırması yapılmış ve birbirlerine göre göreceli önemleri belirlenmiştir. Daha sonra bu toplanan verilerin aralıklarının ikili karşılaştırmaları yapıp, aralıkların önem dereceleri ortaya konmuştur. Aşağıdaki çizelgeler bu hesaplamaları göstermektedir.

Çizelge 6.2 Toplanan verilerin ikili karşılaştırılması

	ÇALIŞAN	YATAK	P. MAL	Y. MAL	DOLULUK	KAZANÇ
ÇALIŞAN SAY.	1	3	1	0,33	0,2	0,2
YATAK SAY	0,33	1	0,33	0,33	0,2	0,33
PER. MAL.	1	3	1	1	0,33	0,33
YİYECEK. MAL	3	3	1	1	0,2	0,2
DOLULUK OR.	5	5	3	5	1	1
KAZANÇ	5	3	3	5	1	1
	15,33	18	9,33	12,66	2,93	3,06

Çizelge 6.3 İkili karşılaştırma hesaplamaları

	ÇALIŞAN	YATAK	P. MAL	Y. MAL	DOLULUK	KAZANÇ	w	Aw	Aw/w
ÇALIŞAN SAY.	0,07	0,17	0,11	0,03	0,07	0,07	0,083	0,513	6,174
YATAK SAY	0,02	0,06	0,04	0,03	0,07	0,11	0,052	0,322	6,142
PER. MAL.	0,07	0,17	0,11	0,08	0,11	0,11	0,106	0,673	6,325
YİYECEK. MAL	0,20	0,17	0,11	0,08	0,07	0,07	0,114	0,756	6,647
DOLULUK OR.	0,33	0,28	0,32	0,39	0,34	0,33	0,331	2,210	6,668
KAZANÇ	0,33	0,17	0,32	0,39	0,34	0,33	0,313	2,105	6,727
							λ_{max}	6,447	
							CI	0,089	
							CR	0,072	

Çizelge 6.4 Çalışan sayısının aralıklarının ikili karşılaştırılması

	100-250	251-400	401-600
100-250	1	0,33	1
ÇALIŞAN SAYISI	251-400	3	1
	401-600	1	0,2
		5	1,53
			7

Çizelge 6.5 İkili karşılaştırma hesaplamaları

	100-250	251-400	401-600	w	Aw	Aw/w
100-250	0,2	0,22	0,14	0,19	0,561	3,011
251-400	0,6	0,65	0,71	0,66	2,004	3,055
401-600	0,2	0,13	0,14	0,16	0,475	3,010
					λ_{max}	3,025
					CI	0,013
					CR	0,02

Çizelge 6.6 Yatak sayısının aralıklarının ikili karşılaştırılması

		300-700	701-1100	1101-1500
	300-700	1	0,33	0,2
YATAK SAYISI	701-1100	3	1	0,33
	1101-1500	5	3	1
		9	4,33	1,53

Çizelge 6.7 İkili karşılaştırma hesaplamaları

	300-700	701-1100	1101-1500	w	Aw	Aw/w
300-700	0,11	0,08	0,13	0,11	0,319	3,005
701-1100	0,33	0,23	0,22	0,26	0,787	3,028
1101-1500	0,56	0,69	0,65	0,63	1,944	3,066
					λ_{max}	3,033
					CI	0,017
					CR	0,029

Çizelge 6.8 Personel maliyetinin aralıklarının ikili karşılaştırılması

		744-2000	2001-3300	3301-4650
	744-2000	1	3	5
PERSONEL M.	2001-3300	0,33	1	3
	3301-4650	0,2	0,33	1
		1,53	4,33	9

Çizelge 6.9 İkili karşılaştırma hesaplamaları

	744-2000	2001-3300	3301-4650	w	Aw	Aw/w
744-2000	0,65	0,69	0,56	0,63	1,944	3,066
2001-3300	0,22	0,23	0,33	0,26	0,787	3,028
3301-4650	0,13	0,08	0,11	0,11	0,319	3,005
λ_{max}						3,033
CI						0,017
CR						0,029

Çizelge 6.10 Yiyecek-içecek maliyetinin aralıklarının ikili karşılaştırılması

		600-1200	1201-1900	1901-3000
	600-1200	1	3	5
YİYECEK M.	1201-1900	0,33	1	3
	1901-3000	0,2	0,33	1
		1,53	4,33	9

Çizelge 6.11 İkili karşılaştırma hesaplamaları

	600-1200	1201-1900	1901-3000	w	Aw	Aw/w
600-1200	0,65	0,69	0,56	0,63	1,944	3,066
1201-1900	0,22	0,23	0,33	0,26	0,787	3,028
1901-3000	0,13	0,08	0,11	0,11	0,319	3,005
λ_{max}						3,033
CI						0,017
CR						0,029

Çizelge 6.12 Doluluk oranı aralıklarının ikili karşılaştırılması

		55-65	66-75	76-90
	55-65	1	0,33	0,2
DOLULUK OR.	66-75	3	1	0,33
	76-90	5	3	1
		9	4,33	1,53

Çizelge 6.13 İkili karşılaştırma hesaplamaları

	55-65	66-75	76-90	w	Aw	Aw/w
55-65	0,11	0,08	0,13	0,11	0,319	3,005
66-75	0,33	0,23	0,22	0,26	0,787	3,028
76-90	0,56	0,69	0,65	0,63	1,944	3,066
λ_{max}						3,033
CI						0,017
CR						0,029

Çizelge 6.14 Kazanç aralıklarının ikili karşılaştırılması

		2300-18000	18001-33000	33001-49000
KAZANC	2300-18000	1	0,2	0,14
	18001-33000	5	1	0,33
	33001-49000	7	3	1
		13	4,2	1,47

Çizelge 6.15 İkili karşılaştırma hesaplamaları

	2300-18000	18001-33000	33001-49000	w	Aw	Aw/w
2300-18000	0,08	0,05	0,10	0,07	0,220	3,002
18001-33000	0,38	0,24	0,22	0,28	0,861	3,050
33001-49000	0,54	0,71	0,68	0,64	2,004	3,111
λ_{max}						3,054
CI						0,027
CR						0,047

Toplu haldeki ağırlıklar Çizelge 6.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.16 Ağırlıkların toplu gösterimi

ÇALIŞAN		YATAK		P. MAL		Y. MAL		DOLULUK		KAZANC	
0,083		0,052		0,106		0,114		0,331		0,313	
100-250	0,19	300-700	0,11	744-2000	0,63	600-1200	0,63	55-65	0,11	2300-18000	0,07
251-400	0,66	701-1100	0,26	2001-3300	0,26	1201-1900	0,26	66-75	0,26	18001-33000	0,28
401-600	0,16	1101-1500	0,63	3301-4650	0,11	1901-3000	0,11	76-90	0,63	33001-49000	0,64

Bu ağırlıklar kullanılarak otellerin sahip olduğu değerlere göre sıralama yapılmıştır. Son sütun sonuçların normalize edilmiş halidir. Çizelge 6.17 bize Analitik Hiyerarşi Prosesi’nin sonuçlarını vermektedir.

Çizelge 6.17 AHP sonuçları

OTEL	ÇALIŞAN S.	YATAK S.	P. MAL	Y. MAL	DOLULUK	KAZANC	SONUC	N. SONUÇ
H17	600	1400	4.608	3.000	0,8	49.000	0,4791	1,000
H4	400	1200	2.979	1.759	0,9	18.527	0,4409	0,920
H16	280	650	2.100	1.668	0,9	13.239	0,4139	0,864
H5	350	870	2.646	1.949	0,85	21.593	0,4046	0,844
H20	400	1000	2.928	1.929	0,9	18.067	0,4046	0,844
H6	195	450	1.660	850	0,76	4.245	0,3905	0,815
H18	260	650	1.981	1.354	0,8	8.730	0,3874	0,809
H7	600	1500	4.392	2.471	0,9	25.130	0,3664	0,765
H1	450	1150	3.402	2.677	0,9	32.866	0,3664	0,765
H8	370	840	3.100	1.900	0,85	12.500	0,3559	0,743
H9	190	560	1.459	1.298	0,85	8.072	0,3484	0,727
H19	250	650	1.875	1.430	0,85	10.064	0,3484	0,727
H2	300	1000	2.150	1.853	0,85	17.913	0,3341	0,697
H3	420	960	3.500	1.850	0,82	11.780	0,3181	0,664
H10	435	960	3.720	1.640	0,82	11.780	0,2985	0,623
H31	100	360	744	690	0,7	3.839	0,2681	0,560
H11	210	480	1.880	815	0,75	6.439	0,2681	0,560
H21	300	900	2.650	1.800	0,75	9.855	0,2335	0,487
H15	375	780	3.250	1.550	0,67	4.769	0,2335	0,487
H12	180	450	1.640	1.420	0,75	6.405	0,2259	0,471
H32	450	1100	3.348	1.905	0,7	20.236	0,2247	0,469
H13	180	440	1.400	655	0,55	4.935	0,2184	0,456
H25	220	400	1.960	750	0,6	3.942	0,2184	0,456
H14	190	300	1.750	600	0,55	2.590	0,2184	0,456
H28	180	300	1.550	650	0,6	2.300	0,2184	0,456
H23	150	360	1.300	610	0,62	3.910	0,2184	0,456
H29	400	1000	2.300	1.450	0,65	14.235	0,1838	0,384
H30	280	850	2.450	1.500	0,6	8.005	0,1838	0,384
H22	185	500	1.600	1.350	0,65	5.457	0,1762	0,368
H26	250	500	2.200	1.500	0,65	7.550	0,1370	0,286
H24	250	600	2.100	1.280	0,62	4.890	0,1370	0,286
H27	200	350	1.600	652	0,7	7.161	0,1343	0,280

Bu sıralama yapıldıktan sonra en yüksek değere sahip ilk 15 otel seçilmiş ve Veri Zarflama Analizi uygulanmıştır.

6.6 Veri Zarflama Analizinin Uygulanması

Bu bölümde Veri Zarflama modelleri olan CCR ve BCC modelleri uygulaması bulunmaktadır. İlk aşamada girdi odaklı CCR ve BCC modelleri uygulanmış ve etkin olmayan karar birimlerinin girdi miktarlarındaki azalma miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca bu bölümde girdi ve çıktı değerleri arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmış ve birbiriyle yüksek korelasyon gösteren girdi veya çıktılar varsa, bu iki veri setinden biri veya birkaçı çıkartılarak tekrar hesaplamalar yapılmış ve azalma miktarları belirlenmiştir. Çizelge 6.18 Veri Zarflama Analizinde kullanılan 15 otelin girdi ve çıktı miktarlarını göstermektedir. X1, birinci girdi olan çalışan sayısını, X2, ikinci girdi olan personel maliyetini, X3, üçüncü girdi olan yiyecek-içecek maliyetini ifade ederken Y1, birinci çıktı olan doluluk oranını ve Y2, ikinci çıktı olan kazancı ifade etmektedir.

Çizelge 6.18 VZA’da uygulanacak oteller ve girdi-çıktı değerleri

OTEL	ÇALIŞAN S.	P. MAL	Y. MAL	DOLULUK	KAZANC
	X1	X2	X3	Y1	Y2
H17	600	4.608	3.000	0,8	49.000
H4	400	2.979	1.759	0,9	18.527
H16	280	2.100	1.668	0,9	13.239
H5	350	2.646	1.949	0,85	21.593
H20	400	2.928	1.929	0,9	18.067
H6	195	1.660	850	0,76	4.245
H18	260	1.981	1.354	0,8	8.730
H7	600	4.392	2.471	0,9	25.130
H1	450	3.402	2.677	0,9	32.866
H8	370	3.100	1.900	0,85	12.500
H9	190	1.459	1.298	0,85	8.072
H19	250	1.875	1.430	0,85	10.064
H2	300	2.150	1.853	0,85	17.913
H3	420	3.500	1.850	0,82	11.780
H10	435	3.720	1.640	0,82	11.780

6.6.1 Girdi Odaklı CCR Modeli

Çizelge 6.18’deki veriler kullanılarak 15 otel için ayrı ayrı girdi odaklı CCR primal ve dual modeller kurulmuştur ve bu modeller Lingo yazılımı yardımıyla çözülmüştür. Aşağıda H17 için primal ve dual örnekler gösterilmiştir. Yalnız burada doluluk oranı 1’i geçemeyeceğinden dolayı, temel CCR modele ek kısıtlar getirilmiştir. Böyle durumlarda doğrusal programlama ile optimizasyonda, sınır değerler de modele kısıt olarak eklenir. Modele eklenen ek kısıt şöyledir:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i * (\text{doluluk})_i \leq 1.0 \quad (6.1)$$

Dual modele getirilen bu ek kısıt; primalde ise hem amaç fonksiyonuna hem de modele a değişkenini getirir. Amaç fonksiyonundan $a*(1.0)$ değişkeni çıkarılmalı, modelde ise o satırın karşılık geldiği otelin doluluk oranı ile a değeri çarpılarak, formülden çıkarma işlemi yapılmalıdır.

CCR PRİMAL(H17 için):

```

max= 0.8*u1 + 49000*u2 - a ;
0.8 * u1 + 49000 * u2 - 600 * v1 - 4608 * v2 - 3000 * v3 - 0.8 * a <= 0;
0.9 * u1 + 18527 * u2 - 400 * v1 - 2979 * v2 - 1759 * v3 - 0.9 * a <= 0;
0.9 * u1 + 13239 * u2 - 280 * v1 - 2100 * v2 - 1668 * v3 - 0.9 * a <=0;
0.85*u1 + 21593*u2 - 350*v1- 2646*v2 - 1949*v3 - 0.85*a <=0;
0.9*u1 + 18067*u2 - 400*v1 - 2928*v2- 1929*v3 - 0.9*a <=0;
0.76*u1 + 4245*u2- 195*v1- 1660*v2- 850*v3- 0.76*a <=0;
0.8*u1 + 8730*u2 - 260*v1 - 1981*v2 - 1354*v3 - 0.8*a <=0;
0.9*u1 + 25130*u2 - 600*v1 - 4392*v2 - 2471*v3 - 0.9*a <=0;
0.9*u1 + 32866*u2 - 450*v1 - 3402*v2 - 2677*v3 - 0.9*a <=0;
0.85*u1 + 12500*u2 - 370*v1 - 3100*v2 - 1900*v3 -0.85*a <=0;
0.85*u1 + 8072*u2 - 190*v1 - 1459*v2 - 1298*v3 - 0.85*a <=0;
0.85*u1 + 10064*u2 - 250*v1 - 1875*v2 - 1430*v3 - 0.85*a <=0;
0.85*u1 + 17913*u2 - 300*v1 - 2150*v2 - 1853*v3 - 0.85*a <=0;
0.82*u1 + 11780*u2 - 420*v1 - 3500*v2 - 1850*v3 - 0.82*a <=0;
0.82*u1 + 11780*u2 - 435*v1 - 3720*v2 - 1640*v3 - 0.82*a <=0;
600*v1 + 4608*v2 + 3000*v3 = 1;
u1 >= 0.00001;
u2 >= 0.00001;
v1 >= 0.00001;
v2 >= 0.00001;
v3 >= 0.00001;
a >= 0;
end

```

CCR DUAL (H17 için):

```

min= $\theta_k$  -0.00001*  $s^+1$ -0.00001*  $s^+2$  - 0.00001*  $s^-1$ -0.00001*  $s^-2$ -0.00001*  $s^-3$ ;

0.8* $\lambda_1$ +0.9*  $\lambda_2$ +0.9*  $\lambda_3$ +0.85*  $\lambda_4$ +0.9*  $\lambda_5$ +0.76*  $\lambda_6$ +0.8*  $\lambda_7$ +0.9*  $\lambda_8$ +0.9*
 $\lambda_9$ +0.85*  $\lambda_{10}$ +0.85*  $\lambda_{11}$ +0.85*  $\lambda_{12}$ +0.85*  $\lambda_{13}$ +0.82*  $\lambda_{14}$ +0.82*  $\lambda_{15}$ -  $s^+1$ -0.8=0;
49000*  $\lambda_1$ +18527*  $\lambda_2$ +13239*  $\lambda_3$ +21593*  $\lambda_4$ +18067*  $\lambda_5$ +4245*  $\lambda_6$ +8730*  $\lambda_7$ +25130*
 $\lambda_8$ +32866*  $\lambda_9$ +12500*  $\lambda_{10}$ +8072*  $\lambda_{11}$ +10064*  $\lambda_{12}$ +17913*  $\lambda_{13}$ +11780*  $\lambda_{14}$ +11780*
 $\lambda_{15}$ -  $s^+2$ -49000=0;

600* $\theta_k$  - 600*  $\lambda_1$ -400*  $\lambda_2$ -280*  $\lambda_3$ -350*  $\lambda_4$ -400*  $\lambda_5$ -195*  $\lambda_6$ -260*  $\lambda_7$ -600*  $\lambda_8$ -
450*  $\lambda_9$ -370*  $\lambda_{10}$ -190*  $\lambda_{11}$ -250*  $\lambda_{12}$ -300*  $\lambda_{13}$ -420*  $\lambda_{14}$ -435*  $\lambda_{15}$ -  $s^-1$ =0;

4608* $\theta_k$  - 4608*  $\lambda_1$ -2979*  $\lambda_2$ -2100*  $\lambda_3$ -2646*  $\lambda_4$ -2928*  $\lambda_5$ -1660*  $\lambda_6$ -1981*  $\lambda_7$ -
4392*  $\lambda_8$ -3402*  $\lambda_9$ -3100*  $\lambda_{10}$ -1459*  $\lambda_{11}$ -1875*  $\lambda_{12}$ -2150*  $\lambda_{13}$ -3500*  $\lambda_{14}$ -3720*
 $\lambda_{15}$ -  $s^-2$ =0;

3000* $\theta_k$  - 3000*  $\lambda_1$ -1759*  $\lambda_2$ -1668*  $\lambda_3$ -1949*  $\lambda_4$ -1929*  $\lambda_5$ -850*  $\lambda_6$ -1354*  $\lambda_7$ -
2471*  $\lambda_8$ -2677*  $\lambda_9$ -1900*  $\lambda_{10}$ -1298*  $\lambda_{11}$ -1430*  $\lambda_{12}$ -1853*  $\lambda_{13}$ -1850*  $\lambda_{14}$ -1640*
 $\lambda_{15}$ -  $s^-3$ =0;

0.8*  $\lambda_1$ +0.9*  $\lambda_2$ +0.9*  $\lambda_3$ +0.85*  $\lambda_4$ +0.9*  $\lambda_5$ +0.76*  $\lambda_6$ +0.8*  $\lambda_7$ +0.9*  $\lambda_8$ +0.9*
 $\lambda_9$ +0.85*  $\lambda_{10}$ +0.85*  $\lambda_{11}$ +0.85*  $\lambda_{12}$ +0.85*  $\lambda_{13}$ +0.82*  $\lambda_{14}$ +0.82*  $\lambda_{15}$  <=1;

 $\lambda_1$ >=0;
 $\lambda_2$ >=0;
 $\lambda_3$ >=0;
 $\lambda_4$ >=0;
 $\lambda_5$ >=0;
 $\lambda_6$ >=0;
 $\lambda_7$ >=0;
 $\lambda_8$ >=0;
 $\lambda_9$ >=0;
 $\lambda_{10}$ >=0;
 $\lambda_{11}$ >=0;
 $\lambda_{12}$ >=0;
 $\lambda_{13}$ >=0;
 $\lambda_{14}$ >=0;
 $\lambda_{15}$ >=0;
 $s^+1$ >=0;
 $s^+2$ >=0;
 $s^-1$ >=0;
 $s^-2$ >=0;
 $s^-3$ >=0;
end

```

Bu modeller bütün oteller için kurulmuş ve işletilmiştir. Çizelge 6.19, CCR primal modelin sonuçlarını ve otellerin etkinlik değerlerini göstermektedir.

Çizelge 6.19 CCR primal sonuçları

OTEL	U1	U2	V1	V2	V3	a	h_k
H17	0,00001	0,00004	0,00001	0,00002	0,00002	0,00000	1,000
H4	0,52927	0,00002	0,00001	0,00011	0,00037	0,00000	0,940
H16	0,61256	0,00002	0,00001	0,00013	0,00043	0,00000	0,934
H5	0,51289	0,00002	0,00001	0,00011	0,00036	0,00000	0,959
H20	0,50055	0,00002	0,00001	0,00010	0,00035	0,00000	0,878
H6	1,00680	0,00005	0,00001	0,00001	0,00115	0,00000	1,000
H18	0,72168	0,00003	0,00001	0,00015	0,00050	0,00000	0,875
H7	0,34881	0,00001	0,00001	0,00001	0,00038	0,00000	0,789
H1	0,27483	0,00002	0,00065	0,00019	0,00001	0,00000	1,000
H8	0,49307	0,00002	0,00096	0,00001	0,00032	0,00000	0,724
H9	0,67995	0,00005	0,00218	0,00035	0,00004	0,00000	1,000
H19	0,70627	0,00003	0,00001	0,00015	0,00049	0,00000	0,936
H2	0,39498	0,00003	0,00001	0,00045	0,00001	0,00000	1,000
H3	0,46403	0,00002	0,00001	0,00001	0,00051	0,00000	0,678
H10	0,51963	0,00002	0,00001	0,00001	0,00058	0,00000	0,760

İşlem kargaşası yaşatacağı gerekçesiyle yukarıdaki otel numaraları için farklı bir gösterim yapılmıştır Çizelge 6.20 bu dönüşümü göstermektedir.

Çizelge 6.20 İfade dönüşümleri

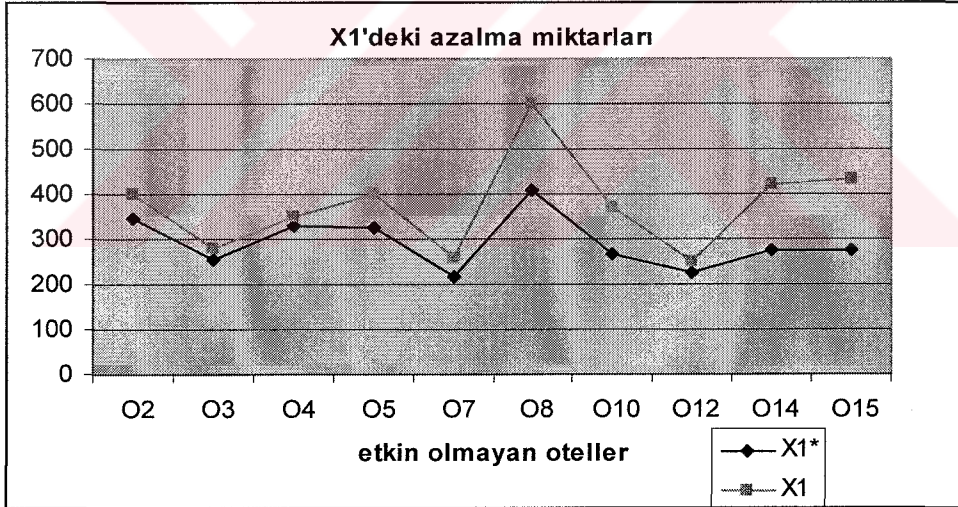
OTEL	OTEL
H17	O1
H4	O2
H16	O3
H5	O4
H20	O5
H6	O6
H18	O7
H7	O8
H1	O9
H8	O10
H9	O11
H19	O12
H2	O13
H3	O14
H10	O15

Burada U1 ve U2 değerleri çıktıların ağırlıkları, V1, V2, V3, değerleri girdilerin ağırlıkları, a

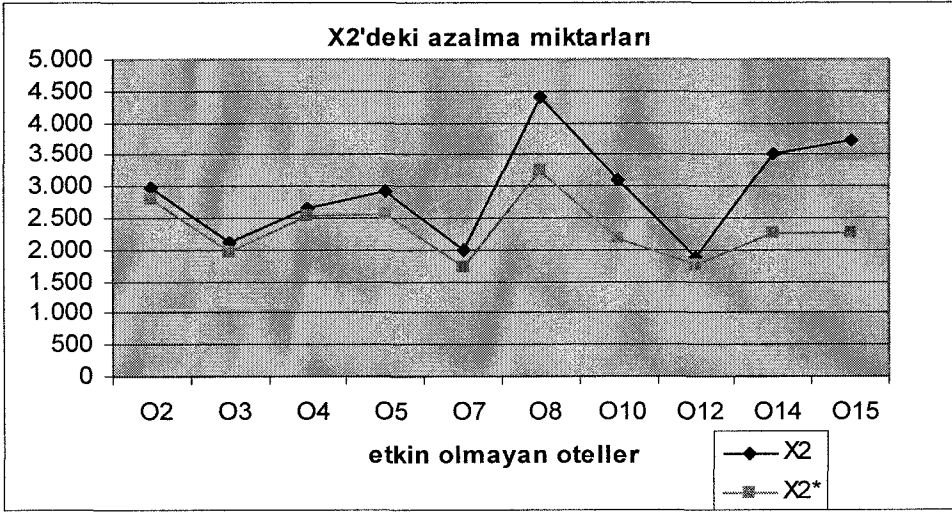
doluluk oranını kısıtlamak için kullanılan değer, h_k etkinlik değeri olmaktadır. Görüldüğü üzere O1, O6, O9, O11 ve O13 girdi odaklı CCR primal modele göre etkin çıkmışlardır. Diğer oteller ise bu otellere görece olarak etkinsizdir. Bu çizelge bize etkinlik değerlerini vermekte, fakat girdilerdeki azalma miktarını açıklayamamaktadır. Bu yüzden dual model kurulmuş ve dual modeldeki değişkenler sayesinde, girdilerdeki azalma miktarları hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi ^{oteller} için bütün a değerleri 0 çıkmıştır. Bu, doluluk oranını 1'den fazla aşacak bir durumun oluşmadığını gösterir. EK-1 CCR dual sonuçları göstermektedir.

Görüldüğü gibi dual modeldeki etkinlik değerleri ile primal modeldeki etkinlik değerleri aynı çıkmıştır. Dual model, etkin olmayan birimlerin referans kümelerini ve bu kümenin elemanı olan otellerin λ değerlerini vermektedir. λ değerleri yardımıyla etkin olmayan otellerin girdilerindeki azalma miktarları görülmektedir. EK-2 etkin olmayan birimlerin girdilerindeki azalma miktarlarını göstermektedir.

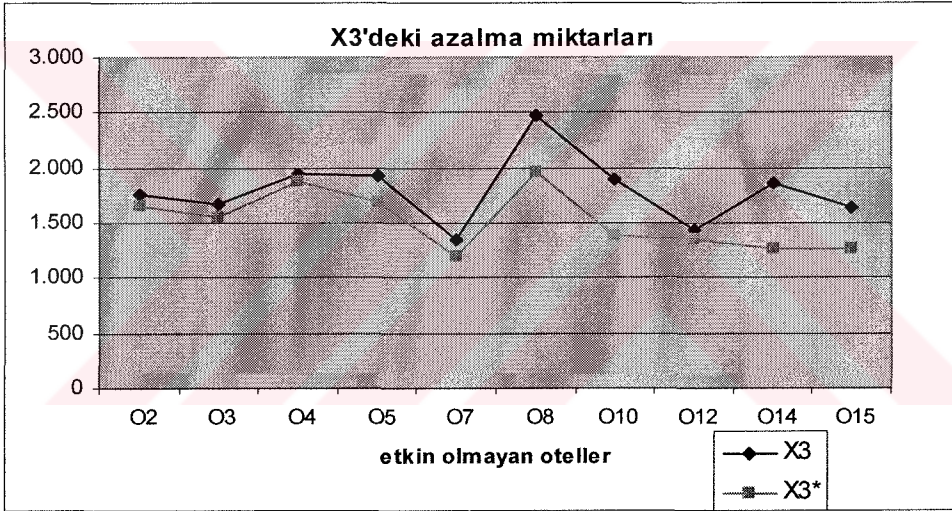
Şekil 6.2, 6.3 ve 6.4 etkin olmayan birimlerin girdi miktarlarındaki azalmayı göstermektedir.



Şekil 6.2 X1 deki azalma oranları



Şekil 6.3 X2 deki azalma oranları



Şekil 6.4 X3 deki azalma oranları

6.6.2 Girdi Odaklı BCC Modeli

Bu modelde CCR modele göre ufak bir değişiklik bulunmaktadır. Primal modelde u_0 değişkeni hesaba katılmıştır. O1 için BCC primal gösterimi aşağıda görülmektedir.

BCC PRİMAL(O1 için)

```

max= 0.8*u1 + 49000*u2 - u0 ;
0.8 * u1 + 49000 * u2 - 600 * v1 - 4608 * v2 - 3000 * v3 - u0<= 0;
0.9 * u1 + 18527 * u2 - 400 * v1 - 2979 * v2 - 1759 * v3 - u0<= 0;
0.9 * u1 + 13239 * u2 - 280 * v1 - 2100 * v2 - 1668 * v3 - u0<=0;
0.85*u1 + 21593*u2 - 350*v1- 2646*v2 - 1949*v3 - u0<=0;
0.9*u1 + 18067*u2 - 400*v1 - 2928*v2- 1929*v3 - u0<=0;
0.76*u1 + 4245*u2- 195*v1- 1660*v2- 850*v3- u0<=0;
0.8*u1 + 8730*u2 - 260*v1 - 1981*v2 - 1354*v3 - u0<=0;
0.9*u1 + 25130*u2 - 600*v1 - 4392*v2 - 2471*v3 - u0<=0;
0.9*u1 + 32866*u2 - 450*v1 - 3402*v2 - 2677*v3 - u0<=0;
0.85*u1 + 12500*u2 - 370*v1 - 3100*v2 - 1900*v3 -u0<=0;
0.85*u1 + 8072*u2 - 190*v1 - 1459*v2 - 1298*v3 - u0<=0;
0.85*u1 + 10064*u2 - 250*v1 - 1875*v2 - 1430*v3 - u0<=0;
0.85*u1 + 17913*u2 - 300*v1 - 2150*v2 - 1853*v3 - u0<=0;
0.82*u1 + 11780*u2 - 420*v1 - 3500*v2 - 1850*v3 - u0<=0;
0.82*u1 + 11780*u2 - 435*v1 - 3720*v2 - 1640*v3 - u0<=0;
600*v1 + 4608*v2 + 3000*v3 = 1;
u1 >= 0.00001;
u2 >= 0.00001;
v1 >= 0.00001;
v2 >= 0.00001;
v3 >= 0.00001;
@free(u0);
end

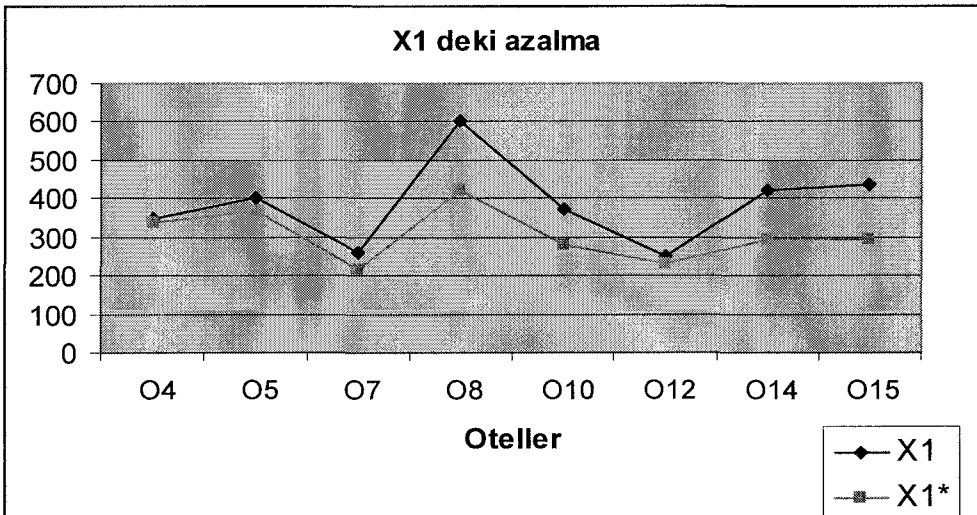
```

Çizelge 6.21 BCC primal sonuçları göstermektedir.

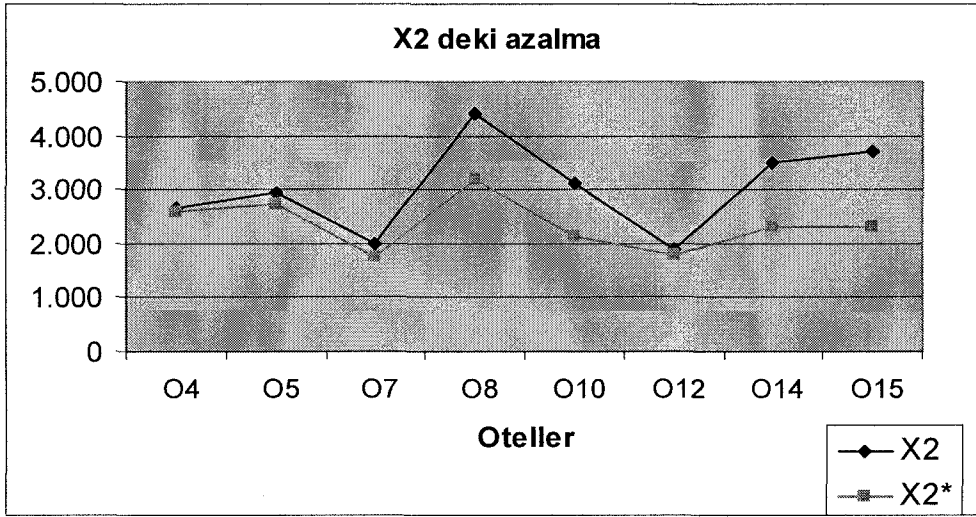
Çizelge 6.21 BCC Primal sonuçları

OTEL	U1	U2	V1	V2	V3	U0	h_k
O1	0,00001	0,00001	0,00001	0,00016	0,00007	-0,21	1,000
O2	0,99833	0,00002	0,00001	0,00006	0,00044	0,36	1,000
O3	1,86200	0,00003	0,00093	0,00001	0,00042	1,07	1,000
O4	1,48270	0,00002	0,00001	0,00011	0,00035	0,83	0,975
O5	1,57000	0,00002	0,00001	0,00011	0,00034	0,93	0,936
O6	0,00001	0,00005	0,00300	0,00001	0,00046	-0,78	1,000
O7	0,00001	0,00003	0,00001	0,00023	0,00039	-0,57	0,878
O8	2,64700	0,00002	0,00001	0,00001	0,00038	2,10	0,874
O9	0,68392	0,00002	0,00001	0,00018	0,00013	0,29	1,000
O10	1,03619	0,00002	0,42659	0,00044	0,00001	0,00	0,755
O11	0,00001	0,00004	0,00250	0,00001	0,00039	-0,65	1,000
O12	1,28900	0,00003	0,00001	0,00009	0,00057	0,47	0,950
O13	0,00001	0,00003	0,00139	0,00026	0,00001	-0,38	1,000
O14	0,94550	0,00002	0,00001	0,00001	0,00051	0,36	0,704
O15	1,05000	0,00002	0,00001	0,00001	0,00058	0,40	0,788

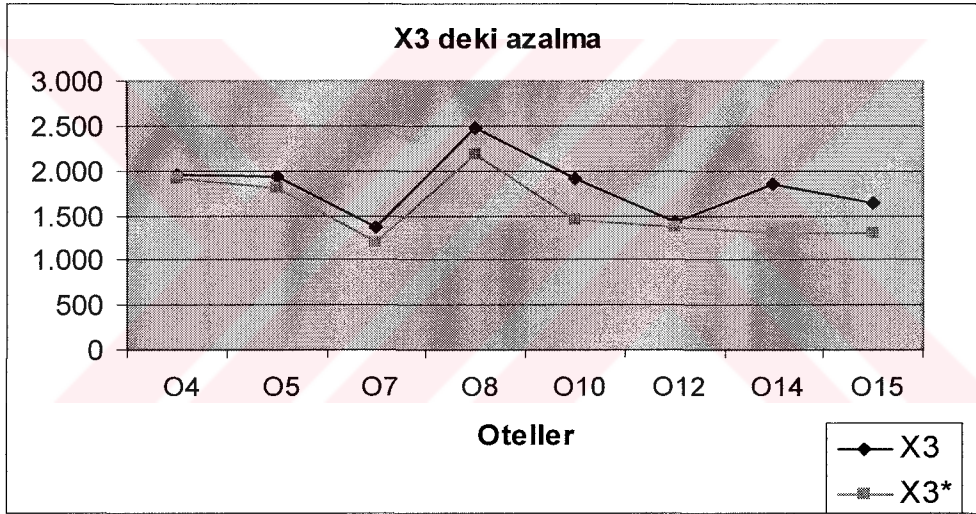
EK-3 BCC dual sonuçlarını vermektedir. EK-4 ise BCC sonuçlarına göre girdilerdeki azalma miktarlarını göstermektedir. Şekil 6.5, Şekil 6.6, Şekil 6.7 BCC modelin sonuçlarına göre X1,X2, X3 miktarlarındaki azalmaları göstermektedir.



Şekil 6.5 BCC sonuçlarına göre X1 miktarındaki azalma



Şekil 6.6 BCC sonuçlarına göre X2 miktarındaki azalma



Şekil 6.7 BCC sonuçlarına göre X3 miktarındaki azalma

Son olarak CCR ve BCC modelleri arasındaki ilişkiyi göstermek için iki modelin çıktıları olan etkinlik değerlerinin korelasyon katsayısına bakılmıştır ve oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Buradan elde edilen sonuç iki modelin de birbirine çok yakın etkinlik değerlerine ve girdilerdeki azalma miktarlarına sahip olduğudur. Çizelge 6.22 CCR ve BCC modellerinin çıktılarının korelasyon katsayısını göstermektedir.

Çizelge 6.22 CCR ve BCC çıktıları ve korelasyon katsayısı

KORELASYON		
OTEL	h_{kbcc}	h_{kccr}
O1	1,000	1,000
O2	1,000	0,940
O3	1,000	0,934
O4	0,975	0,959
O5	0,936	0,878
O6	1,000	1,000
O7	0,878	0,875
O8	0,874	0,789
O9	1,000	1,000
O10	0,755	0,724
O11	1,000	1,000
O12	0,950	0,936
O13	1,000	1,000
O14	0,704	0,678
O15	0,788	0,760
KOR(h_{kbcc} , h_{kccr}) = 0,97		

6.6.3 Girdi ve Çıktılar Arasındaki Korelasyon Katsayısına Bakılarak CCR ve BCC Modelin Uygulanması

Bu bölümde girdiler ve çıktılar arasındaki korelasyon katsayısı hesaplanmış ve eğer birbiri ile yüksek korelasyon gösteren veri setleri varsa, iki setten biri elenerek model tekrar oluşturulmuştur. Çizelge 6.23 girdi ve çıktı değerlerinin korelasyon katsayılarını göstermektedir.

Çizelge 6.23 Girdi ve çıktılar arasındaki korelasyon katsayıları

	ÇALIŞAN	P. MAL	Y. MAL	DOLULUK	KAZANÇ
ÇALIŞAN SAY.	1	0,98	0,88	0,26	0,78
PER. MAL.		1	0,83	0,16	0,72
YİYECEK. MAL			1	0,37	0,93
DOLULUK OR.				1	0,20
KAZANÇ					1

Görüldüğü gibi çalışan sayısı ile personel maliyeti yüksek derecede korelasyon göstermektedir. Bu yüzden hesaplamalardan personel maliyeti veri seti çıkarılarak, tekrar girdi odaklı CCR ve BCC modelleri kurulmuş ve çözülmüştür. Çizelge 6.24 ilk çözülmüş CCR modeli etkinlik sonuçlarını ve yeni CCR modelin sonuçlarını göstermektedir. Bu tablodaki korelasyon değeri eski ve yeni CCR modelinin sonuçlarının birbirleriyle olan korelasyonunu göstermektedir. Çizelge 6.25 ise eski ve yeni BCC modelinin etkinlik sonuçlarını ve birbiriyle olan korelasyon katsayısını vermektedir.

Görüldüğü gibi, hem eski ve yeni CCR modeli sonuçları, hem de BCC modeli sonuçları birbirleriyle yüksek derecede korelasyon göstermiştir. Bu yüzden personel maliyeti verilerinin modelden çıkartılması büyük bir fark yaratmamıştır.

Çizelge 6.24 Eski ve yeni CCR etkinlik değerleri

OTEL	h_{kccr}	$h_{kccr(1)}$
O1	1,000	1,000
O2	0,940	0,934
O3	0,934	0,924
O4	0,959	0,953
O5	0,878	0,851
O6	1,000	1,000
O7	0,875	0,858
O8	0,789	0,791
O9	1,000	0,994
O10	0,724	0,725
O11	1,000	1,000
O12	0,936	0,921
O13	1,000	0,966
O14	0,678	0,679
O15	0,760	0,766
$kor(h_{kccr}, h_{kccr(1)})=0,994$		

Çizelge 6.25 Eski ve yeni BCC etkinlik değerleri

OTEL	h_{kbcc}	$h_{kbcc(1)}$
O1	1,000	1,000
O2	1,000	1,000
O3	1,000	1,000
O4	0,975	0,973
O5	0,936	0,929
O6	1,000	1,000
O7	0,878	0,863
O8	0,874	0,881
O9	1,000	1,000
O10	0,755	0,757
O11	1,000	1,000
O12	0,950	0,946
O13	1,000	0,967
O14	0,704	0,705
O15	0,788	0,795
$kor(h_{kbcc}, h_{kbcc(1)})=0,995$		

6.6.4 Çıktı Odaklı CCR Modeli

Girdi odaklı CCR ve BCC modellerin kurulup çözülmesinden sonra, alternatif iyileştirme olarak, bu otellerin verileri ile çıktı odaklı CCR ve BCC modelleri kurulup çözülmüştür. Bu modellerin sonuçlarında etkin olmayan otellerin etkinliklerini arttırmak için çıktıları ne oranda arttırmaları gerektiği gösterilmiştir. Çıktı odaklı CCR model, O1 için örneği aşağıda verilmiştir.

CCR-Dual(O1 için):

```

max= zk +0.00001*s+1+0.00001*s+2+ 0.00001*s-1+0.00001*s-2+0.00001*s-3;

-0.8*λ1-0.9* λ2-0.9* λ3-0.85* λ4-0.9* λ5-0.76* λ6-0.8* λ7-0.9* λ8-0.9* λ9-
0.85* λ10-0.85* λ11-0.85* λ12-0.85* λ13-0.82* λ14-0.82* λ15+ s+1+0.8* zk=0;
-49000* λ1-18527* λ2-13239* λ3-21593* λ4-18067* λ5-4245* λ6-8730* λ7-25130*
λ8-32866* λ9-12500* λ10-8072* λ11-10064* λ12-17913* λ13-11780* λ14-11780*
λ15+ s+2+49000* zk=0;
600* λ1+400* λ2+280* λ3+350* λ4+400* λ5+195* λ6+260* λ7+600* λ8+450*
λ9+370* λ10+190* λ11+250* λ12+300* λ13+420* λ14+435* λ15+ s-1-600=0;
4608* λ1+2979* λ2+2100* λ3+2646* λ4+2928* λ5+1660* λ6+1981* λ7+4392*
λ8+3402* λ9+3100* λ10+1459* λ11+1875* λ12+2150* λ13+3500* λ14+3720* λ15+ s-
2-4608=0;
3000* λ1+1759* λ2+1668* λ3+1949* λ4+1929* λ5+850* λ6+1354* λ7+2471*
λ8+2677* λ9+1900* λ10+1298* λ11+1430* λ12+1853* λ13+1850* λ14+1640* λ15+ s-
3-3000=0;
0.8* λ1+0.9* λ2+0.9* λ3+0.85* λ4+0.9* λ5+0.76* λ6+0.8* λ7+0.9* λ8+0.9*
λ9+0.85* λ10+0.85* λ11+0.85* λ12+0.85* λ13+0.82* λ14+0.82* λ15 ≤1;
λ1>=0;
λ2>=0;
λ3>=0;
λ4>=0;
λ5>=0;
λ6>=0;
λ7>=0;
λ8>=0;
λ9>=0;
λ10>=0;
λ11>=0;
λ12>=0;
λ13>=0;
λ14>=0;
λ15>=0;
s+1>=0;
s+2>=0;
s-1>=0;
s-2>=0;
s-3>=0;
end

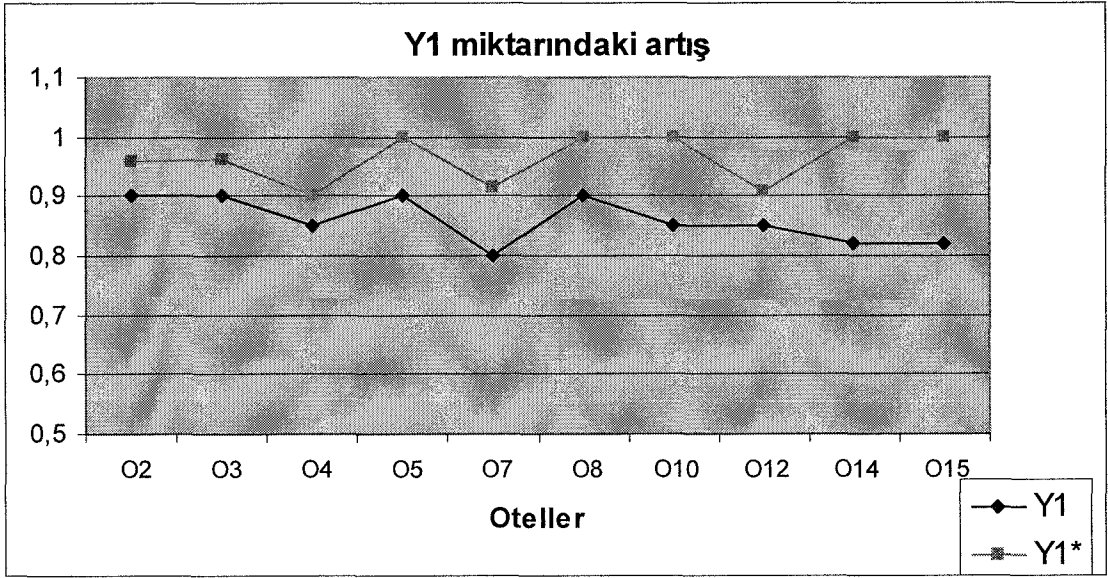
```

Çizelge 6.26 çıktı odaklı CCR modelin primal sonuçlarını vermektedir. EK-5 çıktı odaklı CCR dual modelin çıktıları göstermektedir. EK-6 ise CCR model ile etkin olmayan birimlerin çıktıları ne oranda arttırmaları gerektiğini göstermektedir.

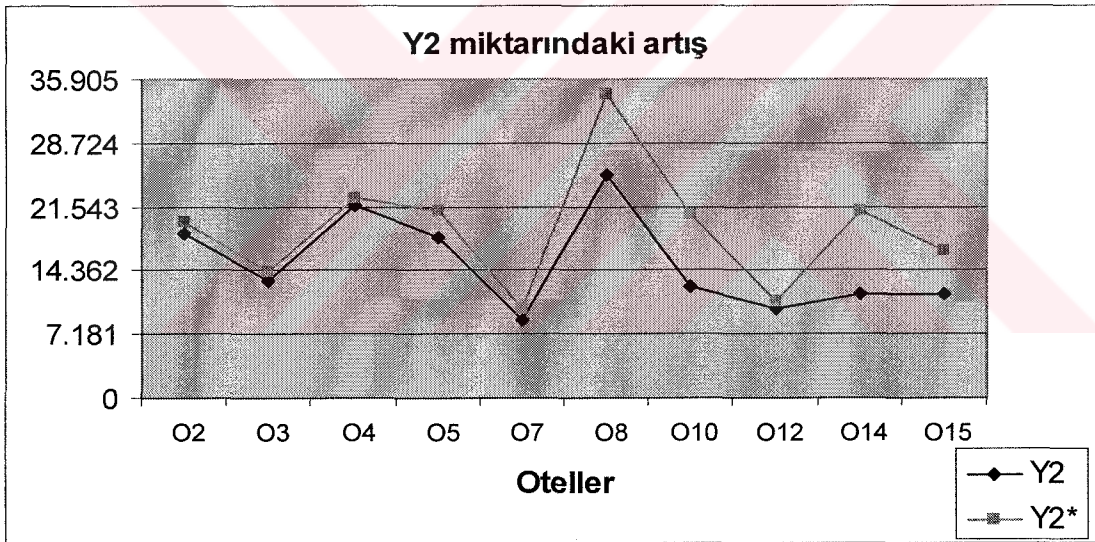
Çizelge 6.26 Çıktı odaklı CCR primal modelin çıktıları

OTEL	U1	U2	V1	V2	V3	a	g_k
O1	0,00001	0,00002	0,00001	0,00020	0,00001	0,000	1,000
O2	0,56289	0,00002	0,00001	0,00012	0,00039	0,000	1,063
O3	0,65517	0,00003	0,00001	0,00014	0,00046	0,000	1,069
O4	0,53430	0,00002	0,00001	0,00011	0,00037	0,000	1,041
O5	0,91037	0,00001	0,00001	0,00004	0,00014	0,699	1,121
O6	1,00600	0,00005	0,00001	0,00001	0,00115	0,000	1,000
O7	0,82442	0,00003	0,00001	0,00017	0,00057	0,000	1,142
O8	0,83188	0,00001	0,00001	0,00001	0,00019	0,644	1,178
O9	0,27484	0,00002	0,00065	0,00019	0,00001	0,000	1,000
O10	1,02900	0,00001	0,00033	0,00001	0,00013	0,826	1,237
O11	0,67992	0,00005	0,00218	0,00035	0,00004	0,000	1,000
O12	0,75410	0,35673	0,00001	0,00016	0,00052	0,000	1,067
O13	0,39493	0,00003	0,00001	0,00045	0,00001	0,000	1,000
O14	1,07500	0,00001	0,00001	0,00001	0,00019	0,888	1,289
O15	1,07500	0,00001	0,00001	0,00001	0,00019	0,888	1,251

Bu tablodan görülmektedir ki, bazı otellerin a değerleri sıfırdan farklı çıkmıştır. Bu otellerin doluluk oranları yeni hesaplamalara göre 1.0 olmaktadır. Eğer bu ek kısıt modele eklenmemiş olsaydı, bu otellerin hesaplamalarla doluluk oranları 1.0'dan fazla çıkacaktı. Fakat bu sonuç anlamsız olacaktır. Çünkü bir otelin doluluk oranı en fazla 1.0 olabilir. Bu yüzden çıktı odaklı bu modelde ek kısıt yerinde kullanılmıştır. Şekil 6.8 ve 6.9 Y1 ve Y2'deki artış miktarlarını göstermektedir.



Şekil 6.8 Y1 miktarındaki artış



Şekil 6.9 Y2 miktarındaki artış

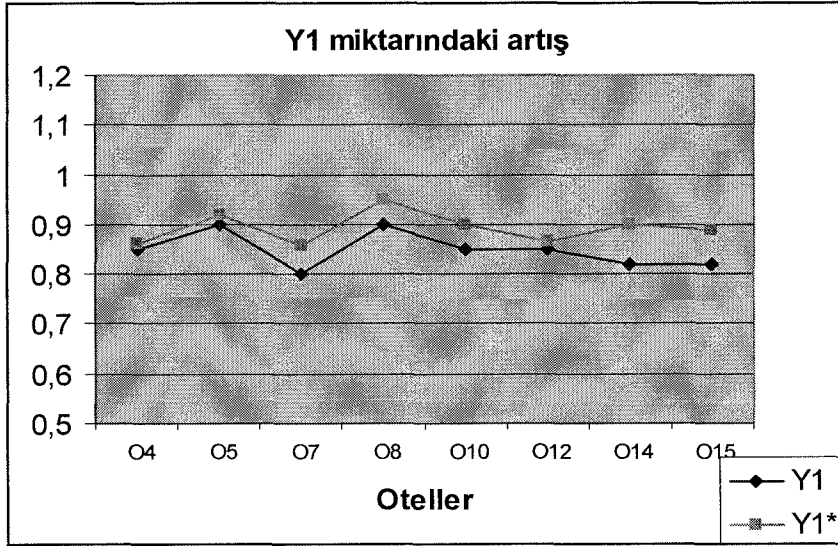
6.6.5 Çıktı Odaklı BCC Modeli

Çizelge 6.27 BCC primal modelin sonuçlarını göstermektedir. EK-7 BCC dual modelin çıktıları, EK-8 ise BCC modelin çıktıları doğrultusunda etkin olmayan birimlerdeki çıktı artışlarını göstermektedir.

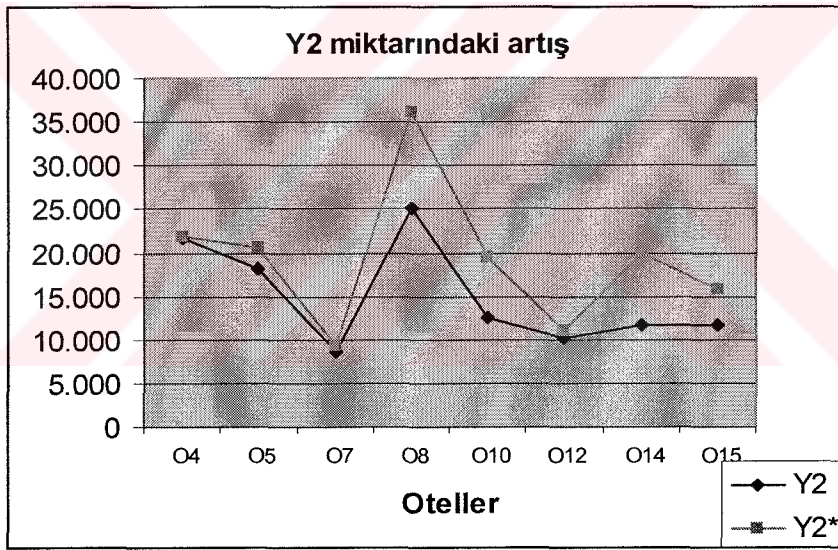
Çizelge 6.27 BCC primal modelin çıktıları

OTEL	U1	U2	V1	V2	V3	V0	a	g_k
O1	0,00001	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001	-0,91	0,00	1,000
O2	0,73017	0,00001	0,00001	0,00005	0,00032	-0,26	0,00	1,000
O4	0,81850	0,00001	0,00001	0,00006	0,00019	-0,46	0,00	1,013
O5	0,91036	0,00001	0,00001	0,00004	0,00013	-0,62	0,00	1,025
O6	1,25990	0,00001	0,00001	0,00001	0,00034	-0,68	0,00	1,000
O7	1,14080	0,00001	0,00001	0,00001	0,00031	-0,62	0,00	1,073
O8	0,83188	0,00001	0,00001	0,00001	0,00013	-0,61	0,00	1,066
O9	0,26372	0,00002	0,00105	0,00015	0,00001	0,02	0,00	1,000
O10	1,02940	0,00001	0,00026	0,00001	0,00013	-0,73	0,00	1,124
O11	0,00001	0,00012	0,00001	0,00129	0,00058	1,64	0,00	1,000
O12	1,05800	0,00001	0,00001	0,00003	0,00021	-0,64	0,00	1,024
O13	0,00001	0,00005	0,00001	0,00070	0,00001	0,52	0,00	1,000
O14	1,07500	0,00001	0,00001	0,00001	0,00015	-0,85	0,00	1,172
O15	1,07580	0,00001	0,00001	0,00001	0,00030	-0,58	0,00	1,124

Şekil 10 ve Şekil 11 BCC modele göre Y1 ve Y2 deki artış miktarlarını ifade etmektedir.



Şekil 6.10 BCC Sonuçlarına göre Y1'deki artış miktarı



Şekil 6.11 BCC Sonuçlarına göre Y2'deki artış miktarı

6.6.6 Uygulamadan Elde Edilen Sonuçlar

Bu çalışma, AHP ve VZA tekniklerinin bir arada kullanımının açıkça gösterimini kapsamaktadır. İlk olarak AHP tekniği kullanılarak, verileri toplanan 32 otel değerlendirilmiş ve puanlama metodu sonucu en yüksek değerlere sahip ilk 15 otel VZA tekniğiyle değerlendirilmiştir.

VZA modelinde ilk olarak, girdi odaklı CCR ve BCC modelleri kurulmuş ve sonuçlar elde edilmiştir. Burada elde edilmek istenen, etkin ve etkin olmayan otellerin belirlenmesi ve etkin

olmayan otellerin etkinliklerini arttırmaları için girdi miktarlarını ne oranda azaltmaları gerektiğinin ortaya konmasıdır. Bunun için ilk olarak CCR modelinin primal ve dual modelleri kurulmuş ve bu modeller sonucu, etkin olan oteller belirlenmiş ve etkin olmayan otellerin azaltılmış girdi miktarları hesaplanmıştır. Girdi odaklı CCR modele göre etkin olan oteller; O1, O6, O9, O11, O13'tür. Bu oteller referans alınarak, diğer otellerin ulaşmaları gereken girdi miktarları hesaplanmıştır. CCR modeli takiben, BCC modeller kurulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Girdi odaklı BCC modele göre etkin olan oteller; O1, O2, O3, O6, O9, O11, O13'tür. Girdi odaklı CCR ve BCC modelin ardından girdi ve çıktılar arasındaki korelasyon katsayılarına bakılmış ve birbiriyle yüksek korelasyon gösteren, çalışan sayısı ile personel maliyeti arasında bir seçim yapıp personel maliyeti modelden çıkartılarak tekrar CCR ve BCC modelleri kurulmuştur. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, eski ve yeni CCR ve BCC modellerin etkinlik değerleri birbirine oldukça yakındır. Böylece, personel maliyetinin sonuçlardan çıkartılmasının sonuçları etkilemediği gösterilmiştir.

Son olarak çıktı odaklı CCR ve BCC modelleri kurularak hesaplamalar sonucu etkin olan oteller belirlenmiş ve etkin olmayan otellerin çıktı miktarlarını ne oranda arttırmaları gerektiği hesaplanmıştır. Çıktı odaklı CCR modele göre etkin olan birimler; O1, O6, O9, O11, O13'tür. Çıktı odaklı BCC modele göre etkin olan oteller; O1, O2, O3, O6, O9, O11, O13'tür. Görüldüğü gibi hem girdi odaklı modelde hem de çıktı odaklı modelde etkin olan oteller aynıdır, buradaki farklılık, girdi odaklı modelde, etkin olmayan modellerin etkinliklerini arttırmaları için girdi miktarlarındaki azalma miktarlarının ortaya konmuş olması çıktı odaklı modelde ise, etkin olmayan otellerin etkinliklerini arttırmaları için çıktı miktarlarındaki artma miktarlarının ifade edilmesidir.

Sonuç olarak, VZA modellerinin çeşitli kullanımları sayesinde alternatif hesaplamalar ortaya konularak iyileştirmelerin ne şekilde yapılacağı gösterilmiştir.

7. SONUÇLAR

Verimlilik bilincinin toplumun tüm kesimlerine yaygınlaştırılması ve verimliliğin bir yaşam biçimi olarak benimsenmesi, hiç kuşkusuz ülke kalkınması için anahtar bir kavramdır. Bu amaç doğrultusunda da, verimlilikle ilgili ölçüm yöntemlerinin geliştirilmesinde, çağdaş işletme yönetimlerine çok fazla görev düşmektedir.

Veri Zarflama Analizi, ekonomik birimlerin göreceli etkinliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan ve ortaya çıktığı 1978 yılından bu yana çok çeşitli alanlarda uygulanma şansı elde etmiş, parametresiz bir tekniktir. VZA, 26 yıllık tarihi boyunca, büyük bir ilerleme kaydetmiş, birçok bilim adamı tekniğin eksik yönlerini gidermek ve tekniği daha ileri bir boyuta taşımak için yoğun çaba harcamış ve VZA yöntemi, diğer klasik performans ölçüm yöntemlerine alternatif olarak yönetim bilimi alanında önemli bir yer edinmiştir.

Ayrıca çoklu değişkenlere dair verilerle ilgili kararlarda uygulamada kolaylık sağlamaktadır. Birden fazla girdi ve çıktıyla çalışmaya olanak sağlamak ve bu verilerden hareket ederek etkinlikleri vermektedir. Bu da belirli koşullarda, birden fazla kriterin kullanıcılar açısından önemli olduğu durumlarda kullanılabilir.

VZA'nın kullanılabilmesi için öncelikle aynı kararların uygulandığı ve benzer organizasyona sahip olan karar verme birimlerinin seçilmesi gerekmektedir. Karar verme birimlerinin etkinliğinin ölçülebilmesi için bu birimlere ait girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmelidir. Bu ön hazırlıktan sonra belirlenmiş olan kriterlere uygun girdi ve çıktılarla ulaşmak istediğimiz sonucu bize en iyi şekilde verebilecek birim seçilir.

Bir sektörde, yörede veya pazarda faaliyet gösteren işletmelerin ortak girdi ve çıktı değerlerinden onların herbiri için birbirleriyle karşılaştırılabilir birer performans göstergesi türetebilirse, bu bilgi, hem işletme politikalarının ve özel olarak üretim politikalarının saptanmasında ve hem de ülkenin genel, sektörel, bölgesel ve belli pazarlara yönelik politikalarının saptanmasında faydalı ve yol gösterici olur. Söz konusu gösterge, içeriği yönünden bir verimlilik, etkililik veya etkinlik ölçütü olabilir.

Bu açıdan ilgili kavramlara eleştirel olarak bakıldığında, etkinliğin özellikle hizmet sektörü işletmeleri söz konusu olduğunda daha anlamlı ve kullanışlı sonuçlar verebilecek bir ölçüt kıstası olabileceği ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmanın amacı, böyle bir etkinlik göstergesinin otelcilik sektörü verileriyle nasıl elde edilebileceğini araştırmak, mevcut yaklaşımların bazı sakıncalarını ortadan kaldırabilecek bir

yöntem bulmak ve bu yöntemin nasıl uygulanacağını uygun bir somut örneklem üzerinde ortaya koymaktadır. Bu örneklemin seçilmesi için Analitik Hiyerarşi Prosesinden faydalanılmış, verileri toplanan 32 otele Analitik Hiyerarşi Prosesi uygulanmış ve en yüksek değerlere sahip ilk 15 otel belirlendikten sonra Veri Zarflama Analizine geçilmiştir.

Bu 15 otelin girdi ve çıktı değerlerinden faydalanılarak Veri Zarflama Analizinin temel modellerinden olan CCR(Charnes-Cooper-Rhodes) ve BCC(Banker-Charnes-Cooper) modelleri kurulmuştur. Alternatif olarak hem girdi odaklı CCR ve BCC modelleri hem de çıktı odaklı CCR ve BCC modelleri kurulmuştur. Böylece etkin olan oteller belirlenmiş ve etkin olmayan otellerin etkinliklerini arttırmaları için öneri olarak ya girdi miktarlarını azaltmaları ya da çıktı miktarlarını arttırmaları önerilmiştir. VZA hesaplamaları sonucunda artış ve azalış oranlarını ortaya konmuştur.

Böylece elde edilen sonuçlar, genel açıdan söz konusu yöntemin kullanışlılığını ve nasıl kullanılabileceğini ortaya koymuş ve özel olarak da Antalya yöresi 5 yıldızlı otellerin karşılaştırmalı etkinlikleri hakkında yorum yapılabilmesini sağlamıştır.

Doğal olarak, her yöntemin kendisine özgü güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Bir yöntemin zayıf yönlerinin bulunması o yöntemin gelişmesi için daha fazla yapılması gereken çalışmaların olduğu anlamına gelir. Her ne kadar hızlı bir teorik gelişim göstermişlerse de parametresiz etkinlik ölçütlerinin halen birçok zayıf yönü bulunmaktadır. Mevcut zayıf yönlerin giderilmesiyle parametresiz etkinlik ölçütleri gelecekte bugün olduğundan daha yaygın ve daha etkin olarak işletmelerin kontrol altsistemlerin de kullanılma şansına sahip olacaktır.

Sonuç olarak; Veri Zarflama Analizi tekniği doğru kullanıldığı takdirde, yönetim sürecine önemli katkılarda bulunan, karar destek aracı olarak da kullanılabilen son derece güçlü bir tekniktir. Bu konuda şimdiye kadar yapılan sayısız çalışma ve uygulama bunun önemli bir kanıtıdır, ve VZA yöntemine duyulan ilgi, bundan sonra yapılacak olan katkılar ve sağlanan gelişmelerle birlikte daha da artacaktır.

KAYNAKLAR

- Al-Harbi K. M. A, (2000), " Optimization of Staff Numbers in The Process Industries: An Application of DEA" *International Journal of manpower*, Vol 21 No 1, 2000, pp 47-59.
- Al-Shammari M. ve SalimiA.,(1998), "Modeling The Operating Efficiency of Banks: A Nonparametric Methodology", *Logistics Information Management*, Volume 11/1, 1998 pp. 5–17.
- Al-Shammari M., (1999), " A Multi-Criteria Data Envelopment Analysis Model For Measuring The Productive Efficiency of Hospitals", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 No. 9, 1999, pp. 879-890.
- Anderson R. I., Fok R., Zumpano L. V., Elder H. W, (1998), "The Efficiency of Franchising in The Residential Real Estate Brokerage Market", *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 15 No. 4 1998, pp. 386-396.
- Anderson R. I, Fok R. ve Scott J, (2000), "Hotel Industry Efficiency: An Advanced Linear Programming Examination", *American Business Review*, Jan 2000,18,1,pp.40.
- Bala K., Cook W. D.,(2003), "Performance Measurement With Classification Information: an Enhanced Additive DEA Model", *International Journal of Management Science*.
- Bauer P.W., Berger A. N., Ferrier G. D.ve Humphrey D. B., (1998), "Consistency Conditions For Regulatory Analysis of Financial Institutions: A Comparison of Frontier Efficiency Methods", *Journal of Economics and Business*, 1998;50:85-114, New York.
- Beasley C. E., (2002), "Allocating Fixed Costs and Resources Via Data Envelopment Analysis", *European Journal Of Operational Research* 147 (2003) 198–216.
- Bevilacqua M., Braglia M., (2000), "The Analytic Hierarchy Process Applied to Maintenance Strategy Selection" , *Reliability Engineering and System Safety* 70 (2000) 71–83.
- Cho K. T., Kwon C. H., (2003), "Hierarchies With Dependence of Technological Alternatives:A Cross-Impact Hierarchy Process" , *European Journal of Operational Research*(2003).
- Cook W. D., Green R. H., (2003), "Multicomponent Efficiency Measurement and Core Business Identification in Multiplant Firms: A DEA model", (03)00298-4.
- Cooper WW., Seiford L. M. ve Tone K, (2000), *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications*, Kluwer Academic Publishers, London.
- Emiral F., (2001), *Türk Bankacılık Sisteminde Etkinlik Analizi:Veri Zarflama Analizi Uygulaması*, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Eraslan E., "Çevresel Faktörlerin İmalat Sistemine Uygulanması ve Firmanın Finansal Performansı Üzerine Etkileri".
- Forker F. B., Mendez D., (2001), " An Analytical Method For Benchmarking Best Peer Suppliers", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 No. 1/2, 2001, pp. 195-209.
- Hwang S., Chang T., (2003), "Using Data Envelopment Analysis to Measure Hotel Managerial Efficiency Change In Taiwan", *Tourism Management* 24 (2003) 357–369.

Huizingh E. K.R.E., Vrolijk H. C.J., "Decision Support For Information Systems Management: Applying Analytic Hierarchy Process".

Jablonsky J., Fiala P., (2003), "Models For Productivity Measurement of Central European Countries", ISAHP, Bali, Indonesia, August 7-9, 2003.

Kim K. J, Choi S. H., (2001), "A Utility Range-Based Interactive Group Support System For Multiattribute Decision Making", *Computers & Operations Research* 28 (2001) 485-503.

Korpela J. Lehmusvaara A., (1999), "A Customer Oriented Approach to Warehouse Network Evaluation And Design", *Int. J. Production Economics* 59 (1999) 135-146.

Korpela J., Kalevi K. H., Lehmusvaara A ve Tuominen M., (2002), "An Analytic Approach To Production Capacity Allocation And Supply Chain Design", *Int. J. Production Economics* 78 (2002) 187-195.

Liu J., Ding F. Y. ve Lall V., (2000), "Using Data Envelopment Analysis to Compare Suppliers For Supplier Selection Performance Improvement", *Supply Chain Management : An International Journal*, Vol 5, No:3, pp. 143-150.

Leung P., Muraoka J., Nakamoto S. T. ve Pooley S., (1998), "Evaluating Fisheries Management Options In Hawaii Using Analytic Hierarchy Process (AHP)", *Fisheries Research* 36 (1998) 171-183.

Madu C. D, Kuei C. H., (1997), "Application of Data Envelopment Analysis in Benchmarking", *International Journal of Quality Science*, Vol. 3 No. 4, 1998, pp. 320-327.

Metters R. C., Frei F. X. ve Vargas V. A., (1999), "Measurement of Multiple Sites in Service Firms With Data Envelopment Analysis", *production and operation Management*, Fall 1999, 8, 3, pp. 264.

Miller J. L., (1996), "Slack And Performance in Health Care Delivery", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 13 No. 8, 1996, pp. 63-74.

Norman M. ve Stoker B., (1991), *Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance*, England.

Reynolds D., (2003), "Hospitality-productivity Using Assessment Data-envelopment Analysis", *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*.

Saaty T. L., (1980), *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill.

Saaty T. L. ve Vargas L. G., (1991), *Prediction, Projection and Forecasting*, Kluwer Academic publishers.

Saaty, T. L., (1994), *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*, RWS Publication, Pittsburgh.

Sarkis J., Weinrach J., (2001), "Using Data Envelopment Analysis to Evaluate Environmentally Conscious Waste Treatment Technology", *Journal of Cleaner Production* 9 (2001) 417-427.

Sarkis J., (2002), 22,3 "Efficiency Measurement of Hospitals: Issues And Extensions", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 22 No. 3, 2002, pp. 306-

313.

Seifert L.M., Zhu J., (1998), "Identifying Excesses And Deficits in Chinese Industrial Productivity(1953-1990): A Weighted Data Envelopment Analysis Approach", *International Journal of Management Science*, vol26, no 2, pp. 279-296.

Stern S. Z., Mehrez A., ve Hadad Y.,(2003), "An AHP/DEA Methodology For Ranking Decision Making Units", *Intl. Trans. in Op. Res.* 7 (2000) 109-124.

Sigala M., (2003), "The Information and Communication Technologies Productivity Impact on The Hotel Sector", *International Journal of Operations Production Management* Vol. 23 No. 10, 2003 pp. 1224-1245.

Su C. H., Shi-Jie C., Li L., (2003), "A Structured Approach to Measuring Functional Dependency and Sequencing of Coupled Tasks in Engineering Design", *Computers & Industrial Engineering* 45 (2003) 195-214.

Şafak U., (2003), *Veri Zarflama Analizi ile Kağıt Sektörüne Yönelik Bir Uygulama*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Taha E. H., (2000), *Operations Research an Introduction*, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

Takamura Y, Tone K., (2003), "A Comparative Site Evaluation Studyfor Relocating Japanese Government Agencies Out of Tokyo", *Socio-Economic Planning Sciences* 37 (2003) 85-102.

Tarım A., (2001), *Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı*.

Thanassoulis E., 2001), *Introduction To The Theory And Application of Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Norwell.

Tummala V.M. R., Chin K.S., Ho S.H., (1997), "Assessing Success Factors For Implementing CE. A Case Study İn Hong Kong Electronics İndustry by AHP", *Int. J. Production Economics* 49 (1997) 265-283.

Tsang A. HC., (1999), "Measuring Maintenance Performance: A Holistic Approach", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 No. 7, 1999, pp. 691-715.

Uri N. D., (2003), "The Change in Technical and Allocative Efficiency of Local Exchange Carriers İn The United States", *Info* 5.3 2003, pp.53-64.

Weber C. A, (1996), " A Data Envelopment Analysis Approach To Measuring Vendor Performance", *Supply Chain Management*, Vol 1/1, pp.28-39.

Yavuz İ., (2001), *Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü:Veri Zarflama Analizine Yönelik Bir Uygulama*, MPM yayınları, Ankara.

Yavuz İ.,(2003), *Verimlilik ve Etkinlik Ölçümüne Yeni Yaklaşımlar ve İllere Göre İmalat Sanayinde Etkinlik Karşılaştırmaları*, Ankara, MPM Yayınları.

Yang T., Kuo C., (2003), "A Hierarchical AHP/DEA Methodology For The Facilities Layout Design Problem", *European Journal of Operational Research* 147 (2003) 128-136.

Yolalan R., (1993), *İşletmeler Arası Görelî Etkinlik Ölçümü*, MPM yayınları, Ankara.

You A.S.O, Angelo C. F., (2001), "Performance Of Brazilian Supermarkets: A Comparative

Analysis Between Large And Small Store Chains”, Journal of Small Business and Enterprise Development, Volume 8, Number 4.

Yusuff Y.D., PohYee K.ve Hashmi M.S. J., (2001), “A Preliminary Study on The Potential Use of The Analytical Hierarchical Process (AHP) To Predict Advanced Manufacturing Technology (AMT) Implementation”, Robotics and Computer Integrated Manufacturing 17 (2001) 421-427

Zhang X., Cui J., (1998), “A Project Evaluation System in The State Economic Information System of China An Operations Research Practice in Public Sectors”, Intl. Trans. in Op. Res. 6 (1999) 441-452.



EKLER

- EK-1 Girdi Odaklı CCR dual model sonuçları
- EK-2 Girdi Odaklı CCR dual model sonucu girdilerdeki azalma miktarı
- EK-3 Girdi Odaklı BCC Dual Sonuçları
- EK-4 Girdi Odaklı BCC Dual Sonuçlarına Göre Girdi Azalma Miktarları
- EK-5 Çıktı Odaklı CCR Primal Modelin Sonuçları
- EK-6 Çıktı Odaklı CCR Modelin Sonuçlarına Göre Etkin Olmayan OtellerinÇıktılarındaki Artış Miktarı
- EK-7 Çıktı Odaklı BCC Dual Modelin Çıktıları
- EK-8 Çıktı Odaklı BCC Modeli sonuçlarına Göre Etkin Olmayan Otellerdeki Çıktı Artışları



Ek 1 Girdi Odaklı CCR dual model sonuçları

OTEL	θ_k	REFERANS SETİ	λ_1	λ_6	λ_9	λ_{11}	λ_{13}	s^+1	s^+2	s^-1	s^-2	s^-3
O1	1,000	*	1					0	0	0	0	0
O2	0,940	1-6-11	0,2993	0,8122		0,0508		0	0	28,564	0	0
O3	0,934	1-6-11	0,1197	0,0887		0,8667		0	0	7,99	0	0
O4	0,959	1-6-11	0,3295	0,0421		0,6521		0	0	6,124	0	0
O5	0,878	1-6-11	0,2646	0,4832		0,3776		0	0	26,682	0	0
O6	1,000	*		1				0	0	0	0	0
O7	0,875	1-6-11	0,0606	0,464		0,4691		0	0	11,6	0	0
O8	0,789	1-6	0,4514	0,709				0	0	66,065	221,17	0
O9	1,000	*			1			0	0	0	0	0
O10	0,724	1-6-11	0,1501	0,6019		0,3204		0	0	0	89,725	0
O11	1,000	*				1		0	0	0	0	0
O12	0,936	1-6-11	0,0654	0,241		0,7229		0	0	10,566	0	0
O13	1,000	*					1	0	0	0	0	0
O14	0,678	1-6	0,1616	0,9087				0	0	11,267	125,46	0
O15	0,760	1-6	0,1616	0,9087				0	0	59,324	598,78	0

EK-2 Girdi Odaklı CCR dual model sonucu girdilerdeki azalma miktarı

REF. SETİ	X1	X2	X3	Y1	Y2
1	600	4608	3000	0,8	49000
6	195	1660	850	0,76	4245
11	190	1459	1298	0,85	8072

OTEL	X1*	X2*	X3*	X1 %azalma	X2 %azalma	X3 %azalma	Y1*	Y2*	Y1 %artma	Y2 %artma
O1										
O2	348	2802	1654	0,13	0,06	0,06	0,90	18527	0,00	0,00
O3	254	1964	1560	0,09	0,06	0,06	0,90	13239	0,00	0,00
O4	330	2540	1871	0,06	0,04	0,04	0,85	21593	0,00	0,00
O5	325	2573	1695	0,19	0,12	0,12	0,90	18067	0,00	0,00
O6										
O7	216	1734	1185	0,17	0,12	0,12	0,80	8730	0,00	0,00
O8	409	3257	1957	0,32	0,26	0,21	0,90	25130	0,00	0,00
O9										
O10	268	2159	1378	0,27	0,30	0,27	0,85	12500	0,00	0,00
O11										
O12	224	1756	1339	0,11	0,06	0,06	0,85	10064	0,00	0,00
O13										
O14	274	2254	1257	0,35	0,36	0,32	0,82	11780	0,00	0,00
O15	274	2254	1257	0,37	0,39	0,23	0,82	11780	0,00	0,00

EK-3 Girdi Odaklı BCC Dual Sonuçları

OTEL	θ_k	REFERANS SETİ	λ_1	λ_2	λ_3	λ_6	λ_9	λ_{11}	λ_{13}	s^+1	s^+2	s^-1	s^-2	s^-3
O1	1,000	*	1							0	0	0	0	0
O2	1,000	*		1						0	0	0	0	0
O3	1,000	*			1					0	0	0	0	0
O4	0,975	1-2-3-11	0,2903684	0,0258	0,26456			0,41926		0	0	3,277	0	0
O5	0,936	1-2-3-9	0,0000002	0,608305	0,30959		0,08209			0	0	7,581	0	0
O6	1,000	*				1				0	0	0	0	0
O7	0,878	1-6-11	0,059819			0,467806		0,472374		0	0	11,6	0	0
O8	0,874	1-2-9	0,0000002	0,5395			0,46049			0	0	106,73	704,06	0
O9	1,000	*					1			0	0	0	0	0
O10	0,755	1-2-6-11	0,03305	0,36079		0,182077		0,424078		0	0	0	199,77	0
O11	1,000	*						1		0	0	0	0	0
O12	0,950	1-2-6-11	0,01239	0,17508		0,09037		0,72214		0	0	5,34	0	0
O13	1,000	*							1	0	0	0	0	0
O14	0,704	1-2-6	0,034767	0,41863		0,54659				0	0	1,43	154,79	0
O15	0,788	1-2-6	0,034767	0,41863		0,54659				0	0	51,31	646,1	0

EK-4 Girdi Odaklı BCC Dual Sonuçlarına Göre Girdi Azalma Miktarları

REF. SETİ	X1	X2	X3
1	600	4608	3000
2	400	2.979	1.759
3	280	2.100	1.668
6	195	1660	850
9	450	3.402	2.677
11	190	1459	1298

Y1	Y2
0,8	49000
0,9	18.527
0,9	13.239
0,76	4245
0,9	32.866
0,85	8072

OTEL	X1*	X2*	X3*	X1 %azalma	X2 %azalma	X3 %azalma	Y1*	Y2*	Y1 %artma	Y2 %artma
O1										
O2										
O3										
O4	338	2582	1902	0,03	0,02	0,02	0,85	21593	0,00	0,00
O5	367	2742	1806	0,12	0,06	0,06	0,90	18067	0,00	0,00
O6										
O7	217	1741	1190	0,10	0,12	0,12	0,80	8730	0,00	0,00
O8	423	3174	2182	0,29	0,28	0,12	0,90	25130	0,00	0,00
O9										
O10	280	2148	1439	0,24	0,31	0,24	0,85	12500	0,00	0,00
O11										
O12	232	1782	1359	0,07	0,05	0,05	0,85	10064	0,00	0,00
O13										
O14	295	2315	1305	0,30	0,34	0,29	0,82	11780	0,00	0,00
O15	295	2315	1305	0,32	0,38	0,20	0,82	11780	0,00	0,00

EK-5 Çıktı Odaklı CCR Primal Modelin Sonuçları

OTEL	z_k	REFERANS SETİ	λ_1	λ_6	λ_9	λ_{11}	λ_{13}	s^+1	s^+2	s^-1	s^-2	s^-3
O1	1,000	*	1					0	0	0	0	0
O2	1,063	1-6-11	0,31827	0,863595		0,054012		0	0	30,36	0	0
O3	1,069	1-6-11	0,12801	0,094937		0,927		0	0	8,54	0	0
O4	1,041	1-6-11	0,34332	0,0439		0,67926		0	0	6,37	0	0
O5	1,121	1-6-11	0,31716	0,521945		0,41127		0	1002,3	29,77	0	0
O6	1,000	*		1				0	0	0	0	0
O7	1,142	1-6-11	0,069299	0,52998		0,53591		0	0	13,25	0	0
O8	1,178	1-6	0,64247	0,6395				0	6273,7	89,81	369,9	0
O9	1,000	*			1			0	0	0	0	0
O10	1,237	1-6-11	0,31262	0,58928		0,35534		0	5982,4	0	162,7	0
O11	1,000	*				1		0	0	0	0	0
O12	1,067	1-6-11	0,06983	0,25734		0,77175		0	0	11,28	0	0
O13	1,000	*					1	0	0	0	0	0
O14	1,289	1-6	0,3475	0,95				0	6694,3	26,25	321,72	0
O15	1,251	1-6	0,2477	1,055				0	2252,3	80,6	827	0

EK-6 Çıktı Odaklı CCR Modelin Sonuçlarına Göre Etkin Olmayan OtellerinÇıktılarındaki Artış Miktarı

REF. SETİ	X1	X2	X3
1	600	4608	3000
6	195	1660	850
11	190	1459	1298

Y1	Y2
0,8	49000
0,76	4245
0,85	8072

OTEL	X1*	X2*	X3*	X1 %azalma	X2 %azalma	X3 %azalma	Y1*	Y2*	Y1 %artma	Y2 %artma
O1										
O2	400	2979	1759	0,00	0,00	0,00	0,96	19698	0,06	0,06
O3	280	2100	1668	0,00	0,00	0,00	0,96	14159	0,07	0,07
O4	350	2646	1949	0,00	0,00	0,00	0,90	22493	0,06	0,04
O5	400	2928	1929	0,00	0,00		1,00	21077	0,11	0,17
O6										
O7	260	1981	1354	0,00	0,00	0,00	0,91	9971	0,14	0,14
O8	600	4392	2471	0,00	0,00	0,00	1,00	34196	0,11	0,36
O9										
O10	370	3100	1900	0,00	0,00	0,00	1,00	20688	0,18	0,66
O11										
O12	250	1875	1430	0,00	0,00	0,00	0,91	10744	0,07	0,07
O13										
O14	420	3500	1850	0,00	0,00	0,00	1,00	21060	0,22	0,79
O15	435	3720	1640	0,00	0,00	0,00	1,00	16618	0,22	0,41

EK-7 Çıktı Odaklı BCC Dual Modelin Çıktıları

OTEL	z_k	REF. SETİ	λ_1	λ_2	λ_3	λ_6	λ_9	λ_{11}	λ_{13}	s^{+1}	s^{+2}	s^{-1}	s^{-2}	s^{-3}
O1	1,000	*	1							0	0	0	0	0
O2	1,000	*		1						0	0	0	0	0
O3	1,000	*			1					0	0	0	0	0
O4	1,013	1-2-3-11	0,27349	0,00607	0,49383			0,2266		0	0	2,148	0	0
O5	1,025	2-3-9		0,64499	0,1545		0,2005			0,02	2517,9	8,515	0	0
O6	1,000	*				1				0	0	0	0	0
O7	1,073	2-11		0,12147				0,87852		0	0,11	44,49	337,35	0
O8	1,066	1-2	0,57373	0,42626						0,11	12482,28	85,25	478,39	0
O9	1,000	*					1			0	0	0	0	0
O10	1,124	2-3-9		0,48941	0,32752		0,18606			0	6227,6	0	330,19	0
O11	1,000	*						1		0	0	0	0	0
O12	1,024	2-3-11		0,25967	0,03321			0,70711		0	721,15	2,47	0	0
O13	1,000	*							1	0	0	0	0	0
O14	1,172	2-9		0,90087			0,09912			0	7019,1	15,04	479,06	0
O15	1,124	2-11		0,74186				0,25813		0	3084,3	89,2	1133,3	0

EK-8 Çıktı Odaklı BCC Modeli sonuçlarına Göre Etkin Olmayan Otellerdeki Çıktı Artışları

REF. SETİ	X1	X2	X3
1	600	4608	3000
2	400	2.979	1.759
3	280	2.100	1.668
9	450	3.402	2.677
11	190	1459	1298

Y1	Y2
0,8	49000
0,9	18.527
0,9	13.239
0,9	32.866
0,85	8072

OTEL	X1*	X2*	X3*	X1 %azalma	X2 %azalma	X3 %azalma	Y1*	Y2*	Y1 %artma	Y2 %artma
O1										
O2										
O3										
O4	350	2646	1949	0,00	0,00	0,00	0,86	21881	0,01	0,01
O5	400	2928	1929	0,00	0,00	0,00	0,92	20585	0,02	0,14
O6										
O7	260	1981	1354	0,00	0,00	0,00	0,86	9342	0,07	0,07
O8	600	4392	2471	0,00	0,00	0,00	0,95	36010	0,06	0,43
O9										
O10	370	3100	1900	0,00	0,00	0,00	0,90	19463	0,06	0,56
O11										
O12	250	1875	1430	0,00	0,00	0,00	0,86	10959	0,02	0,09
O13										
O14	420	3500	1850	0,00	0,00	0,00	0,90	19948	0,10	0,69
O15	435	3720	1640	0,00	0,00	0,00	0,89	15828	0,08	0,34

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 12.10.1980

Doğum yeri İstanbul

Lise 1995-1998 Akdeniz Koleji Fen Lisesi

Lisans 1998-2002 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurum(lar)

2003 Nisan -Devam ediyorYTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi

Yaptığı Yayın(lar)

2004-3rd International Conference and Exhibition on Design and Production DIES and MOLDS 2004, “ A Model Design for Selecting Advanced Manufacturing Technologies using Analytical Hierarchy Process”

