

**TÜRKİYE'DEKİ İLLERİN KAYNAK  
KULLANIMLARINA GÖRE GÖRELİ  
ETKİNLİKLERİNİN KLASİK VE  
BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ  
YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**

Nurcan DENİZ

Yüksek Lisans Tezi

İstatistik Anabilim Dalı

Eylül-2009

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Nurcan DENİZ'in "Türkiye'deki İllerin Kaynak Kullanımlarına Göre Göreli Etkinliklerinin Klasik ve Bulanık Veri Zarflama Analizi Yöntemleri ile Belirlenmesi" başlıklı **İstatistik** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 01.09.2009 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Yard. Doç. Dr. K. ÖZGÜR PEKER	.....
Üye	: Prof. Dr. ATTİLA İŞLİER	.....
Üye	: Yard. Doç. Dr. SEVİL ŞENTÜRK	.....

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .....  
tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### TÜRKİYE'DEKİ İLLERİN KAYNAK KULLANIMLARINA GÖRE GÖRELİ ETKİNLİKLERİNİN KLASİK VE BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Nurcan DENİZ

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İstatistik Anabilim Dalı

Danışman: Yard. Doç. Dr. K. Özgür PEKER  
2009, 148 sayfa

Günümüz dünyasında, küreselleşme ve beraberinde getirdiği artan rekabet ortamında özel sektörden kamu sektörüne, üretim sektöründen hizmet sektörüne tüm alanlarda verimlilik ve etkinlik kavramları oldukça önemlidir.

Bu tezde amaç, parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemlerinden biri olan Veri Zarflama Analizi (VZA)'nin klasik ve bulanık uygulamalarını gerçekleştirmek ve elde edilen sonuçları karşılaştırmaktır. Bu amaçla Türkiye'de bulunan 77 ilin, rekabet edilebilirlik açısından kaynak etkinlikleri *Klasik Girdi Yönlü Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR)* ve *Bulanık Aralık Sayılarla Bulanık Girdi Yönlü CCR* modelleri yardımıyla değerlendirilmiştir. Modeller *EMS 1.3* paket programı ile çözümlenerek, her bir ille ait etkinlik ve yoğunluk değerleri ile artık ve aylak değişkenler tespit edilmiştir. Program sonuçları ışığında etkin ve etkinsiz iller tespit edilmiştir. Her iki modelde de etkinsiz olan Eskişehir ili üzerinden girdi ve çıktılara ait hedef değerler ve iyileşme oranları hesaplanmıştır. Son olarak kaynak kullanımları ve girdi fazlalıkları değerlendirilmiştir. Klasik Veri Zarflama Analizi sonuçlarına göre 77 ilin 39 adedi etkinlik sınırında yer almaktadır. Bulanık Veri Zarflama Analizi'nde etkinlik sınırında yer alan il sayısı 25'e düşmektedir. Bu sonuç verilerde olabilecek hatalar göz önüne alınarak yapılan değerlendirmenin daha gerçekçi olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Veri Zarflama Analizi, Veri Zarflama Analizi, Etkinlik, Verimlilik

## ABSTRACT

Master of Science Thesis

### DETERMINING RELATIVE EFFICIENCY OF TURKISH PROVINCES ACCORDING TO THEIR RESOURCE UTILIZATION BY CLASSIC AND FUZZY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS METHODS

Nurcan DENİZ

Anadolu University  
Graduate School of Sciences  
Statistics Program

Supervisor: Assist. Prof. Dr. K. Özgür PEKER  
2009, 148 pages

Efficiency and productivity concepts are critical for the areas from private sector to public sector and also from manufacturing sector to service sector in increasing competition atmosphere which was brought about globalization at the present day.

In this thesis implementing of classic and fuzzy versions of Data Envelopment Analysis (DEA) which is one of non-parametric efficiency measurement methods and comparing of the obtained results are aimed. For this purpose, resource utilizations of 77 provinces located in Turkey are evaluated by *Classic Input Oriented CCR* and *Fuzzy Input Oriented CCR with Interval Numbers* models in terms of competitiveness. Models are solved with *EMS 1.3* package software. Then the efficiency and the density scores related to each province and also slack and surplus variables are determined. Efficient and inefficient provinces are determined from the software results. The target scores and improvement ratios are calculated in terms of Eskisehir, which is an inefficient city in both models. Finally resource utilizations and input excesses are evaluated. According to the Classic Data Envelopment Analysis, 39 of 77 provinces are on the efficiency frontier. In the Fuzzy Data Envelopment Analysis, province numbers that are on the efficiency frontier decreased to 25. This result shows that the evaluation made with considering the errors in data is more realistic.

**Keywords:** Fuzzy Data Envelopment Analysis, Data Envelopment Analysis, Efficiency, Productivity

## TEŐEKKÜR

Bu alıőmanın konu seiminden sonuçlanmasına kadar geen srete önerileri, eleőtirileri, tecrbesi ve desteği nedeniyle **Yard. Do. Dr. K. zgr PEKER'e**,

Yüksek Lisans ğrenimim boyunca vermiş olduğu burs ve bilim adamlarını destekleme konusundaki özeni nedeniyle **TÜBİTAK-Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı (BİDEB)'e**,

Baőtta **Prof. Dr. Embiya AğAOğLU** olmak üzere İstatistik ABD'de görev yapmakta olan tüm **HOCALARIMA**,

Lisans eğitimim boyunca üzerimde emeği geçen tüm Endüstri Mühendisliği Bölümü **HOCALARIMA**,

Benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen sevgili **ANNEME, BABAMA, EŐİME** ve ailemize yeni katılan canım **OğLUMA**,

**Sonsuz Teőekkürler...**

Nurcan DENİZ

2009, Eskişehir

## Ç NDEK LER

<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TE EK KÜR</b> .....	iii
<b>Ç NDEK LER</b> .....	iv
<b>EK LLER D Z N</b> .....	viii
<b>Ç ZELGELER D Z N</b> .....	ix
<b>S MGELER VE KISALTMALAR D Z N</b> .....	x
<b>1.G R</b>	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Literatür Taraması .....	4
<b>2. GENEL KAVRAMLAR</b>	16
2.1. Performans .....	16
2.2. Üretim Sınırı ve Üretim İmkânları Kümesi .....	17
2.3. Verimlilik .....	20
2.4. Etkinlik .....	21
2.4.1. Teknik etkinlik.....	22
2.4.2. Ölçek etkinliği.....	23
2.4.3. Farrell etkinlik ölçümü.....	25
2.5. Eş-Ürün Eğrileri, Etkin Sınır ve Tahsis Etkinliği .....	27
2.6. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri .....	29
2.4.1. Oran analizi.....	30
2.4.2. Parametrik yöntemler .....	31
2.4.3. Parametrik olmayan yöntemler .....	32
<b>3. VER ZARFLAMA ANAL Z (VZA)</b>	34
3.1. Veri Zarflama Analizi'ne Giriş .....	34
3.1.1. VZA' nın kullanım amaçları .....	36

3.1.2. VZA' nın kullanım alanları.....	37
3.2. VZA Modelleri .....	37
3.2.1. Ölçeğe Göre Sabit Getiri (ÖGSG) modeli .....	39
3.2.1.1. Girdi yönlü CCR modeli .....	39
3.2.1.2. Çıktı yönlü CCR modeli .....	45
3.2.2. Ölçeğe Göre Değişken Getiri (ÖGDG) modeli .....	46
3.2.2.1. Girdi yönlü BCC modeli .....	46
3.2.2.2. Çıktı yönlü BCC modeli .....	49
3.2.3. Toplamsal model .....	50
3.2.4. Aylak tabanlı ölçümler .....	50
3.2.5. Russell ölçümü modeli .....	51
3.2.6. Diğer radyal olmayan modeller .....	51
3.2.7. Temel VZA modellerinin karşılaştırılması .....	51
3.2.8. VZA' da model seçimi .....	52
3.2.9. Alternatif modeller ve ileri VZA uygulamaları .....	53
3.3. Veri Zarflama Analizinde Kullanılan Bilgisayar Programları .....	55
3.4. VZA' nın Uygulama Aşamaları .....	57
3.4.1. Gözlem kümesinin (Karar Verme Birimlerinin) seçilmesi .....	58
3.4.2. Girdi ve çıktı kümelerinin seçilmesi .....	60
3.4.3. Verilerin elde edilebilirliği ve güvenilirliği .....	62
3.4.4. VZA ile görelî etkinlik ölçümü (model seçimi).....	63
3.4.5. Sonuçların değerlendirilmesi .....	64
3.4.5.1. Etkinlik skorları .....	64
3.4.5.2. Referans kümelerinin belirlenmesi .....	65
3.4.5.3. Etkin olmayan karar birimleri için hedef belirlenmesi .....	65
3.4.6. VZA sonrası prosedürler .....	66
3.4.6.1. VZA sonuçlarının duyarlılık analizi .....	66
3.4.6.2. İleri analizler için VZA çıktılarının kullanılması .....	67
3.5. VZA' nın Güçlü ve Zayıf Yönleri .....	67
3.4.1. VZA' nın güçlü yönleri .....	68
3.4.2. VZA' nın zayıf yönleri .....	69

<b>4. BULANIK KÜME TEORİSİ</b>	<b>72</b>
4.1. Klasik Kümeler .....	74
4.2. Bulanık Kümeler .....	75
4.2.1. Üyelik fonksiyonu şekilleri .....	76
4.2.2. Bulanık karar .....	77
4.2.3. Bulanık küme özellikleri .....	78
4.2.4. Bulanık kümelerde küme işlemler .....	80
4.3. Bulanık Sayılar .....	80
4.3.1. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler .....	81
4.3.2. Üçgensel ve yamuksal bulanık sayılar .....	82
4.3.2.1. Üçgensel bulanık sayılar .....	82
4.3.2.2. Yamuksal bulanık sayılar .....	83
4.4. Bulanık Doğrusal Programlama .....	84
4.5. Durulaştırma Yöntemleri .....	84
<b>5. BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (BVZA)</b>	<b>85</b>
5.1. Bulanık Verilerin Sınıflandırılması .....	86
5.2. BVZA Modelleri .....	86
5.2.1. Sengupta' nın BVZA yaklaşımı .....	87
5.2.2. Diğer BVZA modelleri .....	91
5.3. Veri Zarflama Analizinde Bulanık Etkinlik Ölçümleri .....	93
5.4. Aralık Veri Zarflama Analizi Modellerine Bulanık Verinin Dâhil Edilmesi .....	101
5.5. BVZA' da KVB' lerin Etkinlik Değerlerinin Sıralanması .....	104
5.6. Hesaplama Tuzakları .....	105
<b>6. UYGULAMA</b>	<b>107</b>
6.1. Amaç ve Kapsam .....	107
6.2. Karar Verme Birimlerinin Belirlenmesi .....	107
6.3. Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi .....	107
6.4. Verilerin Güvenilirliği .....	109



6.5. VZA ile Göreceli Etkinlik Ölçümü .....	109
6.5.1. Klasik girdi yönlü CCR (CCR-I) modeli .....	110
6.5.1.1. İller bazında kaynak kullanım görece verimliliğinin ölçülmesi .....	110
6.5.1.2. Göreli olarak etkin illerin analizi .....	111
6.5.1.3. Göreli olarak etkinsiz illerin analizi .....	112
6.5.2. Bulanık CCR-I uygulaması .....	116
6.5.3. Klasik ve Bulanık CCR-I Uygulamalarının Karşılaştırılması .....	119
<b>7. UYGULAMA</b>	<b>123</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>126</b>
<b>Ek-1 VZA Yazılımları</b>	<b>130</b>
<b>Ek-2 İlere Ait Girdi ve Çıktı Verileri</b>	<b>131</b>
<b>Ek-3 Klasik CCR-I Sonuçları</b>	<b>134</b>
<b>Ek-4 Alt Sınır Etkinlik Verisi</b>	<b>137</b>
<b>Ek-5 Üst Sınır Etkinlik Verisi</b>	<b>140</b>
<b>Ek-6 Alt Sınır Etkinlik Sonuçları</b>	<b>143</b>
<b>Ek-7 Üst Sınır Etkinlik Sonuçları</b>	<b>146</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

1.1. Çalışma Alanlarına Göre 1983–1992 Yılları Arasında Gerçekleştirilen Çalışmalar .....	11
3.1. Temel VZA Modellerinin Özeti .....	52
5.1. Diğer BVZA Modelleri .....	91
6.1. Girdi ve Çıktı Verilerine Ait Özet Bilgi .....	109
6.2. FA ve EMS 1.3 ile Çözülen Klasik VZA Etkinlik Skorlarının Karşılaştırılması .....	111
6.3. CCR-I Modeli Etkinlik Skorları Özet Sonuçları .....	112
6.4. Eskişehir İline Ait Hedef ve İyileşme Oranları .....	115
6.5. Eskişehir İline Ait Sanal Girdi/Çıktı ve Aylak Değişken Değerleri .....	116
6.6. Bulanık CCR-I Modeli Etkinlik Skorları Özet Sonuçları .....	117
6.7. Eskişehir İline Ait Alt Sınır Hedef ve İyileşme Oranı Değerleri .....	118
6.8. Eskişehir İline Ait Üst Sınır Hedef ve İyileşme Oranı Değerleri .....	118
6.9. Eskişehir İlinin Bulanık Artık ve Aylak Değişken Değerleri .....	119
6.10. Klasik ve Bulanık (Alt ve Üst Sınır) CCR-I Etkinlik Skorları .....	120

## KISALTMALAR DİZİNİ

AHP	:	Analitik Hiyerarşi Süreci
BCC	:	Banker, Charnes ve Cooper
BVZA	:	Bulanık Veri Zarflama Analizi
CCR	:	Charnes, Cooper ve Rhodes
EVÖB	:	En Verimli Ölçek Büyüklüğü
EMS	:	Efficiency Measurement System
FDH	:	Free Disposal Hull
GB	:	Güvenlik Bölgesi
KVB	:	Karar Verme Birimi
ÖE	:	Ölçek Etkinliği
ÖGARG	:	Ölçeğe Göre Artan Getiri
ÖGAZG	:	Ölçeğe Göre Azalan Getiri
ÖGSG	:	Ölçeğe Göre Sabit Getiri
ÖGDG	:	Ölçeğe Göre Değişken Getiri
STE	:	Saf Teknik Etkinlik
TE	:	Teknik Etkinlik
TFP	:	Toplam Faktör Verimliliği
VZA	:	Veri Zarflama Analizi

# 1. GİRİŞ

## 1.1.Giriş

Küreselleşme ve beraberinde getirdiği artan rekabet koşulları, işletmelerin etkin ve verimli mal ve hizmet üretmesi için baskıcı bir unsurdur. İşletmeler kendilerini özellikle benzer işletmelerle kıyaslayarak pazar paylarını artırmaya çalışmaktadır. Bu anlamda en az kaynak kullanımı sonucunda en fazla ürün ya da hizmet üretme çabası önemlidir. Üstelik bu durum sadece özel sektör işletmeleri için de geçerli değildir. Kamu sektöründe de bu durumun yansımaları görülmektedir.

Buna bağlı olarak da, *Bölgesel Rekabet Gücü* ya da *Bölgesel Rekabet Edebilirlik* kavramının farklı yerlerde birçok tanımı yapılmış olmakla birlikte, en genel hali ile bölgelerin, bir yandan dış rekabet koşulları içerisinde uluslararası pazarlara yönelik mal ve hizmet üretebilmeleri, bir yandan da bölge içi yüksek ve sürdürülebilir gelir seviyeleri, istihdam olanakları yaratabilmeleri olarak tanımlanabilir (Alkin ve ark. 2007).

Türkiye’de kamu sektörü, bölgesel gelişmişlik farklarının giderilmesi yoluyla bölgesel rekabet edebilirliğin desteklenmesi ve ülke seviyesinde sürdürülebilir bir kalkınmanın sağlanabilmesi amacıyla illere kaynak aktarımında bulunmaktadır. Bu aktarım gerek kamu yatırımları, gerekse özel sektöre verilen kredi ve teşvikler kanalı ile yapılmaktadır (Aydemir, 2002). Sözü edilen sürdürülebilir bir kalkınmanın en önemli bileşenlerinden birisi kaynak kullanımında etkinliktir.

Etkinlik ve verimlilik kavramlarının taşıdıkları öneme rağmen, yönetim sürecinin değerlendirilmesine yönelik çeşitli problem alanları göz önüne getirildiğinde, çoğu kez standart hale gelmiş güvenli ve geçerli ölçüm tekniklerinin bulunmayışının, performans ölçümlerinin gerçekleştirilmesini güçleştirdiği görülmektedir (Tarım, 2001).

Etkinlik ölçüm yöntemleri genel olarak *oran analizi*, *parametrik yöntemler* ve *parametrik olmayan yöntemler* şeklinde üç gruba ayrılabilir. Bu yöntemlerin her birinin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin parametrik

yöntemlerden biri olan regresyon analizinde, etkinliği ölçülmeye çalışılan organizasyonun üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayılmakta ve yapılan tahminler sonucu *ortalama* bir performans ölçümü ortaya çıkmaktadır. Ortalama bir performans standardının benimsenmesi, performansta olabilecek olan daha iyi sonuçların göz ardı edilmesi anlamına gelmektedir (Güneş, 2006) .

Regresyon analizinin etkinlik ölçümündeki dezavantajları dikkate alındığında parametrik olmayan yöntemlerden beklenenler Tarım (2001)'de aşağıdaki gibi sıralamaktadır:

- (i) Çok girdi ve çok çıktısı bulunan bir üretim sürecini bütün olarak değerlendirmesi,
- (ii) Üretim faktörlerinin ortak bir paydada buluşturulması çabası içinde başvuru olan subjektif olabilecek ağırlık arayışlarına son vermesi,
- (iii) Farklı uzmanlıkları olan, fakat aynı ürünleri üreten ya da servisleri sunan karar birimlerinin özelliklerini dikkate alabilmesi,
- (iv) Üretim ekonomisinin teorik çerçevesiyle uyum içinde olması,
- (v) Etkinlik skorunu oluşturan etkinlik bileşenlerini belirleyebilmesi,
- (vi) Gerektiğinde zaman boyutunu dikkate alabilecek olması.

Parametrik olmayan yöntemlerden biri Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen *Veri Zarflama Analizi*'dir. 1957 yılında Farrell tarafından geliştirilen tek girdi-tek çıktı etkinlik ölçümü VZA ile çok girdi- çok çıktı durumuna genişletilmiştir.

VZA'nın temelleri ilk olarak 1978'de Edwardo Rhodes tarafından Carnegie Mellon Üniversitesi'nde yapılan bir doktora çalışmasıyla atılmıştır (Bektaş, 2007). VZA, çıktıların ağırlıklı toplamı ile girdilerin ağırlıklı toplamının oranını kullanarak homojen *Karar Verme Birimleri* (KVB)'nin görece etkinliklerini hesaplamakta ve tek girdi-tek çıktılı olarak bilinen etkinlik ölçümünü çok girdi-çok çıktılı duruma genelleştirmektedir (Lertworasirikul ve ark., 2003). VZA' da temel varsayım, tüm işletmelerin benzer stratejik hedeflere sahip olması ve aynı tür girdi kullanıp aynı tür çıktı üretmesidir (Oruç, 2008).

Parametrik olmayan programlama olarak da anılan VZA' nın sıklıkla kullanılma nedenleri arasında doğrusallığa dair bir varsayımda bulunmaması, doğrusal programlama şekline dönüştürülerek çözülebilmesi ve sonuçlarının yorumlanmasının kolay olması sıralanabilir.

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından önerilen ve kendi isimlerinin baş harfleri ile anılan CCR modeli *Ölçeğe Göre Sabit Getiri* (ÖGSG) durumunu varsayarken, Banker, Charnes ve Cooper tarafından geliştirilen BCC modeli *Ölçeğe Göre Değişken Getiri* (ÖGDG) durumunu varsaymaktadır. Ayrıca bu modeller girdi ve çıktı yönlü olarak değerlendirilmektedir.

Ramanathan (2003) şeffaf karar süreçlerinin tasarımında kullanılan çok sayıda yöntem ve teknik içerisinde temelde performans ölçümü için geliştirilen VZA' yı diğerlerinden ayıran güçlü özelliğın KVB' lerin sıralanmakla kalmayıp, etkinsiz KVB' lerin nasıl geliştirilebileceğini göstermesi olarak ifade etmektedir. Özcan (2007) ise yöntemin önemli özelliklerinden birini birden fazla girdi kullanılarak birden fazla çıktının elde edildiğı üretim ortamlarında, parametrik yöntemlerde olduğu gibi önceden belirlenmiş herhangi bir analitik üretim fonksiyonunun varlığına gereksinim duymadan ölçüm yapılabilmesi olarak değerlendirmektedir. Özyiğit ve ark. (2008) ise VZA' nın, performans analizinde yaygın olarak kullanılmasının en büyük nedeninin farklı birimlerdeki verilerin kullanılmasına olanak sağlaması ve ağırlıkların belirlenmesinde karar vericilere sağladığı avantaj olduğunu belirtmektedirler.

VZA önceleri hastaneler ve okullar gibi kar amacı gütmeyen kuruluşlarda uygulanmış, daha sonra sağlık, eğitim, bankacılık başta olmak üzere birçok sektörde geniş uygulama alanı bulmuştur.

VZA tekniğında öncelikle her bir KVB' nin görelı etkinlik skorları hesaplandıktan sonra, etkin ve etkinsiz KVB' ler belirlenmektedir. Etkin KVB' ler etkinlik sınırını oluştururken, etkinsiz KVB' ler girdilerini azaltarak ya da çıktıları artırarak referans aldıkları KVB' ye benzemeye çalışmaktadır.

VZA uygulamasında etkinlik skoru verilerdeki değişime karşı çok hassastır. Bu nedenle, veri seti içinde bulunabilecek bir uç değer etkinlik skorunu önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca, sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi için verilerin de sağlıklı olması gerekmektedir. Gerçek hayat problemlerinde ise

verilerin doğru olarak elde edilmesi önemli bir problemdir. Çeşitli nedenlerden dolayı kesin verilerle çalışılmamaktadır. Üstelik performans değerlendirmesinde kullanılacak bazı verilerin iyi, kötü vb. şeklinde sözel olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Verilerin bu özelliklerinden dolayı klasik VZA modelleri yetersiz kalmaktadır. Zadeh tarafından önerilen *Bulanık Teori*'ye dayanan *Bulanık Veri Zarflama Analizi* (BVZA) daha doğru etkinlik skorlarının elde edilmesi bakımından faydalı olmaktadır.

Bu çalışmada da Bellman ve Zadeh'in önerdiği yaklaşımın VZA ile birleştirildiği Bulanık Veri Zarflama Analizi tekniklerinden biri olan ve  $\alpha$ -seviye yöntemi baz alınarak geliştirilen *Aralık Veri Zarflama Analizi* tekniği kullanılarak, daha önce klasik VZA tekniği ile gerçekleştirilen Türkiye'de bulunan illerin rekabet edilebilirliği konulu çalışmanın verileri ile uygulama yapılacak ve sonuçlar karşılaştırılacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde etkinlik ölçümünde kullanılan temel kavramlar tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde Veri Zarflama Analizi konusu ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu bölümde öncelikle VZA'nın doğuşundan bahsedilmiş, yöntemin kullanım amaçları ve alanlarına değinilmiştir. Daha sonra literatürde yer alan VZA modellerine, analizin uygulamasında kullanılacak bilgisayar programlarına ve uygulama aşamalarına yer verilmiş, yöntemin güçlü ve zayıf yönleri belirtilmiştir. Dördüncü bölümde bulanık mantığın temel kavramlarına değinilmiştir. Beşinci bölümde *Bulanık Veri Zarflama Analizi*'nin teorik ayrıntıları incelenmiştir. Çalışmanın altıncı bölümünde, Türkiye'de yer alan iller rekabet edilebilirlik bakımından *Aralık Sayılarla Bulanık Veri Zarflama Analizi* yöntemi ile değerlendirilmiş, analiz sonuçları daha önce gerçekleştirilen çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

## 1.2. Literatür Taraması

VZA'nın prensipleri Farrell (1957)'a dayanmaktadır (Ramanathan, 2003). Farrell (1957) söz konusu çalışmasında, birden çok girdisi ve tek bir çıktısı olan birimlerin etkinliklerini incelemiş ve ilk kez etkinlik ölçümünde doğrusal programlamayı kullanmıştır (Güneş, 2006).

Radyal ölçüm, Debreu (1951) ve Farrell (1957) tarafından öne sürülmüştür. Ekonomik anlamından dolayı genel kabul gören bu ölçüm, teknik etkinsizliği gidermek için girdi odaklı durumda geliri sabit tutarken maliyette azalma, çıktı odaklı durumda maliyeti sabit tutarken gelirden artış oranına karşılık gelmektedir (Büyükbaşaran, 2005).

Radyal ölçümlerin yanında Koopman'ın teknik etkinlik tanımını kullanan radyal olmayan ölçümler ile teknik etkinliği gidermek için aynı anda çıktı seviyesini artırıp, girdi seviyesini düşürdükleri için global olarak adlandırılan global etkinlik ölçümleri de bulunmaktadır.

Veri Zarflama Analizi tekniğinin ilk modeli olan CCR, Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından önerilmiştir.

CCR'deki ölçeğe göre sabit getiri varsayımı yerine ölçeğe göre değişken getiri varsayımını temel alan BCC modeli Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından geliştirilmiştir.

Golany (1988) amaç programlama tabanlı VZA, Peterson (1990) ise konveks olmayan üretim imkânları kümeleri üzerinde çalışmıştır (Tarım, 2001).

Seiford ve Thrall (1990), Veri Zarflama Analizi modellerinin *girdi yönlü* ve *çıkıtı yönlü* olarak incelenmesini önermişlerdir (Güneş, 2006).

İlk kez Lotfi Zadeh (1965) tarafından önerilen ve Bellman ile Zadeh tarafından geliştirilen *Bulanık Mantık*, Veri Zarflama Analizi'nde ilk kez Sengupta (1992, 1993) tarafından kullanılmıştır.

Sengupta'ya göre VZA' daki kesin girdi ve çıktı değerleri ihtiyacı, yöntemin kullanım alanını sadece kesin verilere dayalı, belirsiz olmayan sistemlerle kısıtlamaktadır. Sengupta' nın modelinde karar verici, her kısıt için tolerans limitlerini kendisi belirlemektedir (Özyiğit ve ark. 2008).

Sengupta Zimmerman' ın, Triantis ve Girod ise Carlsson ve Korhonen' in yöntemini kullanmaktadır. Hougaard' ın yaklaşımı karar vericilerin uzman görüşleri gibi diğer bilgi kaynaklarının birleşimi olarak teknik etkinlik skorlarını kullanmalarına izin vermektedir (Leon ve ark. 2003)

Kahraman ve ark. (1999), Zimmermann' ın (1976) bulanık matematik programlama yöntemini temel alan bir bulanık VZA modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde girdi ve çıktı değerleri değil, kısıtlar bulanık olaylar olarak ele alınmıştır.



Karar verici tarafından belirlenen tolerans limitleri bu kısıtların ne kadar aşılabileceğini belirlemektedir (Özyiğit ve ark. 2008).

Belirsiz verilerle VZA çalışmaları ilk kez Cooper ve ark. (1999) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen model Belirsiz VZA (IDEA) olarak adlandırılmaktadır. IDEA modeli, ölçek dönüşümleri ve değişken değişimleri vasıtasıyla, doğrusal olmayan programlama problemini, doğrusal programlama problemine dönüştürmektedir (Güneş, 2006).

Kao ve Liu (2000), bulanık gözlemleri olan karar verme birimleri için bulanık etkinlik ölçümleri sağlayabilen bir yöntem geliştirmişlerdir. Temel düşünce, bulanık Veri Zarflama Analizi modelini kesin Veri Zarflama Analizi modellerinin bir serisine dönüştürmek için  $\alpha$ -seviyeler ve Zadeh (1965)'in genişletme prensibinin uygulanmasıdır. Kao ve Liu (2000),  $\alpha$ -seviyeleri yaklaşımını kullanarak bulanık VZA modelini bir doğrusal model ailesine dönüştürmüşlerdir.

Guo ve Tanaka (2001), çalışmalarında CCR modeline dayalı bir bulanık VZA modeli önermişlerdir. Ayrıca VZA ile Regresyon Analizi (RA) ilişkisini dikkate alarak bulanık VZA modelini genelleştirmişlerdir. Bu çalışmada, temel VZA modeli (CCR Modeli), bulanık girdi ve çıktılarla kullanılacak şekilde düzenlenmiştir.

Saati ve ark. (2002),  $\alpha$ -seviye yaklaşımını benimseyerek, bulanık CCR modelini bir olasılıklı-programlama problemi gibi tanımlayarak ve  $\alpha$ -seviyeleri kullanarak, bu modeli aralık programlamaya dönüştüren bir model önermişlerdir (Güneş, 2006). Bu yöntemde,  $\alpha$ -seviyelerinin alt ve üst sınırlarını kullanmak yerine, söz konusu aralık içinde, kısıtları sağlayan ve ilgili karar biriminin performansını maksimize edecek bir nokta bulunmaktadır. Bu nokta, formülasyona yeni bir değişken olarak katılmaktadır. Bu şekilde her karar birimi için bir adet etkinlik skoruna ulaşılmakla kalınmayıp,  $\alpha$ -seviyesinin bütün değerleri performans ölçümünde kullanılmaktadır (Özyiğit ve ark. 2008).

Despotis ve Simirlis (2002) çalışmalarında, belirsiz verilere Veri Zarflama Analizi uygulayarak etkinlik ölçümü yapmışlardır (Güneş, 2006).

Leon ve ark. (2003), Guo ve Tanaka (2001)'in düşüncesine dayalı olarak bazı sıralama yöntemleri kullanarak, özellikle BCC olmak üzere klasik VZA

modellerinin bulanık uyarlamalarını geliştirmişlerdir. Model yamuksal ve üçgen bulanık verilerin kullanılmasına imkân sağlamaktadır.

Lertworasirikul ve ark. (2003) ise, yine olabilirlik seviyelerinden yola çıkarak bir bulanık VZA modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde, VZA modelleri olasılık VZA modellerine dönüştürmüş ve bulanık sıralama yöntemleri kullanılmıştır.

Jahanshahloo ve ark. (2004) çalışmasında, bulanık sayıların bulanık bir karşılaştırması tanımlanmış ve VZA’da bulunan aylak tabanlı model bulanık hale getirilmiştir

Cooper ve ark. (2004), VZA’nın değişik ülkelerde kullanımı ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu araştırma kapsamında 15 adet çalışmanın özetlerine yer verilmiştir. Tavares, VZA’nın 1978–2001 yılları arasındaki bibliyografisini hazırladığı çalışmasında 42 ülkeden 270 üniversite ve 40 farklı organizasyondan 3235 çalışma, kitap vb. kaynaklar göstermektedir

Wang ve ark. , aralık sayılarla ifade edilen verilerle Veri Zarflama Analizi tekniğini kullanarak, bir Aralık Veri Zarflama Analizi modeli çifti geliştirmişler ve bulanık etkinlik ölçümü yapmışlardır (Tarım, 2001).

Güngör ve Demirgil (2005), denize sınırı olmayan Batı Anadolu’daki 24 ilde bölgesel rekabet yapısını bulanık VZA ile araştırmışlardır. Bu çalışmada kullanılan veriler, Z.C Aydemir (2002) tarafından hazırlanan “Bölgesel Rekabet Edilebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Göreceli Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması” adlı DPT uzmanlık tezinden alınmıştır. Ancak veri toplanmasında hata yapılabileceği düşünülerek Aydemir’in çalışmasından farklı olması için bulanık VZA kullanılmış ve tüm iller yerine Isparta’nın içinde yer aldığı denize sınırı olmayan Batı Anadolu’daki 24 il alınarak homojenliğinin sağlanması hedeflenmiştir.

Garcia ve ark. (2005), hata modu ve etki analizi (FMEA) için bulanık VZA yaklaşımı geliştirmişlerdir.

Hsu (2005) çalışmasında, çok uluslu Araştırma-Geliştirme Projeleri Performans Değerlendirmesi için Dengeli Skor Kartı ve Bulanık Veri Zarflama Analizini kullanmıştır.

Omero ve ark. (2005)'nin literatüre katkısı, bulanık mantık tabanlı bir çok nitelikli karar destek sistemi tasarlamak yönünde olmuştur. Bu araç, üretim birimlerinin değişik analizlerden elde edilen performans değerlerini birleştirmektedir. Çalışmanın temel amacı her birim için genel bir performans indeksi geliştirmek ve sıralamaktır. Çalışmanın uygulaması İtalya'da bulunan şirketler üzerinde yapılmıştır.

Soleimani-damaneh ve ark. (2006), bazı BVZA modellerinde var olan gizli tehlikeleri teorik açıdan tespit ederek, bu tehlikeleri içermeyen yeni bir yaklaşım önermişlerdir.

Wu ve ark. (2006), bulanık veri zarflama analizini kullanarak 808 banka şubesinin etkinliklerini analiz etmişlerdir. Çalışmada, çevresel değişkenlerle başedebilmek için bulanık mantık VZA ile birlikte uygulanmış, böylece değişik bölgelerdeki banka şubelerinin performansı değerlendirilmiştir. Ayrıca sonuçlar geleneksel VZA ile de karşılaştırılmıştır. Önerilen model Lertworasirikul ve ark. (2003) formülasyonu üzerine kurulmuştur. Ancak, hem kesin hem de bulanık verilerle çalışması yönünden o çalışmada VZA ile veri madenciliği tekniklerinin birleştirilerek ileri çalışmalar yapılabileceği belirtilmektedir.

Liu ve Chuang(2007), Tayvan'da yer alan üniversite kütüphanelerinde girdi ve çıktı verileri konveks bulanık sayı olduğunda kullanılan bir bulanık bir VZA/GB (Güvenlik Bölgesi) tekniği geliştirerek uygulamışlardır.

Kuo ve Wang (2007) Tayvan'da bulunan 48 çok uluslu şirketin etkinliğini ölçmek üzere bulanık VZA'dan yararlanmış, skorları sıralamak için Chen ve Klein (1997) tarafından önerilen indeksi kullanmışlardır.

Veri Zarflama Analizi uygulanan çalışmalarda genellikle sadece teknik etkinlik seviyesi hesaplanmaktadır. Fakat girdilerin hangilerinin ne seviyede etkisiz kullanıldığı ve nedenlerinin belirlenmesi açısından girdi tıkanıklığı ve aylak girdilerin de belirlenmesi gerekmektedir. Yeşilyurt ve Yeşilyurt (2007)'un çalışmasında şimdiye kadar oldukça ihmal edilmiş bu değişkenler hesaplanmıştır. Çalışma kapsamındaki 125 hastane, Sağlık Bakanlığı'na bağlı küçük ölçekteki hastanelerdir.

Babacan ve ark. (2007) çalışmasında VZA tekniği kullanılarak, 2000–2005 yılları arasında kamu üniversiteleri ile Cumhuriyet Üniversitesi (CÜ)' nün etkinlik

ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu hesaplamalarda 53 devlet üniversitesi karar verme birimi olarak kullanılmış ve CÜ' nün etkinliği diğer üniversite etkinliklerine göre beş yıl üst üste ortalamanın da altında kalarak sürekli kötü bir durum sergilemiştir.

Wen ve Li (2008) çalışmalarında, geleneksel VZA modellerini bulanık çerçeveye genişletmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla güvenilirlik ölçümüne dayalı bir bulanık VZA modeli geliştirmişlerdir. Ayrıca tüm KVB' leri sıralamak için bir yöntem geliştirmişlerdir. Bulanık modelin çözümü için bulanık benzetim ve genetik algoritmanın birleştirildiği hibrit bir algoritma tasarlamışlardır. Son olarak geliştirilen bulanık modelin denenmesi için tümü üçgensel değişken olan iki girdi ve iki çıktının kullanıldığı bir örnek çözülmüştür.

Özyiğit ve ark. (2008), Türkiye'de elektrik üretimi için kullanılacak enerji kaynak alternatiflerinin etkinliğinin ölçülmesi için Bulanık VZA (BVZA) kullanmışlardır. Makalede, Charnes ve ark. (1978) tarafından geliştirilen klasik VZA modelinin (CCR modeli) dual formunu temel alan yeni bir bulanık VZA formülasyonu (*Dual Bulanık Veri Zarflama Analizi-DBVZA*) önerilmektedir. Bulanık model,  $\alpha$ -seviyeleri yaklaşımı kullanılarak doğrusal modele dönüştürülmüştür. DBVZA modelinde, diğer bulanık VZA modellerinden farklı olarak, Karar Birimleri (KB)' nin etkinliği ölçülürken, bulanık girdi ve çıktı değerlerinin  $\alpha$ -seviyelerinin uç noktaları yerine, tüm  $\alpha$ -seviyeleri performans ölçümünde kullanılmakta ve böylelikle aralığın içindeki verilerin de etkinlik analizinde dikkate alınması sağlanmaktadır. DBVZA' nın karar vericilere sağladığı bir diğer avantaj, tüm  $\alpha$  seviyelerinde etkinlik sınırında yer alan, bir başka deyişle % 100 etkin olan KB sayısının diğer bulanık VZA yöntemlerine göre düşük olmasıdır. Bu durum, KB' lerin etkinliklerine göre sıralanmasını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca DBVZA ile yapılan uygulamalarda karar birimlerinin etkinliklerine göre sıralanabilmesi için herhangi bir bulanık sıralama yöntemine ihtiyaç duyulmamaktadır.

Wang ve ark. (2008), iki yeni BVZA modeli oluşturmuşlardır. Önerilen BVZA modelleri ve sıralama yaklaşımı Çin'de bulunan 6 imalat işletmesinin performansının değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Ürün kalitesi müşteriler

tarafından *mükemmel*, *çok iyi*, *iyi*, *orta*, *kötü* ve *çok kötü* sözel ifadeleri kullanılarak elde edilmiştir.

Cook ve Seiford (2009) çalışmasında, VZA' nın metodolojik gelişim odaklı bir şekilde 30 yıllık gelişimi incelenmiştir. Özellikle etkinlik ölçümü için değişik modeller, çarpanlar üzerindeki kısıtları dâhil eden yaklaşımlar, değişkenlerin durumu hakkındaki düşünceler ve veri değişiminin modellenmesi konularına önem verilmiştir.

Wu (2009), performans değerlendirme için VZA ve bulanık tercih ilişkilerini kullanan bütünleştirilmiş bir yöntem önermiştir.

VZA ile ilgili 2001 yılına kadar 3200 yayın yapıldığı belirtilmiştir (Çağlar 2003). Yöntemin birçok alanda uygulanabilirliği, hiç kuşkusuz teorik alandaki başarısından kaynaklanmaktadır. Bu yönde 1983–1992 yılları arasında yapılan çalışmalar Bektaş (2007) tarafından çalışma alanlarına göre sınıflandırılmıştır. Bu bilgilerden hareketle hazırlanan Çizelge 1.1. aşağıda yer almaktadır.

Çalışma kapsamında VZA ve Bulanık Mantık ile ilgili temel kitaplar da araştırılmıştır.

Cooper ve ark.(2000) çalışmasında, VZA ile ilgili teorem ve ispatlara geniş bir şekilde yer verilmiştir. Her bölüm sonunda ilgili literatür ve DEA-Solver modülleri yer almaktadır. Bu anlamda uygulamacılar için iyi bir kaynak hazırlanmıştır. Basit CCR modelleri ile başladıkları kitapta; alternatif modellerden BCC, Toplamsal, Aylak Tabanlı ve Serbest Düzen Zarf modellerine yer vermiş; ölçek kavramına değindikten sonra kısıtlı çarpanlar başlığı altında Güvenlik Bölgesi (GB), Koni Oran ve GB kullanan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile ilgili bir yönteme yer verilmiştir. Kategorik değişkenler incelendikten sonra, Sıra-Toplam istatistikleri ile VZA ilişkisine değinilmiş, daha sonra maliyet faktörünün devreye girdiği dağıtım modelleri ele alınmıştır. Veri değişikliklerinden sonra “Doğrusal Programlama ve Dualite” ve “DEA-Solver Programına Giriş” konularında ilave bilgiler verilmiştir.

**Çizelge 1.1.** Çalışma Alanlarına Göre 1983–1992 Yılları Arasında Gerçekleştirilen Çalışmalar

<b>Çalışma Alanı</b>	<b>Araştırmacı</b>	<b>Yıl</b>
Yönteme genel bir teorik çatı kazandırma çalışmaları	Fare ve Grosskopf	1983
	Banker	1984
	Banker, Charnes ve Cooper	1984
	Charnes, Cooper, Golány, Seiford ve Stutz	1985
	Fare, Grosskopf ve Lovell	1985
	Charnes ve Cooper	1985
	Grosskopf	1986
	Epstein ve Henderson	1988
	Yolalan	1990
	Seiford ve Thrall	1990
	Boussofiane, Dyson ve Thanassoulis	1991
	Desai ve Walters	1991
Ölçek etkinliğinin ölçülmesi yönündeki çalışmalar	Banker	1984
	Banker, Charnes ve Cooper	1984
	Banker ve Thrall	1990
Azalan oranlar kavramının ölçülmesi yönündeki çalışmalar	Fare ve Lovell	1978
	Byrnes, Fare ve Grosskopf	1984
	Fare, Grosskopf ve Lovell	1985
	Byrnes, Fare, Grosskopf ve Lovell	1988
Pareto etkinliğinin ölçülebilmesi yönündeki çalışmalar	Charnes, Cooper ve Thrall	1986
	Fare ve Hunşaker	1986
	Yolalan	1990
	Lang ve Yolalan	1991
Kontrol edilebilir ve kontrol edilemez girdi-çıktıların önerildiği çalışmalar	Banker ve Morey	1986
	Banker ve Morey	1986
	Kamakura	1988
Stokastik bir yapı kazandırma çalışmaları	Sengupta	1987-1988

**Çizelge 1.1. (Devam)** Çalışma Alanlarına Göre 1983–1992 Yılları Arasında Gerçekleştirilen Çalışmalar

<b>Çalışma Alanı</b>	<b>Araştırmacı</b>	<b>Yıl</b>	
VZA'nın parametrik yöntemlerle karşılaştırılması alanındaki çalışmalar	Banker, Gonrad ve Strauss	1986	
İşletmelerin zaman içerisindeki görece etkinliklerinin ölçülmesi konusundaki çalışmalar	Klopp	1985	
	Eechambadi	1985	
	Fare	1986	
	Bovvlin	1987	
Çarpımsal VZA modellerinin önerildiği çalışmalar	Banker, Charnes, Cooper ve Schinnar	1981	
	Charnes, Cooper, Seiford ve Stutz	1992-1983	
	Banker ve Maindiratta	1986	
	Ahn, Charnes ve Cooper	1988	
	Sueyoshi ve Chang	1989	
Girdi-çıkıtı ağırlıklarının sınırlandırılması çalışmaları	Thompson, Langemeier, Lei, Lei ve Thrall	1986	
	Dyson ve Thanassoulis	1988	
	Golany	1988	
	Roll, Cook ve Golany	1988	
	Cook, Roll ve Kazakov	1988	
	Beasley	1990	
	Wong ve Jeasley	1990	
	Yolalan	1990	
	Ali, Cook ve Seiford	1991	
	Oral, Kettani ve Lang	1991	
	Lang, Oral, Yolalan, Kettani	1992	
	Cook, Kress ve Seiford	1992	
	Doğal olarak zarflanamayan karar birimlerinin ölçülmesi konusundaki çalışmalar	Bessent, Bessent, Clark ve Elam	1988
		Lang, Yolalan ve Kettani	1991

Tarım (2001)'de, Türkçe literatürde etkinlik ve verimlilik konularında yaşanan kavram karmaşasının aşılması amacıyla, konunun sözel tanımının yapılması yerine aksiyomatik bir yapı içinde anlatılması uygun görülmüş, temel kavramlara değinildikten sonra kesirli programlamadan itibaren VZA modellerine yer verilmiş, teknik ölçek ve tahsis etkinliği kavramlarına değinilmiş, dışsal değişkenler incelenmiş ve son olarak banka ve otel uygulamasına da yer verdiği Malmquistik TFP Endeksi yaklaşımı ele alınmıştır.

Şen (2001), yazarın İstanbul Teknik Üniversitesi konu ile ilgili olarak vermiş olduğu dersler neticesinde ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, belirsizlik kavramları ve üyelik fonksiyonlarından sonra klasik ve bulanık kümeler karşılaştırılmış, küme ilişkileri ve durulaştırma bölümlerinden sonra bulanık kurallar ve sistemler bölümü ile kitap tamamlanmıştır.

Ramanathan (2003)'te, genel bilgilere yer verildikten sonra VZA' nın matematiksel programlama kısmına değinilmiş, ölçek ekonomisi ve çeşitli VZA modelleri başlıkları altında pencere analizi, Malmquistik verimlilik analizi, güvenlik bölgesi ve koni oran yaklaşımı, kategorik girdi ve çıktılar gibi gelişmelere yer verilmiştir. EMS, DEAP, GAMS ve MS Excel gibi VZA uygulamalarında kullanılabilen bilgisayar programları ile ilgili kısa bilgilerden sonra araştırmacılar için faydalı olabilecek VZA Bibliyografisi ve Hindistan'da yer alan ulaşım, eğitim, enerji sektörleri için uygulamalar bulunmaktadır. Son olarak VZA' nın uygulama süreci ile ilgili olarak ilave tartışmalara yer verilmiştir.

Sherman ve Zhu (2006) çalışması, Zhu'nun geliştirmiş olduğu DEAFrontier yazılımını içermektedir. Bu çalışmada, hizmet verimliliği üzerine yoğunlaşmış, banka, hastane, hükümet gibi uygulamalar için ayrı bölümlere yer verilmiştir. DEA Frontier yazılımına alternatif olarak MS Excel Solver kullanılarak VZA uygulamasına da yer verilmiştir.

Ayrıca Türkiye'deki yükseköğretim kurumlarının İstatistik, Endüstri Mühendisliği ve İşletme bölümlerinde de VZA ile ilgili yüksek lisans ve doktora çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında belediyeler, üniversiteler, bankalar ve hastanelerde çeşitli uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların güncel olanlarından bazıları aşağıda tanıtılmaktadır.



Aydemir (2002) uzmanlık tezinde, bölgesel rekabet edebilirlik kapsamında illerin kaynak kullanım göreliliği VZA ile tespit edilmiştir. Ülke kaynaklarının verimli kullanılmasında yol gösterici nitelikte olan çalışmanın verileri, bu çalışmanın uygulama bölümü için de kaynak teşkil etmiştir.

Özpeynirci (2004) yüksek lisans tezinde, KVB'lerin etkinlik skorlarını belirlerken çıktılarla girdiler arasındaki zaman farkını yakalamayı amaçlayan bir yaklaşım geliştirilmiştir. Rassal olarak oluşturulmuş problemlerin sonuçlarının yanı sıra Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'nun (TÜBİTAK) Araştırma-Geliştirme enstitüleri için yapılan bir uygulama da çalışmada yer almaktadır.

Çağlar (2005) doktora tezinde, Gereksizliği Belirleme Analizi, Koni Oran Yaklaşımı, Garanti Bölgesi Yaklaşımı ve Kanonik Korelasyon Analizi kullanılmıştır.

Büyükbaşaran (2005) yüksek lisans tezinde, faydasal etkinlik analizi ve VZA'nın hedef tespiti ve hedef yönelim yaklaşımları geliştirilerek Amerika'da yer alan araştırma üniversitelerinin sıralanmasında uygulanmış ve diğer sıralama yöntemleri ile karşılaştırma yapılmıştır.

Yalama (2006) yüksek lisans tez çalışmasında, entellektüel sermayeyi entellektüel katma değer katsayısı (VAIC) ile ölçülerek VZA ile karlılığa etkisi sınanmıştır. Bu amaçla IMKB'ye kote olan bankalarda uygulama gerçekleştirmiş ve bu tez çalışması İktisadi Araştırmalar Vakfı'nca düzenlenen Ünal Aysal Tez Değerlendirme Yarışması'nda dereceye girmiştir.

Güneş (2006) yüksek lisans tezinde, klasik Veri Zarflama Analizi ve Bulanık Veri Zarflama Analizi teknikleri açıklanarak, Bulanık VZA teknikleri arasından seçilen *Aralık Sayılarla Bulanık Veri Zarflama Analizi* yöntemi ile Türkiye'de birinci derece kalkınma öncelikli yörelerin performansları analiz edilmiştir.

Bektaş (2007) yüksek lisans tezinde, VZA ile Diskriminant Analizi (DA)'nın tek çatı altında toplanması ile oluşturulan ve yeni bir model olan DEA-DA analizi ile yine yeni bir model olan Çok Kriterli Karar Verme Modeli (ÇKKVM) kullanılarak, Türkiye'de faaliyet gösteren 47 bankanın 2005 yılında elde edilen verilerine göre, seçilen kriterler bazında göreliliğinin

bulunması ve farklı doğrusal sınıflandırma yaklaşımlarının birbirlerine olan üstünlüklerinin ya da yanlış sınıflama oranlarının belirlenmesi, ayrıca etkinlik kapsamında girdi-çıktı seçiminin de ne kadar önemli olduğunun gösterilmesi amaçlanmıştır.

Özcan (2007) yüksek lisans tezinde, 1999–2005 yılları arasında sürekli olarak faaliyet gösteren 29 adet ticaret bankasının verilerine CRR ve BCC modelleri uygulanmıştır. Sonuç olarak ortalama etkinlik yüzdesinin en yüksek olduğu banka grubu yabancı sermayeli bankalar olarak tespit edilmiştir.

Canbek (2007) yüksek lisans tezinde, Veri Zarflama Analizi ile İstanbul'da bulunan özel hastanelerin etkinlikleri incelenmiştir.

Sarıca (2007) yüksek lisans tezinde, üniversitelerin performansa göre yönetimi için klasik Veri Zarflama Analizi tabanlı, bir karar destek sistemi tasarım çalışması gerçekleştirilmiştir.

Oruç (2008) doktora tezinde, Türkiye'deki 24 devlet üniversitesinin 2006 yılı etkinlik ölçümleri 10 farklı BVZA modeli yardımıyla incelenmiştir.

## 2.GENEL KAVRAMLAR

Günümüzde üretim-hizmet, özel-kamu, kar amaçlı-kar amaçlı olmayan ayırt etmeksizin tüm işletmeler öncelikle kendileri ile benzer durumdaki işletmeler ile yoğun rekabet içerisindeyler. Bu rekabet ortamında en az girdi ile en çok çıktıyı kaliteli bir şekilde üretmek durumundadırlar.

İşletmelerin konumlarını belirlemek ve devamında durumlarını iyileştirmek üzere karar almak amacıyla, çeşitli ölçüm yöntemlerini kullanmaları gerekmektedir. İşletmelerin çıktıları ile girdileri arasındaki ilişkinin belirlenmesinde bu ölçüm yöntemlerinden etkinlik ve verimlilik analizleri öne çıkmaktadır.

### 2.1. Performans

VZA performansa dayalı bir yöntemdir. Performans, bir işletmenin belirli bir zaman diliminde elde ettiği başarı derecesi olarak tanımlanırken (Oruç, 2008), performans değerlendirme, önceden belirlenmiş standartlara ya da diğer benzer performanslara dayanarak performansın ölçülmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (Canbek, 2007).

Performans ölçümü, daha önceden özel sektörde sıklıkla uygulanırken, Türkiye’de 2006’dan bu yana kamuda da kanunen uygulanması zorunlu olan “Stratejik Planlama” döngüsünü devam ettiren çok önemli bir bileşendir.

Kurumsal performans ölçümü hedeflere ulaşma ve kurumun nereye gittiği anlamında makro anlamda bilgi sunarken, mikro anlamda bireysel performans ölçümü personelin ücret, terfi, eğitim gibi ihtiyaçlarının değerlendirilmesinde oldukça faydalı bir araçtır.

*Üretim Sınırı ve Üretim İmkânları Kümesi, Verimlilik ve Etkinlik* kavramları performansı yansıtmaktadır.

## 2.2. Üretim Sınırı ve Üretim İmkânları Kümesi

*Verimlilik*, en basit tanımı ile çıktının girdiye oranı olarak tanımlanırken (Tarım, 2001) *etkinlik*, tüketilen girdilerle mümkün olan maksimum çıktıyı üretme başarısı olarak ifade edilmektedir (Güneş, 2006). Bu anlamda değerlendirildiğinde, verimlilik ve etkinliğin girdilerin çıktılara dönüştürülme süreci olarak tanımlanabilecek *üretim* kavramına bağlı olduğu görülmektedir.

Bir işletmenin elde ettiği çıktılar ile kullandığı girdiler arasındaki ilişkiler *üretim fonksiyonu* olarak tanımlanmaktadır (Çağlar, 2003). Bir üretim fonksiyonu belirli bir girdi bileşimi ile ulaşılabilecek maksimum çıktı miktarını ya da belirli seviyede çıktı üretimi için gerekli olan minimum girdi miktarını tanımlar (Liu ve Chuang, 2007). Bu fonksiyon yardımıyla girdilerde meydana gelene değişimlerin (artma/azalma) çıktıları nasıl etkileyeceği incelenebilmektedir.

*Üretim sınırı*, etkinlik ölçümünde üretim fonksiyonun maksimum olma özelliğini vurgulamaktadır (Canbek, 2007). Etkinlik ölçümü, etkin üretim fonksiyonunun (üretim sınırının) bilindiği varsayımı altında yapılmaktadır (Tarım, 2001). Bu anlamda doğru etkinlik skorları elde etmek adına üretim sınırının doğru bir şekilde belirlenmesi ve işletmelerinin etkinliklerinin bu sınır esas alınarak görelilik olarak ölçülmesi gerekmektedir.

Belirli bir üretim teknolojisi ile gerçekleştirilmesi mümkün olan tüm girdi-çıkıtı dönüşümleri *Üretim İmkânları Kümesi* ni oluşturmaktadır.

Bir üretim sürecinde,

$n$  : İncelenen KVB sayısı

$m$  : Kullanılan girdi faktörü sayısı

$s$  : Üretilen çıktı faktörü sayısı

$X$  :  $n$  tane KVB' ye ait  $m \times n$  boyutlu girdi matrisi

$Y$  :  $n$  tane KVB' ye ait  $s \times n$  boyutlu çıktı matrisi

$\Omega$  : Üretim imkânları kümesi

$(x, y)$  : Üretim imkânları kümesine ait bir girdi-çıkıtı vektörü olarak tanımlanmaktadır.

Her biri bir gözlem olan  $n$  adet karar birimi içinden karar birimi  $k$ -inci karar biriminin kullandığı girdi miktarı  $x_{ik}$ ,  $k = 1, \dots, n$ ;  $i = 1, \dots, m$  ve ürettiği çıktı miktarı  $y_{rk}$ ,  $r = 1, \dots, s$  olmak üzere, literatürde Üretim İmkanları Kümesi'nin tanımlanmasında temel alınan aksiyomlar aşağıda verilmektedir:

$$(1) (x, y) \in \Omega, y \neq 0 \Rightarrow x \neq 0$$

Üretim sürecinde çıktı elde edilebilmesi için girdi kullanılması gerekir.

$$(2) (x, y) \in \Omega, x < \infty \Rightarrow y < \infty$$

Sonlu miktarda girdi, üretim süreci sonunda sonlu miktarda çıktıya dönüşecektir.

$$(3) (x, y) \in \Omega, x \leq x^l \Rightarrow (x^l, y) \in \Omega$$

Belirli bir çıktı bileşimi herhangi bir girdi bileşimi ile elde edilebiliyorsa, aynı çıktı düzeyine daha fazla girdi kullanılarak da ulaşılabilir. ( $l$  üst indisi var olan girdinin farklı bir değerini ifade etmektedir.)

$$(4) (x, y) \in \Omega, y \geq y^l \Rightarrow (x, y^l) \in \Omega$$

Belirli bir çıktı bileşimini üretmek için kullanılan girdi miktarı ile daha az miktarda çıktı üretilebilir.

$$(5) (x_k, y_k) \in \Omega, \forall k \in \{1, \dots, p\} \text{ ve } \sum_{k=1}^p \lambda_k = 1, \lambda_k \geq 0 \Rightarrow$$

$$\Omega = \left\{ (x, y) \left| x = \sum_{k=1}^p \lambda_k x_k, y = \sum_{k=1}^p \lambda_k y_k \right. \right\}$$

Gözlenen KVB'lerin girdi ve çıktı değerlerinin doğrusal kombinasyonları da mevcut koşullar altında gerçekleştirilebilir. Bu aksiyom sonucunda, dışbükey bir küme tanımlanmaktadır.

$$(6) (x, y) \in \Omega, k \in (0, 1] \Rightarrow (kx, ky) \in \Omega$$

Girdi-çıktı oranını değiştirmeden ölçek azaltılabilir. Yani herhangi bir ölçekte elde edilen girdi-çıktı vektörü, daha küçük bir ölçekte de elde edilebilir.

$$(7) (x, y) \in \Omega, k \in [1, \infty) \Rightarrow (kx, ky) \in \Omega$$

Girdi-çıktı oranını değiştirmeden ölçek artırılabilir. Yani herhangi bir ölçekte elde edilen girdi-çıktı vektörü, daha büyük bir ölçekte de elde edilebilir.

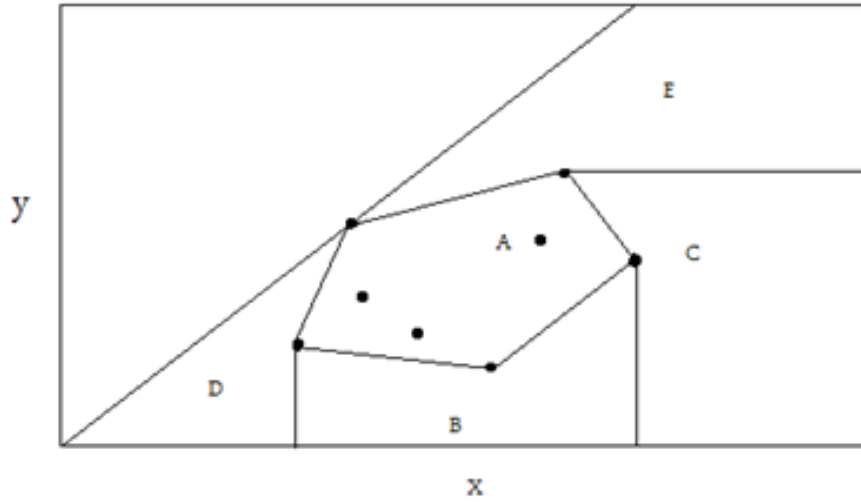
$$(8) \forall j = 1, \dots, n \Rightarrow (\vec{x}_j, \vec{y}_j) \in \Omega$$

Gözlem kümesini oluşturan  $n$  tane KVB, üretim imkânları kümesini doğru bir şekilde temsil eder.

(9)  $\Omega$ , yukarıda belirtilen tüm aksiyomları sağlayan en küçük kümedir.

Etkinlik düzeyi, mevcut gözlemlerden daha iyi olup da gözlenmemiş olan KVB'ler yoktur (Güneş, 2006).

Üretim İmkanları Kümesi'nin geometrik yeri Şekil 2.1' de, tek girdi-tek çıktı olması durumu için gösterilmektedir. Doğrunun altında kalan alan, yukarıda sözü edilen tüm aksiyomların geçerli olduğu bölgedir ve dolayısıyla Üretim İmkanları Kümesi'ni temsil etmektedir.



Şekil.2.1 Üretim İmkanları Kümesi (Tarım 2001)

Şekil 2.1. de yer alan bölgeler yukarıda sözü edilen aksiyomlar ile birlikte değerlendirildiğinde;

- A Bölgesi, aksiyom 1, 2, 5, 8, 9
- AUB Bölgesi, aksiyom 1, 2, 4, 5, 8, 9
- AUBUC Bölgesi, aksiyom 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9
- AUBUCUD Bölgesi, aksiyom 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9
- AUBUCUE Bölgesi, aksiyom 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9
- AUBUCUDUE Bölgesi, aksiyom 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

geçerli olduğunda tanımlanan üretim imkanları kümesini temsil etmektedir (Canbek, 2007).

Bu Üretim İmkânları Kümeleri arasında A kümesi, aynı miktarda girdi kullanarak daha az çıktı üretmenin mümkün olamayacağı varsayımından hareketle gerçekçi değildir (Tarım, 2001).

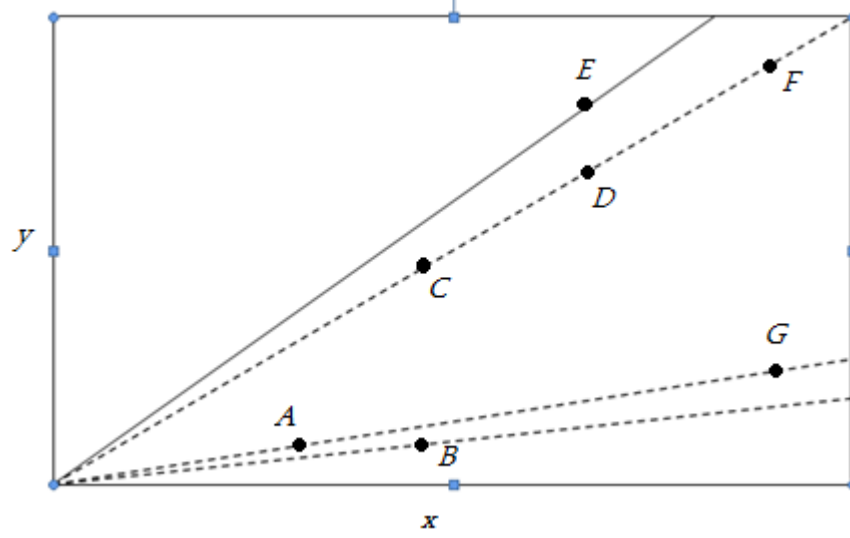
Üretim İmkânları Kümesi'ndeki birimlerden bazıları diğerlerine göre daha az savurgandır ve bu nedenle daha etkin olarak tanımlanmaktadırlar. Herhangi bir girdi-çıkıtı bileşimi için eğer çıktılardan bir kısmını girdileri sabit tutarak artırmak mümkün değilse, bu elemanın üretim süreci boyunca israfta bulunmadığını göstermektedir. İsrafın olmaması, girdi bileşiminin en uygun şekilde kullanılarak mümkün olan maksimum çıktının üretilme başarısı anlamına gelmektedir (Özcan, 2007).

Bu tanımlardan hareketle *Görelî Etkinlik* ölçüsü ise bir KVB' nin üretim sınırı altında kalma derecesi olarak tanımlanmaktadır (Güneş, 2006).

### 2.3. Verimlilik

*Üretkenlik* ya da *prodüktivite* olarak da adlandırılabilen *verimlilik* kavramının, çıktının girdiye oranı (Tarım, 2001), bir üretim ya da hizmet biriminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı üretmek için kullandığı girdi arasındaki ilişki (Oruç, 2008) ve kaynakların ne ölçüde etkin ve etkili kullanıldığına ilişkin bir ölçü (Canbek, 2007) vb. gibi çeşitli tanımları bulunmaktadır. Sarıca (2007) ise verimliliği, “mümkün olan en düşük kaynak harcaması ile en yüksek sonucu elde etmek” olarak tanımlamaktadır. Tüm bu tanımlar göz önüne alındığında; verimlilik, bir işletmenin belli bir çıktıyı en az girdi kullanarak elde etmesi, kıt kaynakların en etkin bir şekilde kullanması ya da en yüksek çıktıyı kullanılabilir en az girdi ile elde etmesi olarak tanımlanabilmektedir (Bektaş, 2007).

Verimlilik kavramını geometrik olarak ifade etmek gerekirse, Şekil 2.2' de (0,0) noktasından başlayan ve KVB' yi temsil eden noktadan geçen çizginin eğiminin, bu karar birimi için verimlilik değerini gösterdiği görülmektedir. Bu çizginin eğiminin artması verimliliğin yükseldiği, azalması ise verimliliğin düştüğü anlamına gelmektedir. En yüksek verimliliğe sahip olan E karar biriminin bulunduğu ölçek büyüklüğü, *En Verimli Ölçek Büyüklüğü* (EVÖB) olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2.2. Verimlilik (Tarım 2001)

## 2.4. Etkinlik

*Etkinlik* (iş doğru yapma), bir işletmenin üretim kaynaklarından ne düzeyde yararlandığını ya da bu üretim kaynaklarını nasıl kullandığını gösteren bir performans boyutu olarak tanımlanmaktadır (Sarıca, 2007). Dolayısıyla etkinlik, çıktıları üretmede kaynakların optimal kullanılma derecesini belirlemektedir (Oruç, 2008). Canbek (2007), bu özelliğinden dolayı etkinliğin toplam performansı yansıtan en önemli performans boyutu olduğunu ifade etmektedir. Genellikle işletmenin uzun dönem hedefleri ile ilgilenen etkinlik, *Gerçekleşen Çıktı/ Planlanan Çıktı* oranından hareketle elde edilebilmektedir.

*Girdi ve Çıktı Yönlü* olmak üzere iki çeşit etkinlik ölçümü yapılabilmektedir. Girdi yönlü etkinlik ölçümünde çıktı seviyesi sabit iken daha az girdi kullanabilme yeteneği ölçülür; çıktı yönlü ölçümde girdi seviyesi sabit tutulur ve çıktı seviyesi arttırılmaya çalışılır.

*Verimlilik* kavramı literatürde *etkinlik*, *etkenlik*, *etkililik* gibi bazı kavramlarla karıştırılabilmektedir. Muhtemelen yabancı kaynaklardan yapılan farklı çeviriler neticesinde bu durumun ortaya çıktığı düşünülebilir. Buna göre, belirtilen kavramlar arasındaki farkın belirlenmesi gerekmektedir.



Mal ya da hizmet üreten işletmelerin üretim miktarının (toplam çıktının) kullandığı toplam girdilere oranı olarak ifade edilen verimlilik etkinlikten daha sınırlı bir kavramdır (Çağlar, 2003).

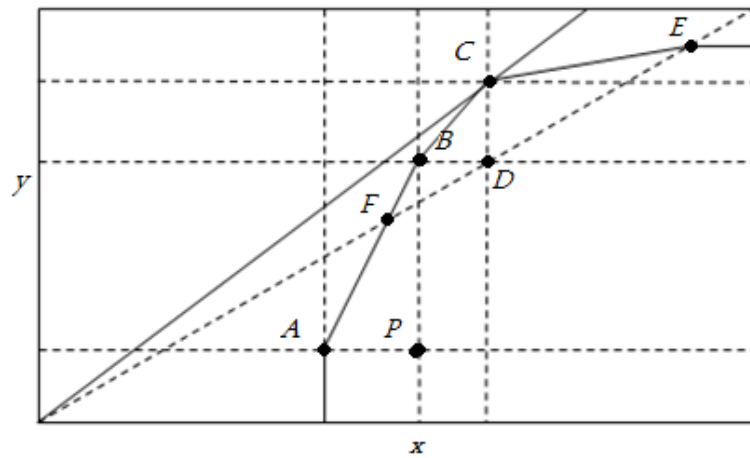
Sarıca (2007) *etkenliği*; belirlenen amaçlara ve ihtiyaçlara ulaşma derecesi olarak tanımlarken bu durumun *doğru işi yapma* olduğunu ifade etmekte ve verimin etkenlikten farklı olarak işletmenin girdilerinin kullanımı ile ilgili olduğunu, amaçlara değil araçlara yönelik olduğunu belirtmektedir. Çağlar (2003) ise aynı tanımları *etkililik* kavramına yüklemiştir. Buradan etkenlik ve etkililik kavramlarının aynı anlama geldiği anlaşılmaktadır.

Etkinlik kavramı kapsamında *teknik etkinlik*, *ölçek etkinliği* ve *Farrell etkinlik ölçümü* inceleyecektir.

#### 2.4.1. Teknik etkinlik

Bir üretim sürecinde yer alan bir KVB' nin çıktılarından bir kısmını girdilerini sabit tutarak arttırmak mümkün değilse, bu KVB üretim sürecinde israfa bulunmamaktadır ve *teknik etkin* olarak tanımlanmaktadır (Güneş, 2006). Diğer bir ifade ile, teknik etkinlik, mevcut teknoloji çerçevesinde belirli bir girdi bileşimi kullanılarak maksimum çıktının elde edilmesi ya da belirli bir çıktı bileşiminin minimum girdi kullanılarak üretilmesi başarısıdır (Sarıca, 2007).

Teknik etkinlik ve verimlilik arasındaki farkı açıkça ortaya koymak üzere Şekil 2.3 'teki Üretim İmkanları Kümesi incelendiğinde;



Şekil 2.3. Teknik Etkinlik ve Verimlilik (Tarım 2001)

- i. A, B, C, E, ve F gözlemlerinin etkinlik sınırı üzerinde (teknik etkin) olduğu,
- ii. P ve D gözlemleri üretim imkanlar kümesi üzerinde olmadığından teknik etkin olmadığı,
- iii. P ve B gözlemleri karşılaştırıldığında aynı miktarda girdi kullanılmasına rağmen P' nin daha az çıktı ürettiği yani P ' nin B' ye göre daha az etkin olduğu,
- iv. P ile A gözlemleri karşılaştırıldığında, aynı miktarda çıktı elde ettikleri fakat P' nin bu çıktı için daha fazla girdi kullandığı,
- v. iii. ve iv.'den P'nin teknik etkinsizlik içinde olduğu,
- vi. A ve B gözlemlerinin aynı etkinlik düzeyine sahip olmalarına rağmen B'nin A'ya göre daha verimli olduğu,
- vii. ii. ve vi.'dan D'nin A'ya göre daha az etkin olduğu ancak verimliliğinin daha yüksek olduğu,
- viii. C'nin en yüksek verimliliğe sahip gözlem olduğu görülmektedir.

#### 2.4.2. Ölçek etkinliği

Şekil 2.3' te P gözlemi B gözlemine doğru kayarak etkinlik sınırına yaklaşacağından ve çıktı / girdi oranı büyüyeceğinden dolayı teknik etkinliğini ve verimliliğini artırabilecektir. A gözlemi ise B gözlemine doğru kayarak, etkinlik sınırından ayrılmayarak ve çıktı / girdi oranını büyüteceğinden dolayı teknik etkinliğini korurken ölçekten kaynaklanan avantajla verimliliğini artırabilecektir. C gözlemi en verimli ölçek büyüklüğüne sahiptir ve D karar birimi karşılaştırıldığında, D karar biriminin etkinlik sınırı üzerinde bulunmaması nedeniyle kaynak israfında bulunduğu görülmektedir. Ancak C karar birimi ile aynı girdi ölçeğinde olduğundan dolayı D karar biriminin optimum ölçekte olduğu fakat kaynaklarını iyi kullanmadığı sonucu çıkarılabilmektedir. F-D-E karar birimleri incelendiğinde ise, bu üç karar biriminin de aynı verimlilik düzeyinde olmasına rağmen optimum ölçekte faaliyette bulunanın sadece D karar birimi olduğu ve diğer iki karar birimi olan F ve E' nin teknik etkinliğe sahip olmalarına rağmen optimum ölçekte faaliyet göstermedikleri görülmektedir. Buradan hareketle teknik etkinliğin yanında bir başka performans göstergesi olarak en

verimli ölçek büyüklüğüne olan yakınlığın ele alınması gerekmektedir. Bu kavram *ölçek etkinliği* olarak ifade edilmektedir (Özcan, 2007). Ölçek etkinliği aynı zamanda en uygun ölçekte üretim yapma başarısı olarak tanımlanmaktadır (Oruç, 2008).

*Ölçeğe Göre Sabit Getiri* (ÖGSG) kavramı ise, girdi vektöründeki herhangi bir radyal artışın çıktı vektöründe aynı oranda bir artışa neden olmasıdır (Bektaş, 2007). Üretim sınırında, ölçeğe göre artan, azalan ve sabit getiri aralıklarının birlikte bulunabileceğinin kabulü, *Ölçeğe Göre Değişken Getiri* (ÖGDG) kavramıyla ifade edilmektedir (Özcan, 2007).

Sonuç olarak Şekil 2.3' e bakıldığında, C ve D karar birimlerinin ikisinin de ölçek etkinliğine sahip oldukları, ancak bu ikisinden sadece C' nin teknik etkinliğe sahip olduğu, A, B, E ve F karar birimlerinin teknik etkinliğe sahip olmalarına karşın ölçek etkinliğine sahip olmadıkları, P'nin ne teknik etkinliğe ne de ölçek etkinliğine sahip olduğu görülmektedir. Aynı verimlilik düzeyinde bulunan ve her ikisi de teknik etkinliğe sahip olan F ve E karar birimleri ölçek açısından değerlendirildiklerinde, her ikisinin de ölçek etkinliğine sahip olmadıklarının ötesinde bir yorum yapmak da mümkündür. F gözlemi incelendiğinde, bu karar biriminin teknik etkinliğini korumak şartıyla, ölçeğini büyüttüğü zaman verimliliği artacaktır. Bu durum *Ölçeğe Göre Artan Getiri* (ÖGARG) olarak ifade edilmektedir. Diğer bir ifade ile girdi vektöründeki herhangi bir radyal artış çıktı vektöründe daha büyük bir radyal artışa neden olmaktadır.

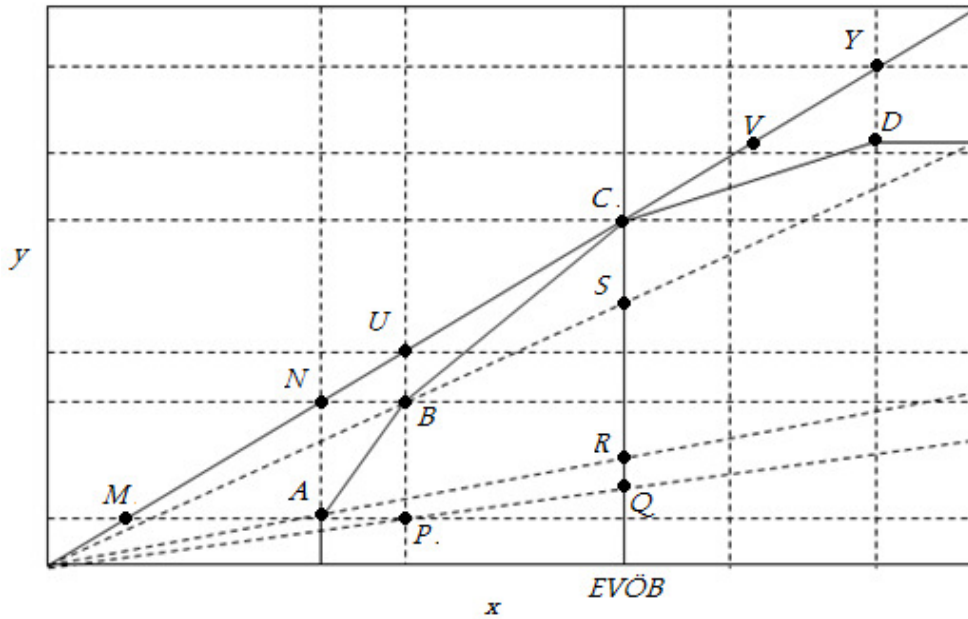
E karar birimi ise, teknik etkinliğini koruyarak ölçeğini küçülttüğü zaman verimliliğinde artış gözlenecektir. Bu durum ise *Ölçeğe Göre Azalan Getiri* (ÖGAZG) olarak ifade edilmektedir. Diğer bir ifade ile girdi vektöründeki herhangi bir radyal artış (bütün girdi bileşenlerinin aynı oranda artışı) çıktı vektöründe daha küçük bir radyal artışa neden olmaktadır. Girdi vektörüne ilişkin her bir bileşen için aynı oranda girdi daralmasının, ya da çıktı vektörüne ilişkin her bir bileşen için aynı oranda çıktı genişlemesinin varolduğu kabulünü yapan *radyal olan* parametresiz etkinlik ölçütlerinin yanında *radyal olmayan* etkinlik ölçütlerinde her bir girdi bileşeni için daralma faktörü ya da her bir çıktı bileşeni

için genişleme faktörü belirli oranlarda ağırlıklandırılarak hesaplanmaktadır (Bektaş, 2007).

### 2.4.3. Farrell etkinlik ölçümü

Şekil 2.4'te yer alan P noktasının verimliliği tanım gereği  $P_y/P_x$  olarak ifade edilmektedir. Teknik etkinlik durumunda  $P_x$  girdisi ile üretilmesi mümkün olan çıktı miktarı  $B_y$  kadardır. P noktasının çıktı yönlü teknik etkinliği hesabında Farrell'ın yaklaşımı çerçevesinde, aynı miktarda girdi kullanan ve teknik etkinliği göreceli olarak tam olan B karar biriminin verimliliğiyle, P'nin teknik etkinlik skoru bulunur:

$$(P_y/P_x)/(B_y/B_x) = P_y/B_y \quad (2.1)$$



Şekil 2.4. Farrell'in Etkinlik Ölçümü (Tarım 2001)

Benzer şekilde P noktasının girdi yönlü teknik etkinliği, çıktı düzeyi sabit tutularak

$$(P_y/P_x)/(A_y/A_x) = A_x/P_x \quad (2.2)$$

eşitliği yardımıyla bulunabilecektir. Teknik etkinlik skorunun maksimum 1 değerini alabileceğine dikkat edilmelidir (Güneş, 2006).

Şekil 2.4 incelendiğinde C noktasının EVÖB olduğu görülmektedir. C' den daha az girdi kullanmak (ölçeği küçültmek) ya da daha çok girdi kullanmak

(ölçeği büyütme) verimliliği azaltılmaktadır. Girdinin azaltılması ölçeğe göre artan getiriye ve arttırılması ölçeğe göre azalan getiriye neden olmaktadır. Eğer ölçeğe göre sabit getiri varsayımı geçerli olursa ve bir EVÖB noktası gözlenirse, doğrusal bir üretim sınırı tanımlanır. Bu sınır üzerindeki tüm noktalar üretim sınırı üzerinde oldukları için teknik etkin olurlar. Aynı zamanda bu noktalar, en verimli ölçek büyüklüğüne sahip olan  $C$  ile aynı verimlilikte oldukları için ölçek etkindirler. Göreli teknik ve ölçek etkinliği tam olan KVB' ler *toplam etkin* olarak adlandırılmaktadır (Tarım, 2001).

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-çıkıtı bileşimini yakalayabilmesi halinde toplam etkinliği 1.0 olacaktır.  $M$  üretim sınırının dışında kalan hipotetik bir noktadır.  $P$  noktasının gerçekleşen toplam etkinliği, tanımdan

$$(P_y/P_x)/(M_y/M_x) = M_x/P_x \quad (2.3)$$

olarak bulunur ve 1.0 değerinden küçüktür.  $P$  noktasının girdi yönlü teknik etkinliği, yukarıda bulunduğu üzere  $A_x/P_x$  'dir.  $P$ ' nin ölçek etkinliğinin değeri belirlenirken, artık  $P$  noktasının koordinatları yerine,  $P$ ' ye teknik etkin bir rol modeli olan  $A$ ' nın koordinatlarının esas alınmalıdır. Dikkat edilmesi gereken nokta; Farrell' in toplam etkinlik tanımında ölçeğe göre sabit getiri varsayımının yapılmış olmasıdır.

Bu açıklamalara göre,  $P$  karar biriminin

$$\text{Toplam Etkinlik Skoru} : M_x/P_x \quad (2.4)$$

$$\text{Ölçek Etkinlik Skoru} : M_x/A_x \quad (2.5)$$

$$\text{Teknik Etkinlik Skoru} : A_x/P_x \quad (2.6)$$

olarak bulunur (Tarım, 2001).

Bu bağlamda

$$\text{Toplam Etkinlik} = \text{Teknik Etkinlik} \times \text{Ölçek Etkinliği} \quad (2.7)$$

$$\text{Teknik Etkinlik} = \text{Saf Teknik Etkinlik} \times \text{Ölçek Etkinliği} \quad (2.8)$$

şeklinde verilen denklemler geçerlidir (Güneş, 2006).

Yukarıda girdi yönlü olarak verilen etkinlik ölçme süreci, çıktı yönlü olarak incelenmek istendiğinde ölçüğe göre değişken getiri varsayımı altında, rol model olarak  $B$  karar birimi alınmalıdır.

## 2.5. Eş-Ürün Eğrileri, Etkin Sınır ve Tahsis Etkinliği

Sabit üretim düzeyini sağlayan çeşitli faktör bileşimlerinin geometrik yeri *eş-ürün eğrisi(etkin sınır)* olarak tanımlanmaktadır ve bu grafik üzerinde yer alan gözlemler diğerlerinden daha iyi performans göstermektedirler. Eş ürün eğrisinin eğimi üretim faktörleri arasındaki marjinal teknik ikame oranına eşittir (Tarım, 2001). Eş ürün eğrileri, KVB'nin belirli bir çıktı miktarını, girdileri hangi oranda kullanarak üretebileceğini göstermektedir.

Tek çıktılı ve iki girdili bir üretim imkânları kümesinde etkin sınırın çizimi için aşağıdaki zarflama algoritması izlenir (Güneş, 2006).

### Zarflama Algoritması

Adım 1 : Yatay eksene paralel olarak çizilen bir doğru ilk gözleme ulaşınca kadar yukarı doğru kaydırılır.

Adım 2 : Ulaşılan gözlem pivot nokta olarak alınır ve doğru saat yönünde çevrilir.

Adım 3 : Yeni bir gözleme ulaşıldığında ya da doğrunun sol tarafı dikey eksene paralel olduğunda çevirme işlemi durdurulur.

Adım 4 : Doğrunun sol tarafı dikey eksene paralelse durulur, aksi halde Adım 2'ye dönlür.

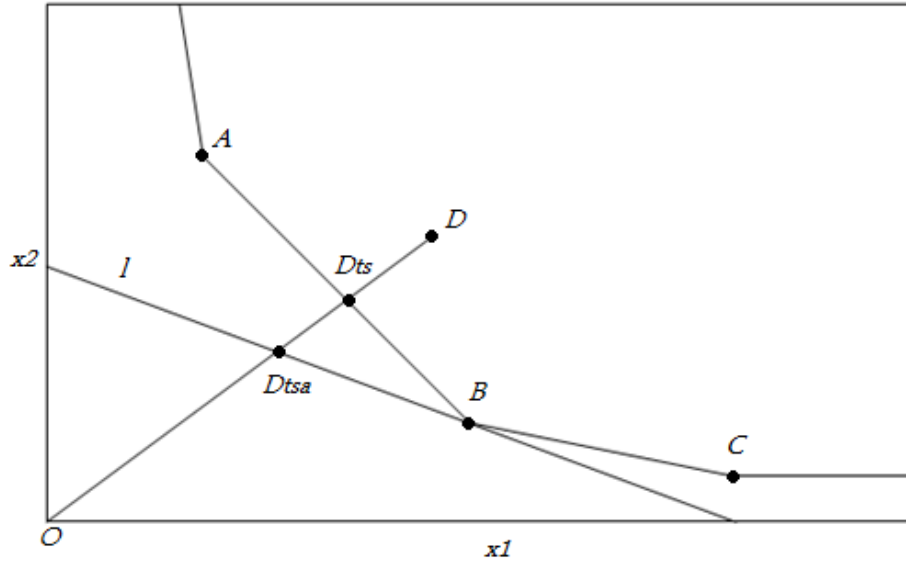
Algoritma sonunda, değerlendirmeye alınan gözlemler bu sınırın dışında hiçbir gözlem kalmayacak şekilde etkin sınır tarafından adeta bir zarf içine alınmış olduğundan dolayı Veri Zarflama Analizi adını bu algorithmadan almıştır.

Gözlemlenmiş girdi-çıkıtı değerleri ile hareket edilerek bir üretim imkan kümesi ( $T$ ) tamamlandıktan sonra o kümenin etkinlik sınırı ( $E(T)$ ) da bir alt küme ( $E(T) \subset T$ ) olarak belirlenir. Matematiksel olarak ise bu alt küme aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$E(T) = \{(x, y): x_1 \leq x, y_1 \geq y, (x_1, y_1) \neq (x, y) \Rightarrow (x_1, y_1) \notin T\} \quad (2.9)$$

Bu matematiksel ifade, etkinlik sınırı  $E(T)$  üzerinde yer alan bir  $(x, y)$  üretim vektöründen daha az girdi kullanarak daha fazla çıktı elde eden başka bir üretim vektörünün  $(x_1, y_1)$  söz konusu üretim imkân kümesi  $T$ 'ye ait olamayacağı anlamına gelmektedir. Bu ifadeler, teknik etkin olan karar birimlerinin etkinlik sınırı üzerinde yer almaları gerektiğini göstermektedir. Dolayısıyla etkinlik sınırı, teknik olan tüm mümkün girdi-çıkıtı bileşimlerinin kümesi olarak da ifade edilebilmektedir (Özcan, 2007).

Üretim sürecinde girdi maliyetlerinin bilindiği ve önem taşıdığı durumda incelenmesi gereken, *fiyat etkinliği* ya da aynı anlamda kullanılan *tahsis etkinliği* Şekil 2.5 yardımıyla girdi yönlü olarak açıklanacaktır. Bu gösterimde  $t$  indisi teknik etkinliği ve  $s$  indisi ölçek etkinliğini göstermektedir.  $l$  doğrusu girdi faktör fiyatları çerçevesinde oluşturulmuştur ve mümkün en küçük bütçeyi göstermektedir.



Şekil 2.5. Fiyat Etkinliği (Tarım 2001)

$D$  karar birimi,  $D_{ts}$  noktasına ulaşırsa teknik ve ölçek etkin olur  $l$  üzerinde bulunmadığı ve daha büyük bir bütçe gerektirdiği için tahsis etkin değildir.  $OD_{tsa}$  noktası  $D$  karar biriminin girdi karışımıyla ve bütçe kısıtıyla idealde olması gereken yerdir. Farrell tarafından tanımlandığı şekliyle tahsis etkinliği;

$$OD_{tsa}/D_{ts} \quad (2.7)$$

olarak ifade edilmektedir.  $D$  karar biriminin toplam etkinliği ise

$$D_{ts}/OD \quad (2.8)$$

olarak yazılır. Fiyat ve toplam etkinliğe ilişkin oranlar yardımıyla Farrell tarafından tanımlanan iktisadi etkinlik ise;

$$OD_{tsa}/OD_{ts} \times OD_{ts}/OD = OD_{tsa}/OD \quad (2.9)$$

eşitliği ile hesaplanır (Tarım, 2001).

## 2.6. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri

Uzun yıllardır performans, etkinlik ve verimlilik ölçümü ile ilgili olarak çok çeşitli yöntemler üzerinde çalışılmaktadır. Sherman ve Zhu (2006) hizmet verimliliği yönetim tekniklerini aşağıda yer alan maddeler halinde sıralamışlardır:

- *Standart Maliyet Sistemleri*
- *Karşılaştırmalı Etkinlik Analizi*
- *Oran Analizi*
- *Yatırım Ölçüleri Üzerinde Oran ve Kar*
- *Sıfır Tabanlı Bütçeleme*
- *Program Bütçeleme*
- *En İyi Uygulama Analizi ya da İnceleme*
- *Veri Zarflama Analizi*
- *Emsal İnceleme*
- *Faaliyet Analizi, Faaliyet Tabanlı Yönetim Fonksiyonel Maliyet Analizi*
- *Süreç Analizi*
- *Personel Alımı Modelleri*
- *Dengeli Skor Kartı*

Sarıca (2007) bu tekniklere ek olarak performans ölçüm modellerinden *İlgi Grupları Yaklaşımı, Toplam Performans Ölçüm Modelleri, Analitik Hiyerarşi Süreçleri, Electre Tekniği, Puanlama Modelleri, Topsis Tekniği, Kaynak Dağıtım Stratejileri, Amerikan Verimlilik Merkezi* modellerini örnek vermektedir.

Sayılan tekniklerden sadece bir tekniğin kapsamlı ve yeterli olması çok seyrek görülmektedir. Genellikle çevre koşulları, kullanılabilir kaynaklar, liderlik



tarzı ve organizasyon kültürü gibi faktörler farklı tekniklerin bir arada kullanılması durumunda benzer hizmetler için eşit yararlar sağlayabilmektedir Bu amaçla yöneticiler bu teknikleri incelerken aşağıdaki soruları sormalıdır:

- Bu tekniklerin hangi kombinasyonu en uygundur?
- Tekniklerin bu kombinasyonu önemli verimlilik sorunlarına hitap edebilir mi?
- Bu tekniklerce gözden kaçırılan ve yeni yöntemlerin geliştirilmesi gereken hizmet verimlilik sorunları var mı? (Sherman ve Zhu, 2006).

Etkinlik ölçme yöntemleri genel olarak *Oran Analizi*, *Parametrik Yöntemler* ve *Parametrik Olmayan Yöntemler* olmak üzere üç temel gruba ayrılır.

### **2.6.1. Oran analizi**

Tek girdi ve tek çıktı olması durumunda, KVB'lerin performanslarının karşılaştırması için en basit yol, oranların kullanılmasıdır (Ramanathan, 2003). Oran analizi işletmelerin performansının ölçümünde oldukça kolay bir yöntem olması ve çok az bilgi gerektirmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Canbek, 2007). Örneğin finansal analizlerde likidite, faaliyet, kârlılık vb. oranlar kullanılır.

Oran analizinin zayıf yönlerinden biri her oranın etkinlikle ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne alırken diğer boyutları göz ardı etmesi, bir diğer zayıf yönü ise, başka oranlarla karşılaştırılması zorunluluğudur. Bu oranlar;

- Genel kabul görmüş oranlar,
- Aynı endüstri kolundaki benzer işletmelerin oranları,
- İşletmenin geçmiş dönemlerdeki oranları,
- İşletmelerin aynı dönem içindeki birbirleriyle ilgili diğer oranlar biçiminde sıralanabilir.

Ayrıca oran analizi ile yapılan ölçümlerde, bazı oranlar işletmeyi son derece etkin gösterirken bazı oranlar da oldukça başarısız gösterebilmektedir. Ayrıca kullanılan her orana göre farklı karar birimi en verimli bulunabilir (Tarım, 2001). Bu olumsuzluğun giderilebilmesi için, tekil oranların tek

boyutluluğunu dengeleyen *genişletilmiş oran kümeleri* geliştirilmiş ise de bunlar da tek boyutlu yapıdan kurtulamamıştır. Bu nedenle, etkinlik ölçüm çalışmalarında değişik oranların anlamlı bir şekilde ağırlıklandırılarak tek bir ölçütün türetilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Oruç, 2008).

Çok girdili ve çok çıktılı üretim süreçlerinin verimliliklerinin ölçülmesinde basit oran yaklaşımı yetersiz kalmaktadır (Canbek, 2007) Basit verimlilik ölçümünün bahsedilen sakıncalarını ortadan kaldırmak üzere *Toplam Faktör Verimliliği* (TFP) kavramından yararlanılmaktadır. Toplam faktör verimliliğinde, üretim sürecinin girdileri toplanarak tek bir girdi faktörüne (sanal girdi) ve çıktıların toplamı da tek bir çıktı faktörüne (sanal çıktı) indirgenmektedir. Daha sonra toplam girdi ve toplam çıktı faktörlerinin oranına bakılarak değerlendirme yapılmaktadır. Ancak bu yaklaşım değişik özellikteki girdi ve çıktı faktörlerinin nasıl toplanacağı konusunda herhangi bir ipucu vermemektedir ki bu en zayıf özelliğidir. Başka bir deyişle, faktörler için uygulanacak olan katsayılar bilinmemektedir (Tarım, 2001). VZA' da kullanılan temel etkinlik ölçümü çıktıların toplamının girdilerin toplamına oranıdır.

## 2.6.2. Parametrik yöntemler

Parametrik yöntemlerde, etkinlik ölçümü yapılacak sektöre ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayımı yapılmakta ve bu fonksiyonun parametrelerinin belirlenmesine çalışılmaktadır (Çağlar, 2003).

Parametrik yöntemlerle etkinlik ölçümünde genel olarak üretim fonksiyonunun bir çıktısı birçok girdi ile ilişkilendirilerek tanımlanan regresyon teknikleri kullanılmaktadır. Birçok girdi ile birçok çıktının ilişkilendirildiği parametrik yöntemler de geliştirilmiş olmasına rağmen, bu yöntemler yaygın kullanım alanı bulamamıştır. Regresyon analizinde, aralarında neden-sonuç ilişkisi olduğu bilinen bağımlı (açıklanan) ve bağımsız (açıklayan) değişkenler arasındaki ilişkinin nedensel yapısı belirlenmeye çalışılır. Bu nedensel ilişkinin kuramsal olarak var olması ve değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısının bilinmesi gerekmektedir.

Regresyon analizi oran analizine göre daha kapsamlı olmasına rağmen bazı yetersizlikleri bulunmaktadır. İlk olarak, regresyon analizinde tek çıktı tanımlamasına bağlı olarak, çıktıların ortak bir birim temelinde tek bir değere indirilmesi zorunluluğu olduğundan dolayı, farklı birimlerin ortak bir birim olarak ifade edilmesinde güçlükler bulunmaktadır. Regresyon analizinin üretim fonksiyonunu parametrik olarak (girdilere ya da çıktılarına değişmez sabit katsayılar atayarak) tanımlaması, üretim birimlerine farklı teknolojiler ya da amaç kombinasyonları belirleme olanağı tanımaması ve verimsiz birimleri tanımlayamaması analizin diğer zayıf yönleridir (Oruç, 2008).

Regresyon analizi, göreceli performansı en iyi performans yerine ortalama performansa göre ölçmektedir. Etkin birimler sadece ortalamanın üstündeki karar birimleri olduğundan dolayı en iyi karar birimlerine göre iyileştirmeye olanak tanımamaktadır. Hatta en iyi karar birimlerini bile ortalamaya çekme gibi bir sonuca götürmektedir. Bu durum performansı iyileştirmek değil, en iyi performansı ortalama performans olarak kabul etmek anlamına gelmektedir. Regresyon analizi, parametrik bir üretim fonksiyonunun tanımlanmasını gerektirdiği için yapısal üretim fonksiyonunun tanımlanmasının güç olduğu işletmelerde yetersiz kalmaktadır. Ayrıca regresyon analizinde verimsiz birimler tanımlanamamaktadır.

Regresyon analizinde birbirinden ayırt edilebilmesi gereken etkinsiz gözlem ve rassal hata gibi unsurların dağılımına ilişkin varsayımlardaki farklılıklara bağlı olarak, üç farklı yaklaşım ortaya çıkmıştır:

- i. *Stokastik Sınır Yaklaşımı*
  - ii. *Serbest Dağılım Yaklaşımı*
  - iii. *Kalın Sınır Yaklaşımı*
- (Canbek, 2007).

### **2.6.3. Parametrik olmayan yöntemler**

Sınır yaklaşımları verimliliği üretim fonksiyonlarına göre ölçerler. Bu ölçüm çoklu girdi ve çıktı durumunda zorlaşır (Liu ve Chuang, 2007). Girdi ve çıktılardaki niteliksel farklılıklar da etkinlik ve verimlilik hesaplamalarını

zorlaştırmaktadır. Özellikle günümüzde kullanılan birbirinden farklı kaynaklar ve bunların sonucunda elde edilen birçok farklı ürün etkinliğin hesaplanmasını güçleştirmektedir. Ayrıca girdi ve çıktıların birimlerinin farklı olması da karşılaşılan zorluğu artırmaktadır. Parametrik olmayan yöntemler, doğrusal programlama kökenli teknikler kullanarak hesaplama sonucunda elde edilen etkinlik değerinin etkinlik sınırına olan uzaklığını ölçmektedirler. Bu yöntemlerin görece avantajlarından biri, parametrik yöntemlerde olduğu gibi üretim biriminin yapısı ile ilgili davranışsal varsayımlara girmek zorunda olmamalarıdır. Ayrıca, bu yöntemlerin bir üstünlüğü de birden fazla açıklayan ve açıklanan değişken kullanabilmeleridir. Bu avantajlarının yanında, rassal hata terimi içermedikleri için veri ölçme ya da diğer nedenlerle oluşan hataları modele aktarır ve etkinlik sınırını yanlış tespit edebilirler. Parametrik olmayan yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı *Veri Zarflama Analizi (VZA)* yöntemidir (Oruç 2008).

Parametrik olmayan yöntemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- i. *Tek girdili, tek çıktılı üretim ortamında parametrik olmayan etkinlik ölçümü (Farrell Etkinlik Ölçümü)*
  - ii. *İki girdili, tek çıktılı üretim ortamında parametrik olmayan etkinlik ölçümü (Girdi Yönlü Etkin Sınır)*
  - iii. *Tek girdili, iki çıktılı üretim ortamında parametrik olmayan etkinlik ölçümü (Çıktı Yönlü Etkin Sınır)*
  - iv. *Veri Zarflama Analizi*
  - v. *Free Disposal Hull*
- (Canbek, 2007).

Parametrik olmayan etkinlik ölçütleri *girdi* ve *çıktı yönlü* olmak üzere iki grup halinde incelenebilir. Girdi yönlü olanlar, herhangi bir çıktı düzeyi için etkisiz karar birimlerinin girdilerini ne derece azaltmaları gerektiğini araştırırken, çıktı yönlü etkinlik ölçütleri ise herhangi bir girdi bileşimi için etkisiz karar birimlerinin etkin duruma getirilebilmesi amacıyla çıktıları ne kadar artırabilecekleri üzerinde durmaktadırlar (Bektaş, 2007).

### 3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)

#### 3.1. Giriş

Ekonomi literatüründe *etkinlik* kavramı *teknik etkinlik* kavramının tanımlandığı Koopsman'ın 1951'deki çalışmasına dayanmaktadır. Daha sonra da Debreu (1951) ve Farrell (1957) çok girdili firmaların etkinlik ölçümüne dair çalışmalarda bulunmuşlardır (Oruç, 2008). Farrell(1957) bu klasik çalışmasında bir endüstrinin üretim etkinliğinin ölçüm probleminin hem ekonomi teorisyenleri hem de ekonomi politika yapıcıları için önemli olduğunu belirttikten sonra problemi çözmek için gösterilen tüm teşebbüslerin başarısız kalma nedenini çoklu girdi ölçümlerinin tatmin edici bir etkinlik ölçüsü içinde birleştirilemeyeceği olarak belirtmiştir (Cook ve Seiford, 2009).

*Karar Verme Birimi (KVB)* terimi ilk kez Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında önerilen CCR modelinde kullanılmıştır. *Veri Zarflama Analizi (VZA)* terimi bu araştırmacıların “Amerikan Devlet Okullarındaki Eğitimde Program Tamamlama Deneyinin Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi” isimli raporda tanıtılmıştır. *Program Tamamlama* 1970'lerin başlarında Amerika'da uygulanan ulusal anlamda büyük bir teşebbüstür ve amacı dezavantajlı öğrenciler için tasarlanan eğitim programlarını değerlendirmektir. Ancak denenen istatistiksel-ekonometrik yaklaşımların sonuçları tatmin edici olmamıştır. Edwardo Rhodes, Carnegie Mellon Üniversitesinde yapmış olduğu bir doktora araştırma tezinde danışmanı olan Cooper'ın dikkatini, Farrell'ın 1957 yılında “Journal of the Royal Statistical Society” isimli dergide yayınlanan “The Measurement of Productive Efficiency” adlı makalesine çekmiştir (Cooper ve ark. 2004, Sarıca, 2007).

Birden çok girdisi ve tek bir çıktısı olan birimlerin etkinliklerinin incelendiği bu çalışmada Farrell ilk kez etkinlik ölçümünde doğrusal programlamayı kullanmıştır. Ancak Charnes ve ark. gerçekleştirdikleri çalışmalarında, girdi ve çıktılarının birden çok sayıda olması sebebiyle Farrell yaklaşımını yetersiz bulmuşlardır (Güneş, 2006). Farrell (1958)' in çalışmasından 20 yıl sonra Charnes ve ark.(1978) onun fikirlerinin üzerine çok girdi ve çok çıktı

durumunu tatmin edici şekilde değerlendiren VZA adlı güçlü bir yöntem geliştirmişlerdir. VZA'yı ilk duyuran çalışma "European Journal of Operations Research" dergisinde 1978 yılında yayınlanmıştır (Sarıca, 2007).

Canbek (2007), VZA'nın doğrusal programlamanın özel bir uygulama şekli olduğunu, aynı amaç ve hedeflere sahip işletmelerin etkinliğini göreceli olarak ölçmede kullandığını ifade etmektedir. VZA parametrik olmayan programlama olarak da tanımlanmaktadır (Tarım, 2001). VZA'da temel varsayım, değerlendirmeye dâhil edilen tüm işletmelerin benzer stratejik hedeflere sahip olması ve aynı tür girdi kullanıp aynı tür çıktı üretmesidir (Oruç, 2008).

VZA tekniğinde incelenen birimler Karar Verme Birimi (KVB) olarak adlandırılmaktadır. KVB benzer girdiler kullanarak benzer çıktılar üreten, yani homojen bir yapıya sahip olan, girdileri çıktılarına dönüştürmekten sorumlu işletmeler olarak tanımlanmaktadır. Etkin üretim sınırı ise optimal girdi bileşimiyle elde edilebilecek en yüksek üretim miktarlarının oluşturduğu teorik sınır olarak ifade edilmektedir (Oruç, 2008). VZA tekniğinde KVB'ler, gözlem grubu içerisinde etkinlik sınırında yer alan KVB'lere göre değerlendirilmektedir.

KVB'nin bir çıktı setini oluşturmak için kaynakları ne kadar etkin kullandığını ölçmeyi amaçlayan VZA'da en iyi performans gösteren KVB'nin etkinlik skoru % 100 iken diğer KVB'lerin etkinlik skoru 0-100 arasında değişmektedir (Ramanathan, 2003).

Çok girdi ve çok çıktı faktörlü durumda etkinlik skoru şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Ağırlıklandırılmış Çıktı}}{\text{Ağırlıklandırılmış Girdi}} \quad (3.1)$$

Herhangi bir KVB için teknik etkinlik, verilen bir girdi seviyesi için çıktıları maksimize etmek ya da verilen bir çıktı seviyesi için girdileri minimize etmek yoluyla ölçülmektedir (Canbek, 2007).

Sonuç olarak, VZA'nın başlıca beş özelliği bulunmaktadır. Öncelikle, çoklu girdi ve çoklu çıktıdan oluşan operasyonel çevre şartlarında bir etkinlik skoru oluşturmak için kullanılabilir. İkinci olarak, her bir KVB için optimal çıktının tespiti ve her bireysel birimin etkinlik skorunun bulunması için kullanılabilir. Üçüncü olarak, VZA sadece bütünsel bir performans göstergesi geliştirmekle kalmamakta, ayrıca etkinsiz birimleri de seçmektedir. Dördüncü

olarak VZA’da kullanılan değişkenler ölçme birimlerinde çeşitlendirilebilmektedir. Son olarak da, VZA modelinde değerlendirilen birimler ilgili gruptan olmalıdırlar (Hsu, 2005).

### **3.1.1. VZA’ nın kullanım amaçları**

VZA ilk kez uygulandığı 1978’den bu yana teori ve uygulama alanından geniş bir ilgi görmüştür. Şu anda VZA işletme, yöneylem araştırması, sistem mühendisliği, karar analizi vb. birçok alanda önemli bir analiz aracı ve araştırma yöntemi olarak kullanılmaktadır (Wen ve Li, 2008).

VZA’ nın uygulanmasındaki amaçlar aşağıda yer alan maddeler halinde ifade edilebilmektedir:

- Karşılaştırılan karar birimlerinin her biri için görelî etkinsizliğin kaynaklarının ve miktarlarının belirlenmesi,
- Etkinliğe göre karar birimlerinin sınıflandırılması,
- Karşılaştırılan karar birimlerinin yönetimlerinin değerlendirilmesi,
- Karar birimlerinin kontrolleri dışındaki program ve politikaların etkinliklerinin değerlendirilmesi ve program etkinsizliği ile yönetsel etkinsizliğin ayırt edilmesi,
- Değerlendirme altındaki karar birimleri için kaynakların yeniden atanması amacıyla niceliksel bir temel oluşturulması,
- Karar birimleri arasındaki karşılaştırma ile doğrudan doğruya ilişkili olmayan amaçlar için etkin karar birimlerinin ya da etkin girdi-çıkıtı ilişkilerinin belirlenmesi,
- Spesifik girdi-çıkıtı ilişkileri için yürürlükteki standartların gerçekleşen performansa göre incelenmesi ve gözden geçirilmesi,
- Önceki çalışmalardaki sonuçların karşılaştırılması (Özcan 2007).

### 3.1.2. VZA' nın kullanım alanları

VZA tekniği ilk kez önerildiğinden bu yana yaklaşık 30 yıllık süre zarfında araştırmacılardan büyük ilgi görmüş ve bu konuda çok sayıda makale ve kitap yayımlanmıştır.

Son yıllarda VZA yöneylem araştırması ve yönetim bilimlerinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır ve KVB' ler genellikle performans etkinliği ölçümünün zor olduğu kar amacı gütmeyen organizasyonlardır. Bunun nedeni ticari organizasyonların yıllık kar gibi ölçümlerle etkinliklerini kolay bir şekilde ölçebilmelerinden kaynaklanmaktadır (Ramanathan, 2003). Her ne kadar VZA önceleri kar amacı gütmeyen alanlarda kullanılmış olsa da artık kar amacı güden organizasyonlar için de kullanılmaktadır. AR-GE projeleri, çok uluslu ya da çok şubeli şirketlerin görelî performanslarının ölçümü, hastaneler, postaneler, üniversiteler, silahlı kuvvetler, mahkemeler, emniyet teşkilatları gibi pek çok kamu kuruluşu, bankalar, eczaneler, reklam şirketleri, spor pazarlama, kalite kontrol ve bunlar gibi pek çok alanda VZA uygulanmaktadır (Güneş, 2006). Özcan (2007) VZA' nın kullanılabilereği bazı konuları aşağıdaki şekilde sıralamaktadır:

- Eş Grupların Kullanımı,
- Etkin Çalışma Uygulamalarının Belirlenmesi,
- Hedef Belirleme,
- Etkin Stratejilerin Belirlenmesi,
- Zaman Boyunca Etkinlik Değişimlerinin Gözlenmesi,
- Kaynak Ataması.

### 3.2. VZA Modelleri

VZA yöntemi temelde kesirli programlama biçimindedir. Kesirli programlama için doğrusal programlama modellerinin çözümünü veren Simplex algoritmasına benzer bir standart yöntem bulunmamasına rağmen, etkinlik analizinde kullanılan matematiksel programlama modelinin özel yapısı kullanılarak, kesirli programlama modeli doğrusal programlama modeline



dönüştürülebilir. Böylelikle standart bir yöntem aracılığı ile çözülebilir (Tarım, 2001).

Oruç (2008) VZA'nın doğrusal programlama yönteminin geliştirilmiş bir biçimi olduğundan hareketle tüm doğrusal programlama modelleri için geçerli özelliklerin VZA için de geçerli olduğunu ifade etmektedir. Amaç fonksiyonunun maksimizasyon ya da minimizasyon şeklinde olduğu VZA modellerinde de sınırlı kaynakların etkin kullanımı istendiğinden doğrusal programlamada olduğu gibi aşağıdaki varsayımlar geçerlidir:

- *Kesinlik* (Modelin tüm katsayılarının kesinlikle bilindiği)
- *Orantı* (Hem amaç fonksiyonunda hem de kısıtlarda bir orantı olduğu)
- *Toplanabilirlik* (Tüm ürünlerin birbirinden bağımsız olduğu)
- *Bölünebilirlik* (Çözüm değerlerinin tam sayı olmasının gerekmediği)
- *Negatif olmama* (Tüm değişkenlerin sıfır ya da pozitif olduğu)

VZA modelinde, bir KVB' nin etkin olması için iki şart bulunmaktadır ve bu şartlara uyan KVB' lerin etkinlik skoru 1'e eşittir. Etkinsiz bir karar birimin performansı, bu KVB' lerin oluşturduğu etkinlik sınırına olan uzaklıkla belirlenir. Bu şartlar;

1. Hiçbir çıktının değeri, bir ya da daha fazla girdinin değeri artırılmadan veya bir ya da daha fazla çıktının değeri azalmadan arttırılamaz.
2. Hiçbir girdinin değeri, bir ya da daha fazla girdinin değeri artırılmadan veya bir ya da daha fazla çıktının değeri azalmadan düşürülemez.

şeklindedir (Özyiğit ve ark. 2008).

Eğer bir KVB % 100 etkin değilse, o KVB için hipotetik bir KVB mevcuttur ve KVB hipotetik KVB' nin girdilerini tüketip, çıktılarını üretince % 100 etkin duruma geleceği için hedef seviyeler olarak düşünülebilmektedir (Özpeynirci 2004).

VZA, KVB' lerin etkinliğini Ölçeğe Göre Sabit Getiri (ÖGSG) ya da Ölçeğe Göre Değişken Getiri (ÖGDG) varsayımları altında ölçmektedir ve bu iki varsayım dikkate alınarak farklı VZA modelleri tanımlanmaktadır. VZA modellerinin *girdi yönlü* ve *çıktı yönlü* olarak incelenmesi Seiford ve Thrall

(1990) tarafından önerilmiştir. Girdi yönlü modellerde amaç, belirli bir çıktı bileşimini üretmek için kullanılacak girdi miktarını minimum seviyeye indirmek iken çıktı yönlü modellerde amaç, belirli bir girdi bileşimi ile maksimum seviyede çıktı miktarının elde edilmesidir (Güneş, 2006).

VZA etkinliği hesaplamak için deneysel üretim fonksiyonu kullanılmaktadır. VZA yoluyla girdi ve çıktı arasındaki ilişkiler gözlemlenebilmekte ve belirli bir girdi seviyesi için optimum çıktı seviyesi elde edilebilmektedir (Hsu, 2005).

Oruç (2008) zarflama şekli ve etkinsiz birimlerin etkin üretim sınırına olan uzaklıklarına göre VZA ile ilgili olarak modelleri sınıflamaktadır. Zarflama şekli ile ilgili olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) tarafından 1978 yılında önerilen ÖGSG ve Banker, Charnes ve Cooper (BCC) tarafından 1984 yılında geliştirilen ÖGDG varsayımı altında modeller tanımlanmıştır. Etkinsiz birimlerin etkin üretim sınırına olan uzaklıklarına göre de girdi ve çıktı yönelimli modeller tanımlanmaktadır.

### **3.2.1. Ölçeğe Göre Sabit Getiri (ÖGSG) modeli**

Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından önerilen ilk VZA modeli olan CCR modeli, etkinliği ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında ölçmektedir ve girdi ve çıktı yönlü olmak üzere iki şekilde tanımlanabilmektedir.

CRR modelleri toplam etkinliğin değerlendirilmesi ile ilgilenmekte, kaynakları belirleyerek yetersiz olanları tahmin etmektedir (Özcan, 2007).

#### **3.2.1.1. Girdi yönlü CCR modeli**

Oruç (2008) *girdi yönlü modeli* çıktı seviyesini değiştirmeden, en etkin şekilde bu çıktı düzeyini elde etmek için, girdi bileşiminin ne kadar azaltılması gerektiğini araştıran model olarak tanımlanmaktadır.

Bir  $k$  karar biriminin ürettiği çıktı faktörleri miktarı  $Y_{rk}, r = 1, \dots, s$  ve kullandığı girdi faktörleri miktarı  $X_{ik}, i = 1, \dots, m$ ; faktörlere verdiği ağırlıklar çıktı ve girdiler için sırasıyla  $u_{rk}, r = 1, \dots, s$  ve  $v_{ik}, i = 1, \dots, m$  ise karar birimi  $k$ 'nin *toplam faktör verimliliği (TFP)*,

$$\frac{\sum_{r=1}^S u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}} \quad (3.2)$$

olarak ifade edilmektedir. Bu ifadede tek bir reel değere karşılık gelen pay kısmı *sanal çıktı* ya da *toplam çıktı* olarak adlandırılmaktadır. Benzer şekilde paydada yer alan reel değer *sanal girdi* ya da *toplam girdi* olarak tanımlanmaktadır. Toplam faktör verimliliği kavramından hareketle aşağıda ifade edilen girdi yönlü kesirli programlama modeli  $TFP_I$ , ÖGSG varsayımı altında toplam etkinliği ölçmektedir (Tarım, 2001).

Model  $TFP_I$

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{r=1}^S u_{rk} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij}} &\leq 1 & j = 1, \dots, N \\ u_{rk} \geq 0, \quad v_{ik} \geq 0, \quad r=1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m \\ k. a. \\ \max \quad h_k &= \frac{\sum_{r=1}^S u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}} \end{aligned} \quad (3.3)$$

*Model  $TFP_I$*  problemi girdi ağırlıkları  $v_{ik}, i = 1, \dots, m$  ve çıktı ağırlıklarının  $u_{rk}, r = 1, \dots, s$  değerlerinin bulunmasıyla amacıyla çözülmektedir. Modeldeki kısıtlar sanal çıktının sanal girdiye oranının her bir KVB için 1'i geçmemesi gerektiğini gösterirken, hedef KVB'nin oranını maksimize edecek şekilde ağırlık değerlerinin belirlenmesidir. Ayrıca kısıtlar optimal amaç değeri  $\theta^*$ 'ın en fazla 1 değerini alabileceğini belirtmektedir (Cooper ve ark. 2004).

Bazı kaynaklarda kesirli programlama yerine *oransal model* ifadesinin yer aldığı görülmektedir (Özcan, 2007).

Oruç (2008) girdinin kullanılması ya da çıktının üretilmesine rağmen KVB' ye atanan ağırlıkların ( $v_{ik}, u_{rk}$ ) pozitif değer alması (sıfır olmasını engellemek) ve dual modeldeki aylak değişkenlerden ( $s_{i-}, s_{i+}$ ), amaç fonksiyonunun etkilenmesini engellemek amacıyla doğrusal modelde  $\varepsilon$  (çok küçük bir sayı-genellikle  $\varepsilon \leq 10^{-6}$ ) tanımlandığını ifade ederken Güneş (2006) Arşimedgil olmayan büyüklük olarak da adlandırılan  $\varepsilon$ 'un sadece kesirli programlama formülasyonunda kullanılması gerektiğini belirtmiştir.

Yukarıdaki modelin her bir KVB için ayrı ayrı çözülmesi gerekmektedir (Ramanathan, 2003). Regresyon yaklaşımında bütün model tek bir optimizasyon

çerçevesinde oluşturulması nedeniyle ortalamalara göre değerlendirme yapılırken, her bir KVB için optimizasyon modelinin çözülmesi bireysel değerlendirme yapmaya imkan vermektedir (Güneş, 2006).

Kesirli programların çözümü genellikle zordur. Bu nedenle doğrusal programlama (DP) gibi formülasyonlara dönüştürülebilirse kolaylıkla çözülebilirler (Ramanathan, 2003).

Girdi yönlü kesirli programlama modeli (*Model TFP<sub>I</sub>*) esas alınarak kurulan denk doğrusal programlama modeli (*Model M<sub>I</sub>*) primal şekildedir. Bu model VZA literatüründe *çarpan modeli* olarak da adlandırılmaktadır (Tarım, 2001).

*Model M<sub>I</sub>*

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

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

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

*k.a*

$$\text{Max } \phi_k = \sum_{r=1}^s \mu_{rk} Y_{rk} \quad (3.4)$$

Bazı kaynaklarda doğrusal programlama modeli *ağırlıklı model* olarak da ifade edilmektedir (Özcan, 2007). *Model TFP<sub>I</sub>* ve *Model M<sub>I</sub>* birbirinin eşdeğeri olduğundan dolayı optimal çözümleri de aynıdır.

CCR-Etkinliği: Bir KVB eğer  $\theta^* = 1$  ve  $v^* > 0$  ve  $\mu^* > 0$  olacak şekilde en az bir optimal  $(v^*, \mu^*)$  çözümü varsa etkindir. Aksi durumda, etkisizdir (Cooper ve ark. 2004).

Buradan hareketle etkisizlik,

i)  $\theta^* < 1$  ya da

ii)  $\theta^* = 1$  ve  $(v^*, \mu^*)$ 'in en az bir elemanı sıfır

durumlarında gerçekleşmektedir (Güneş, 2006).

Her doğrusal programlama probleminin ilişkili olduğu *dual* adı verilen bir ikiz problemi vardır ve bu iki problemin optimal çözüm değerleri birbirinin aynısıdır. Primal modelde  $t+m$  karar değişkeni ve karar birimi ( $n$  adet) sayısı kadar kısıt varken, dual formülasyonda  $t + m$  adet kısıt ve  $n$  adet karar değişkeni vardır. VZA uygulamalarında dual formülasyonun daha avantajlı olma nedeni

genellikle karar birimi sayısının, girdi ve çıktı sayısı toplamından daha yüksek olmasıdır (Özyiğit ve ark. 2008). Ayrıca dual model sonuçları etkinsiz birimlerin etkin hale getirilebilmesi için yol gösterici rol oynaması bakımından da önemlidir (Oruç, 2008). *Model M<sub>I</sub>* 'in zarflama modelinde radyal olarak ölçülmeyen fakat azaltılması ya da artırılması mümkün olan atıl girdi ve çıktı vektörü hesaplanabilmekte, dolayısıyla incelenen karar birimlerinin hangi girdi ve/ya da çıktısının ne oranda kullanılmadığı yani atıl bırakıldığını görülebilmektedir (Yalama, 2006).

Doğrusal programlama modelinin *zarflama modeli* olarak da adlandırılan duali (Model  $E_I$ ) Denklem (3.5)'teki gibidir.

Model  $E_I$

$$\sum_{j=1}^N Y_{rj} \lambda_{jk} \geq Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s$$

$$\theta_k X_{ik} - \sum_{j=1}^N X_{ij} \lambda_{jk} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$$

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

*k. a*

$$\min \theta_k \quad (3.5)$$

(Tarım, 2001).

$\theta = 1$ ,  $\lambda_{kk} = 1$ ,  $\lambda_{jk} = 0$  ( $j \neq k$ ) değerleri, dual model için uygun bir çözüm kümesini oluşturmaktadır. Amaç minimizasyon olduğu için optimal  $\theta$  değeri 1'den büyük olamaz. Diğer taraftan, girdi ve çıktı tüm bileşenlerinin sıfır olmaması varsayımı,  $(\sum_{j=1}^N Y_{rj} \lambda_{jk} \geq Y_{rk})$  kısıtının  $\lambda$  değerinin sıfırdan farklı olmasına sebep olmaktadır (Güneş, 2006).

Analiz sonucunda etkin çıkmayan KVB' ler, fazla kullandıkları girdileri azaltmak ve yetersiz ürettikleri çıktıları arttırmak yoluyla etkin duruma ulaşabilmektedir. Etkinsiz KVB' lerin amaç fonksiyon değeri 1'den farklıdır ve bu etkinsizliğin kaynağı sıfırdan farklı olan aylak değişkenlerdir.

$s^-$  girdi fazlalığını ve  $s^+$  çıktı eksikliği aylak değişkenlerini göstermek üzere;

$$s^- = \theta_k X_{ik} - \sum_{j=1}^N X_{ij} \lambda_{jk} \geq 0 \quad , s^- \geq 0$$

$$s^+ = \sum_{j=1}^N Y_{rj} \lambda_{jk} - Y_{rk} \quad , s^+ \geq 0 \quad (3.6)$$

biçiminde tanımlanmaktadır (Güneş, 2006).

İncelenen KVB' de gözlemlenebilecek olası girdi fazlalığı ve çıktı eksikliği için aşağıda belirtilen iki aşamalı doğrusal programlama problemi çözülmektedir:

**Adım 1:** Dual programlama modeli olan Model (3.5) çözülür ve optimal amaç değeri  $\theta^*$  bulunur.  $\theta^*$  değeri doğrusal programlamadaki dualite teoreminden hareketle doğrusal programlama modelinin optimal değerine eşittir. Bu değer *CCR-etkinliği* ve de *Farrell Etkinliği* olarak adlandırılmaktadır.

**Adım 2:** Elde edilen  $\theta^*$  ve  $(\lambda, s^-, s^+)$  değişkenleri kullanılarak,

$$s^- = \theta_k X_{ik} - \sum_{j=1}^N X_{ij} \lambda_{jk} \geq 0$$

$$s^+ = \sum_{j=1}^N Y_{rj} \lambda_{jk} - Y_{rk}$$

$$\lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0$$

$$e = (1, 1, \dots, 1)$$

$$(es^- = \sum_{i=1}^m s_i^- \text{ ve } es^+ = \sum_{r=1}^s s_r^+)$$

k.a.

$$\text{Max } w = es^- + es^+ \quad (3.7)$$

doğrusal programlama modeli çözülür. Adım 2' nin amacı  $\theta = \theta^*$  sabit tutulurken, girdi fazlalıklarının ve çıktı eksikliklerinin toplamının maksimize edecek bir çözüm bulunmasıdır.

CCR-Etkinliği, Oran Etkinliği, Teknik Etkinlik: Adım 1 ve Adım 2 sonucunda elde edilen optimal çözüm kümesi  $(\theta^*, l^*, s^{-*}, s^{+*})$ ,  $\theta^* = 1$  durumunu sağlar ve aylak değişen değerleri sıfır ise  $(s^{-*} = 0, s^{+*} = 0)$ , incelenen KVB etkindir. Diğer durumda KVB CCR-etkinsiz olarak adlandırılır. Çünkü,

(i)  $\theta^* = 1$

(ii) Bütün aylak değişkenler sıfırdır

koşullarının her ikisi de tam etkinlik için karşılanmalıdır.

Bu koşullardan ilki *radyal etkinlik* ya da *teknik etkinlik* olarak adlandırılabilir. İki aşamalı süreç sonucunda ortaya çıkan sıfırdan farklı gevşek değişken (aylak) değerlerine bağlı etkinsizlikler *karma etkinsizlik* olarak adlandırılır (Cooper ve ark. 2004).

Sadece (i) koşulunu sağlayan etkinlik *zayıf etkinlik* olarak adlandırılır. Bazı durumlarda problemin çözümünde olmasına rağmen, aylak değişkenlerin sıfır

olması koşulu sağlanmayabilir. Bir ya da daha fazla aylak değişken sıfırdan farklı olabilir. Genellikle, incelenen karar verme biriminin bir ya da birkaç girdisinin çok az kullanılması ya da birkaç çıktısının çok fazla üretilmesi nedeniyle ilgili girdi ya da çıktılara yüksek ağırlık atanması sonucunda ortaya çıkabilen bu gibi durumlardaki karar verme birimlerine *zayıf etkin* adı verilir (Bektaş, 2007).

(i) ve (ii) koşullarının ikisini birden sağlayan etkinlik ise *Pareto-Koopmans* etkinliği olarak adlandırılır.

Pareto–Koopmans Etkinliği: Bir KVB, ancak ve ancak herhangi bir girdi ya da çıktıyı diğer bazı girdi ve çıktıları kötüleştirmeden iyileştirmek imkânsızsa tam etkindir (Lertworasirikul ve ark. 2003).

VZA'nın ana hedeflerinden biri KVB'lerin etkinlik durumlarının belirlenmesi iken diğeri etkinsiz KVB'lerin etkin hale gelebilmeleri için oluşturulan *referans kümeleri* nin belirlenmesidir (Tarım, 2001).

Referans Kümesi: Etkinsiz KVB'lerin etkin duruma geçmesi için referans olarak alabileceği KVB'ler, zarflama modelinin çözümünde sıfırdan farklı olarak elde edilen dual değişkenler yardımıyla bulunmaktadır. KVB  $k$ 'nin primal modelinde pozitif değerler verilen tüm dual değişkenlerin karşılık geldikleri KVB'ler etkindir. Bu KVB'lerin oluşturduğu küme KVB  $k$ 'nin *referans kümesi* olarak tanımlanmaktadır (Çağlar, 2003). Etkinsiz bir KVB  $k$ 'nin referans kümesi  $R_k$  olsun. KVB  $k$ 'nin etkin hale gelebilmesi için, referans kümesinde yer alan KVB'lerin girdi ve çıktı miktarlarının doğrusal kombinasyonları yardımıyla kuramsal bir KVB'den hareketle girdi ve çıktılar tanımlanır. Kuramsal KVB'nin girdi ve çıktıları aylak değişkenler yardımıyla

$$\begin{aligned} X_{ik} &= \theta_k^* X_{ik} - s_i^{-*}, i = 1, \dots, m \\ Y_{rk} &= Y_{rk} + s_r^{+*}, r = 1, \dots, s \end{aligned} \quad (3.8)$$

biçiminde elde edilebilir (Güneş 2006).

Etkinsiz KVB'ler için CCR-projeksiyonu adı verilen iyileştirme formülü girdi ve çıktı iyileştirme miktarları Denklem (3.9)'daki gibi hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} \hat{x}_o &= x_o - \Delta x_o = \theta^* x_o - s^{-*} \leq x_o \\ \hat{y}_o &= y_o + \Delta y_o = y_o + s^{+*} \geq y_o \end{aligned} \quad (3.9)$$

(Cooper ve ark. 2004).

### 3.2.1.2. Çıktı yönlü CCR modeli

Girdi seviyesini değiştirmeden, bu girdi düzeyi ile işletmeyi etkin hale getirebilmek için çıktı bileşiminin ne kadar artırılması gerektiğini araştıran model, *Çıktı Yönlü CCR Modeli* olarak tanımlanmaktadır ve ağırlıklandırılmış girdinin ağırlıklandırılmış çıktıya oranının minimize edilmesi ile girdi yönlü modelden ayrılmaktadır (Oruç, 2008).

İlk olarak toplam faktör verimliliği (TFP) kavramından hareketle tanımlanan çıktı yönlü kesirli programlama modeli Denklem (3.10)'da verilmektedir.

Model TFP<sub>o</sub>

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

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

k.a

$$\text{Min } f_k = \frac{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}}{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}} \quad (3.10)$$

Bu modelin doğrusal hali ise Denklem (3.11)'deki gibi ifade edilebilmektedir.

Model M<sub>o</sub>

$$-\sum_{r=1}^s \mu_{rk} Y_{rj} + \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} \geq 0, \quad j = 1, \dots, N$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_{rk} Y_{rk} = 1$$

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

k.a.

$$\text{Min } g_k = \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} \quad (3.11)$$

*Model M<sub>o</sub>*'ın dual modeli, bir zarflama modeli olan E<sub>o</sub>'dır.

Model E<sub>o</sub>

$$-\sum_{j=1}^N Y_{rj} \eta_{jk} + Y_{rk} z_k \leq 0, \quad r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} \eta_{jk} \leq X_{ik}, \quad i = 1, \dots, m$$

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

k.a

$$\text{Max } z_k \quad (3.12)$$



(Tarım, 2001). Çıktı yönlü CCR Modeli için çözüm bir ve birden büyük olacaktır. İncelenen KVB' nin etkin olabilmesi için, zarflama modelinin optimal çözümünün  $z_k^* = 1$  ve tüm aylak değişkenlerin sıfır olması gerekmektedir.  $z_k^* \geq 1$  ise incelenen KVB etkinsizdir. Etkinlik sınırında bulunan izdüşüm noktaları farklı olan çıktı yönlü CCR modeli ile girdi yönlü CCR modeli arasında Denklem (3.13)'te verildiği gibi bir ilişki bulunmaktadır.

$$\theta_k = \frac{1}{z_k} \rightarrow z_k = \frac{1}{\theta_k} \text{ ve } \lambda = \frac{\eta}{z_k} \rightarrow \eta = \lambda z_k = \lambda \frac{1}{\theta_k} \quad (3.13)$$

(Güneş, 2006).

### 3.2.2. Ölçeğe Göre Değişken Getiri (ÖGDG) modeli

Charnes ve ark. (1978) tarafından ÖGSG modeli önerildikten sonra, Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından ÖGDG varsayımı altında BCC Modeli geliştirilmiştir.

Oruç (2008), CCR ve BCC modelleri arasındaki farkın,  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$  konvekslik kısıtı ve primal modelde yer alan serbest işaretli değişken  $u_0$ 'dan kaynaklandığını ifade etmektedir. Bu kısıt ve serbest işaretli değişken etkin üretim sınırının doğrusal yapıdan konveks yapıya dönmesine neden olmaktadır.

Saf teknik etkinlik skorunun elde edildiği BCC modeli de CRR'de olduğu gibi girdiye ve çıktı yönlü olarak iki grupta incelenmektedir.

#### 3.2.2.1. Girdi yönlü BCC modeli

Girdi yönlü BCC modelinde de amaç, girdi yönlü CCR modelinde olduğu gibi, girdileri minimize etmektir. Girdi yönlü CCR modeline konvekslik kısıtının eklenmesiyle elde edilen girdi yönlü BCC modeli

$$\theta_k X_{ik} - \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_{jk} \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_{jk} \geq Y_{rk}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1 \quad (e\lambda = 1, e = [1, 1, \dots, 1], e\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = 1)$$

$$\lambda_{jk} \geq 0 \quad , r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$$

*k. a.*

$$\text{Min } \theta_k \quad (3.14)$$

biçiminde ifade edilmektedir (Güneş, 2006).

Bu modelin duali ise,

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - u_k e &\leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\ u_r &\geq 0, \quad v_i \geq 0 \quad u_k \text{ işareti belirtilmemiş} \end{aligned}$$

*k. a.*

$$\text{max } \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - u_k \quad (3.15)$$

olarak ifade edilmektedir.

Burada yer alan  $u_k$ ,  $e\lambda = 1$  konvekslik kısıtından kaynaklanmaktadır. BCC modelinde KVB etkinlikleri için zarflama modelleri, ölçek getirisi için ise çarpan modelleri kullanılmaktadır.

BCC modelinin konveks üretim olabilirlik kümesi, CCR modelindeki üretim olabilirlik kümesinin bir alt kümesi olmasından hareketle,

$\theta_{CCR}^*$  : Girdi yönlü CCR modelinden bulunan teknik etkinlik

$\theta_{BCC}^*$  : Girdi yönlü BCC modelinden bulunan saf teknik etkinlik

olmak üzere  $\theta_{CCR}^* \leq \theta_{BCC}^*$  ifadesi her zaman doğrudur. Buradan hareketle CCR modeliyle etkin bulunan herhangi bir KVB'nin BCC modeline göre de etkin olduğu sonucuna ulaşılabilir. Ancak bunun tersinin doğru olmadığına dikkat edilmelidir (Çağlar, 2003).

Bu aşamaya kadar etkinlik skorları elde edilmiş ancak ölçeğe göre getirinin yönü ile ilgili bilgi sahibi olunamamıştır. Girdi yönlü zarflama modelinde her KVB'ye karşılık gelen dual değişkenlerinin toplamına ilişkin ifade ölçeğe göre getiri ile ilgilidir ve üretim imkânları kümesinin varsayımı altında tanımlandığı ölçeğe göre getirinin cinsine bağlı olarak zarflama modeline aşağıda ifade edilen kısıtlar eklenmelidir (Canbek 2007).

- Ölçeğe Göre Değişen Getiri için  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$

- Ölçeğe Göre Azalan Getiri için  $\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1$

- Ölçeğe Göre Artan Getiri için  $\sum_{j=1}^n \lambda_j \geq 1$

- Ölçeğe Göre Sabit Getiri için modelde ilgili toplamla ilgili herhangi bir kısıt bulunmaz.

Bu durumu Charnes *et al.* (1978) referans kümeleri ile açıklamışlardır.  $R_k$ , BCC-etkinsiz KVB  $k$ ' nın referans kümesi olmak üzere,

- a) Bütün KVB' ler Ölçeğe Göre Artan Getiri özelliği gösterirler,
- b) Bütün KVB' ler Ölçeğe Göre Artan Getiri ve Ölçeğe Göre Sabit Getiri özelliği gösterirler,
- c) Bütün KVB' ler Ölçeğe Göre Sabit Getiri özelliği gösterirler,
- d) Bütün KVB' ler Ölçeğe Göre Sabit Getiri ve Ölçeğe Göre Azalan Getiri özelliği gösterirler,
- e) Bütün KVB' ler Ölçeğe Göre Azalan Getiri özelliği gösterirler,

biçimindeki BCC-etkin KVB kombinasyonlarından oluşmaktadır. Bu sonuçlar ve *Ölçek Dönüşümü Teorisi* ışığında BCC modeli,

1. Eğer KVB  $k$ , BCC-etkin ise,  $u_k^*$  dual değişkeninin optimal değeri hesaplanır. KVB  $k$ ,

$u_k^* = 0$  ise Ölçeğe Göre Sabit Getiri özelliği

$u_k^* < 0$  ise Ölçeğe Göre Artan Getiri özelliği

$u_k^* > 0$  ise Ölçeğe Göre Azalan Getiri özelliği

gösterir;

2. Eğer KVB  $k$ , BCC-etkinsiz ise, KVB  $k$ ' nın projeksiyonu olan  $(\hat{x}_k, \hat{y}_k)$   $R_k$ ' nın tamamı Ölçeğe Göre Sabit Getiri özelliği taşıyan KVB' lerden oluşuyorsa Ölçeğe Göre Sabit Getiri özelliği,  $R_k$ ' nın tamamı Ölçeğe Göre Artan Getiri ya da Ölçeğe Göre Sabit Getiri özelliği taşıyan KVB' lerden oluşuyorsa Ölçeğe Göre Artan Getiri özelliği,  $R_k$ ' nın tamamı Ölçeğe Göre Azalan Getiri ya da Ölçeğe Göre Sabit Getiri özelliği taşıyan KVB' lerden oluşuyorsa Ölçeğe Göre Azalan Getiri özelliği gösterir biçiminde açıklanabilir. (Güneş, 2006).

Bektaş (2007) BCC modellerinin CCR modellerine olan benzerliğine dikkat çekerek primal modeldeki farkın,  $\lambda$  'ların toplamının 1'e eşit olması ve dual modele eklenen yeni bir değişken ( $u_0$ ) olduğunu ifade etmektedir. Bu değişikliklerle etkin sınırın yapısı değişmektedir. CCR modelinde etkinlik

doğrusu orijinden geçerken, BCC modelinde böyle bir zorunluluk bulunmamaktadır ki bu yönü ile de birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Bu yapısıyla CCR ve BCC modellerinin diğer değişkenler açısından yorumunda bir farklılık olmadığına da dikkat edilmesi gerekir.

### 3.2.2.2. Çıktı yönlü BCC modeli

Çıktı yönlü CCR zarflama modeline  $\sum_{j=1}^n \eta_{jk} = 1$  konvekslik kısıtının eklenmesiyle çıktı yönlü BCC modeli;

$$- \sum_{j=1}^n Y_{rj} \eta_{jk} + Y_{rk} z_k \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \eta_{jk} \leq X_{ik}$$

$$\sum_{j=1}^n \eta_{jk} = 1$$

$$\eta_{jk} \geq 0, r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$$

*k. a.*

$$\max z_k \quad (3.16)$$

olarak elde edilir. Çıktı yönlü BCC modelinin dual modeli ise,

$$- \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} + \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - v_k e \geq 0$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} = 1$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0 \quad v_k \text{ işareti belirtilmemiş}$$

*k. a.*

$$\min \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} - v_k \quad (3.17)$$

biçiminde yazılmaktadır (Güneş, 2006).

BCC modelinde etkin üretim sınırı, KVB'leri CCR modelinden daha sıkı sardığı için ölçüğe göre değişken getiri varsayımı altında elde edilen etkinlik değerleri, ölçüğe göre sabit getiri varsayımı altında elde edilen etkinlik değerlerine eşit ya da daha büyük değerler vermektedir (Oruç 2008).

Çıktı yönlü BCC modelinden elde edilen etkinlik skoru ( $z_{BCC}^*$ ) ile çıktı yönlü CCR modelinden elde edilen etkinlik skoru ( $z_{CCR}^*$ ) arasında,  $z_{BCC}^* \leq z_{CCR}^*$  şeklinde bir ilişki olduğundan dolayı BCC modeli ile etkin bulunan bir KVB, CCR modeli ile de etkin bulunacaktır. Ancak bunun tersinin doğru olmadığına dikkat edilmelidir (Çağlar, 2003).

CCR modeli tarafından üretilen etkinlik skoruna teknik etkinlik (TE), BCC modelinin ürettiği etkinlik skoruna saf teknik etkinlik (STE), bu iki değer arasındaki farka *ölçek etkinliği* (ÖE) denir. Bu etkinlik değerleri arasındaki ilişki;

$$TE = STE \times ÖE \quad (3.18)$$

şeklindedir. Değerlendirilen birimin optimal ölçekte faaliyet gösterdiğinin söylenebilmesi için TE ve STE değerlerinin birbirine eşit olması yani ÖE değerinin 1 olması gerekmektedir. ÖE birden farklı bir değere sahipse ilgili birimin ölçeğini değiştirmesi gerektiği sonucu çıkarılmalıdır (Oruç, 2008).

### 3.2.3. Toplamsal model

CCR ve BCC modelleri radyal projeksiyon yapılarıdır. Girdi yönlü VZA modelleri mevcut çıktı seviyeleri korunurken olası girdi azalılarını dikkate alır. Çıktı yönlü modeller ise mevcut girdi seviyeleri korunurken çıktıların artırılmasını dikkate alır. Charnes ve ark. (1985), iki yönü birleştiren toplamsal ya da Pareto–Koopmans (PK) model olarak adlandırılan modeli geliştirmişlerdir. Bu model girdi ya da çıktı yönlü değildir (Bektaş, 2007).

### 3.2.4. Aylak tabanlı ölçümler

Aylak tabanlı ölçümler Green ve ark. (1997) tarafından önerilmiştir. Tone (2001) de bu ölçüm, ölçümün birimi ile değişmeyen ve bütün girdi ve çıktı aylak değişkenleri için monoton artan olan bir ölçüm olarak tanımlanmıştır.

### 3.2.5. Russell ölçümü modeli

Bu modele Russell ölçümü adı Färe and Lovell (1978) tarafından verilmiş ve daha sonra Pastor ve ark. (1999) tarafından geliştirilmiştir. Cooper ve ark. (2006) çalışmalarında bu ölçümün Tone(2001)'in SBM modeline denk olduğunu ifade etmişlerdir.

### 3.2.6. Diğer radyal olmayan modeller

Yukarıda sayılanlardan başka radyal olmayan modeller de bulunmaktadır. Bunlardan biri Cooper ve ark. (1999) tarafından geliştirilen toplamsal model ile skorun  $[0,1]$  aralığında yer alması özelliğinde birleşen *Aralık Ayarlamalı Ölçüm*'dür. Ayrıca belirli bir KVB için bir projeksiyon noktası tanımlandıktan sonra iki aşamalı etkinlik analizinin ikinci aşamasında kullanılan radyal olmayan modeller de bulunmaktadır (Cook ve Seiford,2009).

### 3.2.7. Temel VZA modellerinin karşılaştırılması

Çizelge 3.1' de, temel VZA modelleri arasından model seçilirken dikkate alınması gereken önemli konular özetlenmiştir. Bu çizelgede *yarı-p* (yarı-pozitif) ifadesi her KVB' ye ilişkin verinin en az birinin pozitif ve diğerlerinin negatif olmamasını ifade ederken *serbest* verilerin negatif, pozitif ya da sıfır olmasına izin verdiği anlamına gelmektedir.

Çıktı yönlü modeller (CCR-O ve BCC-O) için  $\theta^*$  değeri  $\eta^*(\geq 1)$  'nin karşılığıdır. *Teknik* ya da *toplam* modelin *teknik etkinlik* ya da *toplam etkinliği* ölçüp ölçmediğini gösterirken, *ÖGSG* ve *ÖGDG* sırasıyla ölçeğe göre sabit ve değişken getiriye temsil etmektedir. ADD (Toplamsal) ve SBM (Aylak Tabanlı) modellerin ölçeğe göre getirisi eklenen  $e\lambda = 1$  kısıtına bağlıdır.

**Çizelge 3.1.** Temel VZA Modellerinin Karşılaştırılması (Cooper ve ark. 2004)

Model		CCR	CCR-O	BCC	BCC-O	ADD	SBM
Veri	X	yarı-p	yarı-p	yarı-p	serbest	serbest	yarı-p
	Y	serbest	serbest	serbest	yarı-p	serbest	serbest
Değişmezlik Dönüşümü	X	hayır	hayır	hayır	evet	evet	hayır
	Y	hayır	hayır	evet	hayır	evet	hayır
Değişmezliği Birleştirir		evet	evet	evet	evet	hayır	evet
$\theta^*$		[0,1]	[0,1]	(0,1]	(0,1]	hayır	[0,1]
Teknik ya da toplam		teknik	teknik	teknik	teknik	toplam	toplam
Ölçeğe Göre Getiri		ÖGSG	ÖGSG	ÖGDG	ÖGDG	ÖGS(D)G	ÖGS(D)G

### 3.2.8. VZA' da model seçimi

VZA uygulamasında model seçimi temel problemlerden biridir. VZA'nın CCR ve BCC modeline adını verenlerden Cooper ve ark.(2004) bu aşamada dikkat edilmesi gereken noktaları aşağıdaki gibi sıralamaktadırlar:

#### 1. Üretim İmkânları Kümesinin Şekli

CCR modeli etkin sınırdaki ölçüğe göre sabit getiri varsayımına dayanırken, BCC ve toplamsal modelleri artan, sabit ya da azalan şekilde ölçüğe göre değişken sınırları varsayar. Eğer üretim fonksiyonları üzerinde ön araştırmalar, doğrusal regresyon analizi, Coub-Dougllass türü uydurma ya da uzman görüşleri yöntemleri yoluyla tercih edilebilir bir seçenek sunuyorsa, ilgili duruma uyan tercih seçilir. Ancak, geleneksel regresyon tabanlı yöntemlerin çok girdi ve tek çıktı, VZA modellerinin ise çok girdi ve çok çıktıyı analiz ettikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

#### 2. Girdi ya da Çıktı Yönlü Olup Olmama Durumu

Bir VZA çalışmasının ana amaçlarından biri etkisiz KVB'leri üretim sınırına çıkarmaktır. Bu amaçla üç seçenek bulunur: Girdi yönlü durumda amaç

mevcut çıktı değerlerini en düşükte tutarken girdi değerlerini azaltmak iken, çıktı yönlü durumda mevcut en fazla girdi tüketiminde çıktı düzeyini artırmaktır. Toplamsal ve SBM modellerince temsil edilen üçüncü seçenek girdi fazlalıkları ve çıktı eksiklikleri ile birlikte ilgilenir ve aynı anda her ikisini maksimize etmeye çalışır.

### 3. Değişmezlik Dönüşümü

$\theta^*$  değeri veri setinin koordinat sistemine dayanarak ölçülür. Diğer taraftan  $\theta^*$  olmayan toplamsal modeller zorunlu olarak koordinata sahip değildir ve dönüşümce değişmez. Bu modeller bir KVB'nin etkinliğini etkin sınırdan  $l_1$ -metrik uzaklığı ile hesaplar ve koordinat sistemindeki dönüşüme karşı değişmezdir.

### 4. Girdi ve Çıktı Birimlerinin Sayısı

Genellikle KVB'lerin sayısı  $n$  girdi ve çıktılarının toplamından ( $m+s$ ) küçük ise, KVB'lerin çoğu etkin olarak tanımlanır ve KVB'ler arasında etkinlik ayırımı gücü kaybolur. Bu nedenle  $n$ 'nin  $m+s$ 'yi birkaç kez geçmesi gerekir. Girdi ve çıktılarının seçimi başarılı bir VZA uygulaması için çok önemlidir.

### 5. Birçok Model Deneme

Eğer önsel araştırmalar ile üretim sınırının karakteristikleri tanımlanamıyorsa, belirli bir modele bağlı kalmak risklidir. Uygulamanın önemli sonuçları olacaksa, değişik modeller denenerek ve uzman görüşlerinden faydalanarak kesin sonuca varmak gerekmektedir.,

## 3.2.9. Alternatif modeller ve ileri VZA uygulamaları

Cook ve Seiford'ın (2009) VZA'nın 30 yıllık gelişimini inceledikleri çalışma, VZA'nın metodolojik gelişimini incelemesi açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada öncelikle yukarıda sözü edilen modellere ek olarak bazı modellere ve bu modellere ilişkin literatüre yer verilmektedir. *Free Disposal Hull* (FDH) ve *Çapraz Etkinlik Modeli* alternatif bakış başlığı altında incelenmektedir. FDH ile



ilgili olarak Deprins ve ark. (1984), Tulkens (1993), Thrall (1999), Cherchye ve ark. (2000), Green ve Cook (2004) kaynakları incelenebilir. Çapraz etkinlik modeli için ise Sexton ve ark. (1986), Doyle ve Green (1994), Anderson ve ark. (2002), Oral ve ark. (1991), Doyle ve ark. (1996), Liang ve ark. (2008) kaynakları faydalı olacaktır. Diğer bir model olan *En Küçük Aralık Projeksiyonları* için ilgili literatür Frei ve Harker (1999), Charnes ve ark. (1992, 1996), Briec (1999), Gonzalez ve Alvarez (2001), Portela ve ark. (2003), Cherchye ve Van Puyenbroeck (2001), Aparicio ve ark. (2007) şeklinde özetlenebilir. Ali ve Seiford (1990), Thrall (1996), Pastor (1996), Cooper ve ark. (2006) kaynakları ise *Veri Değişimlerine Karşı Değişmezlik* konusunda başvurulabilecek kaynaklardır.

Cook ve Seiford (2009) modellerden sonra *Çok Seviyeli Modeller* başlığı altında Ağ VZA (Fare ve Grosskopf (1996), *Tedarik Zincirleri* (Seiford ve Zhu (1999c), Chen ve Zhu (2004), Zhu (2003b), Liang ve ark. (2006)), *Çok Bileşenli Paralel Modeller* (Cook ve ark (2000), Portela ve ark (2007))ve *Hiyerarşik Modelleri* (Cook ve ark. (1998), Cook ve Green (2005)) incelemiştir.

Metodoloji açısından diğer bir ana başlık *Mutlak Çarpan Kısıtları* (Dyson ve Thanassoulis (1988), Cook ve ark. (1990), Roll ve ark (1991)), *Koni-Oran kısıtları* (Charnes ve ark (1990), Thompson ve ark. (1995)), *Güvenlik Bölgesi* (Bessent ve ark (1988), Lang ve ark (1995), Green ve ark (1996), Olesen Petersen (1996), Green ve ark (1996), Charnes ve ark. (1986)), *Yön Modeller* (Bessent ve ark. (1988), Lang ve ark (1995), Green ve ark. (1996), Olesen ve Petersen (1996), Green ve ark (1996)) ve *Gözlenmeyen KVB'lerin Birleştirilmesi* (Thanassoulis ave Allen (1998), Cook ve Zhu (2005)) başlıkları altında incelenen *Çarpımsal Kısıtlar* dır.

Sözü edilen çalışma kapsamında ayrıca *Değişkenlerin Durumunu Dikkate Alan Özel Durumlar* ve *Pencere Analizi* ile *Malmquist Index* gibi konuların yer aldığı *Duyarlılık Analizleri* hakkında da ilgili literatür ve özet bilgi yer almaktadır.

Ayrıca Sherman ve Zhu (2006), *Kalite Uyarlamalı VZA(Q-VZA)* adlı bir modele yer vermişlerdir. Ramanathan (2003), *Çeşitli VZA Modelleri ve Mevcut Gelişmeler* başlığı altında diğerlerinden farklı olarak üretim imalat firmaları için *Çarpımsal VZA Modelleri*'ne yer vermiştir. Cooper ve ark. (2000), kısıtlı

çarpanlarla ilgili bölümde *Güvenlik Bölgesi* ve *Koni Oran* yaklaşımına ilave olarak, *Güvenlik Bölgesi yaklaşımını kullanan bir Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)* metoduna yer vermişlerdir. Tarım(2001), zaman faktörünün dâhil edildiği zaman serileri analizinin VZA'ya uygulanması olarak tanımlanabilen *Malmquistik TFP endeksi* konusuna uygulamalı olarak kitabında yer vermiştir. Ayrıca *Veri Zarflama Analizi ile Diskriminant Analizini Hedef Programlama (HP) yaklaşımı ile birleştiren bir yöntem*, Toshiyuki Sueyoshi (1999) tarafından yayımlanan bir çalışma ile geliştirilmiştir (Bektaş,2007).

### 3.3. Veri Zarflama Analizinde Kullanılan Bilgisayar Programları

Görelî etkinlik ölçümü kavramı doğrusal programlamaya dayanmaktadır. Doğrusal programlama problemlerinin çözümünde Simplex yöntemi ile optimal çözüm elde edilinceye kadar işlemlerin tekrar edilmesi gerektiği için etkili bir çözüm için bilgisayar programları oldukça faydalıdır. Optimizasyon çözüm programlarına örnek olarak; LINDO, GAMS, QSB ve STORM bilgisayar programları verilebilir (Özcan, 2007).

VZA doğrusal programlamaya dayanan bir teknik olduğundan dolayı doğrusal programlama çözümü için uygun olan herhangi bir yazılım paketi, temelde VZA uygulamaları için de kullanılabilir. Buna rağmen, VZA'nın standart doğrusal programlama paketleri ile çözülemeyen önemli karakteristikleri vardır. Bu nedenle özel yazılımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu karakteristikler Ramanathan (2003) tarafından aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- a) VZA uygulamalarında doğrusal programlama problemleri çalışmaya dahil olan KVB'lerin her biri için ayrı ayrı çözümlenmelidir.  $N$  tane KVB için doğrusal programlama yazılımı her seferinde amaç fonksiyonu ve diğer parametreleri değiştirilerek  $N$  kez çalıştırılmalıdır. Bu durum yorucu ve zaman alıcıdır.
- b) Çarpan VZA modelleri normalleştirme kısıtları içerir. Örneğin, çıktıyı maksimize eden çarpan problemi girdilerin ağırlıklı toplamını normalleştiren  $U_m^T X_m = 1$  kısıtını gerektirir. Buradan açıkça görüleceği üzere,  $u_i$  ağırlıkları girdilerin büyüklüğü ile ters orantılıdır: Eğer  $X_i$

büyükse, ona ilişkin  $u_i$  nin de küçük olması gerekir. Eğer girdilerin değeri yeteri kadar büyükse oluşan küçük ağırlık değerleri doğrusal programlama algoritmasında optimallik testini karıştırabilir.

c) Bir VZA modelinin optimal çözümü genellikle normal doğrusal programlama modellerinde karşılaşılandan daha fazla sıfır değeri içerir. Örneğin bir zarflama VZA modeli etkin bir KVB için çözüldüğünde optimal çözümde sadece  $\theta$  değişkeni ve ona ilişkin  $\lambda$  pozitiftir ve diğer tüm değerler sıfıra eşittir. Bu durum ele alındığında, VZA modellerinin bozulmaya neden olabileceği görülmektedir. Doğrusal programlamada temel değişkenlerden en az biri sıfır değerine sahip olduğunda uygun çözüme ilişkin bir temelin bozulabileceği görülür. Bir VZA modeli normal bir doğrusal programlama paketi ile çözüldüğünde, birçok iterasyonun temel çözümleri birçok sıfır temel değişkenlerini içerebilir ve bu durum temel çözümün bozulmasına yol açabilir. Bozulmanın teorik olarak ana çıkış noktası simpleks işleminin hedef değerini geliştirmeden ve hesaplamaları sonlandırmadan aynı dizi iterasyonları devam ettirdiği döngü olayıdır. Bu nedenle hesaplama hızını düşüren döngüleri elimine etmek gerekir.

d) Arşimedgil olmayan çok küçük sayıların kullanımı doğrusal programlama yazılımı kullanımı ile çözümde hesaplama zorlukları yaratabilir. Arşimedgil olmayan çok küçük değerler sayı olmadıkları için, standart doğrusal programlama paketleri bunların küçük sayılar şeklinde temsil edilmesini gerektirir. Mevcut hesaplamalarda bu çok küçük değerler optimizasyonun etkilenmemesi için diğer girdi ve çıktılardan daha küçük olacak şekilde seçilmelidir.

VZA çözümlenmesinde Win QSB, LINDO, WARWICK WINDOWS DEA, BYU-DEA, IDEA, PIONER, FRONTIER ANALYST ve SAS-DEA gibi yazılımlar kullanılmaktadır (Bektaş, 2007). Özcan (2007) ise bu programlardan farklı olarak DEA-SOLVER, DEAP ve ETAKS programlarının kullanıldığını ifade etmektedir. Ayrıca yapılan incelemelerde, farklı programların aynı veri seti için programların güvenilirliğini tartışılır hale getiren farklı sonuçlar vermesinin

ana nedeni olarak programların çözüm algoritmalarının farklı olmasını göstermektedir.

VZA yönteminde kullanılmak üzere çeşitli yüksek programlama dilleri kullanılarak yazılımlar programlanabilir. İçlerinde üniversiteler ve özel kuruluşların yer aldığı birkaç program geliştirici tarafından VZA uygulamalarında kullanılmak üzere yazılımlar geliştirilmiştir. Bu yazılımlara ilişkin özet bilgi Ek-1'de Çizelge 3.3' te yer almaktadır.

Ayrıca <http://deazone.com> adresi VZA ile ilgili yazılımlar dahil tüm bilgileri içermektedir. Birçok internet sitesinde VZA ile ilgili klavuzlar yer almakla birlikte, bazılarında VZA uygulaması yapmak üzere veri setleri de yer almaktadır (Ramanathan 2003).

Efficiency Measurement System (EMS), VZA hesaplamalarını gerçekleştirmek için Almanya'da bulunan Dortmund Üniversitesi tarafından Windows 9x/NT için geliştirilen bir yazılımdır. EMS programı akademik kullanıcılar için ücretsizdir ve <http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems> adresinden temin edilebilmektedir. EMS'de teorik olarak KVB sayısı ve girdi/çıkıtı sayısı için bir kısıtlama yoktur. Analizin büyüklüğü hesaplamaların gerçekleştirildiği bilgisayarın belleği ile sınırlıdır. Yazılım geliştiriciler 5000 KVB ve 40 girdi ve çıkıtı ile başarılı bir şekilde çözüme ulaştıklarını belirtmektedirler. EMS MS Excel ya da metin şeklindeki verileri kullanılabilir. EMS' de isteğe bağlı olmayan değişkenler de tanımlanabilmektedir. Ayrı bir Excel ya da metin dosyası kullanılarak ağırlık kısıtları tanımlanabilmektedir. EMS yazılımı aynı zamanda Window Analysis ve Malmquist İndeks tabanlı analizler için de kullanılabilir (Scheel, 2000)

Sonuç sayfasında etkinlik skoru, her bir girdi ve çıkıtı için  $\{v\}$  sanal girdi/çıkıtı,  $\{w\}$  gölge fiyat değerleri, referans grubu ve her bir girdi ve çıkıtı için  $\{s\}$  aylak değişken değerleri yer almaktadır.

### **3.4. VZA' nın Uygulama Aşamaları**

VZA' nın rutin hesaplamaları genel doğrusal programlama yazılımları ya da özel VZA yazılımları kullanılarak gerçekleştirilebiliyor olsa da VZA' nın

uygulama prosedüründe hesaplama ile ilgili olmayan bazı önemli boyutlar bulunmaktadır. VZA'nın uygulanabilmesi için gerekli olan adımlar aşağıda yer almaktadır (Ramanathan, 2003):

- Karar birimlerinin seçimi
- Girdi ve çıktı seçimi
- Verilerin elde edilebilirliği ve güvenilirliği
- VZA ile etkinlik ölçümü
- Etkinlik değerleri
- Referans kümesinin belirlenmesi
- Etkinsiz karar birimleri için hedef belirlenmesi
- Sonuçların değerlendirilmesi

Bu adımlar sırasıyla aşağıda açıklanmıştır. VZA'nın uygulama prosedürü hakkında daha ayrıntılı açıklamalara Golany ve Roll (1989) tarafından gerçekleştirilen çalışmadan ulaşılabilir (Ramanathan, 2003).

#### **3.4.1. Gözlem kümesinin (Karar Verme Birimlerinin) seçilmesi**

Bir çalışmada KVB'lerin seçimini etkileyen 2 faktör olmuştur. Bunlar homojenite ve KVB'lerin sayısıdır.

a) KVB'ler homojen birimler olmalıdır. Aynı görevleri yerine getirmeli ve benzer hedeflere sahip olmalıdırlar. KVB'lerin başarısını tanımlayan girdi ve çıktılar yoğunluk ya da miktar dışında aynı olmalıdır (Ramanathan, 2003). Diğer bir ifadeyle gözlem kümesinin homojen bir yapı göstermesi yani gözlem kümesi içerisinde yer alan bütün karar birimlerinin aynı girdi-çıkıtı bileşimlerine sahip olması gereklidir. (Özcan, 2007; Bektaş, 2007). Örneğin; üniversitelerin ve ortaöğretim kurumlarının performansı karşılaştırıldığında girdi ve çıktıları farklı olacağından dolayı KVB etkinliklerini karşılaştırmak uygun olmayacaktır (Ramanathan, 2003). Bu karar birimlerinin, üretim ve teknolojisi açısından birbirlerine benzer olmaları, diğer bir ifadeyle homojen olması elde edilecek sonuçların anlamlı olabilmesi açısından çok önemlidir (Özcan 2007). Etkinlik ölçümlerinin anlamlı sonuçlar verebilmesi, seçilen karar biriminin sayısına bağlıdır. KVB'lerin seçiminde dikkat edilmesi gereken hususları Oruç (2008),

1. Göz önüne alınan birimler aynı görevleri benzer amaçlarla yerine getirmelidir.
2. Tüm birimler aynı pazar şartlarında çalışmalıdır.
3. Gruptaki tüm birimlerin başarısını etkileyen eden faktörler (hem girdi, hem çıktı) yoğunluk ve büyüklükteki farklar dışında aynı olmalıdır

şeklinde ifade sıralamaktadır.

b) Karşılaştırılacak KVB'lerin sayısı VZA çalışmasının hedeflerine ve uygulamada performansları karşılaştırılacak homojen birimlerin sayısına bağlıdır. KVB sayısı fazla olursa, etkinlik sınırını belirleyen yüksek performansa sahip birimleri yakalama olasılığı yüksek olur. Ayrıca çok sayıda KVB girdiler ve çıktılar arasında ilişkilerin kesin bir şekilde tanımlanmasını kolaylaştırır. Genellikle, KVB'lerin sayısı arttıkça bir VZA analizine daha fazla sayıda girdi ve çıktı dâhil edilebilir. Buna rağmen, VZA analisti birimlerin sayısını gerekli olmadıkça arttırmamak konusunda tedbirli davranmalıdır. KVB'lerin sayısının seçimi konusundaki en önemli düşünce KVB'lerin homojenitesi olmalıdır. Sadece KVB'lerin sayısının artması uğruna araştırmacı bu kuralı gevşeterek geri kalan birimlerle karşılaştırılması mümkün olmayan heterojen birimleri çalışmaya katmamalıdır (Ramanathan, 2003). Bu nedenle bir VZA çalışması için KVB sayısının belirlenmesi için çeşitli araştırmacılar tarafından bazı öneriler geliştirilmiştir:

- Seçilen girdi sayısı  $m$ , çıktı sayısı  $n$  ise en az  $(m+n+1)$  adet karar birimi araştırmanın güvenilirliği açısından önemlidir. Buna rağmen, literatürde bu kabulün göz ardı edildiği, VZA'nın az sayıda örnek ile uygulandığı birçok örnek bulunmaktadır (Sarica, 2007).
- Uygulamada en çok karşılaşılan durum, seçilen karar biriminin girdi ve çıktı sayısının en az iki katı olması gerektiğidir (Sarica 2007, Özcan 2007).
- Girdi-çıkıtı faktörlerinin toplam sayısının en az 3 katı kadar karar verme birimine ihtiyaç vardır (Özcan, 2007; Çağlar, 2003; Canbek, 2007; Bektaş 2007).

- Örnek büyüklüğü girdi ve çıktı sayısının toplamının en az 2 ya da 3 katı olmalıdır (Ramanathan, 2003).
- Ayrıca Norman ve Stoker (1991) gibi bu sayının en az yirmi olduğunu savunanlar da vardır (Özcan, 2007).

KVB sayısı artırılmadığında, temel bileşenler analizi ile girdi ve çıktıların kısmi varyanslarından yararlanılarak boyut indirgemesi yoluyla girdi ve çıktı sayısı azaltılabilir. Ayrıca Sengupta (1990) girdi ve çıktı değişken kümelerine *Kanonik Korelasyon Analizi* uygulamayı önermiştir. Bu yaklaşıma göre negatif işaretli ağırlığa sahip değişkenlerin modelden çıkartılmasını önermektedir. Yine önerilen diğer bir yaklaşım da bazı değişkenlerin model dışında tutularak, tam model ile ortaya çıkan farkına ya da ilişkisine bakılmasıdır (Çağlar, 2003).

### **3.4.2. Girdi ve çıktı kümelerinin seçilmesi**

VZA veri tabanlı bir etkinlik ölçme tekniği olduğundan dolayı, yapılacak ölçümün sağlıklı olması için üretim teknolojisini en iyi şekilde ifade edecek girdi ve çıktıların seçilmesi gerekir (Oruç, 2008).

Herhangi bir VZA uygulamasındaki temel zorluk girdi ve çıktıların seçimidir. Bu girdi ve çıktıların seçimi için kesin bir kural yoktur, seçim tamamen öznel olmaktadır. Buna rağmen, seçim için bazı ipuçları tavsiye edilebilir.

Bir VZA çalışması, çalışma ile ilgili olduğu düşünülen girdi ve çıktıların ayrıntılı bir listesinin oluşturulması ile başlar. Bu aşamada, analiz edilecek KVB'lerin performansı ile bağlantılı olan tüm girdi ve çıktılar listelenmelidir. En önemli girdi ve çıktıları seçerek toplam sayıyı makul seviyeye indirmek için kantitatif (örneğin istatistiksel) ya da kalitatif (yargısal, uzman tavsiyesi ya da Analitik Hiyerarşi Süreci (Saaty 1980) gibi teknikler kullanarak) eleme prosedürleri kullanılabilir. Bu süzme işlemini yapmak amacıyla aşağıda yer alan soruları kullanmak yararlı olabilir:

- (a) Girdi ya da çıktı VZA çalışmasındaki bir ya da daha fazla hedef ile ilişkili mi?

(b) Girdi ya da çıktı KVB' nin diğer girdi ya da çıktıların tanımlamadığı özelliklerini tanımlıyor mu?

(Ramanathan, 2003).

Genellikle, girdiler karar birimlerini oluşturan kaynaklar ya da bu karar birimlerinin performansını etkileyen durumlar olarak tanımlanır. Çıktılar ise seçilen karar birimlerinin çalışma performansından elde edilen faydalardır. Önemli olan belirlenen girdi ya da çıktı kararlarının doğru verilmesidir. Sarıca (2007) bu girdilerin ve çıktıların belirlenmesinde göz önünde tutulması gereken hususları aşağıda yer alan maddeler halinde ifade etmektedir:

- Bir faktörde bulunan bilginin diğer bir faktörde bulunmaması,
- Belirlenen faktörlerin incelenen sistemi tam olarak yansıtması,
- Girdilerdeki iyileştirmelerin çıktılarına yansıtılması,
- Faktörlere ilişkin verilerin elde edilebilir ve güvenilir olması,
- Faktörlerin, faaliyetin bir ya da bir kaç hedefiyle ilgili olup olmaması,
- Çıktı faktörlerinde birimdeki bir azalmanın, girdi faktörlerinde artışa neden olmaması

Ancak bazen, özellikle faktör hem girdi hem de çıktı olarak ifade edilebiliyor ise, belirli bir faktörü girdi ya da çıktı olarak sınıflandırmak zor olabilir. Bu gibi durumlarda faktörü sınıflandırmanın bir yolu KVB' lerin bu faktörün daha etkin olup olmasına bağlı olarak daha yüksek performans kaydedip kaydetmediğini kontrol etmektir. Eğer bu sorunun cevabı evet ise, faktör normalde çıktı olarak sınıflandırılır. Diğer durumda girdi olarak sınıflandırılır (Ramanathan, 2003).

İkinci aşamada ise, ilk aşamada seçilen girdi ve çıktıların, birbirleriyle ilişkilerinin ortaya çıkarılması ve doğru girdiler ve çıktıların belirlenmesi hedeflenmektedir. Bunun için literatürdeki bazı örneklerde girdi ve çıktılarına regresyon analizi ve/ya da korelasyon analizi uygulandığı görülmektedir. Girdilerin, çıktıların her biri ile regresyon analizi yapılması yerine öncelikle bir korelasyon analizi yapmak daha iyidir. Korelasyon analizinde girdi ve çıktıların birbirleri ile ilişkisi negatif ya da pozitif yönde olmak üzere yüksek çıkması



girdiler ve çıktılar arası ilişkinin gücünü gösterir. Korelasyon analizi yetersiz kaldığı durumlarda kesin sonuçlara ulaşılamazsa regresyon analizi uygulanır. Birbiri ile çok yüksek korelasyon ilişkisi bulunan ve süreçle ilişkisi olmayan girdiler ve çıktılar hemen elenmelidir. Ayrıca yukarıda ifade edildiği üzere hem girdi hem çıktı olarak görülebilen bazı faktörler olduğu durumda, regresyon analizi muhakkak yapılmalıdır. Eğer bağıntı girdilere zayıf, çıktılara kuvvetli ise, faktör girdi olarak sınıflandırılmalı, tersi durumda çıktı olarak alınmalıdır. Tüm faktörlerle çok zayıf, ya da çok kuvvetli ilişkisi mevcut ise, o faktörün içerdiği bilginin zaten diğer faktörlerde de mevcut olduğu anlaşılacağı için kendisi ihmal edilebilir (Sarica, 2007).

Herhangi bir çalışmada, girdi ve çıktıları doğru bir şekilde tanımlamaya odaklanmak önemlidir. Anlamli bir çalışma için girdi ve çıktıların toplam sayısını kısıtlayarak makul bir seviyede tutmak önemlidir. Genellikle girdi ve çıktıların sayısı arttıkça, diğer birimlere göre hesaplanması daha özelleşeceği için etkinlik skoru 1 olan KVB'lerin sayısı da artacaktır. Diğer bir deyişle, KVB'ler için az sayıda girdi ve çıktı üzerine yoğunlaşmak ve birim etkinlik skoruna sahip çok sayıda KVB'ye giden en yüksek etkinlik değerlerini belirlemek mümkündür (Ramanathan, 2003).

### **3.4.3. Verilerin elde edilebilirliği ve güvenirligi**

VZA için girdi ve çıktılar belirlendikten sonra, tüm karar birimleri için bu girdi ve çıktı verilerinin elde edilmesi gerekliliği belirtilmektedir. Herhangi bir karar birimi için gerekli verilerin elde edilmemesi durumunda söz konusu birimin çalışmadan çıkarılması önerilmekte, bu sebeple verilere ulaşıp ulaşılmaması durumu dikkate alınarak girdi ve çıktı seçimi yapılması gerektiği ifade edilmektedir. Ancak bu durum klasik VZA uygulamaları için geçerlidir. Bulanık VZA uygulamalarında bir KVB'ye ilişkin tüm girdi ve çıktı değerlerinin bilinme zorunluluğu bulunmamaktadır. Bu veriler *kayıp veri* grubunda incelenerek çalışmaya dahil edilebilmektedir. Verilerin toplanabilmesinin yanında güvenirlilikleri de önemlidir. Bir KVB'nin dahi verilerinin güvenilir olmadığı bir

durumda sadece o KVB' nin değil tüm KVB' lerin etkinlik skoru etkilenmektedir (Sarica, 2007).

#### **3.4.4. VZA ile görelî etkinlik ölçümü (model seçimi)**

Girdiyi maksimize eden ya da çıktıyı minimize eden, çarpan ya da zarflama, ölçüğe göre sabit ya da değişken getiriye sahip vb. çeşitli VZA modelleri bulunmaktadır ve bu modellerin çoğunun çıktıları birbirleri ile ilişkilidir. Buna rağmen uygun bir VZA modelinin seçilmesi faydalı olacaktır (Ramanathan, 2003).

Bu kapsamda öncelikle girdi ve çıktı yönlü olmak üzere iki yönlü VZA yönteminden hangisinin seçileceği düşünülmelidir. Girdi yönlü VZA modelleri; belirli bir çıktı bileşimini en etkin bir şekilde üretebilmek amacıyla, kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırırken çıktıya yönelik VZA modellerinin belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini araştırdığı göz önünde bulundurulmalıdır (Bektaş, 2007).

Değişken olmayan girdiler (tamamen kontrol altında olmayan) içeren uygulamalarda çıktı tabanlı formülasyonlar daha uygun olacaktır. Bunun yanında, muhtemel optimum performansa sahip KVB'lerin ayrılmasından ziyade yönetim çıktılarına amaçlarına göre karar veriyor ise girdi tabanlı VZA formülasyonları daha uygun olabilir. Bir uygulamada girdiler ve çıktılar üzerine vurgu yapılıyorsa çarpan versiyonları, KVB'ler arasındaki ilişkiye vurgu yapılıyorsa zarflama versiyonları kullanılır. Ölçüğe göre artan ve sabit getiri durumu uygulamanın özelliğine bağlıdır. (Ramanathan, 2003).

Sarica (2007) ise girdiler iki katına çıktığında, süreç iki kat çıktı üretirse ölçüğe göre sabit getiri; süreç çıktıların iki katından daha az ya da çok çıktı üretirse, ölçüğe göre değişken getiri ile modellenebileceğini ifade etmektedir. Ayrıca sabit ya da değişken getirili modellerin tercih nedenleri de problemin koşullarına göre değişmektedir. Karar birimlerinin performansı normalde işlem ölçüğünden etkilenmiyorsa sabit ölçüğe göre getirili modeller tercih edilmeli iken diğer birçok farklı durumda, değişken ölçüğe göre getirili modeller daha uygun olabilmektedir.

### 3.4.5. Sonuçların değerlendirilmesi

Yönetmelik anlamda son derece önemli bilgiler içeren VZA' nın uygulanması sonucunda:

1. Etkin KVB' ler,
2. Etkinsiz KVB' ler,
3. Etkinsiz KVB' ler tarafından kullanılan fazla kaynak miktarları,
4. Etkinsiz KVB' lerin kullandıkları girdi miktarları ile üretmeleri gereken çıktı miktarları ve
5. Etkinsiz KVB' lerin referans kümesini oluşturan birimler

belirlenmektedir (Oruç, 2008).

#### 3.4.5.1. Etkinlik skorları

Yapılan hesaplamalar neticesinde her bir karar birimi için 0 ile 1 arasında bir etkinlik skoru elde edilir. Etkinlik skoru 1'e eşit olan birimler etkin olarak değerlendirilir ve etkinlik sınırında yer alır. Etkinlik skoru 1'den küçük olan karar birimleri ise göreceli olarak etkinsizdir ve etkinlik değerleri, etkinlik sınırına olan uzaklıkları ile ifade edilir. Etkinsiz karar birimlerinin 1 değerinden sapması, bu birimlerin göreceli etkinsizlik ölçülerini verir Herhangi bir karar birimi için %100 etkinlik ancak bir ya da birden fazla girdinin artırılması ya da diğer çıktılarından bazılarının azaltılması ile birlikte bir çıktının artırılması ya da çıktılarından bazılarının azaltılması ya da diğer bazı girdilerin artırılması yolu ile birlikte bir girdinin azaltılması durumlarında sağlanabilir (Özcan, 2007).

Subjektif bir yaklaşım olan *Sabit Ağırlıklandırma Sistemi* problemin çözümünde kolaylık sağlasa da, ağırlık katsayıları değiştirildiğinde etkinlik skorları da değişebilir. VZA' da ise tam tersine değişken ağırlıklar kullanılır. VZA' nın özü farklı birimleri olan girdi ve çıktılara ağırlıkların nasıl verilmesi gerektiğidir. VZA, farklı KVB' lerin farklı üretim fonksiyonları olabileceği gerçeğini dikkate alarak her KVB' ye girdi ve çıktıları ağırlıklandırmada

esneklik tanımaktadır. Böylece VZA, her KVB' nin kendi etkinlik skorunu maksimize edecek şekilde girdi ve çıktı ağırlıklarını seçeceğini varsaymaktadır. Çünkü farklı KVB' ler farklı çıktıları üretmek için farklı girdi bileşimleri kullanmaktadırlar. KVB' lerin en az kullandıkları girdilere ve en çok ürettikleri çıktılarına en yüksek ağırlıkları vermeleri beklenmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, ağırlıkların fiyat ile ilişkili olmadığı, KVB' nin etkinliğini maksimize edecek karar değişkenleri olduğudur (Oruç, 2008).

#### **3.4.5.2. Referans kümelerinin belirlenmesi**

Değerlendirmeye alınan her bir KVB için göreceli etkinlik skorları elde edildikten sonra etkinsiz her bir karar birimi ayrı ayrı incelenerek, bunların etkin hale gelebilmesi için ne gibi önlemlerin alınması gerektiği belirlenmektedir (Bektaş, 2007).

VZA etkinsiz karar birimlerinin göreceli olarak etkin birimlerin uyguladığı yöntemleri uygulayarak aynı etkinlik düzeyine ulaşabilecekleri varsayımı üzerine kurulmuştur. *Referans Kümesi* ya da *Başvuru Grubu* karar birimlerinin kendilerine ölçüt olarak alacakları etkin karar birimlerinin oluşturduğu küme olarak tanımlanmaktadır. Bir referans kümesinde yer alan etkin karar birimleri etkinsiz birimlere ne kadar yoğunlukta referans gösteriliyorsa referans olarak o kadar güçlüdür. Bu yoğunluk, karar birimlerinin performans dağılımlarıyla yakın ilişkilidir (Özcan, 2007).

#### **3.4.5.3. Etkinsiz karar birimleri için hedef belirlenmesi**

VZA yönteminde etkinsiz KVB' ler için performanslarını iyileştirebilecekleri ulaşılabilir hedefler belirlenir (Oruç, 2008). Özcan (2007) bu hedeflerin belirlenmesini VZA uygulamalarının en önemli özelliklerinden birisi olarak ifade etmiş ve bu hedefleri, genel olarak etkinsiz karar biriminin referans kümesinde yer alan etkin birimlerin ağırlıklı ortalaması olarak tanımlamıştır. Etkinsiz birimlerde fiziksel kısıtlar ya da kontrol edilemeyen bir girdi olabileceğinden dolayı pratikte bu durum her zaman gerçekleşemeyebilir ve

performans iyileştirme çabaları sonuçsuz kalabilir. Hedeflerin belirlendiği tarih  $t$  iken, hedeflere varmak için iyileştirme çabalarının  $t+1$  zamanında yapılacağı, bu nedenle  $t$  zamanındaki hedeflere bağlı kalmanın etkinliğin zaman içinde sabit olduğunu kabul etmek anlamına geldiği de unutulmamalıdır.

### **3.4.6. VZA sonrası prosedürler**

Bir VZA çalışması normalde KVB' ler, aylaklar ve rol modelleri arasındaki etkinlikler ile ilgili bilgi sağlar. Bu sonuçların kesinliğini duyarlılık analizi kullanarak doğrulamak çok önemlidir. Bazı durumlarda, bu VZA çıktıları ilgili sonuçlar elde etmek için yeterli olabilirken bazı durumlarda VZA çıktılarının daha ileri analizlerine gerek duyulabilir (Ramanathan, 2003).

#### **3.4.6.1. VZA sonuçlarının duyarlılık analizi**

VZA, etkinlik sınırı optimum performans gösteren KVB' nin gerçek performansı tarafından oluşturulduğu için bir uç nokta tekniğidir. Bu bakış açısının doğrudan bir sonucu olarak ölçümdeki hatalar VZA sonuçlarını önemli ölçüde etkileyebilir. VZA etkinlikleri küçük hatalara karşı bile oldukça duyarlıdır. Bunun yanında VZA parametrik olmayan bir teknik olduğu için istatistiksel hipotez testlerinin uygulanması zordur. Örneğin; hesaplanan VZA etkinliklerinin istatistikte kullanıldığı anlamıyla güvenilirliğini tahmin etmek mümkün değildir. Bu yüzden her hangi bir modelleme tekniğinde olduğu gibi VZA ile elde edilen çıktıları karşı temkinli davranılarak ancak uygun bir duyarlılık analizi uygulandıktan sonra kullanılmalıdır.

Bir KVB için diğerlerini göz ardı edip belirli bir çıktıya dayanarak performansını basit bir şekilde artırıp bir yarar değeri elde etmek mümkündür. KVB tüm çıktıları baz alarak performansını geliştirmediği halde, etkin hale gelebilir. Bu nedenle eğer bir KVB VZA sonucunda başlangıçta etkin olarak tanımlanıyorsa, rol model olduğu etkinsiz KVB' lerin sayısı kontrol edilerek tamamlayıcı bir duyarlılık analizi uygulanmalıdır. Eğer sayı yüksek ise, KVB gerçekten etkindir. Sadece birkaç rol modeli olan KVB' lerin etkinliğine her

zaman temkinli yaklaşılmalıdır. Bir KVB' nin VZA etkinliğinin duyarlılığını kontrol etmenin diğer bir yolu, etkinlik skorunun bir girdi ya da çıktı VZA analizinden çıkarıldığında dikkate alınır derecede etkilenip etkilenmediğini kontrol etmektir. Sadece bir girdi ya da çıktının çıkarılması ile etkinsiz duruma gelen etkin bir KVB' ye şüphe ile bakılmalıdır. Benzer bir duyarlılık analizi analizden etkin bir KVB' nin çıkarılması ile de gerçekleştirilebilmektedir (Ramanathan, 2003).

#### **3.4.6.2. İleri analizler için VZA çıktılarının kullanılması**

Bazı durumlarda VZA etkinliklerinin daha ileri analizi gerekebilir. Literatürde VZA çıktılarını analiz etmek üzere regresyon analizi, ana faktör analizi ve Malmquistik verimlilik indeksi yaklaşımı gibi ilave yöntemler kullanıldığı görülmektedir. Kontrol edilemeyen faktörlerin etkisinin filtrelenmesi için VZA etkinliklerine regresyon analizi uygulanabilir. Yeh (1996) VZA skorları ile bağlantılı olarak ana faktör analizini kullanmıştır. Malmquistik verimlilik indeksi yaklaşımı ile VZA etkinlikleri zaman serisi analizlerinde kullanılabilir. (Ramanathan, 2003). Malmquistik toplam faktör verimliliği indeksi iki gözlemin toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi ortak bir teknolojiye olan uzaklıkların oranı olarak ölçmekte kullanılan bir tekniktir (Yalama, 2006).

#### **3.5. VZA' nın Güçlü ve Zayıf Yönleri**

Her teknikte olduğu üzere VZA' nın da kullanımında avantajlarının yanında dezavantajları bulunmaktadır. Bu anlamda çeşitli çalışmalarda değerlendirilen VZA' nın güçlü ve zayıf yönleri incelenecektir.

### 3.5.1. VZA' nın güçlü yönleri

- VZA' nın en önemli güçlü yanı nesnellığıdir. Çünkü VZA sayısal verilere dayanan etkinlik skorları sağlar ve insanların öznel düşüncelerini kullanmaz. Ulaşılan verileri mümkün olan en yüksek derecede nesnel bir şekilde değerlendiren değerli bir tekniktir (Ramanathan, 2003).
- VZA, etkinsiz bir KVB' nin performansını, kümesindeki etkinlik sınırında yer alan KVB' lerin seviyesine çıkarmak için, alternatif yollar belirler. Karar verici ise KVB' ye uygun iyileştirme yolunu yargısı ve tecrübesi ile seçer (Özcan, 2007).
- VZA' nın uygulamasında ilgili tüm girdi ve çıktıları tanımlandığı için karar vericiler üretim sürecini daha iyi tanıyabilirler (Canbek, 2007).
- VZA çalışmasında kullanılan ve analiz sonuçlarını içeren verilerden hareketle ayrıntılı bir veri tabanı oluşturulabilir (Oruç, 2008).
- VZA parametrik olmayan bir yöntem olduğu için belirli bir fonksiyonel dağılım kuralına uyması gibi bir varsayımı taşımaz. Girdi ve çıktı verileri deterministik olarak varsayıldığı için veriler rassal bir mekanizma ile üretilmez (Canbek, 2007).
- VZA merkezi eğilim ölçülerinden ziyade sınıra yönlenmektedir (Çağlar, 2003). Regresyon tekniklerinde ortalama değere göre karşılaştırma yapılırken, VZA ile karar birimleri doğrudan etkin olan bir referans birim ya da referans kümesi ile karşılaştırılmaktadır (Bektaş, 2007).
- Üretim fonksiyonunun çoğunlukla bir tek çıktı ve çok girdiyi ilişkilendirerek tahmin yapılan regresyon tekniklerinden ziyade, VZA çok girdi ve çıktı içeren modeller için kullanılabilir (Oruç, 2008).
- Girdilerin ve çıktıların çok farklı birimlere sahip olduğu durumlarda aralarında zorunlu olarak bir dönüşüm yapmaya gerek yoktur (Ramanathan, 2003 ). Çağlar (2003) birden çok girdi ve çıktısı olan karar verme birimlerinin etkinliklerinin tek bir değere indirgenerek ölçülebilmesi durumunu Veri Zarflama Analizi'nin en önemli avantajı olarak değerlendirmektedir.

- VZA, görelî etkinliği hesaplarırken her karar birimi için kullandığı formülasyonu ayrı ayrı en iyiler. Ayrıca, her bir etkinsiz çıkan karar birimi için neler yapılması gerektiğine dair öneriler sunar (Bektaş, 2007).
- VZA ile her bir karar verme birimi için teknik ve ölçek etkinlikleri ayrı ayrı hesaplanabilmektedir. Böylece üretimden ya da ölçekten kaynaklanan etkinsizlikler de ayrı ayrı belirlenebilmektedir (Çağlar, 2003).

### 3.5.2. VZA' nın zayıf yönleri

- VZA'nın deterministik yapısı ve bir uç nokta tekniği olması ölçüm hatalarına ve değişken seçimine karşı oldukça duyarlı olmasına neden olmaktadır (Oruç, 2008). Bir karar verme biriminin aykırı değerlere sahip olması etkinlik sınırının biçiminin bozulmasına yol açacağından dolayı elde edilecek etkinlik skorları gerçeği yansıtmaktan uzak olacaktır (Çağlar, 2003). VZA etkinliklerinin küçük hatalara bile oldukça duyarlı olması duyarlılık analizlerini VZA sonrası prosedürün önemli bir parçası haline getirmektedir (Ramanathan, 2003).
- VZA' nın diğer bir zayıf yönü, elde edilen etkinlik skorlarının yalnızca incelenen gözlem kümesi için geçerli olmasıdır. Farklı karar verme birimlerinin yer alacağı başka bir çalışmadan elde edilen etkinlik skorları farklı olacağı için karşılaştırma yapmak mümkün olmayacaktır (Çağlar, 2003).
- VZA' nın kullanımında diğer bir sıkıntı ise serbestlik derecesi problemidir. İncelenen KVB' lerin toplam sayısı, karar verme birimlerine ilişkin girdi ve çıktı değerlerinin toplam sayısının en az üç katı olursa VZA sonuçları güvenilir olacaktır. Aksi durumda VZA çok sayıda karar verme birimini etkin olarak değerlendirecektir (Çağlar, 2003).
- VZA genel olarak fiziksel girdi ve çıktı ölçütleri ile test edildiğinden teknik girdi-çıkıtı etkinliği ile sınırlıdır. Yöntemin yetenekleri girdi ve çıktılara görelî fiyatlar ya da öncelikli ağırlıklar atanarak güçlendirilebilir (Özcan, 2007).



- KVB'lerin değerlendirileceği girdi ve çıktıların belirlenmesi üretim sürecinin doğru olarak analiz edilmesi ve yöntemin sonuçlarının sağlıklı bir şekilde elde edilmesi açısından önemlidir. Kritik bir girdi ya da çıktı araştırma dışında bırakıldığında sonuçlar yanıltıcı ve yanlı olabilir (Canbek, 2007).
- Her karar birimi için ayrı bir doğrusal programlama modelinin çözümünün gerekliliği, büyük boyutlu problemlerin çözümünde zaman alıcı olabilir. Ancak günümüzde bilgisayarların hesaplama gücü ve VZA uygulamalarındaki KVB sayıları dikkate alındığında bu ciddi bir problem değildir (Ramanathan, 2003).
- VZA, parametrik olmayan bir teknik olduğundan sonuçlara istatistiksel hipotez testlerinin uygulanması oldukça zordur (Oruç, 2008).
- VZA modelleri, tek zaman kesitinde değerlendirildiği için statik modellerdir. Gerçek hayat dinamik bir özellik göstermektedir, yani karar verme birimlerinin bazı girdilerini çıktılara dönüştürebilmesi bir periyottan daha uzun bir süre almaktadır. Bu sebeple farklı periyotlardaki veriler için uygun indirgeme oranlarının kullanılması gerekecektir (Özcan 2007).
- Gözlemlenen performansın en iyi performansla olan farkının nedeni sadece etkinsizlik olarak değerlendirilerek uç gözlem noktalarında meydana gelebilecek ölçüm hataları göz ardı edilmektedir. Bu durum yanıltıcı sonuçlara neden olabilir (Canbek 2007).
- VZA'da etkinlik skorları belli sayıda doğrusal programlama problemlerinin çözümü ile elde edildiğinden, iki girdi ve çıktıdan fazla olan durumda teknik bilgisi olmayan biri için uygulama ve sonuçların değerlendirilmesi zor olabilir (Ramanathan, 2003).
- Referans kümesine dâhil olan karar birimlerinin kendi başlarında değerlendirildiğinde de gerçekten etkin olup olmadıkları (mutlak etkinlik) hakkında bir yorum yapılabilmesi güçtür. Çünkü VZA etkinlikleri görelilik olarak değerlendirmektedir (Oruç, 2008).
- VZA sadece bir ya da daha fazla girdi ve çıktı olması durumunda etkinlik skoru hesaplamak için tasarlanır. Yöntem, performansı değerlendirirken hiç girdi ve çıktı olmaması durumunu içerecek esneklikte olması

durumunda daha iyi bir duruma gelecektir. Okullarda performans değerlemesi örneğinde Hollanda'da yer alan tüm okulların girdilerinin aynı olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle herhangi bir girdi kullanılması gerekmediği varsayılmıştır. Ancak herhangi bir girdi olmadan VZA analizini doğrudan uygulamak mümkün değildir. Bu problemin üstesinden gelebilmek için tüm okullar için aynı değere sahip bir kukla değişken tanımlamak yeterli olsa da, bu durum tekniğin bir kısıtıdır (Ramanathan, 2003).

#### 4. BULANIK KÜME TEORİSİ

İnsanlar günlük yaşantılarında sürekli olarak kesin olmayan durumlar ile karşı karşıyadır. Günlük konuşmalarda kişinin kendini iyi hissetme derecesi (iyi, kötü, idare eder), kilosunu değerlendirmesi (zayıf, şişman, normal), alacağı malların fiyatları ile ilgili görüşleri (pahalı, ucuz, çok ucuz) gibi birçok durumda belirtilen kavramlar birbirinden siyah-beyaz gibi net bir şekilde ayrılamaz. Üstelik farklı insanlar, farklı durumlarda bu kavramları farklı şekilde değerlendirebilmektedir. Bir kişiye göre pahalı gelen bir kıyafet, diğer bir kişinin alım gücü ve kişisel düşünceleri dikkate alındığında ucuz gelebilir.

Çok uzakta bulunan bir cisme bakıldığında bu cisim ilk olarak nokta şeklinde algılanır. Bu algılama cismin boyutsuz ve şekilsiz olduğu anlamına gelebilir. Ancak cisme yaklaşıldığında önce tepsi gibi iki boyutlu, daha sonra küre gibi üç boyutlu bir şekil gözlemlenebilir. Bu anlamda gerçek dünyanın karmaşık olduğu ve bu karmaşıklığın genel olarak belirsizlik, kesin düşünceden yoksunluk ve karar verilememekten kaynaklandığı ifade edilebilir. Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynakları *bulanık kaynaklar* olarak tanımlanmış ve gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelemeye alınırsa, çözümün daha da bulanık hale geleceği ifade edilmiştir (Şen, 2001).

*Bulanık Küme Teorisi* ilk olarak 1965 yılında Prof. Dr. Lotfi A. Zadeh tarafından “Fuzzy Sets” başlıklı çalışma ile yayımlanmıştır. Bu çalışmada, bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu, birleşim, kesişim, tümleme, dışbükeylik vb. temel bulanık küme işlemleri hakkında bilgi verilmiştir. Bulanık küme teorisi, klasik matematiğin yarattığı kesin sınırların aşılmasına, böylelikle belirsizliğin karar süreçlerinde yer almasının sağlanmasına olanak tanımaktadır (Oruç, 2008).

Bulanık sistemlerin ilk zamanlarda doğrudan uygulaması olmadığından, yapılan tartışmalar felsefi seviyede kalmıştır. İhtimaller teorisi ve istatistik yöntemlerinin daha kuvvetli felsefi ve teorik temelleri olduğu için bulanık sistemler uygulamaya geçirilememiştir. Sözel bazı ifadeler, istatistiksel yöntemlerden biri olan Bayesgil teori ile hesaplamalara dâhil edilebilir ise de, bu yöntemlerin işleyişinde yer alan normal dağılmış olmak ve doğrusal olmak gibi

bazı temel kabuller pratikte gerçekleşmemektedir. 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından gerçekleştirilen buhar makinesi kontrolünün bulanık sistem ile modellenmesi, bulanık kavram ve sistemlerin dünyanın değişik araştırma merkezlerinde dikkat kazanmasına neden olmuştur (Güneş, 2006).

O günden bu yana bulanık mantık yöneylem araştırması, işletme, yapay zekâ/uzman sistemler, kontrol teorisi, istatistik alanlarına ve diğer konulara uygulanmıştır (Selim, 2006). İşletmelerde etkinlik hesaplamalarında ise kullanılan girdi-çıkıtı verilerin çoğu zaman tam ve kesin olarak bilinmemesi sonucu belirsizlik içerir ve bulanık kümeler ile ifade edilebilir (Oruç, 2008).

Bulanık mantık insanın düşünme tarzı temel alınarak tasarlanmıştır ve matematiksel modeli bilinmeyen ya da doğrusal matematiksel modeli kurulamayan sistemlerde oldukça etkilidir. Bulanık mantıkta problem çözümü *bulanıklaştırma*, *çıkartım mekanizması* ve *durulandırma* olmak üzere üç aşamada yapılmaktadır. Öncelikle denetlenecek sistemin parametreleri ölçülür, ardından girişler bulanıklaştırılır. Bilgi tabanından çıkan bulanık değerler, son adımda bu durulandırma yöntemlerinden biri ile kesinleştirilir ve sistem ayarlanır (Aydın, 2005).

Geçmişte belirsizliğin işlenmesi ve anlamlandırılması için olasılık teorisi kullanıldığı için bütün belirsizliklerin rastgele bir karakterde olduğu kavramı yerleşmiştir. Ancak, bilinen belirsizliklerin hepsi rastgele karakterde değildir (Oruç, 2008). Özellikle Bayesçi istatistikçiler olmak üzere bazı istatistikçiler, bulanıklık ve rastgeleliğin aynı anlama geldiğini savunmaktadırlar. Ancak Güneş (2006) rastgelelik ve bulanıklığın bazı benzer yanları olmakla birlikte hem kavramsal hem de teorik olarak birbirlerinden farklı olduğunu belirtmiş ve tanımlarına yer vermiştir. *Bulanıklık*, herhangi bir olaydaki belirsizliği ifade ederken bir olayın gerçekleşip gerçekleşmediğini değil, hangi dereceye kadar gerçekleştiğini ölçmektedir. Olayın gerçekleşmesindeki *kesinsizlik* ise rastgelelik olarak ifade edilmektedir. Bu tanımlardan hareketle bulanıklığın *deterministik*, rastgeleliğin ise *stokastik* olduğu görülmektedir. Bir olayın gerçekleşip gerçekleşmediği rastgele iken, hangi dereceye kadar gerçekleştiği bulanıklıktır.

Bulanık mantığın özellikleri Zadeh (1965) tarafından aşağıda yer alan maddeler halinde sıralanmıştır:

- Bulanık mantıkta kesin muhakeme, yaklaşık muhakemenin sınırlı bir durumu şeklinde incelenir.
- Bulanık mantıkta her şey bir derece meselesidir.
- Herhangi bir mantıksal sistem bulanıklaştırılabilir.
- Bulanık mantıkta bilgi toplanmış değişkenler üzerinde elastik ya da dengi olan bulanık kısıtlar topluluğu şeklinde ifade edilir.
- Çıkarsama elastik kısıtların üretim süreci olarak incelenir.

Bu maddelerde yer alan üçüncü ifade Boolean mantığının, bulanık mantığının bir alt kümesi olduğunu tanımlamaktadır. Hesaplama gücünü geliştirmesi, bilişsel modellemeyi geliştirmesi ve çoğul uzmanları temsil etmesi bulanık mantığının bilgi tabanlı sistemlerde ve karar destek sistemlerinde uygulanmasının yararlarıdır (Selim, 2006).

#### 4.1. Klasik Kümeler

Geleneksel ya da belirgin kümeler teorisi, 1895 tarihinde George Cantor tarafından ortaya konmuş, daha sonraları Bertrand Russel tarafından sorgulanmaya başlamıştır (Tatlı ve Şen, 2001).

Belirli bir açık önermeyi doyuran bütün nesnelere topluluğu *küme*, kümeye ait nesnelere her biri *kümenin elemanı* olarak adlandırılmaktadır. Araştırma ile ilgili düşünülen tüm elemanları içine alan temel küme ise E ya da U sembolü ile gösterilen *evrensel küme* dir. Klasik küme anlayışında, herhangi bir toplulukta hangi nesnelere bu topluluğun birer elemanı olduğu, hangilerinin de olmadığını o topluluğu küme sayabilmek için kesinlikle bilinmelidir (Oruç,2008).

*Karakteristik değer*, bir önermeye bağlı olarak, her elemanı  $\{0,1\}$  kümesine benzeterek; ilgili elemanın ilgili kümeye ait olup olmamasını açıklar. Klasik kümelerde bir elemanın bir kümeye ait olup-olmaması (*ya hep ya hiç ilkesi*), kümenin karakteristik değeri ile açıklanmaktadır (Tatlı ve Şen, 2001).

## 4.2. Bulanık Kümeler

Bulanık mantık ve küme teorisinin asıl amacı, insanların tam ve kesin olmayan bilgiler ışığında tutarlı ve doğru kararlar vermelerini sağlayan düşünme ve karar verme mekanizmalarının modellenmesidir (Oruç, 2008).

*Bulanık Kümeler Teorisi* nin ilk meyveleri Black (1937) tarafından verilmiş, daha sonra Zadeh (1965) ve Goguen (1967, 1969) tarafından sistematik teorileri ortaya konmuştur. (Tatlı ve Şen, 2001).

Geleneksel (Boolean) mantığı iki değerli iken, bulanık mantık çok değerlidir ve 0–1 arasındaki sürekli mantıksal değerleri kullanır. Sadece beyaz ve siyah yerine, bir şeylerin aynı anda hem doğrunun hem de yanlışın bir parçası olduğundan hareketle renklerin spektrumu ile ilgilenir (Selim, 2006). Klasik mantıkta siyah ve beyaz dünyalar vardır. Bunun sonucunda gerçek asla hem siyah hem beyaz, yani gri olamaz. Bulanık mantık ise gerçeğin her zaman o kadar kesin olmayacağını, doğrunun bir derecesi olduğunu ifade eder. Bunun sonucunda önerme az doğru ya da çok doğru türünde ifade edilebilmektedir (Kömür ve Altan, 2005).

*Bulanık Küme* ( $\tilde{A}$ ), herhangi bir elemanın ilgili kümeye ait olmasının, [0,1] sürekli aralığında karakteristik değere atanan sayının büyüklüğü ile açıklandığı küme olarak tanımlanmaktadır ve belirgin kümelerden ayırmak için karakteristik değerine *üyelik fonksiyonu* adı verilmektedir (Tatlı ve Şen, 2001).

Herhangi bir elemanın kümeye ait olma derecesinin fonksiyonla ifade edilmesi *üyelik fonksiyonu* olarak tanımlanır ve  $\mu_A(x)$  şeklinde gösterilir.  $\mu_A(x)$ , x elemanının A kümesine ait olma derecesidir (Oruç, 2008).

Şen (2001) her bir bulanık söz için üyelik derecelerinin sağlaması gereken üç temel özelliği aşağıdaki gibi sıralamaktadır:

- 1) Bulanık kümelerin normal olması (en azından o kümede bulunan öğelerden bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip bulunması gerekliliği)
- 2) Bulanık kümelerin monoton olması (üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeye yakın sağda ve soldaki öğelerin üyelik derecelerinin de 1'e yakın olması)

- 3) Bulanık kümelerin simetri özelliğine sahip olması (üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeden sağa ve sola eşit mesafede hareket edildiği zaman bulunan öğelerin üyelik derecelerinin birbirine eşit olmasıdır ki bu özelliğin mutlaka sağlanması gerekmemektedir.) (Şen, 2001).

Güneş (2006) bulanık sistemlerin iki temel özelliğini,

1) Bulanık sistemlerin, kesin olmayan ve yaklaşık durumlar için, özellikle de matematiksel modelinin çıkarılması zor olan sistemler için, uygun bir çözüm sistemi olması,

2) Eksik ya da kesin olmayan bilgi durumunda, tahmin değerlerle karar alınmasına olanak vermesi şeklinde ifade etmektedir.

Klasik kümeler bulanık kümelerin özel bir halidir ve Denklem (4.1)'de yer alan kurallar hariç klasik kümeler için geçerli olan bütün küme işlemleri bulanık kümeler için de geçerlidir.

$$\tilde{A} \vee \tilde{A} \neq T$$

$$\tilde{A} \wedge \tilde{A} \neq \emptyset$$

(4.1.)

(Şen, 2001).

#### 4.2.1. Üyelik fonksiyonu şekilleri

Bulanık kümelerde bir elemanın kümeye üyelik derecesi, problemin durumuna göre birçok biçimde tanımlanabilen ve bulanık küme teorisinin esasını teşkil eden üyelik fonksiyonunun tanımlanmasına göre yapılmaktadır (Oruç, 2008). Bulanık bir küme, evrensel kümedeki her bir elemanın  $[0,1]$  kapalı aralığındaki bir sayı ile eşlendiği bir üyelik fonksiyonu olarak  $\mu_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0,1]$  biçiminde tanımlanmaktadır.  $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ,  $x$ 'in  $A$  kümesine aitlik ya da üyelik derecesini göstermektedir ve  $0-1$  arasındaki bir sayı ile açıklanır (Güneş, 2006). Burada, geleneksel kümelerden farklı olarak,  $\{0,1\}$  kümesi yerine,  $[0,1]$  sürekli aralığı söz konusudur ve bu aralıktaki değerler üyelik derecesi adını alırlar. Örneğin, *5-civarındaki sayılar* kümesindeki, *civar* sözcüğü bulanıklık içerdiğinden sınırları klasik kümelerdeki gibi kolayca belirlenemez (Tatlı ve Şen, 2001).

Buna göre bir elemanın üyelik derecesi

0 → Üye değil

1 → Tam üye

0 ve 1 arasında → kısmi üyelik (ya da üyelik derecesi)

olarak ifade edilebilir (Güneş, 2006).

Eğer  $E$  evrensel kümesi sonsuz ya da sürekli ise  $\tilde{A}$  kümesi:

$$\tilde{A} = \int_E \frac{\mu_{\tilde{A}}(x)}{x} \quad (4.2.)$$

şeklinde,  $E$  evrensel kümesi sayılabilir ya da sürekli değilse:

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_i)}{x_i} = \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_n)}{x_n} \quad (4.3.)$$

biçiminde ifade edilmektedir (Oruç, 2008).

Bu ifadelerde yer alan  $\int$ ,  $\sum$ ,  $-$ ,  $/$  ve  $+$  işaretleri matematiksel anlam ifade etmemektedirler. Evrensel kümenin kesikli ya da sürekli oluşunu  $\int$  ve  $\sum$  sembelleri gösterirken,  $/$  sembolü bir bulanık küme ifade şeklidir ve  $+$  işareti de birleşimi simgelemektedir (Güneş, 2006).

#### 4.2.2. Bulanık karar

Bellman ve Zadeh (1970), bulanık küme teorisini genişleterek bulanık ortamda karar vermek için bir yapı hazırlamışlardır.

$X$ : Uygun Çözümlerin Kümesi

$H$ : Bulanık Hedef Kümesi

$C$ : Bulanık Kısıtların Kümesi

ise  $H$  ve  $C$ ,  $X$  kümesinin bir alt kümesidir.  $\mu_H : X \rightarrow [0,1]$  ile  $\mu_C : X \rightarrow [0,1]$  ifadeleri  $H$  ve  $C$  üyelik fonksiyonudur.  $K$ , bulanık karar kümesi ise,  $K = H \cap C$ ,  $\mu_K(x) = \min[\mu_H(x), \mu_C(x)]$  biçiminde karakterize edilir (Güneş, 2006).



### 4.2.3. Bulanık küme özellikleri

$\tilde{A}$  kümesi,  $X$  evrensel kümesinde tanımlı bulanık bir küme olmak üzere bulanık kümelerin özellikleri Güneş (2006) ve Oruç (2008) tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Yükseklik: Bir kümenin *yüksekliği* bu bulanık kümenin üyelik fonksiyonunun en büyük üyelik derecesi olarak ifade edilir. Buna göre  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin yüksekliği,

$$yükseklik(\tilde{A}) = enb[\mu_{\tilde{A}}(x)], x \in X \quad (4.4)$$

şeklindedir.

Normallik: Normal *Bulanık Küme*, yüksekliği 1'e eşit olan bulanık kümelere verilen addır ve

$$yükseklik(\tilde{A}) = enb[\mu_{\tilde{A}}(x)] = 1, x \in X \quad (4.5)$$

ile tanımlanır. *Normal Altı Bulanık Kümeler* ise yüksekliği 1'den küçük olan bulanık kümelerdir. Boş olmayan normal altı bulanık bir kümenin normalize edilmiş hali

$$NORM(\tilde{A}) = \frac{yükseklik(\tilde{A})}{\mu_{\tilde{A}}(x)}, x \in X \quad (4.6)$$

şeklindedir.

Destek: Destek *Kümesi*, bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunda, üyelik derecesi sıfırdan büyük olan elemanların bir araya getirildiği küme olarak tanımlanır ve

$$destek(\tilde{A}) = \{x \in X: \mu_{\tilde{A}}(x) > 0\} \quad (4.7)$$

biçiminde ifade edilir.  $supp(\tilde{A})$  şeklinde de ifade edilebilen destek kümesi bulanık değil, kesin bir kümedir.

Seviye Kümesi:  $E$  evrensel kümesinde tanımlı  $\tilde{A}$  kümesinin seviye kümesi  $\tilde{\Lambda}_\alpha$ ,  $\tilde{A}$  kümesinin üyelik derecesi  $\alpha$  özel değerine eşit olanlardan oluşturulan kümedir. Seviye Kümesi de bulanık değil, klasik bir kümedir ve şu şekilde ifade edilir:

$$\tilde{\Lambda}_\alpha = \{x \in X, \mu_{\tilde{A}}(x) = \alpha\} \quad (4.8)$$

$\alpha$ - Kesim: Bulanık bir kümenin üyelik dereceleri  $\alpha$ 'ya eşit ya da daha büyük olan elemanlarından oluşturulan küme olarak adlandırılır.  $\tilde{A}$  bulanık bir küme olmak üzere,  $\alpha$ -kesim  $A_\alpha$ ya da  $A^\alpha$  şeklinde gösterilen  $\alpha$ -kesim kümesi klasik bir kümedir ve  $\alpha$  değeri,  $\alpha \in (0,1]$  koşuluyla tanımlanan gerçel bir sayıdır.  $\alpha$ -kesim kümesi,

$$A_\alpha = \{x \in X: \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \quad (4.9)$$

şeklinde ifade edilir.  $\alpha$  değerinin artması,  $\alpha$ -kesimle oluşturulan klasik kümedeki eleman sayısının azalmasına neden olur. ( $\alpha_1 < \alpha_2$  olduğunda,  $A_{\alpha_1} \supseteq A_{\alpha_2}$  ilişkisi gerçekleşir. )

Dışbükey bulanık küme: Klasik kümeler için tanımlanan dışbükeylik, klasik kümeler için geçerli olan bir çok özellik korunacak şekilde bulanık kümeler için  $\alpha$ - kesimlere ve üyelik fonksiyonlarına göre şu şekilde tanımlanır:

- i)  $\alpha$ - kesimlere göre :  $\alpha$ - kesimlerin her biri dışbükey kümeler ise  $\tilde{A}$  bulanık kümesi de dışbükey bulanık bir kümedir.
- ii) Üyelik fonksiyonlarına göre :  $x_1, x_2 \in X$  ve  $\lambda \in [0,1]$  kosulları ile  $\tilde{A}$  bulanık kümesi için,

$$\mu_{\tilde{A}}[\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2] \geq \min[\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)] \quad (4.10)$$

ifadesinin geçerli olması  $\tilde{A}$  bulanık kümesinin dışbükey olduğunu gösterir. Aynı durumda içbükeylik ise

$$\mu_{\tilde{A}}[\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2] \leq \max[\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)] \quad (4.11)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Dışbükey ve içbükey bulanık kümeler arasında aşağıda belirtilen ilişkiler bulunmaktadır:

- $\tilde{A}$  bulanık kümesi dışbükey değil ise içbükeydir,
- $\tilde{A}$  bulanık kümesi dışbükey ise  $\tilde{A}^c$  içbükeydir,
- $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  dışbükey bulanık kümeler ise  $\tilde{A} \cap \tilde{B}$  de dışbükeydir,
- $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  içbükey bulanık kümeler ise  $\tilde{A} \cup \tilde{B}$  de içbükeydir.

Genişleme prensibi: Bulanık bağıntı ve bulanık aritmetiğin temelini oluşturan bu prensip, bulanık olmayan değişkenler arasındaki matematiksel kavram ve teorilerin, bulanık sayılara da uygulanabilmesini sağlamaktadır.

$\tilde{A}, \tilde{B}, \dots, \tilde{C}$  kümeleri sırasıyla  $U, V, \dots, Z$  evrensel kümelerinde tanımlı olsun ve bu evrensel kümelerin kartezyen çarpımı  $E = U \times V \times Z$  biçiminde tanımlansın.  $(a \in \tilde{A}, b \in \tilde{B}, c \in \tilde{C})$  olmak üzere, evrensel küme  $E$ 'de tanımlı olan  $n$  boyutlu bir vektör, diğer bir evrensel küme olan  $H$ 'daki tek bir noktayla eşlenir, yani  $y = f(a, b, \dots, c)$  olur. Burada  $(a, b, \dots, c) \in E$ ,  $y \in \tilde{D}$  ve  $\tilde{D} \subset H$  olması gereklidir. Genişleme kuralı,  $y = f(a, b, \dots, c)$  fonksiyonu aracılığıyla  $\tilde{A}, \tilde{B}, \dots, \tilde{C}$  kümelerinden, değer kümesi  $H$ 'de tanımlı olan  $\tilde{D}$  kümesinin elde edilmesini olanaklı kılar (Güneş, 2006). Bu ifade, üyelik fonksiyonlarına göre,

$$\mu_{\tilde{D}=f(\tilde{A}, \tilde{B}, \dots, \tilde{C})}(y) = \begin{cases} \sup \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y), \dots, \mu_{\tilde{C}}(y)), & f^{-1}(y) \neq \emptyset \\ 0, & f^{-1}(y) = \emptyset \end{cases} \quad (4.12)$$

biçiminde yazılır. Burada  $f^{-1}(y)$  y'nin tersine görüntüsüdür (Oruç, 2008).

#### 4.2.4. Bulanık kümelerde küme işlemler

$E$  evrensel kümesi üzerinde tanımlanan  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  kümelerinin üyelik fonksiyonu biçimindeki;

- 1) Birleşimi:  $\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))$
  - 2) Kesişimi:  $\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))$
  - 3)  $\tilde{A}$  Kümesinin Tümleneni:  $\mu_{\tilde{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x)$
- şeklinde ifade edilebilir (Oruç, 2008).

#### 4.3. Bulanık Sayılar

*Bulanık sayılar*, bulanık kümelerin özel bir alt kümesidir. Her bulanık sayı dışbükey bir bulanık küme olmasında karşın her bulanık küme bulanık bir sayı

değildir. Bulanık bir kümenin bulanık bir sayı olabilmesi için gerekli özellikler aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

- a) Bulanık küme normal bir bulanık küme olmalıdır,
- b) Bulanık küme, dışbükey olmalıdır,
- c) Bulanık kümenin destek kümesi sınırlı olmalıdır,
- d) Bulanık kümenin her bir  $\alpha$ - kesimi, gerçel sayı doğrusunun kapalı bir aralığında tanımlı olmalıdır (Oruç, 2008).

#### 4.3.1. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler

Bulanık sayılarla yapılan matematiksel işlemler için, literatürde yaygın olarak kullanılan yöntemler  $\alpha$ - seviye yöntemi ve genişleme kuralıdır. Bu çalışma kapsamında  $\alpha$ -kesim yöntemi kullanılacaktır.

Parametrik olarak ifade edilen  $\alpha$ - seviye kümeleri,  $A_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}]$  kapalı aralıklarla ifade edilebilir. A-seviyeleri  $A_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}]$  ve  $B_\alpha = [b_1^{(\alpha)}, b_3^{(\alpha)}]$  biçiminde belirlenmiş  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  bulanık sayıları için matematiksel işlemler:

$$(A + B)_\alpha = A_\alpha + B_\alpha = [a_1^{(\alpha)} + b_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)} + b_3^{(\alpha)}] = [c_1^{(\alpha)}, c_3^{(\alpha)}] = C_\alpha \quad (4.13)$$

$$(A - B)_\alpha = A_\alpha - B_\alpha = [a_1^{(\alpha)} - b_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)} - b_3^{(\alpha)}] = [d_1^{(\alpha)}, d_3^{(\alpha)}] = D_\alpha \quad (4.14)$$

$$(A \cdot B)_\alpha = A_\alpha \cdot B_\alpha = [a_1^{(\alpha)} \cdot b_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)} \cdot b_3^{(\alpha)}] = [e_1^{(\alpha)}, e_3^{(\alpha)}] = E_\alpha \quad (4.15)$$

$$(A \div B)_\alpha = A_\alpha \div B_\alpha = [a_1^{(\alpha)} \div b_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)} \div b_3^{(\alpha)}] = [f_1^{(\alpha)}, f_3^{(\alpha)}] = F_\alpha \quad (4.16)$$

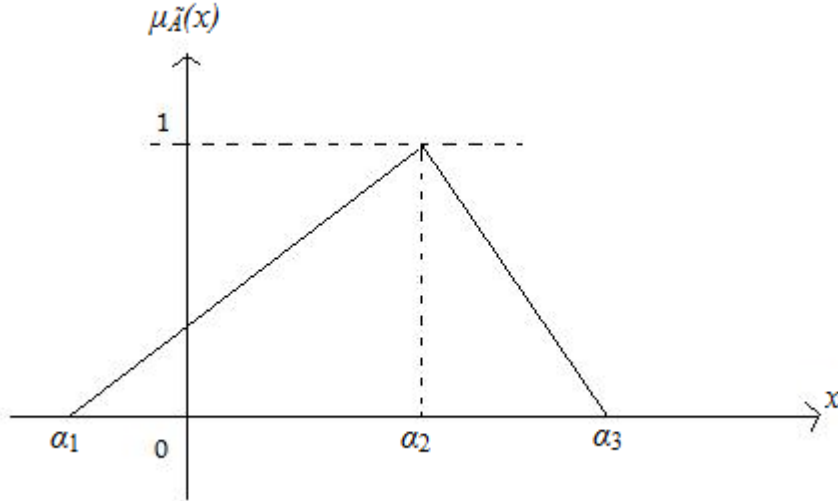
biçiminde tanımlanır (Güneş, 2006).

### 4.3.2. Üçgensel ve yamuksal bulanık sayılar

Bulanık sayılardan en sık kullanılan *üçgensel* ve *yamuksal* bulanık sayılar, bulanık sayıların iki özel türüdür ve isimlerini üyelik fonksiyonlarının şekillerinden almaktadırlar.

#### 4.3.2.1. Üçgensel bulanık sayılar

Özellikle sistem modellemede kullanılan üçgensel bulanık sayılar, grafiksel olarak Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Üçgensel Bulanık Sayı (Güneş 2006)

$a_2$  : Üyelik derecesinin 1'e eşit olduğu noktayı veren parametredir ve mod değerini,

$a_1$  ve  $a_3$  : Üçgensel bulanık sayının kanat açıklıklarını göstermek üzere üçgensel bulanık sayıların üyelik fonksiyonu,

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x \geq a_3 \text{ veya } x \leq a_1 \end{cases} \quad (4.17)$$

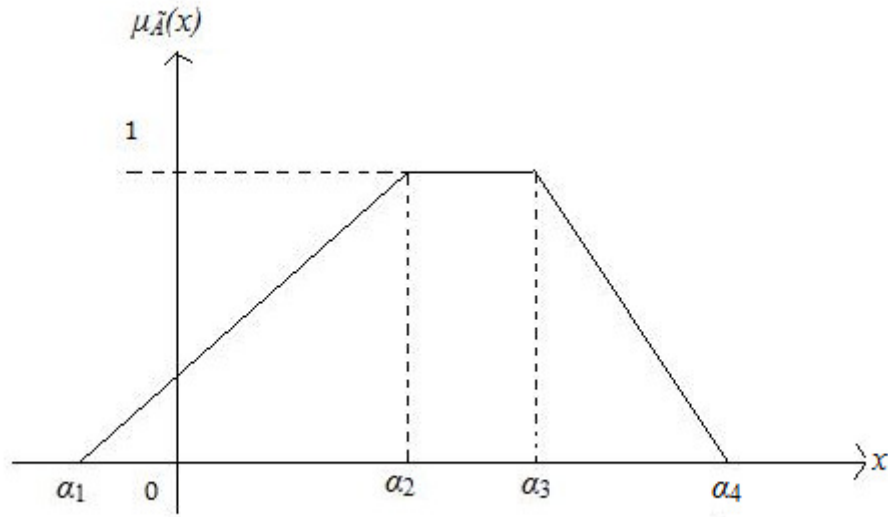
biçiminde tanımlanır. Güven aralığı ise,  $\alpha$ -seviyesinde tanımlandığında üçgensel bulanık bir sayı,  $\forall \alpha \in (0,1]$  ve  $A \in (a_1, a_2, a_3)$  olmak üzere

$$A_\alpha = [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, -(a_3 - a_2)\alpha + a_3] \quad (4.18)$$

biçiminde ifade edilebilir. (Güneş, 2006).

#### 4.3.2.2. Yamuksal bulanık sayılar

Yamuksal bulanık sayı grafiği Şekil 4.2.'de görülmektedir.  $x$



Şekil 4.2. Yamuksal Bulanık Sayı (Güneş 2006)

Yamuksal bulanık bir sayının üyelik fonksiyonu,

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x \geq a_4 \text{ veya } x \leq a_1 \end{cases} \quad (4.19)$$

biçimindedir. Yamuksal bulanık sayı  $a_2 = a_3$  olması durumunda, üçgensel bir bulanık sayı elde edilir.

Yamuksal bulanık bir sayı,  $\alpha$ - seviyesinde bir güven aralığı ile,  $\forall \alpha \in (0,1]$  ve  $A \in (a_1, a_2, a_3, a_4)$  olmak üzere

$$A_\alpha = [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, -(a_4 - a_3)\alpha + a_4] \quad (4.20)$$

biçiminde tanımlanabilmektedir (Güneş, 2006).

#### 4.4. Bulanık Doğrusal Programlama

Bulanık küme teorisi geleneksel doğrusal programlama problemlerine ilk kez H.J. Zimmermann (1976) tarafından uygulanmıştır. Zimmermann doğrusal programlamayı bulanık amaç ve bulanık kısıtlarla düşünerek, doğrusal üyelik fonksiyonları ile beraber Bellman ve Zadeh'in (1970) önerdiği bulanık kararı takip ederek denk bir doğrusal programlama olduğunu kanıtlamıştır. Bu günlerde bulanık programlama bulanık ortamda çok amaçlı optimizasyon gibi önemli bir alanda değerlendirilmektedir (Selim, 2006).

#### 4.5. Durulaştırma Yöntemleri

Bir bulanık küme işlemi sonucundaki bulanık kümenin tek sayı haline dönüştürülmesi amacıyla bulanıklaştırma işleminin tersi olan durulaştırma işleminin yapılması gerekmektedir. Şen (2001), durulaştırma yöntemlerini aşağıdaki maddeler halinde sırlamaktadır:

1. En Büyük Üyelik İlkesi (Yükseklik Yöntemi)
2. Sentroid Yöntemi (Ağırlık Merkezi Yöntemi) (*en yaygın kullanılan*)
3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi
4. Ortalama En Büyük Üyelik
5. Toplamların Merkezi
6. En Büyük Alanın Merkezi
7. En Büyük İlk ya da Son Üyelik Derecesi

## 5. BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (BVZA)

VZA, performans ölçümünde son derece kullanışlı bir yöntemdir ancak verilere karşı çok hassas olması nedeniyle etkinlik sınırları, verilerdeki hata ve belirsizliklerden oldukça etkilenmektedir (Özyiğit ve ark. 2008). Verilerde olabilecek bir uç nokta, çoğu KVB'nin etkinlik ölçümlerini büyük ölçüde değiştirebilmektedir (Kao ve Liu, 2000). Klasik VZA, girdi ve çıktı değerlerinin kesin değerler olması gerektiğini varsayar (Hsu, 2005). Bu varsayım VZA'nın en önemli zorluklarından biridir. Örneğin üretim ya da hizmet süreçleri genellikle karmaşık girdiler ve çıktılar içerdiğinden dolayı hassas bir şekilde ölçümleri zordur. Kesin olmayan verileri manipüle etmenin bir yolu olasılık dağılımlarıdır. Ancak olasılık dağılımlarını yapılandırmak için ya tahmin edilebilir düzenlilik ön bilgisi ya da bir sıklık tespit sonucu gerektirir ki bu kesin durumlarda pek mümkün değildir (Liu ve Chuang, 2007). Ayrıca gerçek hayatta girdiler ve çıktılar sözel tanımlamalara ya da belirsiz sayısal sonuçlara sahip olabilir (örneğin: *eski donanım*, *iyi servis*) (Hsu, 2005). Bunun alternatifi kesin olmayan değerleri bulanık küme teorisindeki üyelik fonksiyonları ile temsil etmektir (Liu ve Chuang, 2007). Bulanık veriler kullanan VZA (BVZA), gerçek hayattaki durumları, klasik VZA'ya göre daha gerçekçi bir şekilde ifade eder (Lertworasirikul ve ark. 2003). BVZA'da model, olabilirlik seviyeleri ve  $\alpha$ -seviyeleri gibi yaklaşımlar kullanılarak doğrusal hale getirilmekte, modeldeki eşitlik ve eşitsizlikler ise bulanık kümeler teorisinden yararlanılarak tanımlanmakta ve modelin doğrusal matematik programlama yöntemleri kullanılarak çözümlenmesine olanak sağlanmaktadır (Özyiğit ve ark. 2008).

Örneğin havayollarının operasyon etkinliklerini hesaplamak için, yakıt ve işücü girdiler; yolcu başına gerçekleştirilen uçuş uzunluğu (km) ise çıktı olabilir. Bu girdi ve çıktılar hava ve mevsim gibi nedenlerle kolayca değişebileceği açıktır. VZA bir *sınır* yöntemi olduğu için uç değerlere karşı hassastır (Guo ve Tanaka, 2001).



## 5.1. Bulanık Verilerin Sınıflandırılması

VZA' nın veri tabanlı bir etkinlik ölçme yöntemi olması girdi-çıkıtı verilerinin çok dikkatli seçilmesini ve güvenilir olmasını gerektirmektedir. Gerçek hayat problemlerinde ise girdi-çıkıtı verilerinin tam ve doğru olarak toplanması oldukça zordur. Geleneksel VZA modelleri, sadece kullanılan girdi ve üretilen çıktıların kesin olarak bilindiği durumlarda uygulanabilmekte iken gerçek hayat problemlerine daha uygun olarak verilerin kesin olarak bilinmediği durumlarda etkinlik ölçümlerinin yapılabilmesi için ise *Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA)* modelleri geliştirilmiştir. Oruç (2008) BVZA' da kullanılan verilerin aşağıdaki 4 grupta incelenebileceğini ifade etmektedir:

1. Aralık veriler (Alt ve üst sınır değerlerinin ya da üyelik fonksiyonunun bilindiği bulanık sayı verileri)
2. Sıralı veriler (KVB' lerin; herhangi i. girdi ya da r. çıkıtı verileri arasındaki büyük-küçük-eşit ya da çok çok önemli-çok önemli-önemli-önemsiz gibi sözel sıralı ilişkinin bilindiği veriler )
3. Hiçbir şekilde elde edilememiş veriler
4. Kesin değerleri bilinen veriler

## 5.2. BVZA Modelleri

VZA modeli bir doğrusal program olduğundan dolayı, bulanık VZA problemlerine de bulanık doğrusal programlama tekniklerinin uygulanması doğru olacaktır (Güneş 2006). BVZA problemlerinin çözümü ile ilgili literatürde

- Tolerans yaklaşımı,
- Bulanıklıktan kurtarma yaklaşımı,
- $\alpha$ - seviyesine dayalı yaklaşım
- Bulanık sıralama yaklaşımı

olmak üzere 4 farklı yaklaşım bulunmaktadır (Güngör ve Demirgil, 2005).

Bu yaklaşımlar ile ilgili açıklamalar Lertworasirikul ve ark.(2003) çalışmasında yer almaktadır. Tolerans seviyelerinin tanımlandığı yaklaşım ile ilgili ayrıntılı bilgi için Sengupta ile Kahraman ve Tolga'nın çalışmaları yararlı

olabilir.  $\alpha$ - seviyesine dayalı yaklaşım hakkında ayrıntılı bilgiye Maeda ve ark., Kao ve Liu , ve Lertworasirikul'den ulaşılabilir. Bu yaklaşımlar hakkında kısa bir bilgi vermek gerekirse; bulanıklıktan kurtarma yaklaşımı bulanık girdi ve bulanık çıktılarının ilk kez kesin değerlere dönüştürülerek bulanıklıktan kurtarıldığı Lertworasirikul tarafından geliştirilmiştir. Sonuçta elde edilen kesin model bir doğrusal programlama çözümleyicisi ile çözülebilir.  $\alpha$ -seviyesine dayalı yaklaşımda bulanık VZA modeli  $\alpha$ -kesimleri kullanılarak parametrik programlama ile çözülür. Modeli belirli bir  $\alpha$ -seviyesinde çözmek hedef KVB için uygun bir aralık etkinliği üretir. Bu aralıklardan bazıları uygun bulanık etkinliği yapılandırmakta kullanılabilir. Bulanık sıralama yaklaşımı Guo ve Tanaka tarafından geliştirilmiştir. Bulanık CCR modelindeki bulanık eşitlikler ve bulanık eşitsizlikler sıralama yöntemleri ile tanımlanır, böylece sonuçtaki model iki aşamalı doğrusal programlama modeli olur. Guo ve Tanaka, bulanık girdi ve çıktılarının simetrik üçgen olduğu durumda, simetrik olmayan üçgensel bulanık etkinlikleri hesaplamışlardır.

BVZA problemlerinin çözümüne yönelik önerilen yaklaşımlardan her birisinin avantaj ve dezavantajları vardır. Örneğin tolerans yaklaşımında eşitlik ya da eşitsizlik işaretleri bulanıklaştırılırken bulanık katsayılar doğrudan etkilenmez. Üstelik girdiler ve çıktılar genellikle kesin değildir. Bulanıklıktan kurtarma yaklaşımı basit olmasına rağmen girdi ve çıktılardaki belirsizliğin uygulamada yok sayılması dezavantajdır.  $\alpha$ —seviyelerine dayalı yaklaşımın dezavantajı bulanık etkinlik serilerinin sıralanmasına ihtiyaç duymasıdır. Bulanık sıralama yaklaşımında ise sadece belirli bir  $\alpha$  seviyesinde kıyaslama yapılabilir (Güngör ve Demirgil, 2005).

### **5.2.1. Sengupta' nın BVZA yaklaşımı**

VZA' da bulanık küme teorisini ilk kez kullanan Sengupta (1992) olmuştur. Sengupta (1992), eksik ya da yetersiz girdi-çıkıtı verileri olan VZA modellerinin çözümü için *stokastik* ve *sistem yaklaşımı* olmak üzere iki yaklaşım önermektedir. Güneş (2006), Sengupta (1992)'nin çalışmasından hareketle bu yaklaşımlar hakkında geniş bilgi vermektedir.

$D = (x, y)$  bir girdi-çıkıktı veri kümesinde  $j \in I_n = \{1, 2, \dots, n\}$  olmak üzere, KVB  $j$ 'nin  $m$  tane girdi kullanarak tek bir çıktı ( $y_j$ ) ürettiği varsayılmaktadır. Buna göre  $k \in I_n$  olmak üzere VZA etkinlik sınırı,

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

$$v_i \geq 0; j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m$$

k.a.

$$\min \theta_k = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \quad (5.1)$$

biçimindeki doğrusal programlama modeli ile belirtilir. Bu modelin optimal çözümü  $v_i^*$  olmak üzere,  $y_k^* = \sum_{i=1}^m v_i^* x_{ik} = y_k$  ise ya da çıktıya ilişkin aylak değişken  $s_k = y_k^* - y_k = 0$  ise, KVB  $k$  etkindir denilebilir.

Olasılıksal etkinlik sınırına sahip stokastik VZA modellerinin, belirsiz verilerin stokastik üretim mekanizması ile üretildiği varsayıldığında kullanılması mantıklıdır. Olasılıksal etkinlik sınırının kullanılmasının ise aşağıdaki maddeler halinde sıralanan bazı sakıncaları bulunmaktadır. Bunlar,

- 1) Olasılıksal olarak etkinlik ölçümü yapılabilmesi için, bir dağılım çeşidinin seçilebilmesi için çok küçük bir deneysel kanıt olduğundan dolayı dağılımın normal ya da üstel olduğu varsayılmalıdır.
- 2) Stokastik etkinlik sınırının gücünün eksik oluşu ve VZA modelinin eşitsizlik kısıtının olasılıksal uygulanabilirliği problemlere yol açmaktadır.
- 3) Veri duyarlılık analizi açısından bakıldığında, aralık çözümleri veren VZA modelleri ile ilgilenilmesi gerekirken, stokastik VZA modelleri her zaman nokta çözümleri üzerinde durmaktadır.
- 4) VZA'da örnek büyüklüğü küçük olduğundan dolayı stokastik modellerin kullanılması zorlaşmaktadır.

Stokastik yöntemlerin bu dezavantajlarının yanında bulanık sistem yaklaşımının uygulanması için bazı nedenler bulunmaktadır:

- 1) Bulanık küme teorisi, kesin nicel verinin aksine nitel veriye dayalı kararları alma yeteneği olan Zadeh (1978)'in "Bir problem ne kadar çok 'gerçek dünya' problemine yakın olursa, bulanıklık o kadar çok çözüm haline gelir." biçiminde açıkladığı *uyumsuzluk prensibi* nin uygulanmasına izin vermektedir.

2) VZA modelinin standart doğrusal programlama versiyonlarını dönüştüren bulanık matematiksel programlama yöntemleri burada kullanılarak belirsizlik ve kesinsizlik elemanları dahil edilerek optimal bir çözüm bulunabilmektedir.

3) Uygun üyelik fonksiyonları kullanılarak, VZA modelinin stokastik dönüşümleri, çok daha kuvvetli olabilen bulanık programlama şekline dönüştürülebilir (Güneş, 2006).

Sengupta (1992, 1993), bulanık matematiksel programlama modeli için iki çeşit üyelik fonksiyonu önermiştir: *Doğrusal Üyelik Fonksiyonu* ve *Doğrusal Olmayan Üyelik Fonksiyonu*. VZA modelinin doğrusal durumdaki şekli,

$$\begin{aligned} X_j'v &\widetilde{\geq} y_j, j \in I_n \\ v &\geq 0 \\ &k.a \\ \min X_k'v & \quad (5.2) \\ &\sim \end{aligned}$$

biçimindedir. Bu gösterimde yer alan “~” işareti, amaç fonksiyonunun ve n kısıtın bulanık olduğunun göstergesidir. Kısıtlar bulanık hale getirilerek gerçekleştirmelerinde toleranslar kabul edilmektedir. Etkinlik skoru için bir istek seviyesinin ( $\theta_k$ ) ve tolerans ihlallerinin maksimum seviyelerinin belirtilmesinin mümkün olduğu varsayılmaktadır

Tüm kısıtlarla ilgili olan doğrusal üyelik fonksiyonları, tolerans ihlalleri ( $d_j, j \in I_n$ ) maksimum seviyelerine sabitlendiğinde

$$\mu_j(\theta) = 1 - \frac{y_j - X_j'v}{d_j}, j \in I_n \quad (5.3)$$

biçiminde tanımlanabilir.

Daha önce belirtilmiş bir istek seviyesi ( $\theta_k$ ) ile ilişkilendirilebilen bulanık amaç fonksiyonu için üyelik fonksiyonu ise,

$$\mu(v) \leq 1 - \frac{X_k'v - \theta_k}{d_k} \quad (5.4)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu gösterimde yer alan  $d_k$  terimi tolerans ihlalinin maksimum seviyesini ifade etmektedir. Buradan hareketle izleyen eşitlik yazılabilir:

$$d_k \mu_k(v) + X_k'v \leq \theta_k + d_k \quad (5.5)$$

O halde (5.2)'de yer alan karar problemi, üyelik fonksiyonu

$$\delta = \min[\mu_j(v)], v \in R^m \quad (5.6)$$

biçiminde tanımlandığında bulanık çözüm vektörü  $v$  'nin bulunmasını sağlar. Bu çözüm ise yeniden bir doğrusal programlama modeli olarak şu şekilde formüle edilebilir:

$$\begin{aligned} \delta d_k + X'_k v &\leq \theta_k + d_k \\ \delta d_j &\leq d_j + X'_j v - y_j \\ 0 &\leq \delta \leq 1, v \geq 0, j \in I_n \\ k.a \\ \max \quad &\delta \end{aligned} \quad (5.7)$$

Doğrusal olmayan üyelik fonksiyonları, doğrusal fonksiyonlara göre daha genel bir dönüşüm sağladığı için özellikle stokastik doğrusal programlama modeli problemleri için uygundur. Aşağıda yer alan doğrusal olmayan üyelik fonksiyonları genellikle stokastik VZA modellerinde uygulanan üstel ve normal dağılımlarla çok yakından ilişkilidir

$$\begin{aligned} \mu_j(v) &= 1 - \exp\{-k_j[X'_j v - y_j]\}, X'_j v \geq y_j, k_j \geq 1 \quad \boxed{\text{Üstel}} \\ \mu_k(v) &= 1 - \exp\{-k_k[\theta_k - X'_k v]\}, \theta_k \geq X'_k v, k_k \geq 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_j(v) &= 1 - \exp\{-k_j[X'_j v - y_j]^2\}, k_j \geq 1 \quad \boxed{\text{Normal}} \\ \mu_k(v) &= 1 - \exp\{-k_k[[\theta_k - X'_k v]^2]\}, k_k \geq 1 \end{aligned} \quad (5.8)$$

Bulanık optimal çözüm elde etmek için bu doğrusal olmayan üyelik fonksiyonları Denklem (5.3)'de doğrudan yerine yazılabilir. Bu fonksiyonlar hakkında bazı yorumlar yapılabilir. Öncelikle, bu üyelik fonksiyonları (5.7)'de yer alan doğrusal programlama modeline göre çok daha az kısıt varsayımları olan doğrusal olmayan programlama biçimlerine sebep olurlar. Doğrusal olmayan modellerin doğrusal modellerden daha iyi olduğu tutarlı bir şekilde VZA uygulama çalışmalarında bulunmuştur. Doğrusal olmayan üyelik fonksiyonları (5.8), dönüştürülen modelin doğrusal olmaya eğilimli olduğu VZA modelinin bazı stokastik formülasyonları ile çok yakından ilişkili olabilir Karar verici, doğrusal

olmayan üyelik fonksiyonları sınıfı arasından minimum tahmin hatası kriterini göz önünde bulundurarak bir seçim yapabilir (Güneş, 2006) .

### 5.2.2. Diğer BVZA modelleri

Oruç (2008) gerçekleştirmiş olduğu çalışmada aşağıdaki tabloda özet bilgileri yer alan 10 adet BVZA modelini incelemiş ve bu modeller hakkında genel bilgi vermiştir. Aşağıda yer alan çizelgede bu modellere ilişkin özet bilgi yer almaktadır.

**Çizelge 5.1.** Diğer BVZA Modelleri ( Oruç 2008)

Yazar	Modelde Kullanılan Veri Türü	Bulanık Verilerin Üyelik Fonksiyonu	Elde Edilen Etkinlik Skoru
<b>Despotis-Smirlis</b>	Sınırlandırılmış Kesin değeri bilinen Sıralı	Monotonik artan	KVB'lerin alabileceği en yüksek etkinlik skoru
<b>Cook-Kress-Seiford</b>	Kesin değeri bilinen Sıralı	Üyelik fonksiyonu yok	KVB'lerin alabileceği en yüksek etkinlik skoru
<b>Cooper-Park-Yu</b>	Sınırlandırılmış Kesin değeri bilinen Sıralı	Sınırlama yok	KVB'lerin alabileceği en yüksek etkinlik skoru
<b>Kao-Liu</b>	Sınırlandırılmış Kesin değeri bilinen	Üyelik fonksiyonunun problemin başında karar verici tarafından tanımlanması şartı ile sınırlama yok	Tüm KVB'lerin $\mu \geq \alpha$ 'daki girdi ve çıktı verilerinin kullanılması durumunda, $\mu \geq \alpha$ 'daki etkinlik skorunun üst-alt sınırı ve üyelik fonksiyonu
<b>Saati-Memariani-Jahanshahloo</b>	Sınırlandırılmış Kesin değeri bilinen	Üçgen	Tüm KVB'lerin $\mu \geq \alpha$ 'daki girdi ve çıktı verilerinin kullanılması durumunda, $\mu \geq \alpha$ 'daki etkinlik skorunun üst sınırı

**Çizelge 5.1. (Devam) Diğer BVZA Modelleri ( Oruç 2008)**

Yazar	Modelde Kullanılan Veri Türü	Bulanık Verilerin Üyelik Fonksiyonu	Elde Edilen Etkinlik skoru
<b>Saati-Memariani</b>	Sınırlandırılmış Kesin değeri bilinen	Üçgen	Tüm KVB'lerin $\mu \geq \alpha$ 'daki girdi ve çıktı verilerinin kullanılması durumunda, önce girdi ve çıktılara verilecek ortak ağırlık kümesinin belirlenmesi ile hesaplanan etkinlik skoru ve üyelik fonksiyonu
<b>Lertworasirikul</b>	Sınırlandırılmış Kesin değeri bilinen	Üyelik fonksiyonunun problemin başında karar verici tarafından tanımlanması şartı ile sınırlama yok	Tüm KVB'lerin $\mu \geq \alpha$ 'daki girdi ve çıktı verilerinin kullanılması durumunda, modele göre değişen etkinlik skoru
<b>Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle</b>	Sınırlandırılmış Kesin değeri bilinen	Üyelik fonksiyonunun problemin başında karar verici tarafından tanımlanması şartı ile sınırlama yok	Tüm kısıtların $\mu \geq \alpha$ olabilirliğinde olması durumunda $\mu \geq \alpha$ 'daki etkinlik skoru
<b>Guo-Tanaka</b>	Sınırlandırılmış Kesin değeri bilinen	Simetrik üçgen	Tüm KVB'lerin $\mu \geq \alpha$ 'daki girdi ve çıktı verilerinin kullanılması durumunda, her KVB için önce girdilere sonra çıktılara verilecek ağırlıkların belirlenmesi ile hesaplanan etkinlik skoru ve üyelik fonksiyonu
<b>Leon-Liern-Ruiz-Sirvent</b>	Sınırlandırılmış Kesin değeri bilinen	Yamuk	Tüm KVB'lerin $\mu = \alpha$ 'daki girdi ve çıktı verilerinin kullanılması durumunda, $\mu = \alpha$ üyelik derecesindeki etkinlik skoru

### 5.3. Veri Zarflama Analizinde Bulanık Etkinlik Ölçümleri

Kao ve Liu (2000) bulanık gözlemleri olan karar verme birimleri için bulanık Veri Zarflama Analizi modelini kesin Veri Zarflama Analizi modellerinin bir serisine dönüştürmek için  $\alpha$ -seviyeler ve Zadeh (1965)'in genişletme prensibinin uygulayan bulanık etkinlik ölçümleri sağlayabilen bir yöntem geliştirmişlerdir. Kao ve Liu (2000),  $\alpha$  -seviyeleri yaklaşımını kullanarak bulanık VZA modelini bir doğrusal model ailesine dönüştürmüşlerdir

Bulanık VZA modeli,

$$\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij} \leq 1$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0 ; j = 1, \dots, n$$

k.a.

$$\tilde{E}_k = \max \sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rk} / \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ik} \quad (5.9)$$

şeklinde yazılabilir (Güneş, 2006).

Burada  $n$  ( $j=1, \dots, n$ ) KVB sayısını,  $s$  ( $r = 1, \dots, s$ ) çıktı ve  $m$  ( $i=1, \dots, m$ ) girdi sayısını göstermek üzere, KVB kümesinde, girdiler ( $\tilde{X}_{ij}$ ) ve çıktılar ( $\tilde{Y}_{rj}$ ) yaklaşık olarak biliniyor olsun ve sırasıyla  $\mu_{\tilde{X}_{ij}}$  ve  $\mu_{\tilde{Y}_{rj}}$  üyelik fonksiyonlu bulanık kümelerle gösterilsin. Buradan,  $\tilde{X}_{ij}$  ve  $\tilde{Y}_{rj}$  nın  $\alpha$ -seviyeleri,  $S(\tilde{X}_{ij})$  ve  $S(\tilde{Y}_{rj})$ ,  $\tilde{X}_{ij}$  ve  $\tilde{Y}_{rj}$  nın desteğini göstermek üzere,

$$(X_{ij})_{\alpha} = \{x_{ij} \in S(\tilde{X}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\}, \forall i, j \quad (5.10.a)$$

$$(X_{rj})_{\alpha} = \{y_{rj} \in S(\tilde{Y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha\}, \forall r, j \quad (5.10.b)$$

şeklinde tanımlanır (Hsu, 2005).

Bu ifadelerde yer alan  $(\tilde{X}_{ij})_{\alpha}$  ve  $(\tilde{Y}_{rj})_{\alpha}$  nın kesin kümeler olduğuna dikkat edilmelidir. Girdiler ve çıktılar,  $\alpha$ -seviye kümeleri olarak adlandırılan  $\alpha$ -seviyeler kullanılarak, güven aralıklarının farklı seviyeleri ile temsil edilebilirler. Buradan hareketle bulanık VZA modeli, farklı  $\alpha$  -seviye kümeleri  $\{(X_{ij})_{\alpha} : 0 < \alpha \leq 1\}$  ve  $\{(Y_{rj})_{\alpha} : 0 < \alpha \leq 1\}$  ile kesin bir VZA model ailesine dönüştürülebilir. Bu kümeler hareketli sınırlara ait kümeleri gösterirler ve klasik



kümeler ile bulanık kümeler arasındaki ilişkiyi anlatmak için içiçe geçmiş yapılar oluştururlar (Kao and Liu, 2000).

(5.10 a) ve (5.10 b)' de tanımlanan  $\alpha$ -seviye kümeleri kesin aralıklardır ve

$$(X_{ij})_{\alpha} = \left[ \min_{x_{ij}} \{x_{ij} \in S(\tilde{X}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\}, \max_{x_{ij}} \{x_{ij} \in S(\tilde{X}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\} \right] \quad (5.11.a)$$

$$(Y_{rj})_{\alpha} = \left[ \min_{y_{rj}} \{y_{rj} \in S(\tilde{Y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha\}, \max_{y_{rj}} \{y_{rj} \in S(\tilde{Y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha\} \right] \quad (5.11.b)$$

biçiminde yazılabilirler (Liu ve Chuang, 2007).

Zadeh (1978)' in genişletme prensibine göre KVB k' nin etkinliğinin üyelik fonksiyonu

$$\mu_{\tilde{E}_k}(z) = \sup_{x,y} \min \{ \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}), \mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj}), \forall i, j, r \mid z = E_k(x, y) \} \quad (5.12)$$

biçiminde tanımlanabilir (Kao ve Liu, 2000).

Üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{E}_k}$ 'nin kurulması için değişik  $\alpha$ -seviyelerinde alt ve üst sınırları elde edilebilir. Denklem (5.12)' ye göre  $\mu_{\tilde{E}_k}, \forall i, j, r$  için  $\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij})$  ve  $\mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj})$  'nin minimumudur.  $\forall i, j, r$  için  $z = E_k(x, y)$  ' nin  $\mu_{\tilde{E}_k}(z) = \alpha$  ' yı sağlaması için,  $\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha$  ve  $\mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha$  ve en az bir  $\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij})$  ya da ,  $\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij})$ ' nin  $\alpha$  'ya eşit olmasına gerek duyulmaktadır. Üstelik tüm  $\alpha$  -seviyeler  $\alpha$  'ya göre içi içe geçmiş bir yapı oluşturdukları için, örneğin  $0 < \alpha_2 < \alpha_1 \leq 1$  verildiğinde  $[(X_{ij})_{\alpha_1}^L, (X_{ij})_{\alpha_1}^U] \subseteq [(X_{ij})_{\alpha_2}^L, (X_{ij})_{\alpha_2}^U]$  ve  $[(Y_{rj})_{\alpha_1}^L, (Y_{rj})_{\alpha_1}^U] \subseteq [(Y_{rj})_{\alpha_2}^L, (Y_{rj})_{\alpha_2}^U]$  elde edilir (Liu ve Chuang, 2007).

Bundan dolayı  $\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha$  ,  $\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) = \alpha$  ,  $\mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha$  ve  $\mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha$  sırasıyla aynı yapıya sahiptir. Üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{E}_k}$  'nin bulunması için (5.12)' ye dayanarak  $\tilde{E}_k$  'nin  $\alpha$  -seviyesinin alt ve üst sınırları aşağıdaki formüller yardımıyla bulunabilir:

$$\begin{aligned}
(E_k)_\alpha^U &= \max E_k(x, y) \\
(X_{ij})_\alpha^L &\leq x_{ij} \leq (X_{ij})_\alpha^U, \forall i, j \\
(Y_{rj})_\alpha^L &\leq y_{rj} \leq (Y_{rj})_\alpha^U, \forall r, j
\end{aligned} \tag{5.13.a}$$

$$\begin{aligned}
(E_k)_\alpha^L &= \min E_k(x, y) \\
(X_{ij})_\alpha^L &\leq x_{ij} \leq (X_{ij})_\alpha^U, \forall i, j \\
(Y_{rj})_\alpha^L &\leq y_{rj} \leq (Y_{rj})_\alpha^U, \forall r, j
\end{aligned} \tag{5.13.b}$$

Bu formüller açık bir şekilde ise aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$(E_k)_\alpha^U = \left. \begin{aligned} &\max \\ &(X_{ij})_\alpha^L \leq x_{ij} \leq (X_{ij})_\alpha^U \\ &(Y_{rj})_\alpha^L \leq y_{rj} \leq (Y_{rj})_\alpha^U \\ &\forall i, j, r \end{aligned} \right\} \begin{aligned} E_k &= \max \sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rk} / \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ik} \\ \sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij} &\leq 1 \\ u_r, v_i &\geq \varepsilon > 0 ; j = 1, \dots, n \end{aligned} \tag{5.14.a}$$

$$(E_k)_\alpha^L = \left. \begin{aligned} &\max \\ &(X_{ij})_\alpha^L \leq x_{ij} \leq (X_{ij})_\alpha^U \\ &(Y_{rj})_\alpha^L \leq y_{rj} \leq (Y_{rj})_\alpha^U \\ &\forall i, j, r \end{aligned} \right\} \begin{aligned} E_k &= \max \sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rk} / \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ik} \\ \sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij} &\leq 1 \\ u_r, v_i &\geq \varepsilon > 0 ; j = 1, \dots, n \end{aligned} \tag{5.14.b}$$

Bu iki-seviyeli matematiksel model geleneksel tek seviyeli model şeklinde basitleştirilebilir. Bunun ilk nedeni, KVB k'nın en küçük değerinin, bu KVB'nin çıktısı seviyesi ile diğer tüm KVB'lerin girdi seviyeleri olası en küçük değerlerine

konularak ve bu KVB'nin girdi seviyesi ile diğer tüm KVB'lerin çıktı seviyeleri olası en büyük değerlerine konularak elde edilmesidir. Diğer nedeni tam tersine bir KVB'nin en yüksek göreceli etkinliğinin bulunması için, bu KVB'nin çıktı seviyesi ile diğer tüm KVB'lerin girdi seviyelerinin olası en yüksek değerlerine konulması ve bu KVB'nin girdi seviyesi ile diğer tüm KVB'lerin çıktı seviyelerinin en küçük değerlerine konulmasıdır (Kao ve Liu, 2000).

$$\begin{aligned}
(E_k)_\alpha^U &= \max \sum_{r=1}^s u_r (Y_{rk})_\alpha^U / \sum_{i=1}^m v_i (X_{ik})_\alpha^L \\
\sum_{r=1}^s u_r (Y_{rk})_\alpha^U / \sum_{i=1}^m v_i (X_{ik})_\alpha^L &\leq 1 \\
\sum_{r=1}^s u_r (Y_{rj})_\alpha^L / \sum_{i=1}^m v_j (X_{ij})_\alpha^U &\leq 1, \quad j = 1, \dots, n, i \neq j \\
u_r, v_i &\geq \varepsilon > 0
\end{aligned} \tag{5.15.a}$$

$$\begin{aligned}
(E_k)_\alpha^L &= \max \sum_{r=1}^s u_r (Y_{rk})_\alpha^L / \sum_{i=1}^m v_i (X_{ik})_\alpha^U \\
\sum_{r=1}^s u_r (Y_{rk})_\alpha^L / \sum_{i=1}^m v_i (X_{ik})_\alpha^U &\leq 1 \\
\sum_{r=1}^s u_r (Y_{rj})_\alpha^U / \sum_{i=1}^m v_j (X_{ij})_\alpha^L &\leq 1, \quad j = 1, \dots, n, i \neq j \\
u_r, v_i &\geq \varepsilon > 0
\end{aligned} \tag{5.15.b}$$

Bu model çifti klasik VZA modelidir ve doğrusal programlama modeline dönüştürülerek herhangi bir doğrusal programlama modeli gibi çözülebilir.  $\tilde{E}_k$ 'nin  $\alpha$ -seviye kümesi model (5.15)' den hareketle  $(E_k)_\alpha = [(E_k)_\alpha^L, (E_k)_\alpha^U]$  biçiminde kurulabilir ve  $\tilde{E}_k$ 'nin üyelik fonksiyonu farklı  $\alpha$ -seviyelerinde  $(E_k)_\alpha$ ' dan kurulur (Güneş, 2006).

Eğer  $(E_k)_\alpha^L$  ve  $(E_k)_\alpha^U$ ' nin her ikisinin de  $\alpha$ 'ya göre tersi alınabilirse, sol taraf fonksiyonu  $L(z) = [(E_k)_\alpha^L]^{-1}$  ve sağ taraf fonksiyonu  $R(z) = [(E_k)_\alpha^U]^{-1}$  şeklinde elde edilebilir. Buradan üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{E}_k}$  Denklem (5.16)'daki gibi elde edilebilir:

$$\mu_{\tilde{E}_k}(z) = \begin{cases} L(z), z_1 \leq z \leq z_2 \\ 1, z_2 \leq z \leq z_3 \\ R(z), z_3 \leq z \leq z_4 \end{cases} \quad (5.16)$$

biçiminde kurulabilir. Aksi takdirde, fonksiyonun kesin yapısı açıkça bilinmediği halde,  $\{[(E_k)_\alpha^L, (E_k)_\alpha^U]: \alpha \in (0,1]\}$  aralıklar kümesi  $\mu_{\tilde{E}_k}$ 'nin şeklini gösterir (Kao ve Liu, 2000)

Bazı girdi ve çıktı verilerinin kesin olmadığı durumda etkinlik skorları da kesin değildir. Bir KVB'nin etkinlik skor dizisi  $\alpha$ -seviye yaklaşımı uygulanarak farklı olabilirlik seviyelerinde elde edilebilir. Tüm KVB'lerin etkinlik skorlarının hesaplanma aşamasından sonra, en iyileri bulanık sayıları sıralama teknikleriyle belirlenebilir (Güneş, 2006).

İstisnalar haricinde, tüm girdi ve çıktı verilerinin belirsizlik sebebiyle tam olarak elde edilemediği bir durumda, bu değerlerin yalnızca  $x_{ij}^L$  ve  $y_{rj}^L$  olmak üzere ve  $[x_{ij}^L, x_{ij}^U]$  ve  $[y_{rj}^L, y_{rj}^U]$  şeklindeki aralıklarla gösterilen alt ve üst sınırlar arasında oldukları biliniyor olsun. Kesinsizlik durumuna değinmek için, her bir KVB' nin aralık etkinliğinin alt ve üst sınırlarını oluşturmak amacıyla

$$\begin{aligned} (E_k)_\alpha^U &= \max \sum_{r=1}^s u_r (Y_{rk})_\alpha^U \\ \sum_{i=1}^m v_i (X_{ik})_\alpha^L &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r (Y_{rk})_\alpha^U - \sum_{i=1}^m v_i (X_{ik})_\alpha^L &\leq 0 \\ \sum_{r=1}^s u_r (Y_{rj})_\alpha^L - \sum_{i=1}^m v_j (X_{ij})_\alpha^U &\leq 0, \\ u_r, v_i &\geq \varepsilon > 0 \end{aligned} \quad (5.17.a)$$

$$\begin{aligned}
(E_k)_\alpha^L &= \max \sum_{r=1}^s u_r (Y_{rk})_\alpha^L \\
\sum_{i=1}^m v_i (X_{ik})_\alpha^U &= 1 \\
\sum_{r=1}^s u_r (Y_{rk})_\alpha^L - \sum_{i=1}^m v_i (X_{ik})_\alpha^U &\leq 0 \\
\sum_{r=1}^s u_r (Y_{rj})_\alpha^U - \sum_{i=1}^m v_j (X_{ij})_\alpha^L &\leq 0, \\
u_r, v_i &\geq \varepsilon > 0
\end{aligned} \tag{5.17.b}$$

program çifti geliştirilmiştir (Oruç, 2008).

Model (5.17 a) ve (5.17 b)' de verilen alt ve üst sınır VZA modelleri KVB' lerin etkinliklerini ölçmek için kullanılan kısıt kümelerinin her KVB için farklı olduğu göstermektedir. Hatta aynı KVB' nin alt ve üst sınır etkinlikleri ölçmek yararlanılan kısıt kümeleri de birbirinden farklıdır. Örneğin,  $KVB_k$  ' nin üst sınır etkinliğini ölçmek için kullanılan kısıt kümesi,

$$\{(x_{ik}^L, y_{rk}^U), (x_{ij}^U, y_{rj}^L) \mid j = 1, \dots, n, j \neq k; i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s\} \tag{5.18.a}$$

veri kümesinden ve alt sınır etkinliğini ölçmek için kullanılan kısıt kümesi ise,

$$\{(x_{ik}^U, y_{rk}^L), (x_{ij}^L, y_{rj}^U) \mid j = 1, \dots, n, j \neq k; i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s\} \tag{5.18.b}$$

veri kümesinden meydana gelir (Güneş, 2006).

KVB' lerin etkinliklerinin ölçülmesinde kullanılan farklı kısıt kümeleri, etkinlik ölçüm sürecinde farklı üretim süreçleri benimsendiği için etkinlikler arası karşılaştırma yapılamamasına neden olmaktadır (Güneş, 2006).

Tüm KVB' ler ve de alt-üst sınır etkinliklerinin tümü için, her zaman aynı kısıt kümesi kullanan, birleştirilmiş ve sabitleştirilmiş bir üretim sınırı oluşturan aralık aritmetiğine dayalı bir *Aralık Veri Zarflama Analizi* modeli geliştirilmiştir.  $KVB_j$  'nin etkinliği,

$$\theta_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}, j=1, \dots, n \tag{5.19}$$

şeklinde ise, aralık veri üzerinde işlem kurallarına göre,

$$\theta_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r [y_{rj}^L, y_{rj}^U]}{\sum_{i=1}^m v_i [x_{ij}^L, x_{ij}^U]} = \frac{[\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L, \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U]}{[\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L, \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U]} = \left[ \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U} \right] \tag{5.20}$$

olur. Burada  $\theta_j$  de aralık sayıdır ve  $[\theta_j^L, \theta_j^U] (j = 1, \dots, n)$  şeklinde gösterilebilir.

$$\theta_j = [\theta_j^L, \theta_j^U] = \left[ \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L} \right] \subseteq (0,1], j = 1, \dots, n \quad (5.21)$$

ise bu etkinlik skorunun alt ve üst sınır değerleri,

$$\theta_j^U = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L} \leq 1, j = 1, \dots, n, \text{ ve } \theta_j^L = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U} > 0, j = 1, \dots, n \quad (5.22)$$

biçiminde elde edilebilir (Wang ve ark. 2008)

$KVB_k$  'nın alt ve üst sınır etkinliklerinin ölçülmesinde,  $KVB_k$  için

$$\begin{aligned} \max \theta_k^U &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}^L}, \\ \theta_j^U &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L} \leq 1, j = 1, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq \varepsilon, \forall r, i \end{aligned} \quad (5.23.a)$$

$$\begin{aligned} \max \theta_k^L &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}^L}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}^U}, \\ \theta_j^L &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U} \leq 1, j = 1, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq \varepsilon, \forall r, i \end{aligned} \quad (5.23.b)$$

biçimindeki kesirli programlama çifti kullanılır (Wang ve ark. 2008). Bu kesirli programlama model çiftine Charnes-Cooper dönüşümü uygulanırsa,

$$\begin{aligned} \max \theta_k^U &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}^U \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}^L &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L &\leq 0, j = 1, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq \varepsilon, \forall r, i \end{aligned} \quad (5.24.a)$$

$$\begin{aligned}
\max \theta_k^L &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}^L \\
\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}^U &= 1 \\
\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L &\leq 0, j = 1, \dots, n \\
u_r, v_i &\geq \varepsilon, \forall r, i
\end{aligned} \tag{5.24.b}$$

biçimindeki doğrusal programlama modelleri elde edilmiş olur (Güneş, 2006).

Burada, tüm KVB' ler en iyi üretim sınırı içinde olduğu zaman,  $\theta_k^L$  en iyi olası alt sınır göreceli etkinliğini,  $\theta_k^U$  KVB<sub>k</sub> tarafından başarılan en iyi olası göreceli etkinliği gösterir. Sonuç olarak bu iki değer en iyi göreceli etkinlik aralığını  $[\theta_k^L, \theta_k^U]$  oluşturur .

Dikkat edilirse, model (5.24.a) tüm KVB' ler için üretim sınırını tespit eder ve üretim sınırını her KVB'nin alt sınır etkinliğini ölçmek için bir referans olarak kullanır. Bu nedenle  $\theta_k^U$  ve  $\theta_k^L$ ' in anlamları, (5.15 a) ve (5.15 b) ile verilen kesirsel programlama problemleri çiftinden üretilen model (5.17 a) ve (5.17 b)' deki  $E_k^U$  ve  $E_k^L$  'nin anlamlarından farklıdır.

Model (5.15 a)'dan KVB<sub>k</sub> 'nın üst sınırı etkinliği için elde edilen en uygun ağırlıklar, diğer KVB' lerin yalnızca alt sınır etkinliklerinin 1'e eşit ya da daha küçük olmasını garanti etmektedir. Bunun yanında üst sınır etkinliklerinin 1' e eşit ya da daha küçük olmasını garanti edemez. Model (5.15 b)' de de benzer durum söz konusudur. (5.23) ile (5.24) arasında ifade edilen modellerde ise böyle bir durum, görülmemektedir. Her KVB için girdi ve çıktı çıktıların hangi değerleri alacağı ve modellerin hangi ağırlıkları kullandığı önemli olmamakla birlikte KVB' lerin etkinliklerinin tümü 1' e eşit ya da daha küçük olacak şekilde sınırlandırıldığı görülmektedir (Güneş, 2006).

Model (5.23)-(5.24)' den, KVB' lerin etkinliklerinin ölçülmesi için aynı kısıt kümesini

$$\{(x_{ij}^L, y_{rj}^U) (j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s)\} \tag{5.25}$$

kullandıkları açıkça görülmektedir. Herhangi bir KVB'nin  $KVB_k$ , en iyi olası üst sınırı etkinliği  $\theta_k^{U*} = 1$  ise bu KVB VZA etkindir denilir; aksi takdirde eğer  $\theta_k^{U*} < 1$  ise bu KVB'ye VZA etkinsizdir denilir (Güneş, 2006).

#### **5.4. Aralık Veri Zarflama Analizi Modellerine Bulanık Verinin Dâhil Edilmesi**

Sengupta (1992)'dan başlayarak literatürde Guo ve Tanaka (2001), Leon ve ark. (2003), Lertworasirikul ve ark. (2003), Kao ve Liu (2000,2003), Jahanshahloo, ve ark. (2004), Hsu (2005), Wu. ve ark. (2006), Soleimani-damaneh ve ark. (2006), Liu ve Chuang (2007), Wen ve Li (2008), Wang ve ark. (2008) ve Wu (2009) gibi araştırmacıların çalışmaları yer almaktadır. Bu araştırmacılar arasından Kao ve Liu (2000) tarafından  $\alpha$ -seviye kümeleri uygulanarak bulanık verilerin aralık verilere dönüştürülmesi ve böylece klasik VZA modellerinden yararlanılması önerilmiştir.

Bu öneri Saati ve ark. (2002) tarafından da benimsenmiş ve bulanık CCR modeli bir olasılıksal-programlama problemi gibi tanımlanarak ve  $\alpha$ -seviyeleri kullanılarak, model bir aralık programlama modeline dönüştürmüştür. Böylelikle aralık programlama modeli, kesin bir doğrusal programlama modeli gibi çözülebilir ve verilen her  $\alpha$ -seviye ile her KVB için bir etkinlik skoru üretilebilir. Güneş (2006) çalışmasında bu metodoloji hakkında aşağıda yer alan bilgileri vermektedir.

Belirsiz veriler olduğunda(5.23)-(5.24) ile belirtilen aralık VZA modellerinin kabiliyetinin artırılması için, bulanık veriler  $\alpha$ -seviye kümeleri kullanılarak aralık verilere dönüştürülür.  $\mu_{\tilde{x}_{ij}}$  ve  $\mu_{\tilde{y}_{rj}}$  sırasıyla bulanık girdiler  $\tilde{x}_{ij}$  ve bulanık çıktılar  $\tilde{y}_{rj}$  için üyelik fonksiyonları ve  $\tilde{x}_{ij}$  ve  $\tilde{y}_{rj}$ , 'nin  $\alpha$ -seviye kümeleri  $0 < \alpha \leq 1$  olmak üzere Denklem (5.26.a) ve (5.26.b)'deki şekilde tanımlanabilir:



$$(x_{ij})_{\alpha} = \{x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\}$$

$$(x_{ij})_{\alpha} = \left[ \min_{x_{ij}} \{x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\}, \max_{x_{ij}} \{x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\} \right] \quad (5.26.a)$$

$$(y_{rj})_{\alpha} = \{y_{rj} \in S(\tilde{y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha\}$$

$$(y_{rj})_{\alpha} = \left[ \min_{y_{rj}} \{y_{rj} \in S(\tilde{y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha\}, \max_{y_{rj}} \{y_{rj} \in S(\tilde{y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha\} \right] \quad (5.26.b)$$

Farklı güven seviyeleri  $(1-\alpha)$  ile bulanık veriler, tümü aralıklar şeklinde  $\{(x_{ij})_{\alpha} \mid 0 < \alpha \leq 1\}$  ve  $\{(y_{rj})_{\alpha} \mid 0 < \alpha \leq 1\}$  . farklı  $\alpha$  -seviye kümelerine dönüştürülür.

En geniş girdi ve çıktı aralıkları ise  $x_{ij}^L, x_{ij}^U, y_{rj}^L, y_{rj}^U$  sırasıyla bulanık veriler ve  $\tilde{x}_{ij}$  ve  $\tilde{y}_{rj}$  'nin alt ve üst sınırları olmak üzere Denklem (5.27.a) ve (5.27.b) şeklinde ifade edilmektedir:

$$(x_{ij})_0 = \{x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \geq 0\} = [x_{ij}^L, x_{ij}^U] \quad (5.27.a)$$

$$(y_{rj})_0 = \{y_{rj} \in S(\tilde{y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) \geq 0\} = [y_{rj}^L, y_{rj}^U] \quad (5.27.b)$$

Üretim sınırı,  $[x_{ij}^L, x_{ij}^U]$  ve  $[y_{rj}^L, y_{rj}^U]$  ( $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; r = 1, \dots, s$ ) aralık verileri ile açık bir şekilde belirtilebilir. Girdi ve çıktı verilerinin herhangi bir  $\alpha$  -seviye kümesinin  $(x_{ij})_{\alpha} = [x_{ij\alpha}^L, x_{ij\alpha}^U]$  ve  $(y_{rj})_{\alpha} = [y_{rj\alpha}^L, y_{rj\alpha}^U]$  aynı üretim sınırı kullanılarak ölçülmesi gerektiği için bulanık girdi ve çıktı verileri için aralık VZA modelleri Model (5.28.a) ve (5.28.b) haline gelir:

$$\begin{aligned}
\max(\theta_k)_\alpha^U &= \sum_{r=1}^s u_r (y_{rk})_\alpha^U \\
\sum_{i=1}^m v_i (x_{ik})_\alpha^L &= 1 \\
\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L &\leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\
u_r, v_i &\geq \varepsilon, \quad \forall r, i
\end{aligned} \tag{5.28.a}$$

$$\begin{aligned}
\max(\theta_k)_\alpha^L &= \sum_{r=1}^s u_r (y_{rk})_\alpha^L \\
\sum_{i=1}^m v_i (x_{ik})_\alpha^U &= 1 \\
\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L &\leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\
u_r, v_i &\geq \varepsilon, \quad \forall r, i
\end{aligned} \tag{5.28.b}$$

$(\theta_k)_\alpha = [(\theta_k)_\alpha^L, (\theta_k)_\alpha^U]$  tanımlanan bir etkinlik aralığı oluşturan  $(\theta_k)_\alpha^U$  ve  $(\theta_k)_\alpha^L$  sırasıyla, verilen  $\alpha$ -seviye kümeleri altında,  $KVB_k$  için en iyi olası görelî etkinliğin alt ve üst sınırlarıdır.

Burada dikkat edilmesi gereken nokta farklı  $\alpha$ -seviye kümeleri için farklı üretim sınırlarının kullanılmaması, her  $\alpha$ -seviye için tek bir üretim sınırının kullanılmasıdır. Farklı  $\alpha$ -seviyeleri için farklı üretim sınırlarının kullanılması, farklı  $\alpha$ -seviyeleri altındaki etkinliklerin karşılaştırılmaz hale gelmesi demektir.

$KVB_k$ 'nin bulanık etkinliğinin elde edilmesi için

$$\begin{aligned}
\max \theta_k^U &= \frac{\sum_{r=1}^{ts} u_r y_{rk}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}^L}, \\
\theta_j^U &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n \\
u_r, v_i &\geq \varepsilon, \quad \forall r, i
\end{aligned} \tag{5.29.a}$$

$$\begin{aligned}\max \theta_k^M &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^M}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}^M}, \\ \theta_j^U &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L}, \leq 1, j = 1, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq \varepsilon, \forall r, i\end{aligned}\tag{5.29.b}$$

$$\begin{aligned}\max \theta_k^L &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}^L}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}^U}, \\ \theta_j^U &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L}, \leq 1, j = 1, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq \varepsilon, \forall r, i\end{aligned}\tag{5.29.c}$$

bulanık VZA modelleri kurulabilir.  $\theta_k^{U*}$ ,  $\theta_k^{M*}$  ve  $\theta_k^{L*}$  Model (5.29) ile verilen 3 kesirsel programlama modelinin optimal amaç fonksiyon değerleri iken  $KVB_k$  'nın bulanık etkinliği  $[\theta_k^{L*}, \theta_k^{M*}, \theta_k^{U*}]$  ile tanımlanır (Güneş, 2006).

### 5.5. BVZA' da KVB' lerin Etkinlik Değerlerinin Sıralanması

VZA sonucunda her bir KVB için bir etkinlik skoru elde edilmiş olur. Ağırlık ve girdi-çıkıktı verilerini seçmede KVB' lere tanınan bu esneklik sonucunda aynı anda birkaç KVB etkin çıkabilmektedir. Klasik VZA ile etkin çıkan KVB' lerin kendi aralarında sıralamasının yapılabilmesi için Andersen ve Petersen *Süperetkinlik Modeli* ni önermişlerdir: Süperetkinlik modeli etkin olan 0. KVB' nin başvuru kümesinden çıkarılması üzerine kurulmuştur. Etkinlik skoru  $\theta$ , diğer KVB' lerin 0. KVB' nin kullandığı girdilerin kaç katını kullanacağını göstermektedir. Bu sebeple elde edilen ( $\theta$ ) maksimum olan KVB sıralamada ilk sırada yer alacaktır. Bulanık veriler ile çalışan Kao-Liu, Saati-Memariani ve Guo-Tanaka modellerinin uygulanması sonucunda elde edilen etkinlik skorları da bulanık sayılardır. Bulanık sayıların sıralanması için ise Chen ve Klein bir sıralama formülü önermiştir (Oruç, 2008).

Literatürde birçok bulanık sayı sıralama metodu bulunmaktadır. Bortolan ve Degani ile Wang ve Kerre kullanılan metodlar hakkında kapsamlı bir araştırma sunmaktadır. Bazı metodlar bu amaçla ortalama değer konseptini kullanırken

diğerleri bulanık sayıları  $\alpha$ -kesim kümeleri konseptine göre karşılaştırır. Bulanık sayıları olasılıksal sıralayan bazı metodlar da vardır. Ayrıca uzaklık tabanlı yaklaşımlar olarak adlandırılan diğer bir sıralama metodu yaklaşımı vardır (Soleimani-damaneh ve ark. 2006).

Jahanshahloo ve ark (2004) KVB' lerin sıralanmasının VZA uygulamalarında önemli bir konu olduğunu bu amaçla birçok yöntem kullanıldığını, belirttikten sonra çalışmalarında bulanık kar ve standart sapmaya dayalı yaklaşımı anlatmışlardır.

## 5.6. Hesaplama Tuzakları

Kao and Liu (2000)  $\alpha$  –seviyeleri yaklaşımı uygulayarak bulanık VZA modellerini kesin VZA modellerine dönüştüren bir teknik önermişlerdir. Bu durumda problemin boyutu küçük bile olsa çok fazla doğrusal programlama modelinin çözülmesi gerekmektedir. Bu da yüksek maliyeti beraberinde getirmektedir.

Diğer bir çalışmada Leo'n ve ark. (2003).  $\alpha$  –seviyeleri karşılaştırmasına dayanan bazı sıralama yöntemleri kullanarak BCC modelini bulanık bir VZA modeline geliştirmiştir. Onların tekniği  $m + s + 1$  kısıta sahip bulanık BCC modelini  $4m + 4s + 1$  kısıta sahip kesin doğrusal modeline dönüştürmek şeklindedir. Bu tekniğe göre bulanık VZA modeli çözülürken simpleks metodunun kritik faktör'ü kesin BCC modelinin çözümünden 4 kez daha büyüktür. Bir doğrusal programlama modelinin doğrusal bağımsız kısıt sayısı hesaplama açısından bakıldığında kabul edilemez bir durumdur (Soleimani-damaneh ve ark. 2006).

VZA uygulamasında her karar birimi için ayrı bir doğrusal programlama modelinin kurulması ve çözülmesi gerekmektedir. Bulanık VZA çözümünde ise her karar birimi için önceden belirlenen farklı  $\alpha$  seviyelerinin sayısı kadar doğrusal programlama modellerinin kurulması ve çözümü gerekir (Güngör ve Demirgil, 2005). Örneğin 5 girdi ve 5 çıktısı olan 20 KVB için kesin durumda iken her biri 11 kısıta sahip 20 doğrusal programlama modeli yeterli iken, bu durumda her biri 41 kısıta sahip  $20 \cdot 10 = 200$  doğrusal programlama modelinin

çözümü gerekir. Artan bu hesaplama gerekliliği uygulanabilirlik açısından dezavantajlıdır. Ayrıca bazı kısıtların sağ taraf değerleri sıfır olduğunda model çözümünde dejenerasyon olabilir. Doğrusal programlama modellerindeki dejenerasyon hesaplama karmaşıklığını arttıran gerekli iterasyon sayısını artırır. Jahanshahloo ve ark.(2004) tarafından yapılan bir çalışmada bulanık sayıların bulanık bir karşılaştırılması tanıtıldıktan sonra aylak tabanlı model (SBM) bulanık bir VZA modeline genişletilmiştir. Bu yaklaşımın çözülmesinde gereken çoklu doğrusal programlama modeli çözüm pahalıdır. Bazı özel durumlarda algoritma az sayıda iterasyon ile son bulsa da, hesaplama açısından bu durum makul değildir (Soleimani-damaneh ve ark. 2006).

## **6. UYGULAMA**

### **6.1. Amaç ve Kapsam**

Aydemir (2002) çalışmasında ülke kaynaklarının, etkin kullanıldığı illere yönlendirilmesi için karar vericilere yol göstermek amacıyla, klasik VZA yöntemi ile 77 ilin etkinlik skorlarını Frontier Analyst (FA) paket programı kullanılarak elde edilmiştir.

Bu çalışmada ise, söz konusu 77 ilin etkinlik skorları öncelikle klasik VZA, ardından BVZA yöntemi ile EMS 1.3 paket programı kullanılarak elde edilmiştir. Burada amaç, iki tekniğin karşılaştırılması ve farklı bilgisayar programlarının etkinlik skoruna hesabına etkisinin değerlendirilmesidir.

### **6.2. Karar Verme Birimlerinin Belirlenmesi**

Çalışma kapsamında Karar Verme Birimleri (KVB)'ni Türkiye'de bulunan 77 il oluşturmaktadır. Kırklareli, Uşak, Siirt ve Düzce illeri veri eksikliği nedeniyle çalışmaya dâhil edilmemiştir.

Tüm KVB'lere ilişkin girdi ve çıktı verileri nüfusa oranlanarak kullanıldığı için KVB' ler arasında homojenite sağlanmıştır. KVB sayısı girdi ve çıktıların toplamının sekiz katından fazla olduğu için serbestlik probleminin oluşması beklenmemektedir.

### **6.3 Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi**

VZA' da kullanılacak girdi ve çıktıların seçimi, etkinlik skorlarını etkilemesi ve farklı girdi-çıktılar ile farklı sonuçlar elde edilebildiği için oldukça önemlidir. Çalışma kapsamında güvenilir verilerin kullanılması ve klasik VZA ile karşılaştırma yapılması planlandığından dolayı, Aydemir (2002)'de kullanılan girdi ve çıktılardan yararlanılmıştır.

VZA modelinde kullanılan 8 girdi ve 1 çıktı aşağıda verilmektedir:

**Girdiler:**

1. ULAŞTIRMA YATIRIMLARI (Ulaş. Yat.): İl bazında 1986-1999 yılları arası toplam demiryolu, denizyolu, havayolu ve karayolu ulaştırma altyapısı yatırım gerçekleştirmeleri toplamı / il nüfusu
2. KOBİ YATIRIMLARI (Kobi Yat.): İl bazında 1986-1999 yılları arası toplam esnaf, sanatkar ve küçük sanayi yatırım gerçekleştirmeleri / il nüfusu
3. ENERJİ TEŞVİKLERİ (Ener. Teş.): İl bazında 1990-1999 yılları arası enerji ve diğer hizmetler sektörlerinde gerçekleşen teşvik belgeli yatırımlar toplamı / il nüfusu
4. SANAYİ TEŞVİKLERİ (San. Teş.): İl bazında 1990-1999 yılları arası imalat ve madencilik sektörlerinde gerçekleşen teşvik belgeli yatırımlar toplamı / il nüfusu
5. TARIM TEŞVİKLERİ (Tar. Teş.): İl bazında 1990-1999 yılları arası tarım sektöründe gerçekleşen teşvik belgeli yatırımlar toplamı / il nüfusu
6. KREDİLER: İl bazında,1997-1999 yılları arasında tarım ve imalat sektörlerinde hizmet veren kobilere verilen toplam yatırım ve işletme kredileri / il nüfusu
7. İNSAN KAYNAĞI (İnsan Kay.): İllerdeki nitelikli insan gücü (İl bazında 2000 yılı tahmini fakülte, yüksek okul, yüksek lisans ve doktora mezunu insan sayısı / il nüfusu)
8. REKABET: İllerdeki rekabetçi yapı (İl bazında 1995-1999 yıllarında açılan ve kapanan toplam şirket sayısı / il nüfusu)

**Çıktı:**

GSYİH: İl bazında üretilen katma değer (İl bazında 2000 yılı için kişi başına düşen GSYİH)

Çalışma kapsamında kullanılan 77 ile ilişkin girdi ve çıktı değerleri Ek-2’de yer almaktadır. Bu verilere ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 6.1.’de verilmektedir.

**Çizelge 6.1.** Girdi ve Çıktı Verilerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Girdi/Çıktı	Ortalama	Min	Max	Ortalamanın Standart Hatası
<b>ULAŞ.YAT.</b>	32,55120012	0,075578	227,994	5,61951
<b>KOBİ YAT.</b>	5,589420426	0,374126	19,98006	0,47728
<b>ENER.TEŞ.</b>	499,7129772	6,172235	4121,405	84,56996
<b>SAN.TEŞ</b>	1806,020597	14,49522	22492,28	340,55839
<b>TAR.TEŞ.</b>	41,66102095	0,490971	379,3345	7,16304
<b>KREDİLER</b>	4762,668536	13,9392	17703,04	418,62674
<b>İNS. KAY.</b>	0,031054265	0,011306	0,088248	0,00151
<b>REKABET</b>	0,002112143	0,000121	0,005787	0,00012482
<b>GSYİH</b>	1239,423806	249,494	3772,022	77,9064

#### 6.4. Verilerin Güvenilirliği

Aydemir (2002) çalışmasında Türkiye’de karşılaşılabilecek en önemli kısıtlardan birinin verilerin güvenilirliği olduğuna değinerek çalışmanın en önemli varsayımını, DİE ve Hazine Müsteşarlığı’ndan elde edilen verilerin tamamıyla güvenilir olması olarak ifade etmektedir. Ayrıca çalışmada kullanılan bir veri kaynağı da araştırmacının görev yapmakta olduğu DPT’nin yatırım programlarıdır. Bu anlamda verilerin üst düzey kamu kurumlarından güvenilir bir şekilde elde edildiği sonucuna varılabilir.

Ancak çalışmada kullanılan tüm girdi ve çıktılar nüfus verisine oranlanmıştır ve bu verinin kaynağı da 2000 yılı nüfus sayımıdır. Sözü edilen nüfus sayımı hane hane gezilmek suretiyle, insanlarla birebir görüşme yöntemi ile yapılmaktaydı. Bu nedenden dolayı sayım sırasında bazı hanelerin ziyareti mümkün olamamakta ya da yanlış bilgi temini gibi çeşitli olumsuzluklar ortaya çıkabilmekteydi. Bu gibi sakıncalı durumlar göz önünde bulundurulduğunda bulanık VZA çalışması verilerde olabilecek bu tür hataları dikkate alması bakımından önemlidir.

#### 6.5. VZA ile Görelî Etkinlik Ölçümü

77 ile ilişkin kaynak etkinliklerinin hesaplanması amacıyla önce Klasik ardından Bulanık VZA yöntemleri uygulanmıştır.



Çalışma kapsamında CCR modelinin tercih edilmesinin sebebi, sabit getiri varsayımı altında elde edilebilecek etkinlik skorlarının, değişken getirili etkinlik skorlarına göre daha düşük çıkmasıdır. Böylelikle daha gerçekçi ve fazla iyimser olmadan bir analiz yapılabilecektir (Babacan ve ark. 2007).

CCR modelinin girdi yönlü versiyonunun kullanılmasının sebebi, bu modelin hedef fonksiyonunun mevcut girdileri minimize etmesidir. Mevcut çıktının minimum girdiyle üretilmesi amacına yönelik olan girdi yönlü model, bu özelliğiyle tasarruf yönelimli bir model olma özelliğini taşımaktadır. Bundan dolayı da kamu sektöründe en çok tercih edilen VZA modeli olmuştur (Aydemir, 2002).

### **6.5.1. Klasik girdi yönlü CCR (CCR-I) modeli**

Çalışma kapsamında öncelikle klasik CCR-I modeli 77 il için, 8 girdi ve 1 çıktıdan oluşan modele uygulanmıştır.

#### **6.5.1.1. İller bazında kaynak kullanımının görelî etkinliğinin ölçülmesi**

CCR-I modeli ile etkinlik ölçülmesi amacıyla Aydemir(2002)'in çalışmasında Frontier Analyst (FA) programı kullanılmış iken bu çalışma kapsamında verilerin işlenmesi için EMS 1.3 programı kullanılmıştır. Sözü edilen iki programın CCR-I sonuçları karşılaştırıldığında birtakım farklılıklar göze çarpmaktadır. Bazı iller bir programın çıktısında etkinlik sınırında yer alırken, diğer programın çıktısında etkin olmayabilmektedir ki bu durum, çalışmanın değerlendirilmesi aşamasında oldukça önemlidir. Çizelge 6.2.'de farklılık tespit edilen 12 ile ilişkin FA ve EMS 1.3 programları ile elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Bu sonuçlara göre 6 il programların birinde etkin iken diğerinde programda etkin çıkmamıştır. Tutarlılık açısından BVZA uygulama sonuçları EMS 1.3 ile değerlendirilen klasik CCR-I sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 6.2.** FA ve EMS 1.3 Programları Kullanılarak Çözülen Klasik VZA Etkinlik Skorlarının Karşılaştırılması

<b>KVB</b>	<b>FA</b>	<b>EMS 1.3</b>
Afyon	92,24	100
Bingöl	92,81	91,60
Çanakkale	100	92,58
Denizli	100	94,49
Eskişehir	75,97	68,58
Gümüşhane	84,76	100
Hakkari	71,6	100
Konya	93,84	82,68
Sakarya	68,7	67,04
Şırnak	61,29	61,11
Tekirdağ	85,86	73,55
Tunceli	55,96	100

Klasik CCR-I modeli sonuçları Ek-3'te yer almaktadır. Burada her ile ilişkin etkinlik skoru ve yan sütununda etkinsiz iller için referans grupları ve etkin iller için kaç ilin referans kümesinde yer aldığı bilgisi yer almaktadır. Çizelge 6.3'te bu değerlere ilişkin sonuçların özeti yer almaktadır. Buna göre 77 ilden 39'unun etkin olduğu, toplam etkinlik skoru ortalamasının % 86,35; etkinsiz illerin etkinlik skorlarının ortalamasının ise % 72,33 olduğu görülmektedir.

#### **6.5.1.2. Göreli olarak etkin illerin analizi**

Modelde 77 ilin 39 tanesi, girdileri çıktıya dönüştürmede diğer illere göre % 100 etkin bulunmuştur. Bu iller etkinlik sınırını oluşturmaktadır.

Modelin sonuçlarının yorumlanması aşamasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, etkinlik skorlarının sadece göreli etkinlik skorları olduğudur. Analiz sonuçlarına göre bir ilin % 100 etkin çıkması söz konusu olan ilin kendi başına değerlendirildiğinde kaynak kullanımında %100 etkin olduğu anlamına gelmemektedir; sadece karşılaştırıldığı diğer illere göre ve söz konusu girdi ve çıktılar çerçevesinde bir % 100 etkinliği ifade etmektedir.

Etkinlik skorları sonuç tablosunda görelî etkinliğe sahip illerin, % 100 etkinliğe ulaşmak için optimal değerlendirebildikleri kaynakların ağırlıklarının (gölge fiyatları) 0'dan farklı bir değer aldığı ve etkinliğe doğrudan katkıda bulunduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.3.** CCR-I Modeli Etkinlik Skorları Özet Sonuçları

<b>Toplam İl Sayısı</b>	77
<b>Etkin İl Sayısı</b>	39
<b>Etkinsiz İl Sayısı</b>	38
<b>Ortalama Etkinlik</b>	% 86,35
<b>Min Etkinlik</b>	% 22,95
<b>Max Etkinlik</b>	% 100,00
<b>Std. Sapma</b>	0,188483
<b>Etkinsiz İller Ortalama</b>	% 72,33
<b>Etkinsiz İller Min Etkinlik</b>	% 22,95
<b>Etkinsiz İller Max Etkinlik</b>	% 99,60
<b>Etkinsiz İller Std. Sapma</b>	0,182095

### 6.5.1.3. Görelî olarak etkinsiz illerin analizi

VZA yöntemi görelî olarak etkinsiz her bir KVB'nin etkinlik sınırı üzerinde yer alabilmesi için, daha az oranda tüketmesi gereken girdi miktarları ile daha fazla üretmesi gereken çıktı miktarları hakkında bilgi sunmaktadır. Etkinsiz bir birimin ulaşabileceği hedefleri göstermeyi olanaklı kılmak için, etkinlik sınırında yer alan ve *sanal bir üretici* oluşturmak üzere verinin kendisinden çıkarılan ağırlıklar yardımıyla birleştirilerek hesaplamalara dâhil edilen etkin KVB'lerden, incelenen etkinsiz KVB'ye en benzer özellikler (girdi ve çıktı gözlemleri açısından) taşıyanlar referans kümesini oluştururlar ve % 100 etkinlik skoruna sahiptirler (Aydemir, 2002).

Etkinsiz illerin VZA sonuçlarının incelenmesi amacıyla, bu illerden biri olan Eskişehir ili seçilmiştir. Eskişehir ilinin CCR-I etkinlik skoru % 68,58 olarak tespit edilmiştir.

Eskişehir ili, girdilere dokunmadan GSYİH seviyesini %31,42 daha arttırarak etkinlik sınırına ulaşabilir. Diğer bir ifadeyle, mevcut girdileri ile Eskişehir ili %100,00 etkin bir şekilde katma değer üretebilseydi, şu anki GSYİH'ının %31,42 daha fazlasına sahip olabilecektir.

Eskişehir ilinin girdilerindeki fazlalıklar ve çıktı seviyesindeki eksiklik tespit edilirken, referans kümesinde yer alan illerin (Aydın, Bilecik, Kocaeli ve Niğde) girdi ve çıktı seviyelerinden faydalanılmıştır.

Burada dikkat edilmesi gereken bir nokta bulunmaktadır. Sonuç tablosunda etkin olan illerin referans kümesinde yer alan illerin ilgili alanında da bir sayısal değer mevcuttur. Örneğin Aydın ilinde 18 sayısal ifadesi bulunmaktadır. Bu ifade 18. KVB olan Bitlis'in Aydın için bir referans kümesi olduğu anlamına gelmemektedir. Bu ifade etkin illerin etkisiz olan kaç ilin referans kümesinde yer aldığı ile ilgilidir. Aydın ili, içinde Eskişehir, Denizli, Diyarbakır ve diğerlerinin bulunduğu 18 ilin referans kümesinde yer almaktadır.

Eskişehir ilinin referans kümesine Aydın, Bilecik, Kocaeli ve Niğde dahil olmuştur. Çünkü Eskişehir ilinin etkinliğini maksimize etmek üzere (yani en az mevcut çıktı seviyesini garantileyerek girdilerini minimize etmek üzere) CCR girdi-odaklı optimizasyon modeli çözüldürken, optimal çözüm bulunduğunda (yani Eskişehir ili, mevcut girdi ve çıktı bileşimi ile sahip olabileceği maksimum etkinlik skoruna ulaşınca) diğer illerin etkinliklerinin 0 ile 1 arasında sınırlandırıldığı kısıtlar arasında, referans kümesine dahil olan illere ilişkin kısıtların sınırlayıcı kısıtlar (yani optimal değeri 1'e eşit olan kısıtlar) olduğu görülür. Bu demektir ki, Eskişehir ilinin etkinlik skoru, referans kümesine dahil olan bu illerin varlığı sebebiyle sınırlanmaktadır. Eskişehir ilinin etkinlik skoru, gerçekleştirilebilir çözüm kümesi bu illerle sınırlandırıldığından dolayı en fazla % 68,58'e ulaşabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, Eskişehir ilinin etkinlik skorunu maksimize eden ağırlıklar, Aydın, Bilecik, Kocaeli ve Niğde illerinin etkinlik skorlarını % 100'e eşitlemektedir. Bu sebeple bu iller, Eskişehir iline iyileştirmeler konusunda örnek oluşturabilecek referans kümesini oluşturmaktadır (Aydemir, 2002).

Referans kümesinde yer alan illere ilişkin yoğunluk değerleri sırasıyla  $\lambda_{11}=0.54$ ,  $\lambda_{16}=0.00$ ,  $\lambda_{51}=0.18$  ve  $\lambda_{60}=0.10$ 'dur. Referans kümesinde yer alan

Bilecik(16) ilinin yoğunluk değeri virgül sonrası değerlerin program tarafından 2 ondalık sayı ile sınırlandırılmasından dolayı sıfır olarak görülmektedir. Bu nedenle hesaplamalarda ihmal edilecektir.

Sonuç olarak Eskişehir ilinin etkin duruma gelebilmesi için hedef girdi (X) ve çıktı (Y) değerleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$X_{\text{Eskişehir}}=(X_1,X_2,X_3,X_4,X_5,X_6,X_7,X_8)=\{(2,487239325; 1,05073945; 272,31108; 912,4561857; 13,93919612; 1532,586941; 0,023968915; 0,002840486) \times 0,54 + (25,38853769;1,81633959; 1175,374657; 3424,24; 24,55710362; 2149, 511792; 0,01449533; 0,001159555) \times 0,18 + ( 1,414227593; 3,524315209; 58,78654207; 2752, 513284; 5,670892961; 2795, 9647; 0,037292111; 0,001195124) \times 0,10\}$$

$$= \{(-30,33962883, -32,35190952, -33,08559469, -76,83279565, -44,94985887, -59,90861085, -30,63109222, -31,20587018)\}$$

$$Y_{\text{Eskişehir}}=(Y_1)=\{(1571,513468) \times 0,54 + (3772,022189) \times 1,18 + (1349,268268) \times 0,10\} = (1662,50809354)$$

Bu değerler ışığında hesaplanacak potansiyel iyileştirme (P.İ) Denklem (6.1) de verilmektedir. Bu denklemdeki “Gerçek”; mevcut veriyi gösterirken, “Hedef”; olması gereken veri değerini ifade etmektedir.

$$P. \dot{I}(\text{Yüzde olarak sonuç}) = \frac{\text{Hedef}(X \lambda) - \text{Gerçek}(x_0)}{\text{Gerçek}} \times 100 \quad (6.1)$$

(Babacan ve ark. 2007).

Denklemden çıkan sonuç negatif ise veri değerinin düşürülmesi, pozitif ise veri değerinin yükseltilmesi gerektiği sonucu çıkar. Potansiyel iyileştirme tabloları, KVB’ lerin hangi kaynakları etkin, hangi kaynakları etkinsiz kullanarak kaynak israfına sebep olduğunu belirtmekle birlikte kaynak israfındaki ölçüyü de ifade etmektedir. Bu etkinsiz KVB’ ler gerekli düzeltmeleri yaptıkları takdirde etkin hale geçebilirler.

Eskişehir iline ilişkin verilerle hesaplanan hedef ve iyileşme oranı değerleri Çizelge 6.4.’de yer almaktadır. Bu çizelgeye göre Eskişehir ili, girdilerini % 30 - % 76 oranında azaltmalıdır. Eskişehir ilinin en etkinsiz girdisi sanayi teşvikleri olarak görülmektedir. Çıktılar açısından bakıldığında ise, GSYİH’ ı % 0,95’lik bir artış göstermelidir.

**Çizelge 6.4.** Eskişehir İline İlişkin Hedef ve İyileşme Oranı Değerleri

<b>Eskişehir</b>	<b>Veri</b>	<b>Hedef</b>	<b>% İyileşme Oranı</b>
<b>ULAŞ.YAT.</b>	8,691410449	6,054468779	-30,33962883
<b>KOBİ YAT.</b>	1,84302608	1,24677195	-32,35190952
<b>ENER.TEŞ.</b>	544,7169021	364,4940757	-33,08559469
<b>SAN.TEŞ.</b>	5975,433408	1384,340869	-76,83279565
<b>TAR.TEŞ.</b>	22,73297324	12,51453385	-44,94985887
<b>KREDİLER</b>	1681,2482	674,0357585	-59,90861085
<b>İNS. KAY.</b>	0,027795716	0,019281585	-30,63109222
<b>REKABET</b>	0,002706764	0,001862095	-31,20587018
<b>GSYİH</b>	1646,869389	1662,508094	0,949601993

Veri Zarflama Analizi kullanılan çalışmalarda genellikle sadece teknik etkinlik düzeyinin hesaplandığı, fakat girdilerin hangilerinin ne düzeyde etkinsiz kullanıldığının ya da nedenlerinin belirlenmediği görülmektedir. Bu amaçla girdi tıkanıklığı ve aylak girdilerin de belirlenmesi gerekmektedir (Yeşilyurt ve Yeşilyurt, 2007).

Çizelge 6.5’ te CCR-I çözümünde bulunan dual değişken (sanal girdi/çıktı, artık değişken) ve aylak değişken değerleri yer almaktadır. EMS 1.3 programının  $\lambda$  değerleriyle birlikte sunduğu bu veriler *Aylaklığın Tamamlayıcı Özelliği*’nden hareketle KVB’ lere ilişkin yorum yapma fırsatı sunar.

Aylaklığın tamamlayıcı özelliğinden ve Çizelge 6.5.’ten hareketle sıfırdan farklı aylak değişken değeri alan girdiler de kullanılmamış belirli bir miktarın kaldığı, bu kaynakların marjinal katkısı sıfırdır. Eskişehir ilinin etkinsiz olarak çıkmasının nedeni, görel olarak iyi değerlendirilemeyen bu kaynaklardır. Başka bir deyişle illerde kullanılan girdiler yanlarında belirtilen oranlarda azaltıldığı zaman üretimde herhangi bir kayıp olmayacaktır. Aylak değişkenlerin sıfır olduğu durumda tam tersi söz konusudur. Kaynaklar bütünüyle kullanılmıştır ve bu kaynakların belli bir gölge fiyatı vardır. Bu kaynaklar Eskişehir’in güçlü olduğu yönlerdir ve Eskişehir’in etkinliğinin maksimizasyonunda pozitif değerlere ve katkılara sahiptir.

**Çizelge 6.5.** Eskişehir İline İlişkin Sanal Girdi/Çıktı ve Aylak Değişken Değerleri

Eskişehir	Sanal Girdi/Çıktı {V}	Aylak Değişken {S}
<b>ULAŞ.YAT.</b>	0,44	0
<b>KOBİ YAT.</b>	0,05	0
<b>ENER.TEŞ.</b>	0	12,28
<b>SAN.TEŞ</b>	0	2703,84
<b>TAR.TEŞ.</b>	0	3,08
<b>KREDİLER</b>	0	489,96
<b>İNS. KAY.</b>	0,19	0
<b>REKABET</b>	0,32	0
<b>GSYİH</b>	1	0

### 6.5.2. Bulanık CCR-I uygulaması

Veri Zarflama Analizi verilere duyarlı bir teknik olduğundan dolayı, verilerin elde edilmesi sırasında oluşabilecek çeşitli hatalar çok farklı sonuçların elde edilmesine sebep olmaktadır. Bu hataların önüne geçilmesi amacıyla Veri Zarflama Analizi yöntemine Bulanık Teori'nin uygulanmasının daha başarılı sonuçlar vereceği düşünülmektedir (Güneş, 2006).

Çalışma kapsamında *Aralık Sayılarla BVZA* modeli uygulanmıştır. Bu kapsamda öncelikle veriler aralık verilere dönüştürülmüş, daha sonra bu verilerden hareketle alt ve üst sınır etkinlik skorları hesaplanmıştır.

Verilerin aralık veriler şeklinde ifade edilebilmesi için Çizelge 6.1'de yer alan standart hata değerlerinden yararlanılmıştır. Her bir değişkenin verilerine standart hata eklenerek ve çıkarılarak Denklem (6.2) ve (6.3) biçiminde üst sınır ve alt sınır verisi hesaplanmış, böylelikle her bir veri aralık veri haline gelmiştir.

$$(\text{Üst Sınır Verisi}) = (\text{Mevcut Veri}) + (\text{Standart Hata}) \quad (6.2)$$

$$(\text{Alt Sınır Verisi}) = (\text{Mevcut Veri}) - (\text{Standart Hata}) \quad (6.3)$$

Üst sınır etkinlik skoru ölçülürken çıktı verilerinin üst sınır değerleri ve girdi verilerinin alt sınır değerleri, alt sınır etkinlik skorları ölçülürken ise çıktı verilerinin alt sınır değerleri ve girdi verilerinin üst sınır değerleri kullanılmıştır. Bu bilgilerden hareketle EMS 1.3 programında kullanılmak üzere hazırlanan alt

sınır etkinlik ve üst sınır etkinlik verileri sırasıyla Ek-4 ve Ek-5'te yer almaktadır. Bu değerler kullanılarak gerçekleştirilen analiz sonuçları ise Ek-6 ve Ek-7'de verilmektedir.

Bu sonuçlar doğrultusunda değerlendirilen 77 ilden 25 ilin alt ve üst sınır etkinliklerinin her ikisi de 1 olduğu için tam teknik etkin bulunurken, 52 ilin etkinlik skorları aralık sayılarla ifade edilen bulanık sayılar halinde ölçülmüştür.

**Çizelge 6.6.** Bulanık CCR-I Modeli Etkinlik Skorları Özet Sonuçları

	Alt Sınır Etkinlik	Üst Sınır Etkinlik
<b>Toplam İl Sayısı</b>	77	77
<b>Etkin İl Sayısı</b>	27	47
<b>Etkinsiz İl Sayısı</b>	50	30
<b>Ortalama Etkinlik</b>	% 77,74	% 87,49
<b>Min Etkinlik</b>	% 21,09	% 24,37
<b>Max Etkinlik</b>	% 100	% 100
<b>Std. Sapma</b>	0,225593	0,198374
<b>Etkinsiz İller Ortalama</b>	% 65,72	% 67,88
<b>Etkinsiz İller Min Etkinlik</b>	% 21,09	% 24,37
<b>Etkinsiz İller Max Etkinlik</b>	% 99,11	% 95,45
<b>Etkinsiz İller Std. Sapma</b>	0,192091	0,194945

Alt sınır etkinlik sonuçlarına göre Eskişehir'in referans kümesinde yer alan illere ilişkin yoğunluk değerleri sırasıyla  $\lambda_1=0.16$ ,  $\lambda_{11}=0.46$ ,  $\lambda_{51}=0.16$  ve  $\lambda_{60}=0.01$ 'dur. Bu değerlerden hareketle Eskişehir'in girdi ve çıktıları için hedef ve iyileşme oranları Çizelge 6.7'de yer almaktadır.



**Çizelge 6.7.** Eskişehir İline İlişkin Alt Sınır Hedef ve İyileşme Oranı Değerleri

	Eskişehir	Adana(1)	Aydın(11)	Kocaeli(51)	Niğde(60)	Eskişehir Hedef	%İyileşme Oranı
<b>ULAŞ.YAT.</b>	14,311	8,356	8,107	31,008	7,034	10,098	-29,440
<b>KOBİ YAT.</b>	2,320	3,459	1,528	2,294	4,002	1,663	-28,316
<b>ENER.TEŞ.</b>	544,717	439,667	272,311	1175,375	58,787	384,258	-29,457
<b>SAN.TEŞ</b>	6315,992	3342,346	1253,015	3764,798	3093,072	1744,461	-72,380
<b>TAR.TEŞ.</b>	29,896	16,184	21,102	31,720	12,834	17,500	-41,464
<b>KREDİLER</b>	2099,875	2529,311	432,566	2568,139	3214,591	1046,718	-50,153
<b>İNS. KAY.</b>	0,029	0,037	0,025	0,016	0,039	0,021	-29,613
<b>REKABET</b>	0,003	0,003	0,003	0,001	0,001	0,002	-28,571
<b>GSYİH</b>	1568,963	1660,818	1493,607	3694,116	1271,362	1556,562	-0,790

Üst sınır etkinlik sonuçlarına göre ise Eskişehir'in referans kümesinde yer alan illere ilişkin yoğunluk değerleri ise sırasıyla  $\lambda_6=0.01$ ,  $\lambda_{11}=0.51$ ,  $\lambda_{33}=0.01$ ,  $\lambda_{51}=0.19$  ve  $\lambda_{60}=0.09$ 'dur. Bu değerlerden hareketle Eskişehir'in girdi ve çıktıları için hedef ve iyileşme oranları Çizelge 6.8.'de görülmektedir.

**Çizelge 6.8.** Eskişehir İline İlişkin Üst Sınır Hedef ve İyileşme Oranı Değerleri

	Eskişehir	Amasya (6)	Aydın (11)	Giresun (33)	Kocaeli (51)	Niğde (60)	Hedef	% İyileşme Oranı
<b>ULAŞ.YAT.</b>	3,072	-4,514	-3,132	37,833	19,769	-4,205	2,113	-31,203
<b>KOBİ YAT.</b>	1,366	9,582	0,573	1,398	1,339	3,047	0,931	-31,838
<b>ENER.TEŞ.</b>	544,717	-356,29	272,31	74,571	1175,37	58,787	364,67	-33,053
<b>SAN.TEŞ</b>	5634,875	247,580	571,89	-129,68	3083,68	2411,9	1095,8	-80,553
<b>TAR.TEŞ.</b>	15,570	17,366	6,776	-1,604	17,394	-1,492	6,784	-56,429
<b>KREDİLER</b>	1262,621	5151,03	-404,7	6696,59	1730,88	2377,3	454,91	-63,971
<b>İNS. KAY.</b>	0,026	0,028	0,022	0,014	0,013	0,036	0,018	-33,180
<b>REKABET</b>	0,003	0,002	0,003	0,001	0,001	0,001	0,002	-33,106
<b>GSYİH</b>	1724,776	1074,44	1649,4	1133,18	3849,92	1427,1	1723,2	-0,091

Alt ve üst sınır etkinlik sonuçlarından hareketle düzenlenen Çizelge 6.9'a bakıldığında artık ve aylak değişken değerlerinde farklılık olmasına rağmen aynı girdilere ilişkin aylak değişkenlerin sıfırdan farklı değer aldığı görülmektedir. Bu sonuca göre her iki durumda da sanayi teşvikleri, tarım teşvikleri ve krediler girdilerinde kullanılmayan kaynak olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.9.** Eskişehir İlinin Bulanık Artık ve Aylak Değişken Değerleri

Eskişehir	Alt Sınır Etkinlik		Üst Sınır Etkinlik	
	Artık	Aylak	Artık	Aylak
<b>ULAŞ.YAT.</b>	0,66	0	0,01	0
<b>KOBİ YAT.</b>	0,09	0	0,06	0
<b>ENER.TEŞ.</b>	0,03	0	0,56	0
<b>SAN.TEŞ</b>	0	2762,99	0	2679,35
<b>TAR.TEŞ.</b>	0	3,74	0	3,69
<b>KREDİLER</b>	0	454,85	0	405,52
<b>İNS. KAY.</b>	0	0	0,22	0
<b>REKABET</b>	0,22	0	0,15	0
<b>GSYİH</b>	1	0	1	0

### 6.5.3. Klasik ve bulanık CCR-I uygulamalarının karşılaştırılması

Çizelge 6.10’da Klasik CCR-I ve Aralık Sayılarla Bulanık VZA (Alt Sınır ve Üst Sınır Etkinlik) değerleri yer almaktadır. Bu sonuçlara göre, klasik CCR-I’ da etkin çıkan 39 ilin 25’inin hem alt hem üst etkinlik skoru %100 olduğu için bu iller etkindir. Bulanık modelde etkin çıkan 25 il, klasik VZA’ da da etkin çıkmıştır. Buradan hareketle, bulanık modelde etkin çıkan tüm illerin klasik modelde etkin çıktığı, ancak klasik modelde etkin çıkan her ilin bulanık modelde etkin çıkmadığı sonucuna varılabilir. Klasik modelde etkin çıkmayan illerin bulanık modelde etkin olmadıkları görülmektedir. Bu anlamda 14 ilin değerlerinin ortalamalarının standart hataları yardımıyla oluşturulan aralık sayıları dikkate alındığında bu illerin etkin olmaması, bulanık modelin daha seçici olduğunu göstermektedir. Böylelikle iller, verilerin yapısından kaynaklanabilecek hatalar da dikkate alınarak daha sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilecektir.

**Çizelge 6.10.** Klasik ve Bulanık (Alt ve Üst Sınır) CCR-I Etkinlik Skorları

	<b>KVB</b>	<b>CCR-I</b>	<b>Alt Sınır</b>	<b>Üst Sınır</b>
1	Adana	% 100	% 100	% 100
2	Adıyaman	% 61,66	% 47,50	% 84,00
3	Afyon	% 100	% 78,73	% 100
4	Ağrı	% 100	% 50,05	% 100
5	Aksaray	% 100	% 68,76	% 100
6	Amasya	% 100	% 100	% 100
7	Ankara	% 100	% 100	% 100
8	Antalya	% 100	% 93,76	% 100
9	Ardahan	% 100	% 60,10	% 100
10	Artvin	% 100	% 100	% 100
11	Aydın	% 100	% 100	% 100
12	Balıkesir	% 100	% 97,97	% 100
13	Bartın	% 42,69	% 40,59	% 44,72
14	Batman	% 100	% 80,64	% 100
15	Bayburt	% 100	% 70,01	% 100
16	Bilecik	% 100	% 100	% 100
17	Bingöl	% 91,60	% 41,42	% 58,86
18	Bitlis	% 92,54	% 46,82	% 70,54
19	Bolu-	% 73,83	% 75,48	% 70,97
20	Burdur	% 100	% 100	% 100
21	Bursa	% 56,15	56,49%	52,35%
22	Çanakkale	% 92,58	% 92,38	% 92,74
23	Çankırı	% 67,42	% 62,00	% 72,78
24	Çorum	% 100	% 100	% 100
25	Denizli	% 94,49	% 97,42	% 91,11
26	Diyarbakır	% 73,61	% 64,89	% 100
27	Edirne	% 100	% 100	% 100
28	Elazığ	% 100	% 82,96	% 100
29	Erzincan	% 54,38	% 50,08	% 55,87
30	Erzurum	% 83,65	% 63,24	% 100
31	Eskişehir	% 68,58	% 71,41	% 67,06
32	G.Antep	% 100	% 93,91	% 100
33	Giresun	% 100	% 100	% 100
34	Gümüşhane	% 100	% 100	% 68,60
35	Hakkari	% 100	% 48,73	% 100
36	Hatay	% 89,50	% 78,19	% 100

**Çizelge 6.10. (Devam)** Klasik ve Bulanık (Alt ve Üst Sınır) CCR-I Etkinlik Skorları

	<b>KVB</b>	<b>CCR-I</b>	<b>Alt Sınır</b>	<b>Üst Sınır</b>
37	İçel	% 100	% 100	% 100
38	Iğdır	% 33,40	% 36,19	% 28,82
39	Isparta	% 91,62	% 71,78	% 100
40	İstanbul	% 100	% 100	% 100
41	İzmir	% 100	% 99,11	% 100
42	K.Maraş	% 57,61	% 59,86	% 32,94
43	Karabük	% 69,19	% 69,19	% 69,74
44	Karaman	% 87,90	% 88,61	% 85,69
45	Kars	% 22,95	% 21,09	% 24,37
46	Kastamonu	% 100	% 100	% 100
47	Kayseri	% 54,39	% 54,85	% 51,24
48	Kilis	% 100	% 100	% 100
49	Kırıkkale	% 100	% 100	% 100
50	Kırşehir	% 100	% 100	% 100
51	Kocaeli	% 100	% 100	% 100
52	Konya	% 82,68	% 78,92	% 86,67
53	Kütahya	% 87,97	% 83,40	% 94,14
54	Malatya	% 76,75	% 63,63	% 100
55	Manisa	% 100	% 100	% 100
56	Mardin	% 56,75	% 46,72	% 68,31
57	Muğla	% 100	% 100	% 100
58	Muş	% 96,67	% 42,75	% 100
59	Nevşehir	% 89,51	% 100	% 77,03
60	Niğde	% 100	% 100	% 100
61	Ordu	% 84,23	% 66,48	% 100
62	Osmaniye	% 83,90	% 64,42	% 100
63	Rize	% 100	% 100	% 100
64	Sakarya	% 67,04	% 66,08	% 67,95
65	Samsun	% 99,60	% 98,18	% 94,06
66	Sinop	% 79,71	% 76,10	% 82,50
67	Sivas	% 53,31	% 59,27	% 47,78
68	Ş.Urfa	% 54,13	% 46,06	% 58,28
69	Şırnak	% 61,11	% 23,47	% 100
70	Tekirdağ	% 73,55	% 72,84	% 74,16
71	Tokat	% 100	% 100	% 100

**Çizelge 6.10. (Devam)** Klasik ve Bulanık (Alt ve Üst Sınır) CCR-I Etkinlik Skorları

	<b>KVB</b>	<b>CCR-I</b>	<b>Alt Sınır</b>	<b>Üst Sınır</b>
72	Trabzon	% 100	% 100	% 100
73	Tunceli	% 100	% 72,39	% 100
74	Van	% 72,20	% 46,77	% 95,45
75	Yalova	% 100	% 100	% 100
76	Yozgat	% 69,87	% 64,52	% 67,81
77	Zonguldak	% 100	% 100	% 100

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küreselleşen dünyada etkinlik kavramının önemi artmaktadır. Sadece üretim sektöründe ve özel sektörde değil, hizmet ve kamu sektöründe de etkin olmak aynı derecede önemlidir.

Gerçekleştirilen uygulamalar göstermiştir ki, gelişmemiş bölgelere devlet eliyle yapılan yatırımlar ve yardımlar, o bölgelerde etkin kullanılmadığı sürece geri kazanılamamakta ve bölgenin rekabet edebilirlik gücüne olumlu katkı sağlayamamaktadır. Ayrıca, etkinsiz bölgelere yönlendirilerek geri kazanımı zorlaştırılan bu kaynakların, ülkenin bir başka yerinde etkin olarak değerlendirilip ülke ekonomisine kazandırılması ve ülke düzeyinde gerçekleşecek bir büyümenin sağlanması da engellenmiş olmaktadır. Sonuç olarak bölgeler arası gelişmişlik farkının en aza indirilmesi için, gelişmemiş bölgelere yardım yapmak yeterli değildir. Bu bölgelerin kaynakları etkin bir şekilde kullanarak maksimum katma değer üretme becerilerinin de geliştirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde ülke kaynakları boşa harcanmış olacaktır. Etkin olan iller açısından bakıldığında ise bu illerin en başarılı oldukları kaynaklar yönünden desteklenmesinin rekabetçi yapılarının korunmasına destek olacağı görülmektedir.

Etkinlik ölçüm yöntemleri de bu kapsamda değerlendirildiğinde vazgeçilmez araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında bu yöntemler içinden çeşitli yönleriyle öne çıkan ve avantajlı olan Veri Zarflama Analizi ile Türkiye’de yer alan illerin rekabet edebilirlik açısından kaynak kullanım etkinlikleri incelenmiştir. VZA’ nın veriye çok duyarlı bir yöntem olmasından ve çalışmada kullanılan girdi ve çıktılarının içerisinde hata barındırabilecek nüfus verisine oranlanmış olduğu bilgisinden hareketle, *Klasik ve Bulanık Girdi Yönlü CCR* modelleri uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bulanık VZA uygulamasında *Aralık Sayılar* yöntemi kullanılmıştır.

Klasik CCR-I modelinde 39 il etkinlik sınırında yer alırken, Bulanık CCR-I uygulamasında bu sayı 25’e düşmüştür. Her iki durumda da etkinsiz çıkan Eskişehir ili sonuçlarından hareketle, model çıktıları yorumlanmıştır. Öncelikle referans grupta yer alan illerin yoğunluk değerlerinden hareketle Eskişehir için *Hedef Değerler* tespit edilmiş, sonrasında da bu hedefe ulaşmak için

*% İyileşme Oranları* tespit edilmiştir. Son olarak artık ve aylak değişken değerleri yardımıyla girdi fazlalıkları değerlendirilmiştir. Eskişehir ilinin Türkiye'deki illerle kıyaslandığında etkinlik sınırında yer alması için yatırım stratejilerini değerlendirerek daha verimli üretim yapması gerekmektedir.

Aydemir (2002) çalışmasında klasik VZA tekniği kullanıldığı için Kırklareli, Uşak, Siirt ve Düzce illeri veri eksikliği nedeniyle kullanılamamıştır. Oysaki Bulanık VZA buna imkân tanımaktadır. Sözü edilen çalışmada Frontier Analyst (FA) programı kullanılmıştır. Bu çalışmada ise EMS 1.3 paket programı kullanılmış, klasik VZA sonuçlarına göre 12 ilde paket programlar arasındaki farklılıklar belirtilmiştir. Eskişehir ilinin etkinliği FA ile % 75,97 olarak bulunurken, EMS ile % 68,58 olarak hesaplanmıştır.

Güngör ve Demirgil (2005) de çalışmalarında Aydemir (2002)'nin verilerini kullanmışlardır. Ancak sadece Batı Anadolu'da yer alan 24 ili KVB olarak almışlardır ve  $\alpha$ - düzeylerine dayalı yaklaşım ile Bulanık VZA modeli uygulamışlardır. Çalışmalarında aralıkları tespit etmek amacıyla sırasıyla % 2, % 2, % 2, % 2, % 2, % 5, % 5, % 7, % 5 oranlarında pozitif ve negatif yönde sapma (bulanık miktar) öngörmüşlerdir. Ancak bu yüzde değerlerinin belirlenmesine ilişkin herhangi bir objektif kriter belirtilmemiştir. Ayrıca alt sınır ve üst sınır yaklaşımı yerine iyi-kötü, kötü-kötü, iyi-iyi, kötü-iyi yaklaşımları benimsenmiştir. Sözü edilen çalışmanın sonuçlarına göre Eskişehir ili her zaman % 100 etkin çıkmıştır. Ancak bu sonucun 24 il arasında olduğu unutulmamalıdır. Türkiye'deki iller arasında ortalama bir etkinliğe sahip olan Eskişehir'in Batı Anadolu'daki iller içinde % 100 etkin olduğu sonucuna varılabilir.

Güneş (2006) çalışmasında, *Aralık Sayılarla Bulanık Veri Zarflama Analizi* uygulaması gerçekleştirmiştir. Söz konusu çalışmanın uygulamasının ilk aşaması bu çalışma ile aynıdır ancak çalışmanın KVB'lerini 1. Derecede Kalkınma Öncelikli Yörelere oluşturmaktadır. Bu iller arasında Eskişehir'in bulunmaması, farklı girdi çıktıların etkisinin gözlenmesine engel olmaktadır.

Çalışmada elde edilen etkinlik skorları, karşılaştırmalı etkinlik esasına dayandığı için, bir ilin tek başına etkin olup olmadığını yansıtmamaktadır. Etkinlik skorları, ilin değerlendirildiği grup içerisindeki göreceli etkinliğini

göstermektedir. Bu anlamda çalışma sonuçlarının konuya ilişkin diğer çalışmalar ve uzman görüşüyle bileştirilerek değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

Çalışma sonuçları Aydemir'in (2002) çalışmasında belirtildiği üzere,

- Ulusal kaynakların en yüksek ekonomik faydayı sağlayacak şekilde geliştirilmesi ve bölgeler arası dengesizliklerin giderilmesi,
- Bölgelerin özellikleri, farklılıkları, temel sorunları ile potansiyellerinin belirlenmesi,
- Rasyonel kaynak dağıtımını açısından önem taşıyan il düzeyinde gelişme planları yapılması,
- Yatırımlarda devlet yardımı politikalarının belirlenmesi,
- Girişimciliğin geliştirilmesine ve uzmanlaşmanın hızlandırılmasına yönelik destek faaliyetlerine ağırlık verilmesi,
- Gelişme potansiyeli yüksek, gelir yönünden çarpan etkisi yaratabilecek bölge merkezlerindeki altyapı yatırımlarına öncelik verilmesi amacıyla kullanılabilir.

Bu çalışma kapsamında çalışmanın güncel verilerle yapılması planlanmış olmasına rağmen, verilerin güvenilir bir şekilde elde edilmesinde yaşanan güçlükten dolayı bu istek gerçekleştirilememiştir. Güncel verilerle yapılabilecek bir çalışma, sonuçların yılların itibariyle karşılaştırılabilmesine imkân tanıyacağı için, gelişimin gözlenmesi adına önemlidir.



## KAYNAKLAR

- Aydemir, Z.C. (2002), *Bölgesel rekabet edebilirlik kapsamında illerin kaynak kullanım görece verimlilikleri: veri zarflama analizi uygulaması*, DPT-Uzmanlık Tezi, No: 2664, Ankara.
- Aydın, İ., Karaköse, M., Akın, E. (2005), “Bulanık mantık tabanlı zaman serisi veri madenciliği kullanan tahmin algoritması”, *II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi*, İstanbul, 47–56.
- Babacan, A., Kartal, M., Bircan, H. (2007), “Cumhuriyet Üniversitesi'nin etkinliğinin kamu üniversiteleri ile karşılaştırılması: bir VZA tekniği uygulaması”, *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, **8**, 97–114.
- Bektaş, B. (2007), *Türkiye’de faaliyet gösteren bankaların farklı yöntemlerle sınıflandırılması ve etkinliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Büyükbaşaran, T. (2005), *ranking units by target-direction-set value efficiency analysis and mixed integer programming*, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Canbek, F. (2007), *Veri zarflama analizi ile İstanbul’da bulunan özel hastanelerin etkinliklerinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978), “Measuring the efficiency of decision making unit”, *European Journal of Operational Research*, **2**, 429–444.
- Cook, W.D. ve Seiford, L.M. (2009), “Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on”, *European Journal of Operational Research*, **192**, 1–17.
- Cooper, W.W., Seiford, L. M., Tone, K. (2004), *Data envelopment analysis- a comprehensive, text with models, applications, references and DEASolver software*, Kluwer Academic Publishers, New York, U.S.A.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Thanassoulis, E., Zanakis, S. H., (2004), “DEA and its uses in different countries”, *European Journal of Operational Research*, **154**, 337–344.

- Çağlar, A. (2003), *Veri zarflama analizi ile belediyelerin etkinlik ölçümü*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Guo, P. ve Tanaka H. (2001) , “Fuzzy DEA: a perceptual evaluation method”, *Fuzzy Sets and Systems*, 119, 149–160.
- Garcia, P.A.A. (2005), “A fuzzy data envelopment analysis approach for FMEA”, *Progress in Nuclear Energy*, 46, 359–373.
- Güneş, T. (2006), *Bulanık veri zarflama analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güngör, İ. ve Demirgil, H.(2005), “Bölgesel rekabet yapısının bulanık VZA ile araştırılması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10, 23–38.
- Hsu, K.H. (2005), “Using balance scorecard and fuzzy data envelopment analysis for multinational R&D project performance assessment”, *The Journal of American Academy of Business Cambridge*, 7, 189–196.
- Jahanshahloo, G.R. ve ark. (2004), “Measure of efficiency in DEA with fuzzy input-output levels: a methodology for assessing, ranking, and imposing of weight restrictions”, *Applied Mathematics and Computation*, 156, 175–187.
- Kao, C. ve Liu, S. (2000), “Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis”, *Fuzzy Sets and Systems*, 113, 427–437.
- Kömür, M. ve Altan, M. (2005), “Deprem hasarı gören binaların hasar tespitinde bulanık mantık yaklaşımı”, *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, 4, 43–52.
- Kuo, H.C. ve Wang, L.H. (2007), “Operating performance by the development of efficiency measurement based on fuzzy DEA”, *IEEE*.
- Leon, T., Viern, V., Ruiz, J.L., Sirvent, I. (2003), “A fuzzy mathematical Programming approach to the assesment of efficiency with DEA models”, *Fuzzy Sets and Systems*, 139,407–419.
- Lertworasirikul, S., Fang, S.C., Joines, J.A., Nuttle, H.L.W. (2003), “Fuzzy data envelopment analysis (DEA): a possibility approach”, *Fuzzy Sets and Systems*, 139, 379–394.

- Liu,S.T. ve Chuang, M. (2009), “Fuzzy efficiency measures in fuzzy DEA/AR with application to university libraries”, *Expert Systems with Applications*, 36, 1105–1113.
- Omero, M. (2005), “Multiple-attribute decision support system based on fuzzy logic for performance assessment”, *European Research of Operational Research*, 160, 710–725.
- Oruç, K. O. (2008), *Veri zarflama analizi ile bulanık ortamda etkinlik ölçümleri ve üniversitelerde bir uygulama*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Özcan, G. (2007), *Veri zarflama analizi ve bankacılık sektöründe bir uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Özpeynirci, N. Ö. (2004), *New approaches for performance evaluation using data envelopment analysis*, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özyiğit, T., Serarşlan, M.N., Karsak, E.E. (2008), “Türkiye’de elektrik üretimi için enerji kaynaklarının etkinliğinin değerlendirilmesi”, *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, 7, 55–66.
- Ramanathan, R. (2003), *An introduction to data envelopment analysis- a tool for performance measurement*, Sage Publications, New Delhi, India.
- Sarıca, S. (2007), *Üniversitelerin performansına göre yönetimi için veri zarflama Analizi tabanlı bir karar destek sisteminin tasarımı ve geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Scheel, H. (2000), *EMS: efficiency measurement system user’s manual*, <http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems/>
- Selim, H. (2006), *Strategic and tactical planning in collaborative supply chains: fuzzy modeling approach*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Sherman H.D. ve Zhu J. (2006), *Service productivity management- improving service performance using DEA*, Springer, Boston, U.S.A.

- Soleimani-damaneh, M., Jahanshahloo, G.R., Abbasbandy, S. (2006),  
“Computational and theoretical pitfalls in some current performance  
measurement techniques;and a new approach”, *Applied Mathematics and  
Computation*,181, 1199–1207.
- Şen, Z. (2001), *Bulanık (Fuzzy) Mantık ve Modelleme İlkeleri*, Bilge Kültür  
Sanat, İstanbul.
- Tarım, A. (2001), *Veri zarflama analizi- matematiksel programlama tabanlı  
görelilik etkinliği ölçümü yaklaşımı*, İnceleme, Sayıştay Yayınları, Ankara.
- Tatlı, H. ve Şen Z. (2001), “Günlük en büyük sıcaklıkların bulanık kümeler ile  
kestirimi”, *Turk J Engin Environ Sci*, 25, 1- 9.
- Wang, Y. M., Yuo, Y., Liang, L. (2008), “Fuzzy data envelopment analysis based  
upon fuzzy arithmetic with an application to performance assessment of  
manufacturing enterprises”, *Expert Systems with Applications*,36, 5205–  
5211.
- Wen, M. ve Li, H. (2008), “Fuzzy data envelopment analysis (DEA): Model and  
ranking method”, *Journal of Computational and Applied Mathematic*, 223,  
872–878.
- Wu, D., Yang, Z., Liang, L. (2006), “Efficiency analysis of cross-region bank  
branches using fuzzy data envelopment analysis”, *Applied Mathematics  
and Computation*, 181, 271–281.
- Wu, D.D. (2009), “Performance evaluation: An integrated method using  
data envelopment analysis and fuzzy preference relations”, *European  
Journal of Operational Research*, 194, 227–235.
- Yalama, A. (2006), *Entelektüel sermayenin entellektüel katma değer  
katsayısı(VAIC) ile ölçülmesi ve veri zarflama analizi (DEA) yöntemi  
kullanılarak karlılığa etkisinin sınanması*, Yüksek Lisans Tezi, İktisadi  
Araştırmalar Vakfı, İstanbul.
- Yeşilyurt, M.E. ve Yeşilyurt, F. (2007), “Poliklinik ve doğum hizmeti veren  
hastanelerde girdi tıkanıklığı ve aylak girdiler”, *Erciyes Üniversitesi  
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28, 127–140.

**Ek-1. VZA Yazılımları (Ramanathan 2003)**

<b>Program Adı</b>	<b>Geliştiren Kurum / Kişi</b>	<b>İnternet Erişim Adresleri</b>
Frontier Analyst	Banxia Yazılım Şirketi, Glasgow, İskoçya	<a href="http://www.banxia.com">http://www.banxia.com</a>
Warwick-DEA Software	Warwick Üniversitesi, UK	<a href="http://www.warwick.ac.uk/~bsrlu/">http://www.warwick.ac.uk/~bsrlu/</a>
BYU-DEA	Brigham Young Üniversitesi, Utah, USA	
IDEAS	1 Danışmanlık, Massachusetts, USA	
PIONEER	Southern Methodist Üniversitesi, Dallas, USA	
EMS (Efficiency Measurement System)	Dortmund Üniversitesi, Almanya	<a href="http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsfg/or/scheel/ems">http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsfg/or/scheel/ems</a>
DEAP (Data Envelopment Analysis (Computer) Program)	Centre for Efficiency and Productivity Analysis, New England Üniversitesi, Avustralya	<a href="http://www.uq.edu.au/~uqtcocell/deap.htm">http://www.uq.edu.au/~uqtcocell/deap.htm</a>
DEA-Solver-PRO	SAITECH Inc., New Jersey, USA	<a href="http://www.saitech-inc.com/security/dea.htm">http://www.saitech-inc.com/security/dea.htm</a>
OnFront	Economic Measurement and Quality AB, Lund, İsveç	<a href="http://www.emq.se/software.html">http://www.emq.se/software.html</a>
DEAFrontier (An Add-In for MSExcel)	Zhu	<a href="http://www.deafontier.com">http://www.deafontier.com</a>

**Ek-2. İllere Ait Girdi ve Çıktı Verileri (Aydemir 2002)**

İLLER	ULAŞ. YAT.	KOBİ YAT.	ENER.TEŞ.	SAN.TEŞ	TAR.TEŞ.	KREDİLER	İNS. KAY.	REKABET	GSYİH
Adana	2,736845066	2,981539345	355,0973985	3001,787539	9,021050817	2110,684581	0,035728885	0,002624213	1738,724852
Adıyaman	1,781477082	6,14812339	112,748688	1650,188399	49,66864885	6270,030873	0,051710389	0,000892899	615,9872091
Afyon	9,92897358	14,89784913	188,781964	319,4394949	18,80515036	1458,591588	0,029160283	0,001803263	908,9144798
Ağrı	0,632154691	4,674886145	130,4530249	41,1303599	24,0980295	1458,591588	0,018638416	0,001756994	375,1962898
Aksaray	3,439938635	9,496382156	101,2237726	456,8086731	4,570017594	4265,822571	0,03031749	0,002374139	750,0602703
Amasya	1,105377145	10,05931315	62,33274185	588,1384145	24,52857162	5569,656579	0,029879588	0,002234202	996,5416167
Ankara	19,86756	1,409344936	1463,924513	972,6791926	7,956333495	5057,902423	0,06237528	0,002684725	2088,757715
Antalya	59,79173273	2,035642348	4121,405058	400,8011644	32,81378684	757,6685995	0,024520247	0,005787262	1561,241207
Ardahan	16,50705558	1,313963548	52,95802551	88,42257866	86,49683345	7608,713502	0,036593365	0,003087712	480,6344211
Artvin	227,9940448	0,510790167	2995,157657	54,0444194	11,20467604	1412,507104	0,029492201	0,002912459	1524,003522
Aydın	2,487239325	1,05073945	272,31108	912,4561857	13,93919612	13,93919612	0,023968915	0,002840486	1571,513468
Balıkesir	19,43587059	9,555780803	538,7752297	791,4342512	139,6792571	1263,704858	0,015051261	0,003139322	1475,483266
Bartın	30,4319687	4,408865953	123,010661	1553,33846	22,6599845	6130,245625	0,028868575	0,001297658	669,6954258
Batman	6,092646307	3,589603308	294,5745337	313,9618943	148,4877019	4155,936826	0,035965077	0,000763343	798,4923599
Bayburt	33,58474107	19,98006484	208,2044312	77,13393289	25,49442865	5930,40901	0,016863183	0,000903881	622,8602909
Bilecik	3,580673713	9,649115404	515,2055022	8536,054268	34,75744399	2071,620467	0,011305961	0,0024392	1914,946006
Bingöl	7,895984651	5,238646019	281,43114	48,43419612	35,46637879	6817,479016	0,033157231	0,001679751	422,5955796
Bitlis	11,34332018	6,217115453	56,81338287	79,67402446	67,21480153	4148,858388	0,036460421	0,001322431	383,7563375
Bolu-	146,9748239	5,13310352	871,2768229	6863,357029	246,8774499	6212,349509	0,04370017	0,00495836	3186,922542
Burdur	24,56550352	5,07374135	35,31159811	848,6101657	0,490970824	9178,291476	0,028763589	0,002589534	1456,793086
Bursa	21,27441428	2,22536523	1339,555753	6156,216698	19,27301676	4125,347646	0,036900546	0,002665797	1840,306456
Çanakkale	46,26165708	7,140702188	706,1317636	1456,215585	164,2561314	464,3627476	0,022043967	0,003804506	1888,973248
Çankırı	3,405398788	2,554820665	78,89666317	2594,704403	379,3345019	3631,934824	0,061480713	0,001825068	803,176643
Çorum	0,594072672	14,77070838	114,9966665	873,0478606	84,58968523	12951,97614	0,027104301	0,002207465	1244,537768
Denizli	18,35353365	1,531938438	328,9921386	5339,939566	24,92177514	1196,143672	0,03640517	0,003561762	1900,798237
Diyarbakır	1,450526276	4,164372908	136,8399559	2257,359878	275,9171925	4418,850208	0,020379503	0,001360495	782,4623496
Edirne	22,22721718	2,839224949	132,5328012	1448,078954	13,92641632	375,0739301	0,039300721	0,003636309	1933,82652
Elazığ	0,492263493	1,603445778	199,1937606	587,2502528	28,1380707	12982,83963	0,037506492	0,002136375	1000,550957

**Ek-2. (Devam) İllere Ait Girdi ve Çıktı Verileri (Aydemir 2002)**

İLLER	ULAŞ. YAT.	KOBİ YAT.	ENER.TEŞ.	SAN.TEŞ	TAR.TEŞ.	KREDİLER	İNS. KAY.	REKABET	GSYİH
Erzincan	24,61103969	3,025787984	112,2896951	501,6770194	21,41524311	4215,42162	0,025513362	0,001975897	718,8986913
Erzurum	10,12425239	3,882098818	254,4976453	152,9570184	25,37912418	4438,569793	0,013836439	0,001229917	601,8214358
Eskişehir	8,691410449	1,84302608	544,7169021	5975,433408	22,73297324	1681,2482	0,027795716	0,002706764	1646,869389
G. Antep	11,11948333	7,6422751	369,7851945	2200,778523	6,21410024	7500,992473	0,025486155	0,001079841	1600,998102
Giresun	43,45261541	1,875342074	74,57102054	210,8767522	5,558579626	7115,224085	0,01538935	0,001179367	1055,273896
Gümüşhane	56,77265291	6,172234984	6,172234984	211,5145671	35,57006725	5369,206088	0,040884659	0,001674218	774,1517761
Hakkari	135,6784995	5,546614032	66,43762668	14,4952177	11,91397171	2901,668387	0,012079007	0,002472004	371,9390408
Hatay	8,717488706	5,05377927	2068,84901	1142,601149	19,093882	2208,40522	0,011765618	0,001478616	1326,759027
İçel	197,9161856	2,473021396	415,0201122	803,3819835	12,29056353	1536,289038	0,034591806	0,002270374	1732,02104
İğdır	6,284725357	15,18951041	370,1247875	503,7945469	72,25191026	10035,74	0,037616383	0,004643192	539,8926308
İsparta	22,96654024	6,848236417	261,9462044	1702,343381	2,301811902	4168,673956	0,019467943	0,001755515	1030,954835
İstanbul	164,2824302	0,416787872	1789,995239	1579,826828	1,223515148	2334,00688	0,031960592	0,000120752	2496,882074
İzmir	192,1994972	1,198562653	788,5477497	1700,92463	37,26745666	2407,979194	0,020227106	0,002288728	2291,8872
K. Maraş	5,149309224	7,17396825	2757,40901	5975,260231	6,097594156	6274,109904	0,088248342	0,002209174	1019,689326
Karabük	27,98012207	7,332216355	187,299053	2831,566854	10,68983118	4515,245245	0,029442316	0,000999547	1275,950609
Karaman	9,204964491	2,429250343	189,9698699	1606,296515	68,7691802	1863,012548	0,038942218	0,004441267	1545,660387
Kars	9,906511112	7,219640043	246,0360271	3853,919868	12,10085285	8615,530579	0,038502311	0,001635805	494,8997186
Kastamonu	48,71753136	12,26289734	73,31379599	613,6117496	21,40664685	7715,972431	0,011502158	0,00197757	1164,657453
Kayseri	5,154304398	6,165851958	659,9905119	3047,167299	12,18524153	3533,815149	0,035588311	0,002424597	1107,321334
Kilis	3,561814555	14,38928375	295,4126577	3959,360781	0,748986846	17703,04054	0,041912675	0,002292458	1361,971706
Kırkkale	12,63484977	11,48188774	123,6854364	1255,941669	11,58001845	2020,295137	0,028921296	0,000521502	1817,564437
Kırşehir	0,873056678	6,00972599	94,29805787	321,0605646	59,47773562	7039,888901	0,025394517	0,002231094	992,0139444
Kocaeli	25,38853769	1,81633959	1175,374657	3424,24	24,55710362	2149,511792	0,01449533	0,001159555	3772,022189
Konya	15,65915297	1,808826857	204,1236462	767,4667844	43,86947251	582,2174601	0,024035639	0,0023774	1156,407019
Kütahya	26,1576846	3,082076575	115,956077	879,7719282	11,18113098	1200,353877	0,040774355	0,00213791	1218,17719
Malatya	4,346795789	5,638431316	223,5723534	2799,467028	6,11031471	7961,621117	0,019295601	0,001795801	904,1908548
Manisa	9,902193277	4,874259722	161,0550998	906,8973178	16,47220187	1134,288247	0,037718197	0,002988488	1853,130346
Mardin	7,366766038	1,578997529	173,113198	923,0723736	89,41799764	3604,629869	0,021732735	0,000860873	556,2609664

**Ek-2. (Devam) İllere Ait Girdi ve Çıktı Verileri (Aydemir 2002)**

İLLER	ULAŞ. YAT.	KOBİ YAT.	ENER. TEŞ.	SAN. TEŞ.	TAR. TEŞ.	KREDİLER	İNS. KAY.	REKABET	GSYİH
Muğla	115,2520254	3,334960077	2358,636835	512,3376164	22,0236782	853,0617047	0,032523131	0,003165669	2365,47135
Muş	1,461536766	2,195534482	37,03329328	109,1363104	31,76181691	11143,4412	0,040022082	0,00057092	311,9040339
Nevşehir	82,02763993	3,259517156	537,3243636	494,7348244	8,545007146	9214,805186	0,026204791	0,003013739	1624,46576
Niğde	1,414227593	3,524315209	58,78654207	2752,513284	5,670892961	2795,9647	0,037292111	0,001195124	1349,268268
Ordu	14,8249165	7,729776461	60,99496219	379,5965465	3,738623318	4298,021583	0,028933833	0,001447455	716,0521963
Osmaniye	2,723830299	2,9227261	84,86911735	2631,876421	3,699143581	2641,429035	0,044950049	0,000537569	652,2061588
Rize	17,9039728	2,713946078	498,4971041	162,1707269	2,258606472	5802,316755	0,028998997	0,002404779	1337,295465
Sakarya	14,7215358	2,856779616	495,9719469	3062,233667	65,02967862	1449,564722	0,04878613	0,002044072	1594,093851
Samsun	30,75791593	12,22886712	112,384191	337,2960703	8,197801961	6108,106509	0,023255028	0,00222318	1174,087769
Sinop	41,83145221	12,35820174	126,0952076	509,5027656	50,25195726	16582,48614	0,025909118	0,000886627	969,2219531
Sivas	107,1576336	12,00773616	309,4331476	319,5305546	19,49159977	10351,17024	0,024057739	0,00173612	837,2033108
Ş. Urfa	10,92398445	7,157502387	204,8736824	598,6869982	29,14555978	6195,234203	0,027332895	0,000926959	644,5840721
Şırnak	6,437175685	1,49998729	275,2229696	97,52324032	74,0956201	1001,012889	0,019041237	0,001112803	249,4939628
Tekirdağ	31,15115817	8,325527612	721,4904433	22492,28408	35,18854901	922,7260458	0,020116588	0,004820054	1853,002083
Tokat	0,075578453	4,933064985	63,44352922	372,9580669	14,94329468	3642,867119	0,028947527	0,001550674	923,1146367
Trabzon	34,66293405	3,763788235	214,5173964	115,340502	2,154196515	3249,372216	0,032789588	0,00114368	936,3654162
Tunceli	15,46514361	3,358597624	1233,77912	58,43766785	41,020556	8307,51	0,013468732	0,001891349	663,6572789
Van	13,63021752	4,782696542	153,8182194	90,54122548	55,21500704	4291,795858	0,067802434	0,001065498	433,0797983
Yalova	99,77763787	0,37412619	1025,418419	2857,946267	21,88170654	1322,942484	0,032410709	0,002681013	2715,171276
Yozgat	1,431285409	12,28335278	64,70999385	469,0478587	40,02487655	7924,890113	0,039973075	0,001287122	654,8616072
Zonguldak	23,75317769	4,088249527	218,8991611	2463,477412	11,09543081	4760,268225	0,031600565	0,002712805	2065,014102



**Ek-3. Klasik CCR-I Sonuçları**

	<b>KVB</b>	<b>Etkinlik Skoru</b>	<b>Referans Kümesi</b>
1	Adana	100,00%	4
2	Adıyaman	61,66%	49 (0,05) 60 (0,34) 71 (0,08)
3	Afyon	100,00%	0
4	Ağrı	100,00%	4
5	Aksaray	100,00%	0
6	Amasya	100,00%	0
7	Ankara	100,00%	1
8	Antalya	100,00%	1
9	Ardahan	100,00%	1
10	Artvin	100,00%	2
11	Aydın	100,00%	18
12	Balıkesir	100,00%	2
13	Bartın	42,69%	33 (0,26) 49 (0,07) 51 (0,01) 60 (0,17)
14	Batman	100,00%	1
15	Bayburt	100,00%	0
16	Bilecik	100,00%	3
17	Bingöl	91,60%	4 (0,68) 10 (0,02) 63 (0,07) 73 (0,06)
18	Bitlis	92,54%	4 (0,20) 9 (0,19) 33 (0,17) 50 (0,04)
19	Bolu-	73,83%	27 (0,15) 33 (0,12) 51 (0,41) 77 (0,58)
20	Burdur	100,00%	6
21	Bursa	56,15%	1 (0,13) 7 (0,17) 11 (0,03) 51 (0,32)
22	Çanakkale	92,58%	11 (0,73) 51 (0,20)
23	Çankırı	67,42%	11 (0,07) 27 (0,07) 60 (0,41)
24	Çorum	100,00%	1
25	Denizli	94,49%	11 (1,10) 27 (0,04) 33 (0,10)
26	Diyarbakır	73,61%	11 (0,11) 16 (0,09) 24 (0,08) 49 (0,01) 60 (0,24)
27	Edirne	100,00%	7
28	Elazığ	100,00%	0

**Ek-3. (Devam) Klasik CCR-I Sonuçları**

	<b>KVB</b>	<b>Etkinlik Skoru</b>	<b>Referans Kümesi</b>
29	Erzincan	54,38%	11 (0,00) 33 (0,25) 55 (0,24) 63 (0,01)
30	Erzurum	83,65%	11 (0,00) 12 (0,04) 33 (0,02) 51 (0,01) 63 (0,36)
31	Eskişehir	68,58%	11 (0,54) 16 (0,00) 51 (0,18) 60 (0,10)
32	G.Antep	100,00%	1
33	Giresun	100,00%	17
34	Gümüşhane	100,00%	0
35	Hakkari	100,00%	0
36	Hatay	89,50%	11 (0,24) 12 (0,06) 51 (0,22) 63 (0,03)
37	İçel	100,00%	0
38	İğdır	33,40%	11 (0,05) 50 (0,34) 63 (0,09)
39	Isparta	91,62%	1 (0,11) 20 (0,32) 40 (0,07) 51 (0,03) 63 (0,08)
40	İstanbul	100,00%	4
41	İzmir	100,00%	0
42	K.Maraş	57,61%	20 (0,08) 48 (0,07) 60 (0,60)
43	Karabük	69,19%	20 (0,00) 33 (0,20) 49 (0,35) 51 (0,05) 60 (0,17)
44	Karaman	87,90%	11 (0,41) 27 (0,29) 55 (0,02) 60 (0,21)
45	Kars	22,95%	11 (0,02) 20 (0,01) 49 (0,09) 51 (0,03) 60 (0,14)
46	Kastamonu	100,00%	0
47	Kayseri	54,39%	1 (0,29) 11 (0,10) 16 (0,01) 51 (0,06) 60 (0,15)
48	Kilis	100,00%	2
49	Kırıkkale	100,00%	11
50	Kırşehir	100,00%	4
51	Kocaeli	100,00%	18
52	Konya	82,68%	11 (0,47) 27 (0,00) 33 (0,04) 51 (0,01) 55 (0,19)
53	Kütahya	87,97%	27 (0,32) 33 (0,08) 49 (0,06) 51 (0,01) 55 (0,19)
54	Malatya	76,75%	1 (0,07) 48 (0,03) 51 (0,11) 60 (0,26)
55	Manisa	100,00%	7
56	Mardin	56,75%	11 (0,00) 33 (0,04) 51 (0,06) 55 (0,09) 60 (0,08)

**Ek-3. (Devam) Klasik CCR-I Sonuçları**

	<b>KVB</b>	<b>Etkinlik Skoru</b>	<b>Referans Kümesi</b>
57	Muğla	100,00%	2
58	Muş	96,67%	33 (0,02) 50 (0,06) 63 (0,03) 71 (0,21)
59	Nevşehir	89,51%	10 (0,00) 33 (1,08) 40 (0,11) 57 (0,06) 63 (0,04)
60	Niğde	100,00%	15
61	Ordu	84,23%	20 (0,23) 33 (0,12) 55 (0,06) 63 (0,04) 71 (0,08)
62	Osmaniye	83,90%	32 (0,06) 49 (0,09) 51 (0,01) 60 (0,28)
63	Rize	100,00%	13
64	Sakarya	67,04%	11 (0,15) 27 (0,14) 49 (0,04) 51 (0,22) 60 (0,13)
65	Samsun	99,60%	20 (0,04) 33 (0,63) 55 (0,09) 63 (0,07) 71 (0,20)
66	Sinop	79,71%	33 (0,50) 40 (0,02) 49 (0,21)
67	Sivas	53,31%	33 (0,75) 40 (0,01) 72 (0,03)
68	Ş.Urfa	54,13%	14 (0,02) 49 (0,23) 63 (0,15) 72 (0,01)
69	Şırnak	61,11%	4 (0,13) 8 (0,02) 11 (0,03) 57 (0,01) 63 (0,07)
70	Tekirdağ	73,55%	11 (0,43) 51 (0,31)
71	Tokat	100,00%	5
72	Trabzon	100,00%	2
73	Tunceli	100,00%	1
74	Van	72,20%	4 (0,09) 33 (0,15) 50 (0,00) 63 (0,18)
75	Yalova	100,00%	0
76	Yozgat	69,87%	49 (0,07) 60 (0,01) 71 (0,55)
77	Zonguldak	100,00%	1

**Ek-4. Alt Sınır Etkinlik Verisi**

İLLER	ULAŞ. YAT.	KOBİ YAT.	ENER.TEŞ.	SAN.TEŞ	TAR.TEŞ.	KREDİLER	İNS. KAY.	REKABET	GSYİH
Adana	8,356	3,459	439,667	3342,346	16,184	2529,311	0,037	0,003	1660,818
Adıyaman	7,401	6,625	197,319	1990,747	56,832	6688,658	0,053	0,001	538,081
Afyon	15,548	15,375	195,945	659,998	25,968	1877,218	0,031	0,002	831,008
Ağrı	6,252	5,152	137,616	381,689	31,261	1877,218	0,020	0,002	297,290
Aksaray	9,059	9,974	101,225	797,367	11,733	4684,449	0,032	0,002	672,154
Amasya	6,725	10,537	62,334	928,697	31,692	5988,283	0,031	0,002	918,635
Ankara	25,487	1,887	1541,831	1313,238	15,119	5476,529	0,064	0,003	2010,851
Antalya	65,411	2,513	4199,311	741,360	39,977	1176,295	0,026	0,006	1483,335
Ardahan	22,127	1,791	52,958	428,981	93,660	8027,340	0,038	0,003	402,728
Artvin	233,614	0,988	2995,158	394,603	18,368	1831,134	0,031	0,003	1446,097
Aydın	8,107	1,528	272,311	1253,015	21,102	432,566	0,025	0,003	1493,607
Balıkesir	25,055	10,033	538,775	1131,993	146,842	1682,332	0,017	0,003	1397,577
Bartın	36,051	4,886	123,011	1893,897	29,823	6548,872	0,030	0,001	591,789
Batman	11,712	4,067	294,575	654,520	155,651	4574,564	0,037	0,001	720,586
Bayburt	39,204	20,457	208,204	417,692	32,657	6349,036	0,018	0,001	544,954
Bilecik	9,200	10,126	515,206	8876,613	41,920	2490,247	0,013	0,003	1837,040
Bingöl	13,515	5,716	281,431	388,993	42,629	7236,106	0,035	0,002	344,689
Bitlis	16,963	6,694	56,813	420,232	74,378	4567,485	0,038	0,001	305,850
Bolu-	152,594	5,610	871,277	7203,915	254,040	6630,976	0,045	0,005	3109,016
Burdur	30,185	5,551	35,312	1189,169	7,654	9596,918	0,030	0,003	1378,887
Bursa	26,894	2,703	1339,556	6496,775	26,436	4543,974	0,038	0,003	1762,400
Çanakkale	51,881	7,618	706,132	1796,774	171,419	882,989	0,024	0,004	1811,067
Çankırı	9,025	3,032	78,897	2935,263	386,498	4050,562	0,063	0,002	725,270
Çorum	6,214	15,248	114,997	1213,606	91,753	13370,603	0,029	0,002	1166,631
Denizli	23,973	2,009	328,992	5680,498	32,085	1614,770	0,038	0,004	1822,892
Diyarbakır	7,070	4,642	136,840	2597,918	283,080	4837,477	0,022	0,001	704,556
Edirne	27,847	3,317	132,533	1788,637	21,089	793,701	0,041	0,004	1855,920
Elazığ	6,112	2,081	199,194	927,809	35,301	13401,466	0,039	0,002	922,645

**Ek-4. (Devam) Alt Sınır Etkinlik Verisi**

İLLER	ULAŞ. YAT.	KOBİ YAT.	ENER.TEŞ.	SAN.TEŞ	TAR.TEŞ.	KREDİLER	İNS. KAY.	REKABET	GSYİH
Erzincan	30,231	3,503	112,290	842,235	28,578	4634,048	0,027	0,002	640,992
Erzurum	15,744	4,359	254,498	493,515	32,542	4857,197	0,015	0,001	523,915
Eskişehir	14,311	2,320	544,717	6315,992	29,896	2099,875	0,029	0,003	1568,963
G.Antep	16,739	8,120	369,785	2541,337	13,377	7919,619	0,027	0,001	1523,092
Giresun	49,072	2,353	74,571	551,435	12,722	7533,851	0,017	0,001	977,367
Gümüşhane	62,392	6,650	6,172	552,073	42,733	5787,833	0,042	0,002	696,245
Hakkari	141,298	6,024	66,438	355,054	19,077	3320,295	0,014	0,003	294,033
Hatay	14,337	5,531	2068,849	1483,160	26,257	2627,032	0,013	0,002	1248,853
İçel	203,536	2,950	415,020	1143,940	19,454	1954,916	0,036	0,002	1654,115
İğdır	11,904	15,667	370,125	844,353	79,415	10454,367	0,039	0,005	461,986
Isparta	28,586	7,326	261,946	2042,902	9,465	4587,301	0,021	0,002	953,048
İstanbul	169,902	0,894	1789,995	1920,385	8,387	2752,634	0,033	0,000	2418,976
İzmir	197,819	1,676	788,548	2041,483	44,430	2826,606	0,022	0,002	2213,981
K.Maraş	10,769	7,651	2757,409	6315,819	13,261	6692,737	0,090	0,002	941,783
Karabük	33,600	7,809	187,299	3172,125	17,853	4933,872	0,031	0,001	1198,044
Karaman	14,824	2,907	189,970	1946,855	75,932	2281,639	0,040	0,005	1467,754
Kars	15,526	7,697	246,036	4194,478	19,264	9034,157	0,040	0,002	416,993
Kastamonu	54,337	12,740	73,314	954,170	28,570	8134,599	0,013	0,002	1086,751
Kayseri	10,774	6,643	659,991	3387,726	19,348	3952,442	0,037	0,003	1029,415
Kilis	9,181	14,867	295,413	4299,919	7,912	18121,667	0,043	0,002	1284,065
Kırkkale	18,254	11,959	123,685	1596,500	18,743	2438,922	0,030	0,001	1739,658
Kırşehir	6,493	6,487	94,298	661,619	66,641	7458,516	0,027	0,002	914,108
Kocaeli	31,008	2,294	1175,375	3764,798	31,720	2568,139	0,016	0,001	3694,116
Konya	21,279	2,286	204,124	1108,025	51,033	1000,844	0,026	0,003	1078,501
Kütahya	31,777	3,559	115,956	1220,330	18,344	1618,981	0,042	0,002	1140,271
Malatya	9,966	6,116	223,572	3140,025	13,273	8380,248	0,021	0,002	826,284
Manisa	15,522	5,352	161,055	1247,456	23,635	1552,915	0,039	0,003	1775,224
Mardin	12,986	2,056	173,113	1263,631	96,581	4023,257	0,023	0,001	478,355

**Ek-4. (Devam) Alt Sınır Etkinlik Verisi**

İLLER	ULAŞ. YAT.	KOBİ YAT.	ENER.TEŞ.	SAN.TEŞ	TAR.TEŞ.	KREDİLER	İNS. KAY.	REKABET	GSYİH
Muğla	120,872	3,812	2358,637	852,896	29,187	1271,688	0,034	0,003	2287,565
Muş	7,081	2,673	37,033	449,695	38,925	11562,068	0,042	0,001	233,998
Nevşehir	87,647	3,737	537,324	835,293	15,708	9633,432	0,028	0,003	1546,559
Niğde	7,034	4,002	58,787	3093,072	12,834	3214,591	0,039	0,001	1271,362
Ordu	20,444	8,207	60,995	720,155	10,902	4716,648	0,030	0,002	638,146
Osmaniye	8,343	3,400	84,869	2972,435	10,862	3060,056	0,046	0,001	574,300
Rize	23,523	3,191	498,497	502,729	9,422	6220,943	0,031	0,003	1259,389
Sakarya	20,341	3,334	495,972	3402,792	72,193	1868,191	0,050	0,002	1516,187
Samsun	36,377	12,706	112,384	677,854	15,361	6526,733	0,025	0,002	1096,181
Sinop	47,451	12,835	126,095	850,061	57,415	17001,113	0,027	0,001	891,316
Sivas	112,777	12,485	309,433	660,089	26,655	10769,797	0,026	0,002	759,297
Ş.Urfa	16,543	7,635	204,874	939,245	36,309	6613,861	0,029	0,001	566,678
Şırnak	12,057	1,977	275,223	438,082	81,259	1419,640	0,021	0,001	171,588
Tekirdağ	36,771	8,803	721,490	22832,842	42,352	1341,353	0,022	0,005	1775,096
Tokat	5,695	5,410	63,444	713,516	22,106	4061,494	0,030	0,002	845,208
Trabzon	40,282	4,241	214,517	455,899	9,317	3667,999	0,034	0,001	858,459
Tunceli	21,085	3,836	1233,779	398,996	48,184	8726,137	0,015	0,002	585,751
Van	19,250	5,260	153,818	431,100	62,378	4710,423	0,069	0,001	355,173
Yalova	105,397	0,851	1025,418	3198,505	29,045	1741,569	0,034	0,003	2637,265
Yozgat	7,051	12,761	64,710	809,606	47,188	8343,517	0,041	0,001	576,955
Zonguldak	29,373	4,566	218,899	2804,036	18,258	5178,895	0,033	0,003	1987,108

**Ek-5. Üst Sınır Etkinlik Verisi**

İLLER	ULAŞ. YAT.	KOBİ YAT.	ENER.TEŞ.	SAN.TEŞ	TAR.TEŞ.	KREDİLER	İNS. KAY.	REKABET	GSYİH
Adana	-2,883	2,504	270,527	2661,229	1,858	1692,058	0,034	0,002	1816,631
Adıyaman	-3,838	5,671	112,271	1309,630	42,506	5851,404	0,050	0,001	693,894
Afyon	4,309	14,421	181,619	-21,119	11,642	1039,965	0,028	0,002	986,821
Ağrı	-4,987	4,198	-210,105	-299,428	16,935	1039,965	0,017	0,002	453,103
Aksaray	-2,180	9,019	101,222	116,250	-2,593	3847,196	0,029	0,002	827,967
Amasya	-4,514	9,582	-356,294	247,580	17,366	5151,030	0,028	0,002	1074,448
Ankara	14,248	0,932	1386,018	632,121	0,793	4639,276	0,061	0,003	2166,664
Antalya	54,172	1,558	4121,405	60,243	25,651	339,042	0,023	0,006	1639,148
Ardahan	10,888	0,837	52,958	-252,136	79,334	7190,087	0,035	0,003	558,541
Artvin	222,375	0,034	2995,158	-286,514	4,042	993,880	0,028	0,003	1601,910
Aydın	-3,132	0,573	272,311	571,898	6,776	-404,688	0,022	0,003	1649,420
Balıkesir	13,816	9,079	538,775	450,876	132,516	845,078	0,014	0,003	1553,390
Bartın	24,812	3,932	123,011	1212,780	15,497	5711,619	0,027	0,001	747,602
Batman	0,473	3,112	294,575	-26,596	141,325	3737,310	0,034	0,001	876,399
Bayburt	27,965	19,503	208,204	-263,424	18,331	5511,782	0,015	0,001	700,767
Bilecik	-2,039	9,172	515,206	8195,496	27,594	1652,994	0,010	0,002	1992,852
Bingöl	2,276	4,761	281,431	-292,124	28,303	6398,852	0,032	0,002	500,502
Bitlis	5,724	5,740	56,813	-260,884	60,052	3730,232	0,035	0,001	461,663
Bolu-	141,355	4,656	871,277	6522,799	239,714	5793,723	0,042	0,005	3264,829
Burdur	18,946	4,596	35,312	508,052	-6,672	8759,665	0,027	0,003	1534,699
Bursa	15,655	1,748	1339,556	5815,658	12,110	3706,721	0,035	0,003	1918,213
Çanakkale	40,642	6,663	706,132	1115,657	157,093	45,736	0,021	0,004	1966,880
Çankırı	-2,214	2,078	78,897	2254,146	372,171	3213,308	0,060	0,002	881,083
Çorum	-5,025	14,293	114,997	532,489	77,427	12533,349	0,026	0,002	1322,444
Denizli	12,734	1,055	328,992	4999,381	17,759	777,517	0,035	0,004	1978,705
Diyarbakır	-4,169	3,687	136,840	1916,801	268,754	4000,223	0,019	0,001	860,369
Edirne	16,608	2,362	132,533	1107,521	6,763	-43,553	0,038	0,004	2011,733
Elazığ	-5,127	1,126	199,194	246,692	20,975	12564,213	0,036	0,002	1078,457

**Ek-5. (Devam) Üst Sınır Etkinlik Verisi**

İLLER	ULAŞ. YAT.	KOBİ YAT.	ENER.TEŞ.	SAN.TEŞ	TAR.TEŞ.	KREDİLER	İNS. KAY.	REKABET	GSYİH
Erzincan	18,992	2,549	112,290	161,119	14,252	3796,795	0,024	0,002	796,805
Erzurum	4,505	3,405	254,498	-187,601	18,216	4019,943	0,012	0,001	679,728
Eskişehir	3,072	1,366	544,717	5634,875	15,570	1262,621	0,026	0,003	1724,776
G. Antep	5,500	7,165	369,785	1860,220	-0,949	7082,366	0,024	0,001	1678,905
Giresun	37,833	1,398	74,571	-129,682	-1,604	6696,597	0,014	0,001	1133,180
Gümüşhane	51,153	5,695	6,172	-129,044	28,407	4950,579	0,039	0,002	852,058
Hakkari	130,059	5,069	66,438	-326,063	4,751	2483,042	0,011	0,002	449,845
Hatay	3,098	4,576	2068,849	802,043	11,931	1789,778	0,010	0,001	1404,665
İçel	192,297	1,996	415,020	462,824	5,128	1117,662	0,033	0,002	1809,927
İğdır	0,665	14,712	370,125	163,236	65,089	9617,113	0,036	0,005	617,799
Isparta	17,347	6,371	261,946	1361,785	-4,861	3750,047	0,018	0,002	1108,861
İstanbul	158,663	-0,060	1789,995	1239,268	-5,940	1915,380	0,030	0,000	2574,788
İzmir	186,580	0,721	788,548	1360,366	30,104	1989,352	0,019	0,002	2369,794
K. Maraş	-0,470	6,697	2757,409	5634,702	-1,065	5855,483	0,087	0,002	1097,596
Karabük	22,361	6,855	187,299	2491,008	3,527	4096,619	0,028	0,001	1353,857
Karaman	3,585	1,952	189,970	1265,738	61,606	1444,386	0,037	0,004	1623,567
Kars	4,287	6,742	246,036	3513,361	4,938	8196,904	0,037	0,002	572,806
Kastamonu	43,098	11,786	73,314	273,053	14,244	7297,346	0,010	0,002	1242,564
Kayseri	-0,465	5,689	659,991	2706,609	5,022	3115,188	0,034	0,002	1185,228
Kilis	-2,058	13,912	295,413	3618,802	-6,414	17284,414	0,040	0,002	1439,878
Kırkkale	7,015	11,005	123,685	915,383	4,417	1601,668	0,027	0,001	1895,471
Kırşehir	-4,746	5,532	94,298	-19,498	52,315	6621,262	0,024	0,002	1069,920
Kocaeli	19,769	1,339	1175,375	3083,682	17,394	1730,885	0,013	0,001	3849,929
Konya	10,040	1,332	204,124	426,908	36,706	163,591	0,023	0,002	1234,313
Kütahya	20,538	2,605	115,956	539,214	4,018	781,727	0,039	0,002	1296,084
Malatya	-1,273	5,161	223,572	2458,909	-1,053	7542,994	0,018	0,002	982,097
Manisa	4,283	4,397	161,055	566,339	9,309	715,662	0,036	0,003	1931,037
Mardin	1,747	1,102	173,113	582,514	82,255	3186,003	0,020	0,001	634,167



**Ek-5. (Devam) Üst Sınır Etkinlik Verisi**

İLLER	ULAŞ. YAT.	KOBİ YAT.	ENER.TEŞ.	SAN.TEŞ	TAR.TEŞ.	KREDİLER	İNS. KAY.	REKABET	GSYİH
Muğla	109,633	2,858	2358,637	171,779	14,861	434,435	0,031	0,003	2443,378
Muş	-4,158	1,718	37,033	-231,422	24,599	10724,814	0,039	0,001	389,810
Nevşehir	76,408	2,782	537,324	154,176	1,382	8796,178	0,025	0,003	1702,372
Niğde	-4,205	3,047	58,787	2411,955	-1,492	2377,338	0,036	0,001	1427,175
Ordu	9,205	7,252	60,995	39,038	-3,424	3879,395	0,027	0,001	793,959
Osmaniye	-2,896	2,445	84,869	2291,318	-3,464	2222,802	0,043	0,001	730,113
Rize	12,284	2,237	498,497	-178,388	-4,904	5383,690	0,027	0,002	1415,202
Sakarya	9,102	2,379	495,972	2721,675	57,867	1030,938	0,047	0,002	1672,000
Samsun	25,138	11,752	112,384	-3,262	1,035	5689,480	0,022	0,002	1251,994
Sinop	36,212	11,881	126,095	168,944	43,089	16163,859	0,024	0,001	1047,128
Sivas	101,538	11,530	309,433	-21,028	12,329	9932,544	0,023	0,002	915,110
Ş.Urfa	5,304	6,680	204,874	258,129	21,983	5776,607	0,026	0,001	722,490
Şırnak	0,818	1,023	275,223	-243,035	66,933	582,386	0,018	0,001	327,400
Tekirdağ	25,532	7,848	721,490	22151,726	28,026	504,099	0,019	0,005	1930,908
Tokat	-5,544	4,456	63,444	32,400	7,780	3224,240	0,027	0,002	1001,021
Trabzon	29,043	3,287	214,517	-225,218	-5,009	2830,745	0,031	0,001	1014,272
Tunceli	9,846	2,881	1233,779	-282,121	33,858	7888,883	0,012	0,002	741,564
Van	8,011	4,305	153,818	-250,017	48,052	3873,169	0,066	0,001	510,986
Yalova	94,158	-0,103	1025,418	2517,388	14,719	904,316	0,031	0,003	2793,078
Yozgat	-4,188	11,806	64,710	128,489	32,862	7506,263	0,038	0,001	732,768
Zonguldak	18,134	3,611	218,899	2122,919	3,932	4341,641	0,030	0,003	2142,921

**Ek-6. Alt Sınır Etkinlik Sonuçları**

	<b>KVB</b>	<b>Etkinlik Skoru</b>	<b>Referans Kümesi</b>
1	Adana	100,00%	3
2	Adıyaman	47,50%	11 (0,04) 51 (0,05) 60 (0,23)
3	Afyon	78,73%	55 (0,35) 57 (0,01) 63 (0,15)
4	Ağrı	50,05%	50 (0,06) 55 (0,10) 63 (0,05)
5	Aksaray	68,76%	11 (0,02) 49 (0,15) 51 (0,01) 55 (0,19)
6	Amasya	100,00%	0
7	Ankara	100,00%	3
8	Antalya	93,76%	11 (0,20) 55 (0,00) 57 (0,48) 63 (0,06)
9	Ardahan	60,10%	20 (0,01) 27 (0,01) 33 (0,23) 55 (0,08)
10	Artvin	100,00%	0
11	Aydın	100,00%	18
12	Balıkesir	97,97%	33 (0,05) 51 (0,20) 55 (0,18) 57 (0,10) 63 (0,06)
13	Bartın	40,59%	33 (0,24) 49 (0,06) 51 (0,01) 60 (0,16)
14	Batman	80,64%	7 (0,07) 49 (0,22) 51 (0,00) 57 (0,00) 63 (0,14)
15	Bayburt	70,01%	33 (0,43) 40 (0,00) 49 (0,00) 57 (0,05)
16	Bilecik	100,00%	1
17	Bingöl	41,42%	50 (0,08) 63 (0,22)
18	Bitlis	46,82%	33 (0,13) 55 (0,10) 63 (0,00)
19	Bolu-	75,48%	27 (0,22) 33 (0,18) 51 (0,44) 77 (0,45)
20	Burdur	100,00%	7
21	Bursa	56,49%	7 (0,05) 48 (0,03) 51 (0,44)
22	Çanakkale	92,38%	11 (0,73) 51 (0,19)
23	Çankırı	62,00%	11 (0,05) 27 (0,09) 60 (0,37)
24	Çorum	100,00%	1
25	Denizli	97,42%	11 (1,12) 27 (0,07) 51 (0,01)
26	Diyarbakır	64,89%	11 (0,07) 16 (0,09) 24 (0,00) 49 (0,09) 60 (0,22)
27	Edirne	100,00%	11
28	Elazığ	82,96%	11 (0,59) 50 (0,04) 71 (0,00)

**Ek-6. (Devam) Alt Sınır Etkinlik Sonuçları**

	<b>KVB</b>	<b>Etkinlik Skoru</b>	<b>Referans Kümesi</b>
29	Erzincan	50,08%	11 (0,01) 27 (0,00) 33 (0,24) 55 (0,22)
30	Erzurum	63,24%	33 (0,06) 51 (0,03) 55 (0,03) 63 (0,23)
31	Eskişehir	71,41%	1 (0,16) 11 (0,46) 51 (0,16) 60 (0,01)
32	G.Antep	93,91%	20 (0,19) 48 (0,01) 51 (0,28) 60 (0,17)
33	Giresun	100,00%	21
34	Gümüşhane	100,00%	0
35	Hakkari	48,73%	33 (0,19) 55 (0,05) 63 (0,02)
36	Hatay	78,19%	11 (0,13) 51 (0,25) 63 (0,10)
37	İçel	100,00%	0
38	İğdır	36,19%	50 (0,41) 63 (0,07)
39	Isparta	71,78%	20 (0,30) 27 (0,07) 40 (0,04) 51 (0,08)
40	İstanbul	100,00%	4
41	İzmir	99,11%	11 (0,36) 33 (0,10) 40 (0,17) 51 (0,32)
42	K.Maraş	59,86%	1 (0,21) 48 (0,18) 51 (0,10)
43	Karabük	69,19%	33 (0,08) 49 (0,35) 51 (0,05) 60 (0,18) 77 (0,05)
44	Karaman	88,61%	11 (0,42) 27 (0,28) 55 (0,03) 60 (0,21)
45	Kars	21,09%	20 (0,01) 49 (0,06) 51 (0,03) 60 (0,16)
46	Kastamonu	100,00%	0
47	Kayseri	54,85%	1 (0,39) 11 (0,05) 51 (0,05) 60 (0,10)
48	Kilis	100,00%	3
49	Kırıkkale	100,00%	19
50	Kırşehir	100,00%	4
51	Kocaeli	100,00%	27
52	Konya	78,92%	11 (0,40) 27 (0,05) 33 (0,04) 51 (0,01) 55 (0,17)
53	Kütahya	83,40%	27 (0,38) 33 (0,09) 49 (0,08) 51 (0,01) 55 (0,09)
54	Malatya	63,63%	11 (0,07) 49 (0,10) 51 (0,08) 60 (0,18)
55	Manisa	100,00%	18
56	Mardin	46,72%	27 (0,06) 33 (0,04) 49 (0,02) 51 (0,05) 60 (0,07)

**Ek-6. (Devam) Alt Sınır Etkinlik Sonuçları**

	<b>KVB</b>	<b>Etkinlik Skoru</b>	<b>Referans Kümesi</b>
57	Muğla	100,00%	9
58	Muş	42,75%	20 (0,04) 33 (0,00) 49 (0,05) 55 (0,05)
59	Nevşehir	100,00%	0
60	Niğde	100,00%	15
61	Ordu	66,48%	20 (0,16) 33 (0,12) 49 (0,03) 55 (0,14)
62	Osmaniye	64,42%	49 (0,09) 51 (0,02) 60 (0,25)
63	Rize	100,00%	17
64	Sakarya	66,08%	11 (0,15) 27 (0,14) 49 (0,04) 51 (0,22) 60 (0,12)
65	Samsun	98,18%	33 (0,63) 55 (0,23) 63 (0,05)
66	Sinop	76,10%	33 (0,48) 40 (0,02) 49 (0,22)
67	Sivas	59,27%	33 (0,56) 57 (0,04) 63 (0,09)
68	Ş.Urfa	46,06%	33 (0,01) 49 (0,23) 57 (0,00) 63 (0,13)
69	Şırnak	23,47%	7 (0,01) 49 (0,00) 55 (0,05) 57 (0,01) 63 (0,03)
70	Tekirdağ	72,84%	11 (0,42) 51 (0,31)
71	Tokat	100,00%	2
72	Trabzon	100,00%	0
73	Tunceli	72,39%	51 (0,03) 57 (0,07) 63 (0,27)
74	Van	46,77%	33 (0,11) 49 (0,02) 55 (0,04) 63 (0,11)
75	Yalova	100,00%	0
76	Yozgat	64,52%	20 (0,01) 49 (0,08) 60 (0,01) 71 (0,49)
77	Zonguldak	100,00%	2

**Ek-7. Üst Sınır Etkinlik Sonuçları**

	<b>KVB</b>	<b>Etkinlik Skoru</b>	<b>Referans Kümesi</b>
1	Adana	100,00%	0
2	Adıyaman	84,00%	49 (0,00) 58 (0,35) 60 (0,27) 62 (0,23)
3	Afyon	100,00%	0
4	Ağrı	100,00%	10
5	Aksaray	100,00%	0
6	Amasya	100,00%	5
7	Ankara	100,00%	1
8	Antalya	100,00%	0
9	Ardahan	100,00%	0
10	Artvin	100,00%	0
11	Aydın	100,00%	18
12	Balıkesir	100,00%	1
13	Bartın	44,72%	33 (0,27) 49 (0,08) 51 (0,01) 60 (0,18)
14	Batman	100,00%	3
15	Bayburt	100,00%	2
16	Bilecik	100,00%	0
17	Bingöl	58,86%	4 (0,21) 14 (0,03) 30 (0,27) 58 (0,18) 71 (0,05) 72 (0,07)
18	Bitlis	70,54%	4 (0,26) 14 (0,06) 58 (0,14) 69 (0,11) 72 (0,20)
19	Bolu-	70,97%	6 (0,19) 11 (0,60) 33 (0,39) 51 (0,42)
20	Burdur	100,00%	2
21	Bursa	52,35%	7 (0,12) 11 (0,17) 51 (0,32) 60 (0,04) 63 (0,08)
22	Çanakkale	92,74%	11 (0,73) 51 (0,20)
23	Çankırı	72,78%	4 (0,12) 11 (0,23) 27 (0,05) 60 (0,25)
24	Çorum	100,00%	0
25	Denizli	91,11%	11 (1,04) 27 (0,02) 33 (0,16) 60 (0,04)
26	Diyarbakır	100,00%	0
27	Edirne	100,00%	5
28	Elazığ	100,00%	0

**Ek-7. (Devam) Üst Sınır Etkinlik Sonuçları**

	<b>KVB</b>	<b>Etkinlik Skoru</b>	<b>Referans Kümesi</b>
29	Erzincan	55,87%	4 (0,09) 6 (0,00) 11 (0,20) 33 (0,30) 49 (0,04) 58 (0,00)
30	Erzurum	100,00%	3
31	Eskişehir	67,06%	6 (0,01) 11 (0,51) 33 (0,01) 51 (0,19) 60 (0,09)
32	G.Antep	100,00%	1
33	Giresun	100,00%	15
34	Gümüşhane	68,60%	4 (0,29) 33 (0,39) 49 (0,08) 72 (0,12)
35	Hakkari	100,00%	0
36	Hatay	100,00%	0
37	İçel	100,00%	0
38	İğdir	28,82%	4 (0,14) 11 (0,21) 12 (0,03) 30 (0,24)
39	Isparta	100,00%	0
40	İstanbul	100,00%	3
41	İzmir	100,00%	0
42	K.Maraş	32,94%	32 (0,02) 49 (0,00) 51 (0,08) 60 (0,35) 62 (0,32) 72 (0,02)
43	Karabük	69,74%	33 (0,21) 49 (0,35) 51 (0,05) 60 (0,17)
44	Karaman	85,69%	4 (0,14) 11 (0,54) 27 (0,33)
45	Kars	24,37%	6 (0,03) 11 (0,01) 20 (0,02) 49 (0,07) 51 (0,04) 60 (0,13)
46	Kastamonu	100,00%	0
47	Kayseri	51,24%	11 (0,23) 51 (0,09) 54 (0,10) 60 (0,26)
48	Kilis	100,00%	0
49	Kırıkkale	100,00%	13
50	Kırşehir	100,00%	0
51	Kocaeli	100,00%	14
52	Konya	86,67%	4 (0,02) 11 (0,55) 33 (0,02) 55 (0,13) 72 (0,04)
53	Kütahya	94,14%	11 (0,03) 27 (0,34) 33 (0,05) 49 (0,05) 55 (0,17) 72 (0,09)
54	Malatya	100,00%	1
55	Manisa	100,00%	2
56	Mardin	68,31%	11 (0,10) 33 (0,03) 49 (0,01) 51 (0,07) 58 (0,16) 60 (0,07)

**Ek-7. (Devam) Üst Sınır Etkinlik Sonuçları**

	<b>KVB</b>	<b>Etkinlik Skoru</b>	<b>Referans Kümesi</b>
57	Muğla	100,00%	1
58	Muş	100,00%	9
59	Nevşehir	77,03%	11 (0,05) 33 (0,99) 40 (0,02) 51 (0,06) 57 (0,10)
60	Niğde	100,00%	13
61	Ordu	100,00%	0
62	Osmaniye	100,00%	2
63	Rize	100,00%	2
64	Sakarya	67,95%	11 (0,15) 27 (0,15) 49 (0,04) 51 (0,22) 60 (0,13)
65	Samsun	94,06%	4 (0,15) 11 (0,13) 20 (0,13) 33 (0,52) 63 (0,09) 72 (0,06)
66	Sinop	82,50%	33 (0,42) 40 (0,02) 49 (0,23) 58 (0,19)
67	Sivas	47,78%	33 (0,69) 40 (0,04) 51 (0,01)
68	Ş.Urfa	58,28%	14 (0,03) 15 (0,00) 30 (0,25) 33 (0,02) 49 (0,25) 58 (0,10)
69	Şırnak	100,00%	2
70	Tekirdağ	74,16%	11 (0,43) 51 (0,32)
71	Tokat	100,00%	2
72	Trabzon	100,00%	8
73	Tunceli	100,00%	0
74	Van	95,45%	4 (0,11) 15 (0,12) 58 (0,21) 69 (0,36) 72 (0,18)
75	Yalova	100,00%	0
76	Yozgat	67,81%	6 (0,01) 49 (0,10) 58 (0,31) 60 (0,02) 71 (0,38)
77	Zonguldak	100,00%	0

[nurcanatikdeniz@hotmail.com](mailto:nurcanatikdeniz@hotmail.com)

0 505 587 11 09

## NURCAN DENİZ

### Kişisel Bilgi

Doğum Tarihi: 27.04.1984

Doğum Yeri: Eskişehir

Medeni Durumu: Evli

### Eğitimi

2006-2009 Anadolu Üniversitesi İstatistik Tezli Yüksek Lisans

2002–2006 Osmangazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği (Çift Anadal)

2001–2005 Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği

2001- 2005 Anadolu Üniversitesi İşletme (Açıköğretim )

1994–2001 Eskişehir Anadolu Lisesi (EAL)

### Çalışma Deneyimi

2006-2009 Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Performans Yönetim Ofisi ve  
AB Proje Ofisi