



**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE
BULANIK ORTAMDA ETKİNLİK ÖLÇÜMLERİ
VE ÜNİVERSİTELERDE BİR UYGULAMA**

DOKTORA TEZİ

KENAN OĞUZHAN ORUÇ

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. İBRAHİM GÜNGÖR**

ISPARTA, 2008

T.C
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MÜDÜRLÜĞÜ

TEZ SAVUNMASI ve SÖZLÜ SINAV TUTANAĞI

Gönderen : İşletme ABD Başkanlığı

Gönderilen : Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü

Enstitü Anabilim Dalımız **DOKTORA** programı öğrencisi **Kenan Oğuzhan ORUÇ** tez çalışmalarını sonuçlandırmış ve kurulan jüri önünde tezini savunmuştur. Sınav tutanağı aşağıdadır.

Tez Adı Değişikliği: **YAPILMADI**

27.05.2008
Tarih

Prof. Dr. Durmuş ACAR
Enstitü Anabilim Dalı Başkanı

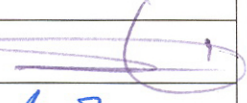
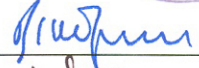
SINAV TUTANAĞI:

Jürimiz Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 25./39. maddesi uyarınca 26/05/2008 günü saat 10.00'da toplanmış ve yukarıda adı geçen öğrencinin “**Veri Zarflama Analizi ile Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama**” konulu tezini incelemiş ve yapılan sözlü sınav sonunda **OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞU** ile aşağıdaki kararı almıştır.

☒ KABUL

☐ RED

☐ DÜZELTME

Tez Sınavı Jürisi	Ünvanı, Adı Soyadı	İmza
Başkan	Prof. Dr. İbrahim Öngün	
Üye	Prof. Dr. Bilal Mehmet Özyüner	
Üye	Doç. Dr. Abdullah Eroğlu	
Üye	Doç. Dr. Can Deniz Köksal	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Mustafa Z. TUNCA	

Yukarıda adı geçen öğrenci Sınav Tutanağı'nda belirtildiği üzere mezun olmaya **HAK KAZANMIŞTIR / KAZANMAMIŞTIR.**

Gereğini rica ederim.

ENSTİTÜ YÖNETİM KURULU KARARI :

Tarih:

Karar No:

Enstitü Müdürü

MADDE-25 Tez Sınavının tamamlanmasından sonra Jüri tez hakkında salt çoğunlukla “KABUL”, “RED”, veya “DÜZELTME” kararı verir. Bu karar, Enstitü Anabilim Dalı Başkanlığınca tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili Enstitüye tutanakla bildirilir. Tezi reddedilen öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gereğini yaparak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sonunda da tezi kabul edilmeyen öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Düzeltme alan öğrenci bir sonraki dönemde kayıt yaptırmak zorundadır.

Madde-39 Tez Sınavının tamamlanmasından sonra Jüri tez hakkında salt çoğunlukla “KABUL” ,“RET” veya “DÜZELTME” kararı verir. Bu karar, Anabilim Dalı Başkanlığınca tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili Enstitüye tutanakla bildirilir. Tezi reddedilen öğrencinin Yüksek Öğretim Kurumu ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç altı ay içinde gereğini yaparak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sonunda da tez kabul edilmeyen öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir.

ÖZET

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE BULANIK ORTAMDA ETKİNLİK ÖLÇÜMLERİ VE ÜNİVERSİTELERDE BİR UYGULAMA

KENAN OĞUZHAN ORUÇ

Süleyman Demirel Üniversitesi, İşletme Anabilim Dalı
Doktora Tezi, 212 sayfa, Mayıs 2008

Danışman: Prof. Dr. İbrahim GÜNGÖR

Bu çalışmada; birden çok girdi kullanılarak birden çok çıktının üretildiği, girdi-çıkıtların farklı ölçü birimlerine sahip olduğu ve verilerin bulanık olduğu durumlarda işletmelerin göreceli etkinliğini ölçmeyi amaçlayan bulanık veri zarflama analizi (BVZA) ile etkinlik ölçüm yöntemleri incelenerek Türkiye'deki üniversitelerde uygulaması yapılmıştır.

Çalışmada, 10 farklı BVZA modeli incelenerek Türkiye'deki 24 devlet üniversitesinin 2006 yılı etkinlik ölçümleri yapılmıştır. Etkinlik ölçümünde 6 adet girdi, 7 adet çıktı kullanılmış, geleneksel VZA modellerinden farklı olarak girdi ve çıktılarına verilen ağırlıklarda tüm üniversiteler için ortak ağırlık kümesi kullanılmıştır.

Uygulama sonunda; Sakarya, Afyon Kocatepe, Yıldız Teknik ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitelerinin etkinlik değerleri %95-100, Süleyman Demirel ve Mustafa Kemal Üniversitelerinin %85-90, Gaziosmanpaşa, Dumlupınar, Kocaeli, Pamukkale, Muğla, Mersin ve Akdeniz Üniversitelerinin %80-85, Kafkas ve Yüzüncü Yıl Üniversitelerinin %70-75, Eskişehir Osmangazi ve Zonguldak Karaelmas Üniversitelerinin %65-70, Niğde Üniversitesi'nin %60-65, Kırıkkale ve Abant İzzet Baysal Üniversitelerinin %55-60, Balıkesir, Adnan Menderes, Trakya Üniversitelerinin %50-55 aralığında, Gaziantep Üniversitesi'nin %45 çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Etkinlik, Bulanık, Veri Zarflama Analizi, Üniversite.

ABSTRACT

EFFICIENCY MEASUREMENTS IN FUZZY ENVIRONMENT BY USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS AND AN APPLICATION AT UNIVERSITIES

KENAN OĞUZHAN ORUÇ

Süleyman Demirel University, Department of Business Administration
Ph.D, 212 pages, May 2008

Supervising Professor: Prof. Dr. İbrahim GÜNGÖR

In this study; the efficiency measurement methods of the companies has been searched by using Fuzzy Data Envelopment Analysis (FDEA) of which purpose is the measurement of relative efficiencies of enterprises in the situations where there are more than one input that produces more than one output; where the inputs and outputs have different measurement units and where the data is fuzzy. At the same time an application of this study has been made at the universities in Turkey.

In the research, 10 different FDEA models has been studied and the efficiency measurements of 24 government universities in Turkey has been made related to year 2006. While measuring the efficiency, it has been used 6 inputs and 7 outputs; and a common weight set has been used for all universities which makes this Data Envelopment Analysis different from the conventional ones.

At the end of the application; Sakarya University's, Afyon Kocatepe University's, Yıldız Technical University's and Çanakkale Onsekiz Mart University's efficiency percentages have been in the interval 95% and 100%; Süleyman Demirel University's and Mustafa Kemal University's 85%-90%; Gaziosmanpaşa University's, Dumlupınar University's, Kocaeli University's, Pamukkale University's, Muğla University's, Mersin University's and Akdeniz University's 80%-85%, Kafkas University's and Yüzüncü Yıl University's 70%-75%, Eskişehir Osmangazi University's and Zonguldak Karaelmas University's 65%-70%, Niğde University's 60%-65%, Kırıkkale University's and Abant İzzet Baysal University's 55%-60%, Balıkesir University's, Adnan Menderes University's, Trakya University's percentages have been in the interval 50%-55% and Gaziantep University's efficiency percentage has been 45%.

Keywords: Efficiency, Fuzzy, Data Envelopment Analysis, University.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında; çalışmaktan çok zevk aldığım sayısal yöntemlere beni yönlendiren, yüksek lisans çalışmamda olduğu gibi doktora çalışmamda da danışmanlığımı üstlenen, bir kaza sonucu eşimi kaybettiğim zor dönemlerimde benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyip tam anlamıyla bana danışmanlık yapan hocam Prof. Dr. İbrahim Güngör'e (Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü, Isparta),

Farklı bir disiplinde lisans eğitimi almama rağmen işletme dalında yetişmemde emeği olan ders aldığım tüm hocalarıma,

Bugünlere gelmemde üzerimde en fazla emeği olan anne ve babama çok teşekkür ederim.

(Eşim Ayşegül ORUÇ anısına....)

Isparta, 2008

Kenan Oğuzhan ORUÇ

İÇİNDEKİLER

İçindekiler.....	İ
Kısaltmalar Dizini.....	İV
Simgeler Dizini.....	V
Çizelgeler Dizini.....	Vİİİ
Grafikler Dizini.....	Xİİ
Şekiller Dizini.....	Xİİİ

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1.ÇALIŞMANIN ÖNEMİ	1
1.2.ÇALIŞMANIN AMACI VE İÇERİĞİ	2

İKİNCİ BÖLÜM

ETKİNLİK İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR VE ETKİNLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

2.1.ETKİNLİK İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR	5
2.2.ETKİNLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ	7
2.2.1.Oran Analizi	7
2.2.2.Parametrel Yöntemler	8
2.2.3.Parametresiz Yöntemler	9

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)

3.1.TANIM.....	10
3.2.VZA’NIN UYGULAMA AŞAMALARI.....	12
3.2.1.Karar Verme Birimlerinin (KVB) Seçilmesi	12
3.2.2.Girdi ve Çıktıların Seçilmesi.....	12
3.2.3.Görel Etkinliğin Ölçülmesi	12
3.2.4. Referans Kümelerinin (Başvuru Gruplarının) Belirlenmesi	17
3.2.5.Etkin Olmayan Karar Birimleri İçin Hedef Belirlenmesi	18
3.2.6.Sonuçların Değerlendirilmesi.....	19
3.3.VZA MODELLERİ.....	19
3.3.1.CCR Modelleri.....	23
3.3.1.1.Girdiye Yönelik CCR Modeli	23
3.3.1.2.Çıktıya Yönelik CCR Modeli.....	27
3.3.2.BCC Modelleri.....	30
3.3.2.1.Girdiye Yönelik BCC Modeli	30
3.3.2.2.Çıktıya Yönelik BCC Modeli.....	32
3.4.VZA’DA SERBESTLİK PROBLEMİ	34
3.5.VZA’NIN GÜÇLÜ VE ZAYIF YÖNLERİ.....	34
3.5.1.VZA’nın Güçlü Yönleri	34
3.5.2.VZA’nın Zayıf Yönleri	35

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK KÜME TEORİSİ

4.1.KLASİK KÜMELER	37
4.2.BULANIK KÜMELER	38
4.2.1.Üyelik Fonksiyonu Tipleri	41
4.2.1.1.Üçgen Üyelik Fonksiyonu	42
4.2.1.2.Yamuk (Trapezoidal) Üyelik Fonksiyonu	42
4.2.1.3.S Biçimli Üyelik Fonksiyonu	43
4.2.2.Bulanık Kümelerde Küme İşlemleri	46
4.2.3.Bulanık Kümelerde Temel Kavramlar	47
4.2.3.1. α -Kesim Kümesi	47
4.2.3.2.Destek Kümesi	47
4.2.3.3.Seviye (Düzey) Kümesi	47
4.2.3.4.Alt Küme ve Eşit Kümeler	48
4.2.3.5.Dışbükeylik (Konvekslik)	48
4.2.3.6.Normallik ve Yükseklik	49
4.2.3.7.Genişleme İlkesi	49
4.2.4.Bulanık Kümelerde Aritmetik İşlemler	50
4.3.BULANIK SAYILAR	51
4.3.1.Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler	52
4.3.1.1. α -Kesim Yöntemiyle Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler	52
4.3.1.2.Genişleme İlkesine Göre Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler	54

BEŞİNCİ BÖLÜM

BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (BVZA)

5.1.BULANIK VERİLERİN SINIFLANDIRILMASI	60
5.2.BVZA MODELLERİ	61
5.2.1.Despotis-Smirlis Modeli	62
5.2.2.Cook-Kress-Seiford Modeli	67
5.2.3.Cooper-Park-Yu Modeli	69
5.2.4.Kao-Liu Modeli	72
5.2.5.Saati-Memariani-Jahanshahloo Modeli	75
5.2.6.Saati-Memariani Modeli	77
5.2.7.Lertworasirikul Modeli	81
5.2.7.1.En İyi-En İyi Modeli	82
5.2.7.2.En İyi-En Kötü Modeli	82
5.2.7.3.En Kötü-En İyi Modeli	83
5.2.7.4.En Kötü-En Kötü Modeli	84
5.2.8.Lertworasirikul-Fang-Joiner-Nuttle Modeli	85
5.2.9.Guo-Tanaka Modeli	89
5.2.10.Leon-Liern-Ruiz-Sirvent Modeli	94
5.3.BVZA MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	96
5.3.1.Sıralı ve Kesin Veri Modellerinin Karşılaştırılması	96
5.3.1.1.Despotis-Smirlis Modeli	96
5.3.1.2.Cook-Kress-Seiford Modeli	97
5.3.1.3.Cooper-Park-Yu Modeli	97
5.3.2.Sıralı, Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modellerinin Karşılaştırılması	99
5.3.2.1.Despotis-Smirlis Modeli	99
5.3.2.2.Cooper-Park-Yu Modeli	100

5.3.3.Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modellerinin Karşılaştırılması	102
5.3.3.1.Kao-Liu Modeli.....	103
5.3.3.2.Saati-Memariani-Jahanshahloo Modeli	104
5.3.3.3.Saati-Memariani Modeli	105
5.3.3.4.Lertworasirikul Modeli	111
5.3.3.5.Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttie Modeli	113
5.3.3.6.Guo-Tanaka Modeli	114
5.3.3.7.Leon-Liern-Ruiz-Sirvent Modeli	117
5.4.BVZA'DA KVB'LERİN ETKİNLİK DEĞERLERİNİN SIRALANMASI	119

ALTINCI BÖLÜM

BVZA İLE ÜNİVERSİTELERİN ETKİNLİK ÖLÇÜMLERİ

6.1.TÜRKİYE'DE YÜKSEKÖĞRETİM SİSTEMİ	121
6.2.KARAR VERME BİRİMLERİ	122
6.2.1.Finans Yapısı.....	122
6.2.2.Dayanıklı Taşınır ve Taşınmaz Değerleri	125
6.3.GİRDİ VE ÇIKTILAR	126
6.3.1.Daha Önce Yapılmış Çalışmalarda Kullanılmış Girdi ve Çıktılar	126
6.3.2.Girdiler	128
6.3.2.1.Öğretim Üyesi Sayısı	128
6.3.2.2.Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayısı	134
6.3.2.3.Araştırma Görevlisi Sayısı	137
6.3.2.4.Personel Giderleri	139
6.3.2.5.Mal ve Hizmet Alım Giderleri	140
6.3.2.6.Kapalı Kullanım Alanı	141
6.3.3.Çıktılar	143
6.3.3.1.Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayısı.....	143
6.3.3.2.Lisansüstü Öğrenci Sayısı	146
6.3.3.3.Proje Sayısı	147
6.3.3.4.Proje Bütçeleri.....	148
6.3.3.5.Uluslararası Yayın Sayısı.....	149
6.3.3.6.Ulusal Yayın Sayısı.....	150
6.3.3.7.Öz Gelirler (Araştırma Projeleri Gelirleri Payı Hariç).....	153
6.4.GÖRELİ ETKİNLİĞİN ÖLÇÜLMESİ	158
6.4.1.Üniversiteler İçin Etkinlik Değerlerinin Alt Sınırları	158
6.4.2.Üniversiteler İçin Saati-Memariani Modeli	159

YEDİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1.SONUÇLAR	162
7.2.ÖNERİLER	163
7.3.VERİLERİN GÜVENİLİRLİĞİ ÜZERİNE DEĞERLENDİRME.....	167
KAYNAKÇA	168
EKLER.....	176
Ek 1. SDÜ İçin Etkinlik Değerinin Alt Sınırı Modeli (CCR)	177
Ek 2.Üniversiteler İçin Saati-Memariani Modeli	179
ÖZGEÇMİŞ	194

KISALTMALAR DİZİNİ

BCC	Banker Charnes Cooper
BVZA	Bulanık Veri Zarflama Analizi
CCR	Charnes Cooper Rhodes
CRS	Constant Return to Scale
DEA	Data Envelopment Analysis
DMU	Decision Making Unit
DRS	Decreasing Return to Scale
IRS	Increasing Return to Scale
KVB	Karar Verme Birimi
Max	Maksimum
Min	Minimum
ÖE	Ölçek Etkinliği
PPS	Production Possibility Set
s.	Sayfa
STE	Saf Teknik Etkinlik
Sup	Yükseklik, Maksimum
Supp	Destek
TE	Teknik Etkinlik
ÜİK	Üretim İmkân Kümesi
vb.	Ve Benzeri
vd.	Ve Diğerleri
VRS	Variable Return to Scale
VZA	Veri Zarflama Analizi

SİMGELER DİZİNİ

$\tilde{A}$	A Bulanık Kümesi
c	$\min_{b,j} [(E_{jb})_{a_b}^L]$, tüm KVB'lerin tüm α 'lardaki etkinlik değerlerinin alt sınırlarının minimumu
$\mathcal{C}$	Çıktıların İndisler Kümesi
d	$\max_{b,j} [(E_{jb})_{a_b}^U]$, tüm KVB'lerin tüm α 'lardaki etkinlik değerlerinin üst sınırlarının maksimumu
E	Evrensel Küme
E_o	o. KVB için Etkinlik Değeri
$\bar{f}$	β Olabilirliğinde o. KVB'nin Çıktılarının Ağırlıklı Toplamının Alabileceği En Küçük Değer
G	Girdilerin İndisler Kümesi
I_j	j. KVB'nin sıralama indisi
K^C	Kesin Verilerin Çıktı Kümesi
K^G	Kesin Verilerin Girdi Kümesi
L	Alt Sınır
ℓ	Sıralı Veriye Verilen Sıra
m	Girdi Sayısı
n	KVB Sayısı
s	Çıktı Sayısı
s_i^-	KVB _o 'nun i. Girdisine Ait Aylak (Atıl) Girdi Değeri
s_r^+	KVB _o 'nun r. Çıktısına Ait Aylak (Atıl) Çıktı Değeri
S^C	Sıralı Verilerin Çıktı Kümesi
S^G	Sıralı Verilerin Girdi Kümesi
SK^C	Sınırlandırılmış ve Kesin Verilerin Çıktı Kümesi

SK^G	Sınırlandırılmış ve Kesin Verilerin Girdi Kümesi
U	Üst Sınır
u_{ij}^ℓ	j. KVB'nin r. Sıralı Çıktısına Verilen Ağırlık
u_o	o. KVB'ye Ait Serbest İşaretli Değişken
u_r	o. KVB Tarafından r. Çıktıya Verilen Ağırlık Değeri
x_{ij}	j. KVB'nin Kullandığı i. Girdi Miktarı
x_{io}	o. KVB'nin Kullandığı i. Girdi Miktarı
v_{ij}^ℓ	j. KVB'nin i. Sıralı Girdisine Verilen Ağırlık
v_o	o. KVB'ye Ait Serbest İşaretli Değişken
v_i	o. KVB Tarafından i. Girdiye Verilen Ağırlık Değeri
y_{rj}	j. KVB'nin Elde Ettiği r. Çıktı Miktarı
y_{ro}	o. KVB'nin Elde Ettiği r. Çıktı Miktarı
z	Etkinlik değerinin hesaplandığı α sayısı
α_o	2. Kısıtın Olabilirliği
α_j	3. Kısıtın Olabilirliği
Λ	Seviye Kümesi
β	1. Kısıtın Olabilirliği
β_j	Çıktıya Yönelik Modeller İçin j. KVB'nin Aldığı Yoğunluk Değeri
ε	Yeterince Küçük Bir Sayı ($\varepsilon \leq 10^{-6}$)
φ	KVB _o 'nun Çıktılarının Radyal Olarak Ne Kadar Artırılabilirliğini Belirleyen Genişleme Katsayısı
$\mu_{\tilde{A}}(x)$	Üyelik Fonksiyonu (x Elemanının A Bulanık Kümesine Ait Olma Derecesi)
$\mu_{\tilde{A}}^c(x)$	A Bulanık Kümesinin Tümleyeninin Üyelik Fonksiyonu
λ_j	Girdiye Yönelik Modeller İçin j. KVB'nin Aldığı Yoğunluk Değeri

π	Olabilirlik Ölçümü
δ	Yeterince Küçük Bir Sayı ($\delta \leq 10^{-6}$)
θ	KVB ₀ 'nun Girdilerinin Radyal Olarak Ne Kadar Azaltılabileceğini Belirleyen Büzülme Katsayısı

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa No
Çizelge 3.1.	1 Girdi-1 Çıktı Örneği 3.1 KVB'lerinin Girdi-Çıktı Verileri....	13
Çizelge 3.2.	1 Girdi-1 Çıktı Örneği 3.1 KVB'lerinin Verimlilik Değerleri...	13
Çizelge 3.3.	2 Girdi-2 Çıktı Örneği 3.2 KVB'lerinin Girdi-Çıktı Verileri....	15
Çizelge 3.4.	2 Girdi-2 Çıktı Örneği Örnek 3.2 KVB'lerinin Etkinlik Değerleri.....	16
Çizelge 3.5.	VZA'da Etkinlik-Girdi-Çıktı İlişkisi.....	16
Çizelge 3.6.	2 Girdi-1 Çıktı Örneği Örnek 3.3 KVB'lerinin Girdi-Çıktı Verileri.....	17
Çizelge 3.7.	CCR-BCC Modellerinin Karşılaştırılması Örneği 3.4 KVB'lerinin Girdi-Çıktı Verileri.....	20
Çizelge 3.8.	CCR-BCC Etkinlik Değerleri Arasındaki İlişki.....	22
Çizelge 4.1.	Bulanık Kümelerde Aritmetik İşlemler.....	51
Çizelge 4.2.	Genişleme İlkesine Göre İki Bulanık Sayının Farkı.....	56
Çizelge 4.3.	Her $x = y - z$ İçin Sup Değerleri.....	57-59
Çizelge 5.1.	BVZA modelleri.....	61
Çizelge 5.2.	Kesin, Sınırlandırılmış ve Sıralı Veriler İçin Örnek Veri Çizelgesi.....	66
Çizelge 5.3.	Ölçek Dönüşümü Yapılan Veriler.....	70
Çizelge 5.4.	Lertworasirikul Modellerinin $\mu = \alpha$ Üyelik Derecesinde Veri Kullanımı.....	84
Çizelge 5.5.	Sıralı ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.1 için Veri Çizelgesi..	96
Çizelge 5.6.	Örnek 5.1 için Ölçek Dönüşümü Yapılmış Veriler.....	97
Çizelge 5.7.	Sıralı ve Kesin Veri Modellerinin Etkinlik Değerlerinin Örnek 5.1 ile Karşılaştırılması.....	99

Çizelge 5.8.	Sıralı, Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.2 için Veri Çizelgesi.....	99
Çizelge 5.9.	Örnek 5.2 için Ölçek Dönüşümü Yapılmış Veriler.....	100
Çizelge 5.10.	Sıralı Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modellerinin Etkinlik Değerlerinin Örnek 5.2 ile Karşılaştırılması.....	102
Çizelge 5.11.	Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Veri Çizelgesi.....	103
Çizelge 5.12.	Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Verilerin α -Kesim Kümeleri.....	103
Çizelge 5.13.	Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Saati-Memariani Modeline Göre Ağırlıklar için Üst Sınırlar....	109
Çizelge 5.14.	Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Saati-Memariani Modeline Göre Ortak Ağırlıklar.....	110
Çizelge 5.15.	Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Saati-Memariani Modeline Göre Ölçek Dönüşümü Yapılmış Ağırlıklar.....	110
Çizelge 5.16.	Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Guo-Tanaka Modeline Göre Girdilere Verilecek Ağırlıkların Maksimumu.....	114
Çizelge 5.17.	Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Guo-Tanaka Modeline Göre Girdi ve Çıktılara Verilecek Ağırlıklar	116
Çizelge 5.18.	Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modellerinin Etkinlik Değerlerinin Örnek 5.3 ile Karşılaştırılması.....	118
Çizelge 5.19.	Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 İçin Bulanık Etkinlik Değerlerinin Sıralanması.....	120
Çizelge 6.1.	Ekonomik Sınıflandırmaya Göre Üniversitelerin Giderlerin Yüzdesel Dağılımı (Türkiye Ortalaması).....	125
Çizelge 6.2.	Görelî Etkinliği Hesaplanan Üniversiteler.....	126

Çizelge 6.3.	Üniversitelerde Etkinlik Ölçümünde Daha Önceki Çalışmalarda Kullanılmış Girdi-Çıktı Verileri.....	127
Çizelge 6.4.	SDÜ 2003-2005 Yılları İçin Aylara Göre Öğretim Üyesi Sayısı ve Artış Oranları.....	129
Çizelge 6.5.	SDÜ 2006 Yılındaki Aylara Göre Öğretim Üyesi Sayısı ve Artış Oranları.....	130
Çizelge 6.6.	Öğretim Üyesi Sayıları.....	132
Çizelge 6.7.	Bulanık Girdi Olarak Öğretim Üyesi Sayıları.....	134
Çizelge 6.8.	Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayıları.....	135
Çizelge 6.9.	Bulanık Girdi Olarak Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayıları.....	136
Çizelge 6.10.	Araştırma Görevlisi Sayıları.....	137
Çizelge 6.11.	Bulanık Girdi Olarak Araştırma Görevlisi Sayıları.....	138
Çizelge 6.12.	Personel Giderleri.....	139
Çizelge 6.13.	Mal ve Hizmet Alım Giderleri.....	140
Çizelge 6.14.	Kapalı Kullanım Alanları.....	141
Çizelge 6.15.	Öğrenci Başına Kapalı Kullanım Alanı.....	142
Çizelge 6.16.	Balıkesir, Mustafa Kemal ve Niğde Üniversiteleri'nin Bulanık Girdi Olarak Kapalı Kullanım Alanları.....	142
Çizelge 6.17.	Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayıları.....	144
Çizelge 6.18.	Bulanık Çıktı Olarak Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayıları.....	145
Çizelge 6.19.	Lisansüstü Öğrenci Sayıları.....	146
Çizelge 6.20.	Bulanık Çıktı Olarak Lisansüstü Öğrenci Sayıları.....	147
Çizelge 6.21.	Proje Sayıları.....	148
Çizelge 6.22.	Proje Bütçeleri.....	149
Çizelge 6.23.	Uluslararası Yayın Sayıları.....	150
Çizelge 6.24.	Ulusal Yayın Sayıları.....	151

Çizelge 6.25. Öğretim Üyesi Başına Ulusal Yayın Sayıları.....	152
Çizelge 6.26. Adnan Menderes Üniversitesi'nin Ulusal Yayın Sayısı.....	152
Çizelge 6.27. Öz Gelirler (Araştırma Projeleri Gelirleri Payı Hariç).....	153
Çizelge 6.28. Üniversitelere Ait Tüm Girdiler.....	154
Çizelge 6.29. Üniversitelere Ait Tüm Çıktılar.....	155
Çizelge 6.30. Üniversitelere Ait Tüm Girdilerin α -Kesim Kümeleri.....	156
Çizelge 6.31. Üniversitelere Ait Tüm Çıktıların α -Kesim Kümeleri.....	157
Çizelge 6.32. Üniversitelerin CCR'ye Göre Etkinlik Değerlerinin Alt Sınırı ($\mu \geq 0$).....	160
Çizelge 6.33. Saati Memariani Modeline Göre Üniversitelerin Bulanık Etkinlik Değerleri.....	161
Çizelge 7.1. Üniversitelerin 2006 Yılı Etkinlik Değerleri.....	163
Çizelge Ek 1. Üniversiteler İçin Saati-Memariani Modeli ile Girdi ve Çıktıların Üst Sınırları.....	185
Çizelge Ek 2. Girdi ve Çıktılara Verilecek Ortak Ağırlıklar Kümesi.....	192

GRAFİKLER DİZİNİ

	Sayfa No
Grafik 3.1. 1 Girdi-1 Çıktı Örneği 3.1 için KVB'lerin Etkinliklerinin Karşılaştırılması.....	14
Grafik 3.2. 1 Girdi-1 Çıktı Örneği 3.1 için Verimsiz E İşletmesinin Etkinliğinin Ölçülmesi.....	14
Grafik 3.3. 2 Girdi-1 Çıktı Örneği 3.3 için Etkin Üretim Sınırı.....	18
Grafik 3.4. 2 Girdi-1 Çıktı Örneği 3.3 için C İşletmesinin Etkinliğinin Hesaplanması.....	18
Grafik 3.5. Örnek 3.4 İşletmeleri için Ölçeğe Göre Getirinin Belirlenmesi.....	21
Grafik 4.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu.....	42
Grafik 4.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu.....	42
Grafik 4.3. S Biçimli Üyelik Fonksiyonu.....	43
Grafik 4.4. Örnek 4.1 için Klasik Kümeler ile Normal Ağırlıktaki Öğrenciler Kümesi.....	44
Grafik 4.5. Örnek 4.1 için Bulanık Kümeler ile Normal Ağırlıktaki Öğrenciler Kümesi.....	45
Grafik 4.6. İki Bulanık sayının toplamı.....	54
Grafik 5.1. Despotis-Smirlis Modelinde Girdiler ve Çıktılar İçin Üyelik Fonksiyonu.....	63
Grafik 5.2. $\tilde{X} \approx \tilde{Y}$ Bulanık Eşitsizliğinin Açıklanması.....	90
Grafik 5.3. $\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{i0} \approx \tilde{I}$ Kısıtının Açıklanması.....	91
Grafik 6.1. SDÜ 2003-2005 Yılları Arası Aylara Göre Öğretim Üyesi Sayısı.....	129
Grafik 6.2. 2006 Yılı Öğretim Üyesi Sayısı.....	131

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 4.1. Geleneksel Küme Durumu.....	40
Şekil 4.2. Bulanık Küme Durumu.....	41

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1.ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Küreselleşmeyle birlikte işletmeler arasındaki rekabetin artması, kaynakların kullanımında bir yönetim aracı olan etkinlik ve verimlilik analizlerinin önemini daha da artırmıştır.

Kamu sektörü harcamalarının artmasıyla meydana gelen ekonomik krizler, birçok ülkede kamu mali yönetim anlayışının sorgulanmasına neden olmuştur. Bu kapsamda kamu hizmetlerinin kalitesinin yükseltilmesi, kaynak kullanım kapasitesinin artırılması, kaynak kullanımında etkinlik, verimlilik ve tutumluluğun sağlanmasına yönelik uygulamaların hız kazanmasıyla birlikte etkinlik ve verimlilik analizi yöntemleri kâr amacı gütmeyen devlet kuruluşları için de önemli yönetim araçları haline gelmiştir.¹

Yirminci yüzyılın son çeyreğinden itibaren bilgi toplumuna geçiş süreci başlamış ve bilgi ekonomisi adı verilen yeni bir küresel ekonomik yapı oluşmuştur. Bu yeni yapıda bireylerin ekonomik gücü, bilgi ve öğrenim düzeyleriyle; ülkelerin rekabet gücü ise beşeri ve sosyal sermayeleriyle ölçülür hale gelmiştir. Bu süreç, bilginin üretilmesi ve paylaşılmasından birinci derecede sorumlu olan üniversitelerden beklentilerin ve üniversiteler arasındaki rekabetin artmasına neden

¹ Ertan ERÜZ, “Yeni Mali Yönetim Yapısında Performans Esaslı Bütçeleme”, **20. Türkiye Maliye Sempozyumu’nda Sunulan Bildiri**, 23-27 Mayıs, Denizli, 2005, s.61

olmuştur.² Bu beklenti ve rekabetin artmasıyla birlikte, genel olarak kamu kaynaklarını kullanan üniversiteler için de etkinlik ve verimlilik analizleri önemli bir yönetim aracı haline gelmiştir.

Üretim sürecinde işletmeler farklı ölçü birimlerine sahip birçok girdi kullanırken yine farklı ölçü birimlerine sahip birçok çıktı elde etmektedir. Yöneticiler için, kullanılan birçok girdi ile üretim sonucunda elde edilen çıktıları eş zamanlı değerlendirerek hangi işletmelerin etkinliğinin düşük olduğunu belirlemek oldukça güçtür.

Bu noktada birden çok girdi-çıkıtının olduğu ve girdi-çıkıtların farklı ölçü birimlerine sahip olduğu durumlarda, işletmelerin göreceli etkinliğini ölçmeyi amaçlayan ve 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen veri zarflama analizi (VZA) yöneticilere önemli bir yardımcı araç sunmaktadır. Doğrusal programlama tabanlı bir teknik olan VZA’da temel varsayım, tüm işletmelerin benzer stratejik hedeflere sahip olması ve aynı tür girdi kullanıp aynı tür çıktı üretmesidir.

Veri tabanlı bir etkinlik ölçme yöntemi olan VZA’da yapılacak ölçümün sağlıklı olması için girdi ve çıktı verilerinin çok dikkatli seçilmesi ve verilerin güvenilir olması çok önemlidir. Fakat gerçek hayattaki birçok uygulamada girdi-çıkıtı verileri tam ve doğru olarak toplanamaz. Geleneksel VZA modelleri, yalnızca kullanılan girdi ve üretilen çıktıların kesin olarak bilindiği durumlarda uygulanabilmektedir. Verilerin kesin olarak bilinmediği durumlarda etkinlik ölçümlerinin yapılabilmesi için ise ilk olarak 1965 yılında Zadeh tarafından ele alınan bulanık küme teorisinden yararlanılarak bulanık veri zarflama analizi (BVZA) modelleri geliştirilmiştir.

1.2.ÇALIŞMANIN AMACI VE İÇERİĞİ

Bu çalışmanın amacı; bulanık veri zarflama analizi için geliştirilmiş olan modelleri inceleyerek, bulanık ortamda üniversitelerin etkinlik ölçümünün nasıl yapılacağını araştırmak ve Türkiye’deki üniversitelerde bir uygulama yapmaktır. Ayrıca, üniversitelerin hangi girdilerini ne oranda verimsiz kullandıklarını ve hangi

² Yükseköğretim Kurulu, **Türkiye’nin Yükseköğretim Stratejisi**, Yayın No:2007-1, YÖK, 2007, s.13.

çıktılarını ne oranda yetersiz ürettiklerini hesaplayarak birbirleriyle karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; tez çalışmasının konusu, önemi, amaçları ve içeriğine ilişkin genel bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde, etkinlik ölçümü ile ilgili temel kavramlar olan etkinlik, verimlilik ve performansın tanımlarına yer verilmiştir. Ayrıca etkinlik ölçmede kullanılan temel yöntemler olan oran analizi, parametrelili ve parametresiz yöntemler ile bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları yine bu bölümde ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde; VZA tekniği matematiksel temelleriyle ve örneklerle ele alınmıştır. VZA'nın uygulama aşamaları, etkinliği ölçülecek işletmelerin ve girdi-çıktıların seçilmesinde dikkat edilmesi gereken noktalar, girdi-çıktıya yönelik veya ölçeğe göre sabit-değişken getiri varsayımları altında geliştirilmiş olan VZA modelleri, modellere göre etkinliğin nasıl ölçüldüğü, modeller arasındaki farklar ayrıntılarıyla ve örneklerle açıklanmıştır. Bu bölümün sonunda VZA'nın güçlü ve zayıf yönlerine yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde; tam ve kesin olmayan (bulanık) verilerin olduğu durumlarda karar vermede kullanılan bulanık küme teorisi yine örneklerle anlatılmıştır.

Beşinci bölümde; verilerin alt-üst sınır değerlerinin ya da üyelik fonksiyonunun bilindiği sınırlandırılmış, veriler arasında büyük-küçük ya da çok önemli-önemli gibi sözel sıralı ilişkinin bilindiği sıralı, hiçbir şekilde elde edilememiş ve kesin değeri bilinen girdi-çıktı verilerine sahip işletmelerin etkinlik ölçümlerinin yapılması için geliştirilmiş olan 10 farklı BVZA modeli anlatılarak, modeller örneklerle karşılaştırılmıştır.

Altıncı bölümde, ilk olarak Türkiye'deki yükseköğretim sistemi tanıtılmıştır. Finans yapısı, kuruluş yılları, öğretim türü ve işlevleri bakımından karmaşık bir yükseköğretim yapısına sahip olan ülkemizde uygulamanın yapıldığı üniversitelerin seçiminin nasıl yapıldığı gerekçeleri ile anlatılmıştır. Daha sonra çalışmada kullanılan girdi ve çıktı verileri, verilerin elde edilme şekli ve verilerdeki bulanıklığın yapısı hakkında bilgi verilerek üniversiteler için BVZA modelleri

kurularak 2006 yılı için etkinlik ölçümleri yapılmıştır. Girdi ve çıktılarına verilecek ağırlıklarda, geleneksel VZA modellerinden farklı olarak, tüm üniversiteler için ortak ağırlık kümesi kullanılmıştır.

Yedinci ve son bölümde, altıncı bölümde kurulan modellerin çözümü sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve üniversitelere önerilerde bulunulmuştur.

İKİNCİ BÖLÜM

ETKİNLİK İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR VE ETKİNLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

2.1.ETKİNLİK İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Etkinlik, verimlilik gibi kavramlar kaynakların sınırlı olduğu dünyamızda her zaman önemli olmuş ve olmaya devam edecektir. Günümüzde yaşanan rekabet, işletmeleri kaynaklarını en etkin şekilde kullanmaya zorlamaktadır. İşletmeler, hedeflenen planlarından sapmalarını belirlemek, rakiplerinden daha iyi mi yoksa daha kötü mü olduklarına karar vermek için ölçümlere gerek duymuşlardır. İşletmelerin ürettikleri çıktılar ile bu çıktıları üretmek için kullandıkları girdiler arasındaki ilişkinin belirlenmesinde etkinlik ve verimlilik analizleri çok önemli yönetim araçlarıdır.³

Etkinlik ve verimlilik kavramlarının taşıdıkları öneme rağmen, yönetim sürecinin değerlendirilmesine yönelik çeşitli problem alanları göz önüne getirildiğinde, çoğu kez standart bir biçime gelmiş güvenli ve geçerli ölçüm tekniklerinin bulunmayışı etkinlik ölçümlerinin yapılmasını güçleştirmektedir.⁴

³ Serdar KILIÇKAPLAN - Murat ATAN ve Feride HAYIRSEVER, “Avrupa Birliği’nin Genişleme Sürecinde Türkiye Sigortacılık Sektöründe Hayat Dışı Alanda Faaliyet Gösteren Şirketlerin Verimliliklerinin Değerlendirilmesi”, **Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü & Bankacılık ve Sigortacılık Yüksekokulu Geleneksel Finans Sempozyumu’nda Sunulan Bildiri**, 27-28 Mayıs, İstanbul, 2004, s.105.

⁴ Nihat BOZDAĞ - Şenol ALTAN ve Murat ATAN, **Toplam Etkinlik Ölçümü: Türkiye’deki Özel ve Kamu Bankaları İçin Bir Uygulama**, Ekonometri Seçme Yazıları, Ankara, 2001, <<http://www.muratan.info/academic/boks/01.pdf>>, (10.09.2006), s.31.

Etkinlik ölçme yöntemleri ve VZA konusuna girmeden önce etkinlik ile ilgili temel kavramların tanımlarının yapılması konunun daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

Performans, bir işletmenin belirli bir zaman diliminde elde ettiği başarı derecesi olarak tanımlanabilir. Başka bir ifadeyle performans; bir işi yapan bireyin, grubun ya da teşebbüsün o iş ile amaçlanan hedefe yönelik olarak nereye varabildiğinin nicel ve nitel olarak anlatımıdır.⁵

Özellikle hizmet kesiminde giderek önem kazanan kalite ve performans yönetimi ülkemizde de etkisini göstermiş, 10 Aralık 2003'te çıkarılan 5018 sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu'yla tüm kamu kurumlarında performans esaslı bütçeleme sistemine geçilmiştir.

Verimlilik, bir üretim ya da hizmet biriminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı üretmek için kullandığı girdi arasındaki ilişki anlamına gelmektedir. Bugünkü anlamıyla, toplam çıktının toplam girdiye oranı olarak ifade edilmektedir.⁶

Verimlilik ve etkinlik çoğu zaman birbirinin yerine kullanılsa da anlam olarak farklıdır. *Etkinlik*, eldeki girdilerden ne denli iyi çıktı üretilabileceğini göstermektedir. Yani etkinlik, çıktıları üretmede kaynakların optimal kullanılma derecesini belirlemektedir.⁷ Eldeki girdi bileşimi kullanılarak olabilecek maksimum çıktıyı üretme teknik etkinlik; uygun ölçekte üretim yapma da ölçek etkinliği olarak tanımlanır.⁸

⁵ Semra TETİK, "İşletme Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi", **Yönetim ve Ekonomi**, Cilt: 10, Sayı: 2, 2003, s.222.

⁶ Aziz KUTLAR - Aslan GÜÇLÜ ve Yalçın KARAGÖZ, "Cumhuriyet Üniversitesi Fakültelerinin Performans Değerlendirmesi", **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Dergisi**, Cilt: 5, Sayı: 2, 2004, s.139.

⁷ Atalay ÇAĞLAR, **Veri Zarflama Analizi ile Belediyelerin Etkinlik Ölçümü**, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2003, s.11.

⁸ M. ABBOTT ve C. DOUCOLIAGOS, "The Efficiency of Australian Universities: a Data Envelopment Analysis", **Economics of Education Review**, Volume: 22, 2003, s.90.

2.2.ETKİNLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Etkinlik ölçme yöntemleri; oran analizi, parametrelili ve parametresiz yöntemler olmak üzere 3 temel gruba ayrılır.⁹

2.2.1.Oran Analizi

Örgütsel performansın ölçümünde en çok kullanılan yöntemdir. Tek girdi ve tek çıktı ile sınırlı olan oran analizinin yaygın olarak kullanılmasının nedeni, oldukça kolay bir yöntem olması ve çok az bilgi gerektirmesidir.

Tek girdinin tek çıktıya oranı olarak tanımlanan oran analizinde her oran, etkinlikle ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne alırken diğer boyutları göz ardı etmektedir. Finansal analizlerde kullanılan oranlar (likidite, faaliyet, kârlılık vb.), o faaliyet dönemi içindeki olayların yorumunu, yalnızca ilgili orana konu olan kalemler bazında yapabilirler. Oranlarla yapılan değerlendirmelerin bir başka zayıf yönü de, mutlaka bir şeylerle karşılaştırmaya gerek duymalarıdır. Örneğin; oran analizi ile etkinlik ölçümü yapılan bir işletmedeki sayısal sonuçlar, ya kendi içeriğindekiyle ya da diğer işletmelerin benzer değerleri ile ilişkilendirilmek zorundadır.

Oran analizi ile yapılan ölçümlerde, bazı oranlar işletmeyi son derece etkin gösterirken bazı oranlar da oldukça başarısız gösterebilmektedir. Bu olumsuzluğun giderilebilmesi için, tekil oranların tek boyutluluğunu dengeleyen “genişletilmiş oran kümeleri” geliştirilmiş ise de bunlar da tek boyutlu yapıdan kurtulamamıştır. Bu nedenle, etkinlik ölçüm çalışmalarında değişik oranların anlamlı bir şekilde ağırlıklandırılarak tek bir ölçütün türetilmesine fazlasıyla ihtiyaç duyulmaktadır.¹⁰

⁹ Mehmet Emin BAYSAL - Mehmet UYGUR ve Bilal TOKLU, “Veri Zarflama Analizi ile TCDD Limanlarında Bir Etkinlik Ölçümü Çalışması”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt: 19, No: 4, 2004, s.438.

¹⁰ Cavit YEŞİLYURT ve M.Ali ALAN, “Fen Liselerinin 2002 Yılı Göreceli Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi ile Ölçülmesi”, **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 4, Sayı: 2, 2003, s.92.

2.2.2.Parametrel Yöntemler

Parametrel yöntemler, etkinlik ölçümü yapılan karar birimine ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğunu varsayarlar.¹¹

Parametrel yöntemlerle etkinlik ölçümünde genel olarak regresyon teknikleri ile tahmin yapılır. Üretim fonksiyonu çoğunlukla bir çıktı birçok girdi ile ilişkilendirilerek tanımlanır. Ayrıca birçok girdi ile birçok çıktının ilişkilendirildiği parametrel 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. Fonksiyonel yapıyı öğrenmek için de değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren nokta grafiklerinden yararlanılır.¹²

Oran analizine göre daha kapsamlı olan regresyon analizinin de bazı yetersizlikleri vardır. İlk olarak; regresyon analizinde tek çıktı tanımlamasına bağlı olarak, çıktıların ortak bir birim temelinde tek bir değere indirilmesi zorunluluğu vardır. Buna bağlı olarak farklı birimlerin ortak bir birim olarak ifade edilmesinde güçlükler bulunmaktadır. Ayrıca regresyon analizinde, etkinliğin değerlendirilmesi ortalama değerlerle tanımlanmaktadır ve buna bağlı olarak etkin sınırdan uzak kalan birimler dahi etkin çıkabilmektedir. 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 bir başka zayıf yönüdür.¹³

¹¹ Serpil BÜLBÜL ve İlyas AKHİSAR, **Türk Sigorta Şirketlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Araştırılması**, t.y., <<http://www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o3s2.pdf>>, (07.07.2006), s.2.

¹² Cavit YEŞİLYURT ve M.Ali ALAN, s.93.

¹³ Mehmet Cahit GÜRAN ve Selçuk CINGİ, “Devletin Ekonomik Müdahalelerinin Etkinliği”, **Akdeniz Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı: 3, 2002, Sayı: 3, s.64.

2.2.3.Parametresiz Yöntemler

Girdi ve çıktılarıdaki niteliksel farklılıklar etkinlik ve verimlilik hesaplamalarını zorlaştırmaktadır. Özellikle günümüzde kullanılan birbirinden farklı kaynaklar ve bunların sonucunda elde edilen birçok farklı ürün etkinliğin hesaplanmasını güçleştirmekte, bunun yanı sıra girdi ve çıktıların birimlerinin farklı olması da karşılaşılan zorluğu artırmaktadır.¹⁴

Parametresiz yöntemler, doğrusal programlama kökenli teknikler kullanarak hesaplama sonucunda elde edilen etkinlik değerinin etkinlik sınırına olan uzaklığını ölçer. Bu yöntemler, parametrelili yöntemlerde olduğu gibi üretim biriminin yapısı ile ilgili davranışsal varsayımlara girmek zorunda olmadıkları için görece avantajlıdır. Ayrıca, söz konusu yöntemlerin birden fazla açıklayan ve açıklanan değişken kullanabilme gibi bir üstünlükleri daha vardır. Buna karşın rassal hata terimi içermedikleri için; veri, ölçme ya da diğer nedenlerle oluşan hataları modele aktarır ve etkinlik sınırını yanlış tespit edebilirler. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı VZA yöntemidir.¹⁵

¹⁴ Nihat BOZDAĞ vd., s.31.

¹⁵ E. Alpan İNAN, “Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon Sürecinde Bankacılıkta Etkinlik”, **Bankacılık Dergisi**, Sayı: 34, 2000, s. 85.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)

3.1.TANIM

Ekonomi literatüründe etkinlik kavramı Koopsman'ın 1951'deki çalışmasına dayanır. Koopsman bu çalışmasında teknik etkinlik kavramını tanımlamıştır. Daha sonra da Debreu (1951) ve Farrell (1957) çok girdili firmaların etkinlik ölçümüne çalışmalarında yer vermişlerdir.¹⁶ Farrell “The Measurement of Productive Efficiency” başlıklı makalesinde birden çok girdisi ve tek çıktısı olan işletmelerin etkinliklerini ölçmüştür.¹⁷

Bu çalışmaların sonrasında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından “Measuring the Efficiency of Decision Making Units” başlıklı makale ile ilk VZA (Data Envelopment Analysis-DEA) modeli geliştirilmiştir.¹⁸ Bu çalışmada, hizmet sektöründeki kâr amacı gütmeyen devlet kuruluşlarının etkinlik skorları hesaplanmıştır.¹⁹

VZA, birden çok girdi-çıkıtının olduğu ve girdi-çıkıtların farklı ölçü birimlerine sahip olduğu durumlarda, karar birimlerinin göreceli performansını ölçmeyi

¹⁶ John RUGGIERO, “Theory and Methodology Measuring Technical Efficiency”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 121, 2000, s.138.

¹⁷ M.J. FARRELL, “The Measurement of Productive Efficiency”, **Journal of the Royal Statistical Society**, Volume: 120, 1957, s.253.

¹⁸ A. CHARNES - W.W. COOPER ve E. RHODES, “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 2, 1978, s.429-444.

¹⁹ Milind SATHYE, “Efficiency of Banks in a Developing Economy: The Case of India”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 148, 2003, s. 665.

amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir.²⁰ VZA’da temel varsayım, tüm işletmelerin benzer stratejik hedeflere sahip olması ve aynı tür girdi kullanıp aynı tür çıktı üretmesidir.²¹

VZA, aynı amaç ve hedeflere sahip işletmelerin etkinliğini görelî olarak ölçmektedir.²² Örneğin VZA, fast food zinciri içinde yer alan aynı işletmeye ait şubelerin görelî etkinliğini ölçmede kullanılabilir. VZA ile etkin olmayan şubeler belirlenerek düzeltici önlemler alınabilir. VZA’nın uygulama alanlarına; hastaneler, bankalar, mahkemeler, okullar v.b. kurumlar örnek verilebilir. Bu tür uygulamalarda her hastane, banka, mahkeme ya da okul; var olduğu sistem içinde yer alan “*benzer birimlerle karşılaştırılarak*” görelî etkinlikleri belirlenmektedir.

Organizasyonların çoğunda birçok girdi (personel sayısı, ücretleri, çalışma saatleri, reklâm bütçesi gibi) kullanılır. Benzer biçimde çıktı ölçüleri de (kârlılık, pazar payı, büyüme hızı gibi) farklıdır. Yöneticiler için, birçok girdi ve çıktının aynı anda değerlendirilmesiyle “hangi birimlerin etkinliğinin düşük olduğunu tespit etmek” oldukça güçtür. Bu noktada VZA, yöneticilere “*görelî etkinlikleri belirlemede*” önemli bir yardımcı araç sunmaktadır.²³

VZA önerildiği ilk yıldan bugüne dek çok büyük ilgi görmüş ve bu konuda çok sayıda makale, kitap yayımlanmıştır. Tavares 2002 yılındaki çalışmasında 1978-2001 yılları arasında 2152 farklı yazar tarafından 3200’ün üzerinde yayın yapıldığını belirtmiştir.²⁴

²⁰ Kürşat YALÇINER - Murat ATAN - Murad KAYACAN ve Derviş BOZTOSUN, “İMKB 30 Endeksinde Etkinlik Analizi (Veri Zarflama Analizi-VZA) ile Hisse Senedi Seçimi, **1. Uluslararası Manas Üniversitesi Ekonomi Konferansı’nda Sunulan Bildiri**, 23-24 Eylül, Bişkek, Kazakistan, 2004, s.530.

²¹ Boaz GOLANY ve Gang YU, “Theory and Methodology Estimating Returns to Scale in DEA”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 103, 1997, s.28.

²² Pekka KORHONEN, **Searching the Efficient Frontier in Data Envelopment Analysis**, Interim Report, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 1997, s.1.

²³ Mehpare TİMOR, “Hastane Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi”, **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, Cilt: 30, Sayı: 1, 2001, s. 69.

²⁴ Gabriel TAVARES, **A Bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-2001)**, Rutgers Research Report, Rutgers University, 2002.

3.2.VZA’NIN UYGULAMA AŞAMALARI

3.2.1.Karar Verme Birimlerinin (KVB) Seçilmesi

Benzer girdiler kullanarak benzer çıktılar üreten, yani üretimleri birbiri ile homojen bir yapıya sahip olan, girdileri çıktılarına dönüştürmekten sorumlu işletmelere *Karar Verme Birimi (KVB-Decision Making Units-DMU)* denir.

KVB’lerin seçiminde aşağıdaki hususlara dikkat etmek gerekir:²⁵

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

3.2.2.Girdi ve Çıktıların Seçilmesi

VZA veri tabanlı bir etkinlik ölçme tekniği olduğundan, yapılacak ölçümün sağlıklı olması seçilen girdi ve çıktıların da anlamlı olması ile mümkündür. Bu aşamadaki amaç, üretim teknolojisini en iyi şekilde ifade edecek girdi ve çıktıların seçilmesi ile tüm KVB’lerin girdi ve çıktı verilerinin elde edilmesidir.²⁶

3.2.3.Görelî Etkinliğin Ölçülmesi

VZA’da KVB’lerin girdi ve çıktıları incelenerek, en iyi performansa sahip olanlar seçilir ve bu KVB’ler kullanılarak *etkin sınır* oluşturulur. Oluşturulan bu etkin sınır üzerinde yer almayan KVB’lerin etkinlik değerleri yine bu etkin sınıra

²⁵ Mehmet Emin BAYSAL ve Bilal TOKLU, “Veri Zarflama Analizi ile Bazı Orta Öğretim Kurumlarının Performanslarının Değerlendirilmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 2, 2001, s.206.

²⁶ Reha YOLALAN, *İşletmelerde Görelî Etkinlik Ölçümü*, MPM Yayınları, Yayın No: 483, Ankara, 1993, s.65.

göre belirlenir.²⁷ Optimal girdi bileşimiyle elde edilebilecek en yüksek üretim miktarlarının oluşturduğu bu teorik sınıra *etkin üretim sınırı* denir.²⁸ Analiz sonucunda, elde edilen etkin KVB'lerin oluşturduğu etkin üretim sınırının tüm KVB'leri sarması nedeniyle yöntemin adı VZA olarak belirlenmiştir. Etkin ya da etkin olmayan tüm girdi-çıkıtı dönüşümleri ise *Üretim İmkân Kümesi'ni (ÜİK-Production Possibility Set-PPS)* oluşturur.²⁹

Tanımı yapılan bu kavramlar basit bir örnekle aşağıdaki gibi açıklanabilir.

Örnek 3.1: 7 farklı KVB'ye ait girdi ve çıktı verileri çizelge 3.1'deki gibidir.

Çizelge 3.1. 1 Girdi-1 Çıktı Örneği 3.1 KVB'lerinin Girdi-Çıktı Verileri

KVB	A	B	C	D	E	F	G
Girdi	5	3	7	4	6	2	8
Çıktı	2	3	4	3	4	1	6

1 girdi ve 1 çıktıdan oluşan sistemler için verimlilik,

$$\text{VERİMLİLİK} = \frac{\text{ÇIKTI}}{\text{GİRDİ}}$$

olarak tanımlanmıştır. KVB'lerin verimlilik değerleri;

Çizelge 3.2. 1 Girdi-1 Çıktı Örneği 3.1 KVB'lerinin Verimlilik Değerleri

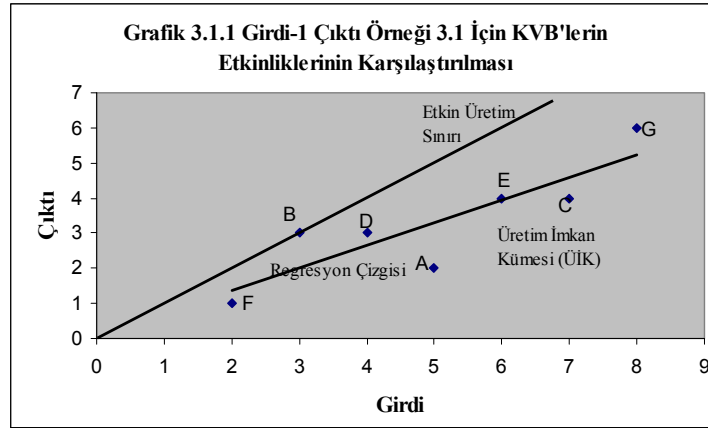
KVB	A	B	C	D	E	F	G
Verimlilik	0.4	1	0.57	0.75	0.67	0.5	0.75

olur. B işletmesi en verimli, A işletmesi ise en verimsiz işletmelerdir. Bu veriler grafiğe taşınacak olursa grafik 3.1 elde edilir.

²⁷ Ercan BAYAZITLI ve Orhan ÇELİK, *Muhasebe Eğitiminin Kalitesinin Artırılmasında İlk Adım: Yükseköğretim Kurumlarında Muhasebe Eğitiminin Etkinliğinin Analizi*, İstanbul Üniversitesi, Sürekli Yayınları, İstanbul, 2004, <http://www.isletme.istanbul.edu.tr/surekli_yayinlar/tmes2004/bildiri4.doc>, (15.01.2006), s.8.

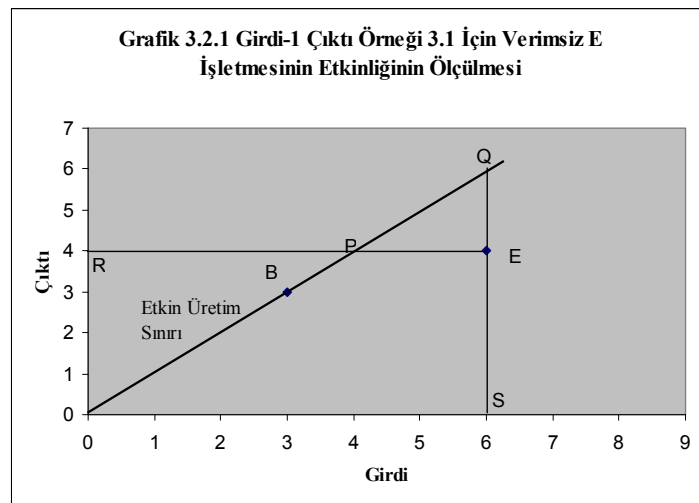
²⁸ Hüseyin AKTA, “İşletme Performansının Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı”, *Celal Bayar Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt: 7, Sayı: 1, 2001, s.164.

²⁹ Rachel ALLEN ve E. THANASSOULIS, “Improving Envelopment in Data Envelopment Analysis” *European Journal of Operational Research*, Volume: 154, 2004, s.364.



Her noktayı (KVB'yi) orijinle birleştiren doğrunun eğimi, o KVB'nin etkinlik değerini verir. Bu KVB'ler arasında en büyük eğime sahip olan B işletmesinin noktasıdır. Orijinden bu noktaya çizilen doğru, KVB'ler için etkin üretim sınırıdır. Bu verileri kullanarak, istatistiksel regresyon çizgisi de çizilmiştir. Etkinlik ölçme yöntemlerinden parametresiz yöntemlerde bahsedildiği ve grafikte de çok açık şekilde görüldüğü gibi, regresyon analizi en iyi performansa göre değil, ortalama performansa göre göreceli etkinlik ölçmektedir. Verilen örnekte; VZA B işletmesini, regresyon analizi ise E işletmesini temel alarak etkinlik ölçümü yapar. Ayrıca, bu problem için grafik 3.1'de etkin üretim sınırının altındaki bölge ÜİK'dır.

Etkin üretim sınırının, en iyi KVB'nin performansını tanımladığından ve diğer KVB'lerin etkinlik değerlerinin bu etkin üretim sınırına olan uzaklıkların ölçülmesi ile bulunabileceğinden söz edilmiştir. Örneğin, E işletmesinin etkinlik değerinin hesaplanması grafik 3.2'de gösterilmiştir.



Eğer E noktasından etkin üretim sınırını kesecek şekilde X ve Y eksenlerine bir doğru çizilirse E işletmesi için etkinlik değeri;

$$RP/RE = 4/6 = 0.75 \text{ ya da } SE/SQ = 4/6 = 0.75$$

olarak bulunur.

E işletmesinin çıktı değerini Q noktasının değeri olan 6'ya çıkararak (girdi değeri değiştirilmeden) ya da girdi değerini P noktası değeri olan 4'e düşürerek (çıkıtı değerini değiştirmeden), yani E işletmesini etkin üretim sınırı üzerine çekerek, E işletmesinin etkin hale getirileceği sonucu çıkarılabilir. E işletmesini etkin hale getirebilmek için etkin üretim sınırı üzerinde milyonlarca alternatif oluşturmak mümkündür.

B'ye göre diğer KVB'lerin göreceli etkinliği için;

$$\text{Göreceli Etkinlik} = \frac{\text{Diğer İşletmelerin Çıkıtı / Girdi Oranı}}{\text{B İşletmesinin Çıkıtı / Girdi Oranı}}$$

formülü yazılabilir. Göreceli etkinlik formülü ile birim seçiminden bağımsızlık sağlanacaktır. Bu da VZA'nın en temel özelliklerinden biridir.

Yukarıdaki örnekte VZA modellerinde kullanılacak kavramlar tanıtarak, etkinlik ölçümünün mantığı temelleri ile anlatılmıştır. Fakat gerçek hayat uygulamaları yalnızca 1 girdi ve 1 çıktıdan değil birden fazla girdi ve çıktıdan oluşmaktadır.

Örnek 3.2: 2 girdi ve 2 çıktıdan oluşan 7 adet KVB'ye ait veriler çizelge 3.3'teki gibidir.

Çizelge 3.3. 2 Girdi-2 Çıkıtı Örneği 3.2 KVB'lerin Girdi-Çıkıtı Verileri

KVB	A	B	C	D	E	F	G
Girdi1	5	3	7	4	6	2	8
Girdi2	4	6	3	3	4	7	2
Çıkıt1	2	3	4	3	4	1	7
Çıkıt2	3	4	3	2	3	4	1

Bu tür problemleri çözmek için girdi ve çıktılarına önceden belirlenmiş ağırlıklar verilerek sistem 1 girdi 1 çıktıdan oluşan sisteme çevrilebilir. Örnek 3.2'deki problemde girdi2 değerinin girdi1 değerinden 3 kat, çıkıt2 değerinin çıkıt1 değerinden 4 kat önemli olduğu varsayılırsa KVB'lerin etkinlik değerleri,

Çizelge 3.4. 2 Girdi-2 Çıktı Örneği Örnek 3.2 KVB'lerin Etkinlik Değerleri

KVB	A	B	C	D	E	F	G
Etkinlik Değeri	0.82	0.90	1	0.92	0.67	0.74	0.79

olur. Sabit ağırlıklandırma sistemi problemin çözümünde kolaylık sağlasa da subjektif bir yaklaşımdır. Çünkü ağırlık katsayılarını değiştirdiğimiz zaman etkinlik değerleri de değişecektir.

VZA'da, bunun tam tersine değişken ağırlıklar kullanılır. Bu bağlamda soru, farklı birimleri olan girdi ve çıktılara ağırlıkların nasıl verilmesi gerektiğidir. VZA'nın özü burada yatmaktadır. VZA, her KVB'ye girdi ve çıktılarını ağırlıklandırmada esneklik tanımaktadır. Böylece farklı KVB'lerin farklı üretim fonksiyonları olabileceği gerçeği dikkate alınmaktadır. 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 kullandıklarından, ağırlıkların bu çeşitliliği yansıtacak şekilde seçileceği beklenebilir. KVB'ler en az kullandıkları girdilere ve en çok ürettikleri çıktılara en yüksek ağırlıkları vereceklerdir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, ağırlıkların fiyat ile ilişkili olmadığı, KVB'nin etkinliğini maksimize edecek karar değişkenleri olduğudur.³⁰

VZA'da KVB'lerin göreceli etkinliği, çıktıların ağırlıklı toplamının, girdilerin ağırlıklı toplamına oranlanması ile bulunur.³¹

Çizelge 3.5.VZA'da Etkinlik-Girdi-Çıktı İlişkisi

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Çıktıların Ağırlıklı Toplamı}}{\text{Girdilerin Ağırlıklı Toplamı}}$$

Göreceli etkinliğin ölçülmesi sonucunda her bir KVB için 0 ve 1 arasında etkinlik değeri bulunur. Etkinlik değeri 1'e eşit olan KVB'ler etkin, 1'den küçük olan KVB'ler ise etkin olmayan birimlerdir.

³⁰ Selçuk CİNGİ ve Armağan TARIM, **Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü DEA Malmquist TFP Endeksi Uygulaması**, Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliği Serisi, Sayı: 1, 2000, <<http://www.tbb.org.tr/turkce/arastirmalar/TBB.doc>>, (10.02.2006), s.8.

³¹ Rachel ALLEN ve E. THANASSOULIS, s.363.

Bir KVB'nin yüzde yüz etkin olması ancak şu durumlarda söz konusu olabilir.³²

- Hiçbir çıktısı, bir ya da birden fazla girdisinin artırılması veya diğer çıktılarından bazılarının azaltılması dışında artırılmaz.
- Hiçbir girdisi, çıktıların bazılarının azaltılması ya da diğer bazı girdilerinin artırılması dışında azaltılmaz.

3.2.4. Referans Kümelerinin (Başvuru Gruplarının) Belirlenmesi

Etkin KVB'ler tarafından (etkinlik değeri 1'e eşit olan) oluşturulan kümeye referans kümesi denir.³³ Etkin olmayan KVB'ler referans kümesindeki etkin birimler kullanılarak etkin hale getirilir.

Örnek 3.3: 7 farklı KVB'ye ait girdi ve çıktı verileri çizelge 3.6'daki gibidir.

Çizelge 3.6. 2 Girdi-1 Çıktı Örneği Örnek 3.3 KVB'lerinin Girdi-Çıktı Verileri

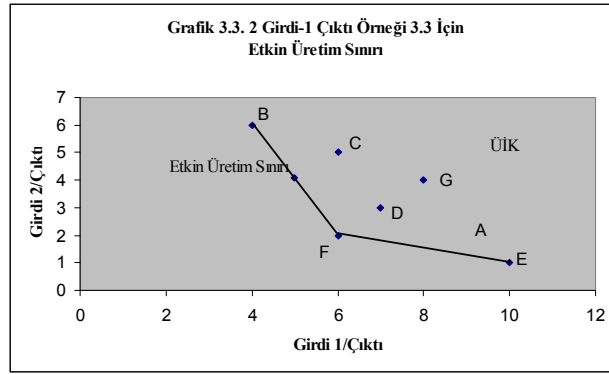
KVB	A	B	C	D	E	F	G
Girdi1	9	4	6	7	10	6	8
Girdi2	2	6	5	3	1	2	4
Çıktı	1	1	1	1	1	1	1

Grafik 3.3'te x ve y eksenlerinde sırasıyla Girdi1/Çıktı ve Girdi2/Çıktı değerleri gösterilmiştir.

2 girdi ve 1 çıktıdan oluşan bu problem için, 1 birim çıktı üretirken en az girdi kullanan KVB'ler en etkin işletmelerdir. Bu bağlamda, B, F ve E noktalarının oluşturduğu parçalı çizgi etkin üretim sınırını oluşturur. Yani B, F ve E işletmeleri incelenen KVB'ler içinde en etkin işletmelerdir.

³² Ercan BAYAZITLI ve Orhan ÇELİK, s.8.

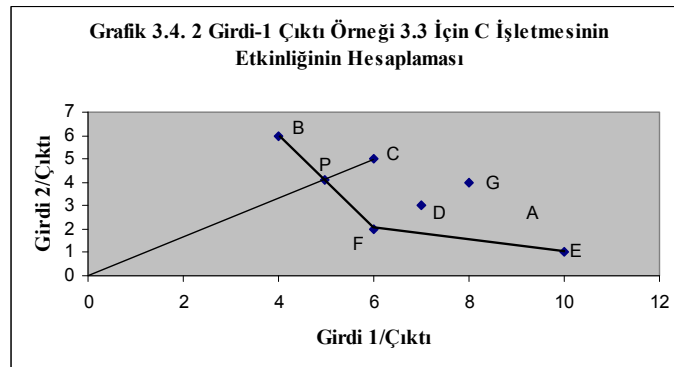
³³ Kent MATTHEWS ve Mahadzir ISMAIL, **Efficiency and Productivity Growth of Domestic and Foreign Commercial Banks in Malaysia**, Cardiff Economics Working Papers, Cardiff, U.K., 2006, s.8.



Diğer KVB'lerin etkinliği ise, etkin üretim sınırında bulunan KVB'ler referans alınarak hesaplanabilir. Grafik 3.4'te, C işletmesinin etkinliğini ölçmek için, orijin noktasından C noktasına bir çizgi çizilirse ve bu çizgi etkin üretim sınırı çizgisini P noktasında keserse, C'nin etkinlik değeri aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$OP / OC = 0.8259$$

Ayrıca, C işletmesinin değerlendirilmesinde B ve F işletmelerinin kombinasyonu kullanılmıştır. Çünkü P noktası, B ve F işletmelerinin oluşturduğu çizginin üzerindedir. Burada B ve F işletmeleri, C işletmesinin referans kümesini oluşturmaktadır.



3.2.5.Etkin Olmayan Karar Birimleri İçin Hedef Belirlenmesi

VZA ile etkin olmayan KVB'lere, performanslarını iyileştirebilmeleri için ulaşılabilir hedefler belirlenir. Söz konusu hedefler, genel olarak, etkin olmayan KVB'nin referans kümesindeki etkin birimlerin ağırlıklı ortalamasıdır.³⁴

³⁴ Alper AYDAGÜN, "Veri Zarflama Analizi", **HUTEN Yıl Sonu Seminer Çalışması**, Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul, 2003, s.9-10.

3.2.6.Sonuçların Değerlendirilmesi

VZA'nın sonuçları yönetsel açıdan son derece önemli bilgiler içerir. VZA'nın uygulanması sonucunda:³⁵

1. Etkin KVB'ler
2. Etkin olmayan KVB'ler
3. Etkin olmayan KVB'ler tarafından kullanılan fazla kaynak miktarları
4. Etkin olmayan KVB'lerin kullandıkları girdi miktarları ile üretmeleri gereken çıktı miktarları
5. Etkin olmayan KVB'lerin referans kümesini oluşturan birimler belirlenerek değerlendirmeler yapılır.

3.3.VZA MODELLERİ

VZA doğrusal programlama yönteminin geliştirilmiş bir biçimi olduğu için tüm doğrusal programlama modelleri için geçerli özellikler VZA için de geçerlidir.

VZA modellerinde de sınırlayıcı kısıtlar altında, amaç fonksiyonu maksimizasyon ya da minimizasyon şeklindedir. Sınırlı kaynakların etkin kullanımı istendiğinden doğrusal programlama için geçerli olan;

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 varsayımları VZA modelleri için de geçerlidir.³⁶

³⁵ Aydın ULUCAN, “İSO 500 Şirketlerinin Etkinliklerinin Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı: Farklı Girdi Çıktı Bileşenleri ve Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımları ile Değerlendirmeler”, *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, Cilt: 57, Sayı: 2, 2002, s.189.

³⁶ Fahri ÜNSAL - Bahaddin RÜZGAR ve Nursel RÜZGAR, *İşletme ve Ekonomi İçin Bilgisayar Uygulamalı Sayısal Yöntemler*, Türkmen Kitapevi, İstanbul, 2000, s.114.

VZA’da, zarflama şekli ve etkin olmayan birimlerin etkin üretim sınırına olan uzaklıklarına göre farklı modeller tanımlanmıştır.³⁷

Zarflama şekli ile ilgili olarak:

1. 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) tarafından Ölçeğe Göre Sabit Getiri (girdilerin bileşim oranı değiştirilmeden kullanılan girdiler £ kat artırıldığında, çıktılar da £ kat arttığı-Constant Return to Scale-CRS) varsayımı altında,
2. 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper tarafından Ölçeğe Göre Değişken Getiri (girdilerin bileşim oranı değiştirilmeden kullanılan girdiler £ kat artırıldığında, çıktılar £’dan farklı oranda arttığı Variable Return to Scale - VRS) varsayımı altında modeller tanımlanmıştır.

Etkin olmayan birimlerin etkin üretim sınırına olan uzaklıklarına göre de:

1. Girdiye yönelik (Çıktı seviyesini değiştirmeden, bu çıktı düzeyini en etkin şekilde elde etmek için girdi bileşiminin ne kadar azaltılması gerektiğini araştıran model)
2. Çıktıya yönelik (Girdi seviyesini değiştirmeden, bu girdi düzeyi ile işletmeyi etkin hale getirebilmek için çıktı bileşiminin ne kadar artırılması gerektiğini araştıran model) VZA modelleri tanımlanmıştır.

Bu modelleri aşağıdaki örnekle açıklamak mümkündür.

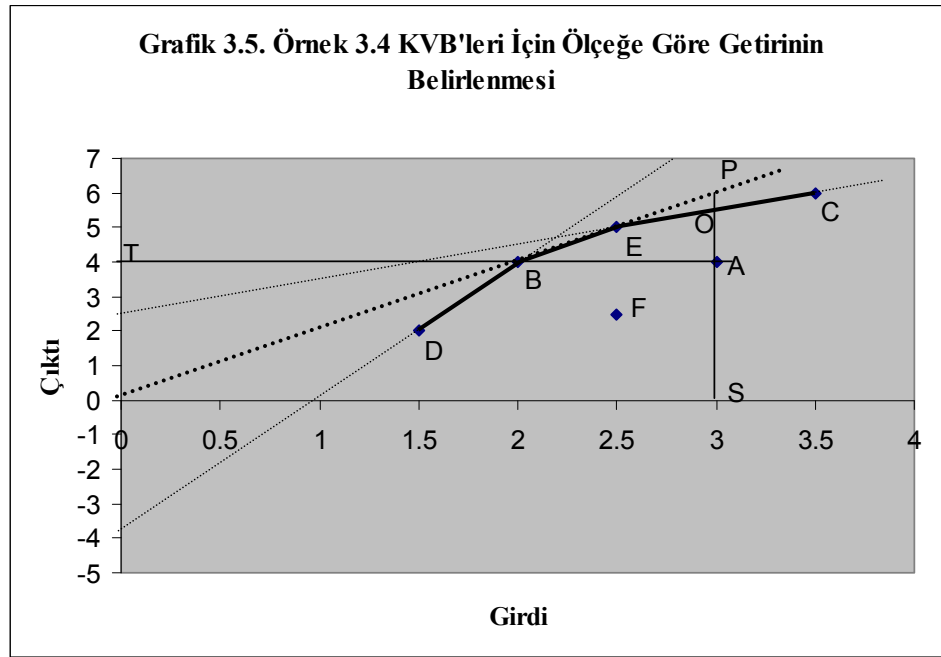
Örnek 3.4: 1 girdi ve 1 çıktıdan oluşan 6 KVB’ye ait veriler çizelge 3.7’deki gibidir.

Çizelge 3.7. CCR-BCC Modellerinin Karşılaştırılması Örneği 3.4 KVB’lerinin Girdi-Çıktı Verileri

KVB	A	B	C	D	E	F
Girdi	3	2	3.5	1.5	2.5	2.5
Çıktı	4	4	6	2	5	2.5

Grafik 3.5’te görüldüğü gibi CCR modelinin etkin üretim sınırı, BE doğrusunun da içinde bulunduğu orijinden çizilmiş olan (noktalı çizgi) doğrudur ve CCR’ye göre yalnızca B ve E işletmeleri etkindir.

³⁷ Joseph C. PARADI ve Claire SCHAFFNIT, “Commercial Branch Performance Evaluation and Results Communication in a Canadian Bank – a DEA Application” **European Journal of Operational Research**, Volume: 156, 2004, s.721.



BCC modelinde ise etkin üretim sınırı; D, B, E ve C noktalarını birleştiren doğru parçalarından oluşmaktadır ve D, B, E ve C işletmeleri BCC'ye göre etkin işletmelerdir.

Ayrıca BCC'ye göre; DB doğrusu Y eksenini negatif bir değerde kestiği için ölçeğe göre azalan getiri (Decreasing Return to Scale-DRS), EC doğrusu Y eksenini pozitif bir değerde kestiği için ölçeğe göre artan getiri (Increasing Return to Scale-IRS), BE doğrusu Y eksenini orijinden kestiği için ise ölçeğe göre sabit getiri vardır.

Grafik 3.5'ten ilgili değerler okunduğunda, A işletmesinin çıktıya yönelik BCC etkinliği:

$$OS / AS = 5.5 / 4 = 1.375 \text{ olurken, CCR etkinliği:}$$

$$PS / AS = 6 / 4 = 1.5 \text{ olmaktadır.}$$

Yani çıktıya yönelik BCC modeline göre A işletmesinin girdi değeri olan 3'ü değiştirmeden çıktı değerini 1.375 kat artırıp, $4 \times 1.375 = 5.5$ değerine getirirsek A işletmesi etkin olur.

Çıktıya yönelik CCR modeline göre ise A işletmesinin çıktı değerini 1.5 kat artırıp, $4 \times 1.5 = 6$ değerine getirirsek A işletmesi etkin olur.

A işletmesinin girdiye yönelik BCC modelindeki etkinliği:

$TB / TA = 2 / 3 = 0.667$ olurken, CCR etkinliği de:

$TB / TA = 2 / 3 = 0.667$ olmaktadır.

Yani girdiye yönelik BCC ve CCR modellerine göre A işletmesinin çıktı değeri olan 4'ü değiştirmeden girdi değerini 0.667 katı değeri olan, $3 * 0.667 = 2$ değerine getirirsek A işletmesi etkin olur.

Örnekteki grafikte de çok açık görüldüğü gibi, BCC modelinde etkin üretim sınırı, KVB'leri CCR modelinden daha sıkı sarar. Bu sebeple ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında elde edilen etkinlik değerleri, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında elde edilen etkinlik değerlerine eşit ya da daha büyük değerler verir.³⁸

Çizelge 3.8.CCR-BCC Etkinlik Değerleri Arasındaki İlişki

BCC Etkinlik Değeri $\geq$ CCR Etkinlik Değeri
--

CCR modeli tarafından üretilen etkinlik değerine teknik etkinlik (TE), BCC modelinin ürettiği etkinlik değerlerine saf teknik etkinlik (STE) adı verilmektedir. Bu iki etkinlik değeri arasındaki oransal farka ölçek etkinliği (ÖE) denir. Bu etkinlik değerleri arasındaki ilişki şu şekildedir:

$$TE = STE * \text{ÖE}$$

TE ve STE değerlerinin birbirine eşit olması yani ÖE değerinin 1 olması durumunda değerlendirilen birimin optimal ölçekte faaliyet gösterdiği söylenebilir. Eğer ÖE birden farklı bir değere sahipse ilgili birimin ölçeğini değiştirmesi gerekmektedir.³⁹

³⁸ Ertuğrul DELİKDAŞ, s.252.

³⁹ Aydın ULUCAN ve A.Argun KARACABEY, “İMKB Hisse Senedi Piyasasının Teknik Etkinliğinin AB Aday ve Üye Ülkelerle Karşılaştırmalı Analizi”, **Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi**, Cilt: 2, Sayı: 3, 2002, s.106.

3.3.1.CCR Modelleri

3.3.1.1.Girdiye Yönelik CCR Modeli

Çıktı seviyesini değiştirmeden, en etkin şekilde bu çıktı düzeyini elde etmek için, girdi bileşiminin ne kadar azaltılması gerektiğini araştıran modeldir.⁴⁰ Bu model aşağıdaki gibi tanımlanmıştır⁴¹:

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

Kısıtlar,

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

$$v_i, u_r \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m$$

Burada,

n : KVB sayısı j=1,2,\dots,n

s : Çıktı sayısı r=1,2,\dots,s

m : Girdi sayısı i=1,2,\dots,m

u_r : o. KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık değeri

v_i : o. KVB tarafından i. girdiye verilen ağırlık değeri

x_{io} : o. KVB'nin kullandığı i. girdi miktarı

y_{ro} : o. KVB'nin elde ettiği r. çıktı miktarı

x_{ij} : j. KVB'nin kullandığı i. girdi miktarı

y_{rj} : j. KVB'nin elde ettiği r. çıktı miktarı

⁴⁰ Kent MATTHEWS ve Mahadzir ISMAIL, s.7.

⁴¹ Yao CHEN ve Agha Iqbal ALI, "Continuous Optimization Output-Input Ratio Analysis and DEA Frontier" **European Journal of Operational Research**, Volume: 142, 2002, s.477.

VZA problemlerinin çözülebilmesi için her girdi ve çıktı için rakamsal veriler mevcuttur. n adet KVB'nin girdi ve çıktı verilerinden oluşan bir örneklem kümesi içerisinde her bir KVB_j'nin göreceli etkinliğini ölçmek için n adet optimizasyon modeli çözmek gerekir. Herhangi bir optimizasyondaki etkinliği ölçülmek istenen KVB_j'ye genel olarak KVB_o ismi verilmiştir. Yani $o, j=1,2,\dots,n$ kümesinin bir elemanıdır. Yukarıdaki model kesirsel programlama modelidir ve amaç fonksiyonu değerinin 1'i geçemeyeceği çok açıktır. Model çözüldüğü zaman o . KVB için ağırlıklar (u_r, v_i) bulunacaktır.

Kesirsel programlama modeli, doğrusal programlama modeli olarak aşağıdaki gibi yazılabilir:⁴²

$$E_o = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}$$

Kısıtlar,

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

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

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

$$\varepsilon : \text{Yeterince küçük bir sayı } (\varepsilon \leq 10^{-6})$$

Girdinin kullanılması ya da çıktının üretilmesine rağmen KVB_o'ya atanan ağırlıkların (u_r, v_i) pozitif değer alması (sıfır olmasını engellemek) için doğrusal modelde ε (çok küçük bir sayı-genellikle $\varepsilon \leq 10^{-6}$) tanımlanmıştır. Ayrıca, ε bize birazdan bahsedilecek olan dual modeldeki aylak değişkenlerden (s_i^-, s_r^+), amaç fonksiyonunun etkilenmesini engelleyecektir.

Her doğrusal programlama probleminin ilişkili olduğu bir ikiz problemi vardır. Herhangi bir doğrusal programlama problemi primal olarak isimlendirilirken ikizine dual adı verilir. Primal ve dual problemlerin optimal çözüm değerleri birbirinin aynısıdır. Bazı doğrusal programlama modellerinde bazen primal model

⁴² Milind SATHYE, s. 666.

yerine dual modeli kullanmak daha az hesaplama gerektirir.⁴³ VZA modelleri için de bu geçerlidir. Ayrıca VZA’da dual model sonuçları etkin olmayan birimlerin etkin hale getirilebilmesi için ne yapılması gerektiği konusunda yol gösterici rol oynar. Bu sebeple o. KVB için girdiye yönelik dual CCR modeli aşağıdaki gibi yazılabilir:⁴⁴

$$E_o = \min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

Kısıtlar,

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

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

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

Burada,

θ : KVB_o’nun girdilerinin radyal olarak ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı

λ_j : Girdiye yönelik modeller için j. KVB’nin aldığı yoğunluk değeri (o. KVB’nin referans kümesinin alacağı değer)

s_i^- : KVB_o’nun i. girdisine ait aylak (atıl) girdi değeri

s_r^+ : KVB_o’nun r. çıktısına ait aylak (atıl) çıktı değeri

CCR Etkinliği: Primal modelde $\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}$ amaç fonksiyonu değeri 1’e eşitse

KVB_o etkindir, diğer durumlarda KVB_o etkin değildir. Dual modelde; $\theta=1$ ve s_i^- , $s_r^+=0$ için KVB_o etkindir, diğer durumlar için etkin değildir ve $0<\theta<1$ ’dir.⁴⁵

⁴³ Ahmet ÖZTÜRK, **Yöneylem Araştırması**, Ekin Kitapevi Yayınları, 8. Baskı, Bursa, 2002, s.127.

⁴⁴ R.D. BANKER - W.W.COOPER - L.M. SEIFORD - R.M. THRALL ve J. ZHU, “Returns to Scale in Different DEA Models”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 154, 2004, s.349.

⁴⁵ Y.B. YUN - H. NAKAYAMA ve T. TANINO, “Continuous Optimization A Generalized Model for Data Envelopment Analysis”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 157, 2004, s.89.

Etkin Olmayan Birimin Etkin Hale Getirilmesi:

$\theta < 1$ durumunda, incelenen KVB₀'nun etkin hale getirilmesi için ne yapılması gerektiği dual modelin kısıtlarından şu şekilde hesaplanabilir:

Dual model kısıtları;

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - \theta x_{i0} + s_i^- = 0$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r0} - s_r^+ = 0$$

KVB₀ $\theta=1$, s_i^- , $s_r^+=0$ değerlerini aldığı zaman etkin hale geliyordu. Bu değerleri kısıtlarda yerine koyarsak,

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = x_{i0}^*$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j = y_{r0}^*$$

Yani KVB₀'nun etkin üretim sınırı (x_{i0} ve y_{r0} 'nun etkin olması için alması gereken değerler); x_{i0} için $\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j$ ve y_{r0} için $\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j$ değerleridir. Bunu dual modeldeki kısıtlarda yerine koyarsak,

$$x_{i0}^* = \theta x_{i0} - s_i^-$$

$$y_{r0}^* = y_{r0} + s_r^+$$

olur. Buradan etkin olmayan KVB₀, her bir girdisini ($[1-\theta]x_{i0} + s_i^-$) kadar azaltmak [yani x_{i0} değerini $(\theta x_{i0} - s_i^-)$ 'ye getirmek] ve her bir çıktısını (s_r^+) kadar artırmak [yani y_{r0} değerini $(y_{r0} + s_r^+)$ 'ya getirmek] şartı ile etkin hale dönüştürebilir.

3.3.1.2.Çıktıya Yönelik CCR Modeli

Girdi seviyesini değiştirmeden, bu girdi düzeyi ile işletmeyi etkin hale getirebilmek için çıktı bileşiminin ne kadar artırılması gerektiğini araştıran modeldir.⁴⁶ Çıktıya yönelik VZA modelinin girdiye yönelik olandan farkı, ağırlıklandırılmış girdinin ağırlıklandırılmış çıktıya oranının minimize edilmesidir.⁴⁷ Bu model aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

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

Kısıtlar,

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

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

Kesirsel programlama modeli doğrusal programlama modeli olarak aşağıdaki gibi yazılabilir:

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

Kısıtlar,

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

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

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

⁴⁶ Kent MATTHEWS ve Mahadzir ISMAIL, s.7.

⁴⁷ Reha YOLALAN, s.43.

Çıktıya yönelik dual CCR modeli ise:⁴⁸

$$\max \varphi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

Kısıtlar,

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

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

$$\beta_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

Burada,

φ : KVB_o'nun çıktılarının radyal olarak ne kadar artırılabilirliğini belirleyen genişleme katsayısı

β_j : Çıktıya yönelik modeller için j. KVB'nin aldığı yoğunluk değeri (o. KVB'nin referans kümesinin alacağı değer)

CCR Etkinliği: Primal modelde $\min \sum_{i=1}^m v_i x_{io}$ amaç fonksiyonu değeri 1'e

eşitse KVB_o etkindir, diğer durumlarda KVB_o etkin değildir. Dual modelde; $\varphi=1$ ve $s_i^-, s_r^+=0$ için KVB_o etkindir, diğer durumlar için etkin değildir ve $\varphi>1$ 'dir.

Etkin Olmayan Birimin Etkin Hale Getirilmesi:

$\varphi>1$ durumunda, incelenen KVB_o'nun etkin hale getirilmesi için ne yapılması gerektiği dual modelin kısıtlarından şu şekilde hesaplanabilir:

Dual model kısıtları;

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \beta_j - x_{io} + s_i^- = 0$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \beta_j - \varphi y_{ro} - s_r^+ = 0$$

⁴⁸ Reha YOLALAN, s.46.

KVB₀ $\varphi=1$, s_i^- , $s_r^+ = 0$ değerlerini aldığı zaman etkin hale geliyordu. Bu değerleri kısıtlarda yerine koyarsak,

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \beta_j = x_{io}^*$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \beta_j = y_{ro}^*$$

Yani KVB₀'nun etkin üretim sınırı (x_{io} ve y_{ro} 'nun etkin olması için alması gereken değerler); x_{io} için $\sum_{j=1}^n x_{ij} \beta_j$ ve y_{ro} için $\sum_{j=1}^n y_{rj} \beta_j$ değerleridir. Bunu dual modeldeki kısıtlarda yerine koyarsak,

$$x_{io}^* = x_{io} - s_i^-$$

$$y_{ro}^* = \varphi y_{ro} + s_r^+$$

olur. Buradan etkin olmayan KVB₀, her bir çıktısını ($[\varphi-1] y_{ro} + s_r^+$) kadar artırmak [yani y_{ro} değerini ($\varphi y_{ro} + s_r^+$)'ya getirmek] ve her bir girdisini (s_i^-) kadar azaltmak [yani x_{io} değerini ($x_{io} - s_i^-$)'ye getirmek] şartı ile etkin hale dönüştürebilir.

Girdiye yönelik CCR modeli ile etkin bulunan KVB, çıktıya yönelik CCR modeli ile de etkin bulunur. Aralarında $\varphi=1/\theta$ ilişkisi vardır. Bu sebeple girdiye yönelik CCR modelinde her zaman $\theta \leq 1$ olurken, çıktıya yönelik CCR modelinde her zaman $\varphi \geq 1$ olur. Ayrıca girdiye yönelik CCR modelinde λ_j/θ değeri çıktıya yönelik modelde β_j değerine eşittir. Girdiye yönelik modelde aylak değişkenlerin θ 'ya bölünmesi ile (s_i/θ) çıktıya yönelik modeldeki aylak değişken değerlerine ulaşılır.⁴⁹

⁴⁹ Zeynep Canan AYDEMİR, **Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması**, DPT Uzmanlık Tezi, Yayın No: 2664, 2002, Ankara, s. 73.

3.3.2.BCC Modelleri

3.3.2.1.Girdiye Yönelik BCC Modeli

Girdiye yönelik BCC modeli aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.⁵⁰

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

Kısıtlar,

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

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

Burada,

u_o : o. KVB'ye ait serbest işaretli değişken

Kesirsel programlama modeli doğrusal programlama modeli olarak aşağıdaki gibi yazılabilir:

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

Kısıtlar,

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

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

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

⁵⁰ Y.B. YUN vd., s.91.

Girdiye yönelik dual BCC modeli aşağıdaki gibi yazılabilir:⁵¹

$$\min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

Kısıtlar,

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

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

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

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

CCR ve BCC modelleri arasındaki fark, $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ konvekslik kısıtı ve primal

modelde yer alan serbest işaretli değişken u_o 'dan kaynaklanmaktadır.⁵² Bu kısıt ve serbest işaretli değişken ile etkin üretim sınırı doğrusal yapıdan konveks yapıya dönmektedir.

BCC Etkinliği: Primal modelde $\max \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - u_o$ amaç fonksiyonu değeri

1'e eşitse KVB_o etkindir, diğer durumlarda KVB_o etkin değildir. Dual modelde; $\theta=1$ ve $s_i^-, s_r^+=0$ için KVB_o etkindir, diğer durumlar için etkin değildir ve $0<\theta<1$ 'dir.⁵³

Etkin Olmayan Birimin Etkin Hale Getirilmesi:

$\theta<1$ durumunda, incelenen KVB_o'nun etkin hale getirilmesi için de girdiye yönelik CCR modelindeki gibi dual model kısıtları kullanılır ve aynı sonuçlar elde edilir.

Girdiye yönelik BCC modelinin optimal çözümünde; $u_o<0$ ise ölçeğe göre artan, $u_o>0$ ise ölçeğe göre azalan, $u_o=0$ ise ölçeğe göre sabit getiri vardır.⁵⁴

⁵¹ R.D. BANKER vd., s.346.

⁵² Y.B. YUN vd., s.90.

⁵³ R.D. BANKER vd., s.347

3.3.2.2.Çıktıya Yönelik BCC Modeli

Çıktıya yönelik BCC modeli aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:⁵⁵

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

Kısıtlar,

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

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

v_o : o. KVB'ye ait serbest işaretli değişken

Kesirsel programlama modeli doğrusal programlama modeli olarak aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$E_o = \min \sum_{i=1}^m v_i x_{io} - v_o$$

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

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

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

⁵⁴ R.D. BANKER vd., s.348.

⁵⁵ Yao CHEN ve Agha Iqbal ALI, s.477.

Çıktıya yönelik dual BCC-VZA modeli⁵⁶

$$E_o = \max \varphi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

Kısıtlar,

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

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

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

$$\beta_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

BCC Etkinliği: Primal modelde $\min \sum_{i=1}^m v_i x_{io} - v_o$ amaç fonksiyonu değeri

1'e eşitse KVB_o etkindir, diğer durumlarda KVB_o etkin değildir. Dual modelde; $\varphi=1$ ve $s_i^-, s_r^+=0$ için KVB_o etkindir, diğer durumlar için etkin değildir ve $\varphi>1$ 'dir.

Etkin Olmayan Birimin Etkin Hale Getirilmesi:

$\varphi>1$ durumunda, incelenen KVB_o'nun etkin hale getirilmesi için de çıktıya yönelik CCR modelindeki gibi dual model kısıtları kullanılır ve aynı sonuçlar elde edilir.

⁵⁶ Ender GÜRGEN ve John R. NORSWORTHY, "Efficiency and Stock Market Performance in Electric Power Generating Companies", **International Engineering Management Conference'da Sunulan Bildiri**, New York, 2001, s.413.

3.4.VZA'DA SERBESTLİK PROBLEMİ

VZA, girdi ve çıktıları ağırlık verilmesinde *serbestlik* tanıyan bir sistemdir. Fakat girdi ve çıktıları ağırlık seçmede tanınan bu serbestlik KVB sayısı sabit kalıp girdi ve çıktı sayısının artması durumunda, VZA'nın ayırım yapma gücünün azalmasına, çok fazla KVB'nin etkin çıkmasına sebep olabilmektedir.⁵⁷

Çünkü KVB'ler etkinlik değerlerini maksimize etmek için, diğer KVB'lere göre en az kullandıkları girdilere ve en çok ürettikleri çıktıları en yüksek ağırlığı verirken, en fazla kullandıkları girdi ve en az ürettikleri çıktıları en az ağırlığı vermektedir. Bu sebeple KVB sayısının az olması, etkinlik değeri hesaplanacak KVB'nin en çok ürettiği çıktı veya en az kullandığı girdiye yakın değerlere sahip başka KVB'lerin olma olasılığının az olması demektir.

Bu sebeple KVB sayısı ile girdi-çıktı sayıları arasında genellikle $n+1 > m+s$ (n =KVB sayısı, m =girdi sayısı, s =çıktı sayısı) ilişkisi tercih edilir.⁵⁸ Bazı çalışmalarda bu kısıt $n \geq 2(m+s)$ ⁵⁹, bazılarında ise $n/3 > (m+s)$ şeklindedir.⁶⁰

3.5.VZA'NIN GÜÇLÜ VE ZAYIF YÖNLERİ

3.5.1.VZA'nın Güçlü Yönleri

1. Çok sayıda girdi ve çıktı kullanmak mümkündür.
2. Girdi ve çıktıları ilgili varsayımda bulunmaya gerek yoktur.
3. Birbiriyle benzer üretim yapısına sahip firmaların karşılaştırılması için kullanır.
4. Girdi ve çıktıları farklı birimlere sahip olabilir.⁶¹

⁵⁷ Larry JENKINS ve Murray ANDERSON, "Stochastics and Statistics a Multivariate Statistical Approach to Reducing the Number of Variables in Data Envelopment Analysis" **European Journal of Operational Research**, Volume: 147, 2003, s.52.

⁵⁸ Ertuğrul DELİKDAŞ, "Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi", **ODTÜ Geliştirme Dergisi**, Cilt: 29, Sayı: 3-4, 2002, s.251.

⁵⁹ Bülent SEZEN ve Erhan DOĞAN, "Askeri Bir Tersaneye Bağlı Atölyelerin Karşılaştırmalı Verimlilik Değerlendirmesi: Bir Veri Zarflama Yöntemi Uygulaması", **Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi**, Cilt: 2, Sayı: 2, 2005, s.82.

⁶⁰ Larry JENKINS ve Murray ANDERSON, s.54.

⁶¹ Cengiz YILMAZ - Tuncay ÖZDİL ve Güray AKDOĞAN, "Seçilmiş İşletmelerin Toplam Etkinliklerinin Veri Zarflama Yöntemi ile Ölçülmesi" **Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi Yayınları: 20, Süreli Yayın Dizisi: 6, Sayı: 4, Kırgızistan, 2002, s.176.

5. Karar vericilerin üretim sürecini daha iyi tanımlarını sağlar.
6. Veriler ve analiz sonuçları ile detaylı bir veri tabanı yaratılabilir.⁶²
7. Etkinlik ölçümü ortalama etkinliğe sahip birimlerle değil, en etkin KVB'ler ile karşılaştırılarak yapılmaktadır.⁶³

3.5.2.VZA'nın Zayıf Yönleri

1. KVB'lerin etkinliğini ölçmek açısından yeterlidir, fakat bu değerlendirmenin mutlak etkinlik bazındaki yorumu ile ilgili ipucu vermez.
2. Parametrik olmayan bir teknik olduğu için, sonuçlara istatistiksel hipotez testlerinin uygulanması zordur.
3. Her KVB için ayrı doğrusal programlama modelinin çözümü gerektiğinden, büyük boyutlu problemlerin VZA ile çözümü, hesaplama açısından zaman alıcı olabilir.⁶⁴
4. Sadece analiz edilen KVB'lerin göreceli etkinliği ölçülür.
5. Ölçüm hatalarına karşı oldukça duyarlıdır.⁶⁵
6. Her KVB ayrı ayrı en iyilendiğinden çok fazla sayıda karar değişkeninin hesaplanmasına yol açar. Bu durum serbestlik derecesini oldukça yükseltir.⁶⁶
7. Gözlemlenen etkinliğin en iyi etkinliğe olan farkı, sadece verimsizliğe bağlanmakta ve uç gözlem noktaları için ölçüm hataları göz ardı

⁶² Zeynep Canan AYDEMİR, s.91.

⁶³ Tijen ERTAY ve Da RUAN, "Decision Aiding Data Envelopment Analysis Based Decision Model for Optimal Operator Allocation in CMS", **European Journal of Operational Research**, Volume: 164, 2005, s.804.

⁶⁴ Mine ESENBEL - Mustafa Onur ERKİN ve Fatih Korhan ERDOĞAN, **Veri Zarflama Analizi ile Dokuma, Giyim Eşyası ve Deri Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Etkinliğinin Karşılaştırılması**, <<http://analiz.ibsyazilim.com/egitim/gazi001.html>>, (14.10.2006), s.3-4.

⁶⁵ Kent MATTHEWS ve Mahadzir ISMAIL, s.8.

⁶⁶ Can Deniz KÖKSAL, **Veri Zarflama Analizi ile Bankacılıkta Göreceli Verimlilik Ölçümü**, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2001, s.92.

edilmektedir. Dışsalılıkların göz ardı edilmesi yanıltıcı sonuçlar doğurabilir.

8. Referans kümesi içinde olan KVB'lerin diğerlerine göre üstünlüğünün göreliliği olması, bu birimlerinin kendi başlarına değerlendirildiğinde de gerçekten etkin olup olmadıkları hakkında bir yorum yapılabilmesini güçleştirmektedir. Bu sebeple VZA ile elde edilen etkinlik sonuçları, görelilik çerçevesinde değerlendirilmelidir.⁶⁷

⁶⁷ Zeynep Canan AYDEMİR, s.92.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK KÜME TEORİSİ

4.1.KLASİK KÜMELER

Belirli bir açık önermeyi doyuran bütün nesneler topluluğuna küme, kümeye ait nesnelerin her birine kümenin elemanı denir. Klasik küme (keskin küme-crips set) anlayışında, herhangi bir topluluğu küme sayabilmek için hangi nesnelerin bu topluluğun birer elemanı olduğu, hangilerinin de olmadığını kesinlikle bilinmelidir.⁶⁸

Klasik bir küme farklı biçimlerde ifade edilebilir. Liste yöntemine göre gösterimde kümenin elemanları küme parantezi içinde her iki eleman arasında virgül işareti konularak,

$$A=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

şeklinde ve ortak özellik yöntemine göre küme parantezi içerisinde kümenin elemanları yerine bu elemanların ortak özellikleri yazılarak,

$$A=\{x \mid P(x)\}$$

şeklinde ifade edilir. Burada $P(x)$, x 'e bağlı açık önermelerdir ve A kümesi $P(x)$ önermesini doğrulayan x ifadelerinden oluşur.⁶⁹

Kümelerin kullanıldığı bir analizde, araştırma ile ilgili düşünülen tüm elemanları içine alan temel kümeye evrensel küme denir. E ya da U sembolü ile gösterilir.⁷⁰

⁶⁸ Hüseyin BATUHAN ve Teo GRUNBERG, **Modern Mantık**, ODTÜ Fen Edebiyat Fakültesi, Yayın No: 17, Ankara, 1977, s.228.

⁶⁹ Sıddık ARSLAN, **Temel ve Genel Matematik**, Nobel Yayınları, Yayın No: 322, 2. Baskı, Ankara, 2003, s.65-66.

Üyelik fonksiyonu (membership function), herhangi bir elemanın kümeye ait olma derecesinin fonksiyonla ifade edilmesidir ve $\mu_A(x)$ şeklinde gösterilir.⁷¹ $\mu_A(x)$, x elemanının A kümesine ait olma derecesini ifade eder.

Klasik küme anlayışında bir eleman kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Eğer küme elemanı 1 üyelik fonksiyonu derecesi alıyorsa kümenin elemanı, 0 üyelik fonksiyonu derecesi alıyorsa kümenin elemanı değildir.⁷² Yani klasik kümelerde elemanlar $\{0, 1\}$ kümesinden üyelik derecesi alırlar.

4.2.BULANIK KÜMELER

Günlük hayattaki konuşmalarımızda ve birçok olayda ayrımlarımız, gruplamalarımız o kadar kesin, net değildir. Örneğin; pahalı giyecekler, tehlikeli hastalıklar, güzel müzik, soğuk gün gibi kategori ve gruplamalar net sınırlara, ayrımlara sahip değildir. Bir insan zayıf, şişman ya da biraz şişman olabilir. Bir elma kırmızı, açık kırmızı ya da koyu kırmızı olabilir. Bunun gibi bazı şeyleri ifade ederken sınır değerler bulunulan çevreye ve insanlara göre değişmektedir.⁷³

Bulanık küme teorisi esas olarak insan düşünce ve algılarındaki belirsizlikle ilgilenir, bu belirsizliği sayısallaştırmaya çalışır. Başka bir ifadeyle, bulanık mantık ve küme teorisinin asıl amacı, insanların tam ve kesin olmayan bilgiler ışığında tutarlı ve doğru kararlar vermelerini sağlayan düşünme ve karar verme mekanizmalarını modellemesidir.⁷⁴

⁷⁰ Mahmut KARTAL - Zafer KARTAL ve Yalçın KARAÖZ, **Temel Matematik**, Nobel Yayınları, Yayın No: 567, Ankara, 2003, s. 120.

⁷¹ Jerry M. MENDEL, **Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems**, Prentice Hall PTR, USA, 2000, s.20.

⁷² Magdy G. ABDEL KADER ve David DUGDALE, "Evaluating Investment in Advanced Manufacturing Technology: A Fuzzy Set Theory Approach", **British Accounting Review**, Volume: 33, 2001, s.457.

⁷³ Ömer Fatih YILMAZ, **Bulanık Doğrusal Programlama ile Asgari Ücretin Belirlenmesi**, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1998, s.4.

⁷⁴ Orhan TÜRKBEY, "Çok Amaçlı Makine Sıralama Problemi İçin Bir Bulanık Güçlü Metot", **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, Cilt: 5, Sayı: 3, 2003, s.81-98'de s.82.

İşletmelerde etkinlik hesaplamalarında kullanılan girdi-çıkı verileri de çoğu zaman tam ve kesin bilinemez, belirsizlik içerir. Tam ve kesin olmayan bu verilere bulanık veriler adı verilir ve bu veriler bulanık kümeler ile ifade edilir.

Geçmişte belirsizliğin işlenmesi ve anlamlandırılması için olasılık teorisi kullanılmıştır. Bundan dolayı bütün belirsizliklerin rasgele bir karakterde olduğu kavramı yerleşmiştir. Rasgeleliğin en önemli özelliği, sonuçların ortaya çıkmasında tamamen şansın rol oynamasıdır. Ancak, bilinen belirsizliklerin hepsi rasgele karakterde değildir.⁷⁵ Olasılık ve bulanıklık arasındaki en önemli fark, bulanıklığın “deterministik-belirsizlik” olmasıdır.⁷⁶

Bulanık küme teorisi ilk olarak Prof. Dr. Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılındaki “Fuzzy Sets” başlıklı çalışma ile yayımlanmıştır. Zadeh bu çalışmasında, bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu, birleşim, kesişim, tümleme, dışbükeylik vb. temel bulanık küme işlemlerini anlatmıştır.⁷⁷

Bulanık küme teorisi ile klasik matematiğin yarattığı kesin sınırlar aşarak, belirsizliğin karar süreçlerinde yer alması sağlanmıştır. Böylece, endüstriyel sistemlerde karar verme konusuna getirdiği yeni açılımlar ile klasik yöneylem araştırması çalışmalarının etki alanını genişletmiştir.⁷⁸

Bulanık kümelerde elemanlar arasındaki geçiş klasik kümelerde olduğu gibi kesin üye olmak ya da olmamak yerine, üyelik dereceleri ile kısmen üye olmak ya da üye olmamak şeklinde olmaktadır. Bazen bir eleman birden fazla bulanık kümenin elemanı da olabilmektedir.⁷⁹ Bulanık kümelerde, kümenin elemanları $[0,1]$ arasında değişen üyelik dereceleri alarak o kümeye dâhil olur. Eğer küme elemanı 1 üyelik derecesi alıyorsa kümenin tam elemanı, 0 üyelik derecesi alıyorsa kümenin elemanı değildir.⁸⁰

⁷⁵ Zekai ŞEN, **Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri**, Ders Notları, 2001, s.12.

⁷⁶ Orhan TÜRKBEY, s.84.

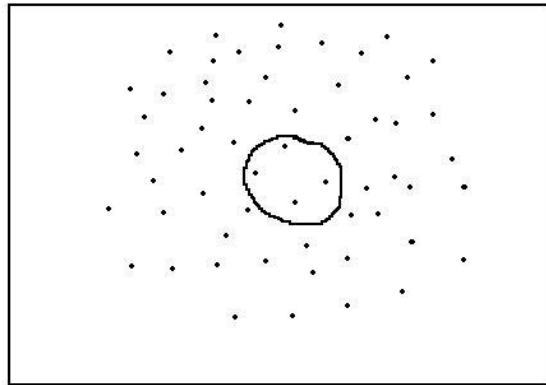
⁷⁷ Lotfi Askerzade ZADEH, “Fuzzy Sets”, **Information and Control**, Volume 8, 1965, s.338.

⁷⁸ Turan PAKSOY ve Mehmet ATAĞ, “Etkileşimli Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama ile Bütünleşik Üretim Planlama”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Cilt: 15, No: 2, 2002, s.462.

⁷⁹ N. EXLER, **FID User's Guide**, Vienna, 1994, <<http://exler.at/main/fuzzy/downloads/fidintro.pdf>> (08.02.2007), s.113-114.

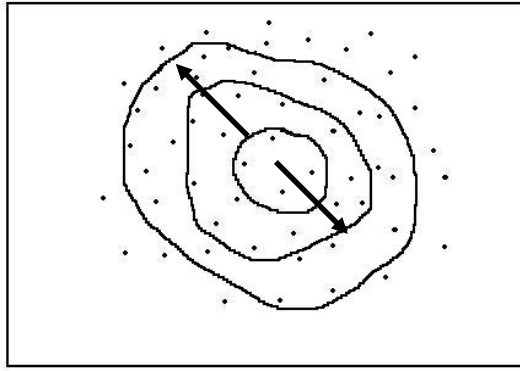
⁸⁰ Magdy G. ABDEL KADER ve David DUGDALE, s.457.

Klasik ve bulanık kümeler, sınır koşulu ve üyelik derecesi anlamında karşılaştırılır. Bunu bir örnekle açıklamaya çalışalım (şekil 4.1 ve şekil 4.2). Bir kümenin sınırlarını “lastik bir bant” olarak kabul edelim. Geleneksel küme durumunda, lastik bantta herhangi bir esnemeye izin verilmez ve bant sabit kabul edilir. Bu nedenle, evrensel kümenin elemanları lastik bantın ya içinde ya da dışında yer alır. Bulanık küme durumunda ise, lastik bantın dışında yer alan nesneleri (noktaları) kümenin elemanı yapabilmek için bantın esnetilmesine, yani kümeye üyeliği belirleyen sınır koşulunun gevşetilmesine izin verilir. Bu esnemenin boyutu yeni noktanın konumuna bağlıdır. Bant esnetilmeden önce bantın oluşturduğu sınırın içinde bulunan noktalar 1 üyelik derecesi ile kümenin elemanıdır. Bant esnetildikçe kümeye üye olan ya da bantın içine girmeye başlayan noktalara, 0 ve 1 arasında üyelik dereceleri verilir. Herhangi bir noktanın üyelik derecesi, lastik bantı esnetmek için gerekli olan güçle ters orantılı olarak açıklanabilir. Yani, bantın esneme oranı arttıkça ilgili elemanın bulanık kümeye üyelik derecesi azalır. Bu nedenle, bantın oluşturduğu sınırın içinde bulunan elemanlardan, sınırın dışında kalan elemanlara doğru esnek ve dereceli bir geçişe izin verilir. Bant kopma noktasına kadar esnetildiği halde, dışarıda kalan noktalara (nesnelere) ise 0 üyelik derecesi verilir.⁸¹



Şekil 4.1. Geleneksel Küme Durumu

⁸¹ Mustafa M. ÖZKAN **Bulanık Hedef Programlama**, Ekin Kitabevi, Bursa, 2003, s.4-5.



Şekil 4.2. Bulanık Küme Durumu

Evrensel küme E'deki bulanık bir küme $\tilde{A}$, matematiksel olarak:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in E\}$$

şeklinde gösterilir⁸² ve E evrensel kümesine ait herhangi bir x elemanın $\mu_{\tilde{A}}(x)$ üyelik derecesi ile $\tilde{A}$ kümesine ait olmasını ifade eder.

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

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

şeklinde, E evrensel kümesi sayılabilir ya da sürekli değilse:

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

şeklinde de ifade edilebilir. Buradaki $\int$, $/$, Σ ve $+$ işaretleri sadece bir gösterim olup, matematikteki integral, bölme ve aritmetik toplama işlemleri değildir.⁸³

4.2.1. Üyelik Fonksiyonu Tipleri

Bulanık kümelerde bir elemanın kümeye üyelik derecesi, üyelik fonksiyonunun tanımlanmasına göre yapılmaktadır. Üyelik fonksiyonu problemin durumuna göre birçok biçimde tanımlanabilir. Aşağıda en çok kullanılan üyelik fonksiyonu tiplerinden 3 tanesi tanıtılmıştır.⁸⁴

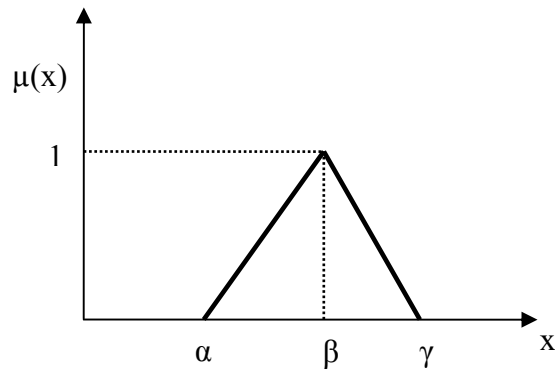
⁸² Jerry M. MENDEL, s.21.

⁸³ Jerry M. MENDEL, s.21.

⁸⁴ Nazife BAYKAL ve Timur BEYAN, **Bulanık Mantık İlke ve Temelleri**, Bıçaklar Kitabevi, Yayın No: 9, Ankara, 2004, s.78-80.

4.2.1.1.Üçgen Üyelik Fonksiyonu

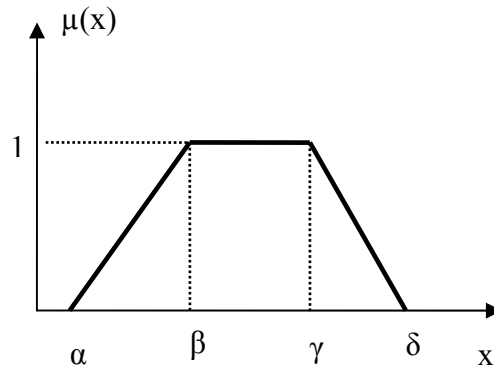
$$\mu_{\tilde{A}}(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0, & x < \alpha \text{ veya } x > \gamma \\ \frac{x - \alpha}{\beta - \alpha}, & \alpha \leq x \leq \beta \\ \frac{\gamma - x}{\gamma - \beta}, & \beta \leq x \leq \gamma \end{cases}$$



Grafik 4.1.Üçgen Üyelik Fonksiyonu

4.2.1.2.Yamuk (Trapezoidal) Üyelik Fonksiyonu

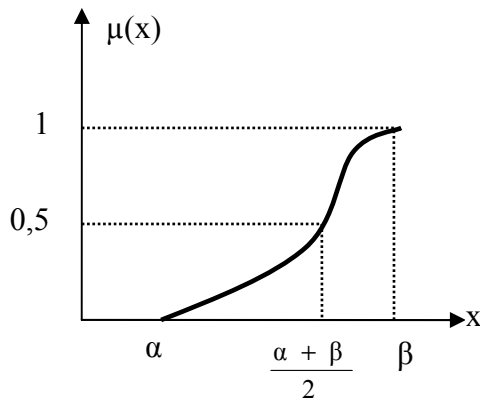
$$\mu_{\tilde{A}}(x; \alpha, \beta, \gamma, \delta) = \begin{cases} 0, & x < \alpha \text{ veya } x > \delta \\ \frac{x - \alpha}{\beta - \alpha}, & \alpha \leq x < \beta \\ 1, & \beta \leq x \leq \gamma \\ \frac{\delta - x}{\delta - \gamma}, & \gamma < x \leq \delta \end{cases}$$



Grafik 4.2.Yamuk Üyelik Fonksiyonu

4.2.1.3.S Biçimli Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_{\tilde{A}}(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} 0, & x < \alpha \\ 2 * \left(\frac{x - \alpha}{\beta - \alpha}\right)^2, & \alpha \leq x \leq \frac{\alpha + \beta}{2} \\ 1 - 2 * \left(\frac{x - \beta}{\beta - \alpha}\right)^2, & \frac{\alpha + \beta}{2} \leq x \leq \beta \\ 1, & x > \beta \end{cases}$$



Grafik 4.3.S Biçimli Üyelik Fonksiyonu

Örnek 4.1: 14 kişilik bir sınıfta öğrencilerin ağırlıkları aşağıdaki evrensel kümede verildiği gibidir. (Kümenin açılımı: 1, 2,...,14 öğrenci numaralarını, parantez içindeki rakamlar ağırlıkları ifade etmektedir. 1 numaralı öğrencinin ağırlığı 55 kg., 2 numaralı öğrencinin ağırlığı 58 kg. gibi)

$$E = \{1-(55), 2-(58), 3-(60), 4-(63), 5-(65), 6-(66), 7-(68), 8-(72), 9-(75), 10-(76), 11-(78), 12-(80), 13-(82), 14-(85)\}$$

55–65 kg. arası zayıf,

66–75 kg. arası normal,

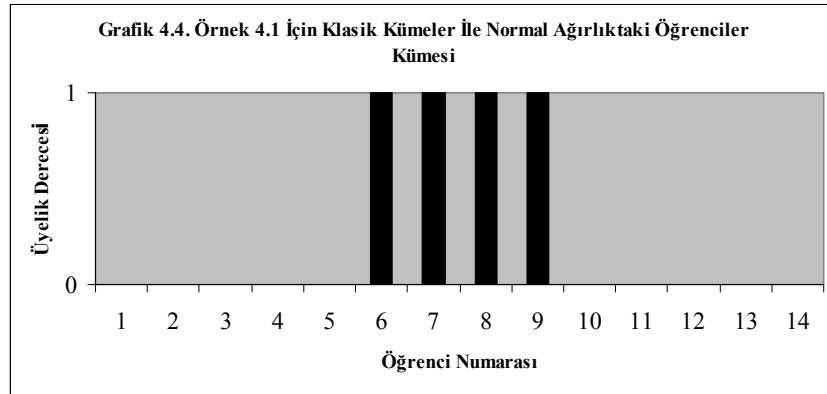
76–85 kg. arası şişman olarak kabul edilsin.

Klasik küme anlayışına göre normal ağırlıktaki kişiler kümesine A kümesi denirse, A kümesi:

$$A = \{6-(66), 7-(68), 8-(72), 9-(75)\} \quad \text{olur.}$$

E evrensel kümesine ait elemanların A alt kümesine üyelik dereceleri (ait olma dereceleri),

$$\begin{array}{llll}
 \mu_A(1) = 0 & \mu_A(2) = 0 & \mu_A(3) = 0 & \mu_A(4) = 0 \\
 \mu_A(5) = 0 & \mu_A(6) = 1 & \mu_A(7) = 1 & \mu_A(8) = 1 \\
 \mu_A(9) = 1 & \mu_A(10) = 0 & \mu_A(11) = 0 & \mu_A(12) = 0 \\
 \mu_A(13) = 0 & \mu_A(14) = 0 & \text{ve grafikte gösterimi,} &
 \end{array}$$



şeklindedir.

65 kg ve 76 kg olan kişiler normal ağırlıktaki kişiler kümesine sadece 1 kg. fark yüzünden üye olamamaktadır. Aslında bu fark en azında gözle fark edilebilecek kadar büyük bir fark değildir. Bu gerçek hayat problemleri için çok mantıklı bir yaklaşım değildir. İşte bulanık küme kavramı burada devreye girmekte ve küme elemanlarını kümenin tamamen dışında bırakmak yerine derecelendirmektedir.

Bulanık küme anlayışına göre oluşturulan normal ağırlıktaki kişiler kümesinin ($\tilde{A}$ kümesi) aşağıdaki üyelik fonksiyonuna sahip olduğu varsayalım.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 55 \text{ veya } x > 85 \\ \frac{x-55}{66-55}, & 55 \leq x < 66 \\ 1, & 66 \leq x \leq 75 \\ \frac{85-x}{85-75}, & 75 < x \leq 85 \end{cases}$$

E evrensel kümesine ait elemanların $\tilde{A}$ alt kümesine üyelik dereceleri,

$$\mu_{\tilde{A}}(1) = 0 \quad \mu_{\tilde{A}}(2) = 0.27 \quad \mu_{\tilde{A}}(3) = 0.45 \quad \mu_{\tilde{A}}(4) = 0.73$$

$$\mu_{\tilde{A}}(5) = 0.91 \quad \mu_{\tilde{A}}(6) = 1 \quad \mu_{\tilde{A}}(7) = 1 \quad \mu_{\tilde{A}}(8) = 1$$

$$\mu_{\tilde{A}}(9) = 1 \quad \mu_{\tilde{A}}(10) = 0.9 \quad \mu_{\tilde{A}}(11) = 0.7 \quad \mu_{\tilde{A}}(12) = 0.5$$

$$\mu_{\tilde{A}}(13) = 0.3 \quad \mu_{\tilde{A}}(14) = 0$$

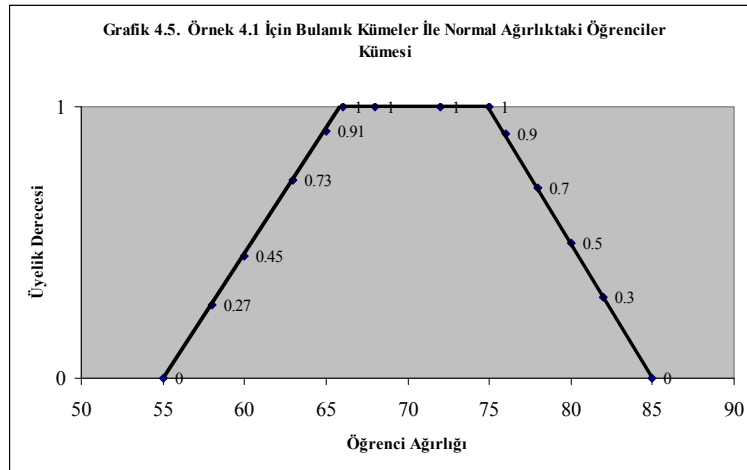
olur. $\tilde{A}$ kümesi,

$$A = \{(2, 0.27), (3, 0.45), (4, 0.73), (5, 0.91), (6, 1), (7, 1), (8, 1), (9, 1), (10, 0.9), (11, 0.7), (12, 0.5), (13, 0.3)\} \quad \text{ya da}$$

$$\tilde{A} = \frac{0.27}{2} + \frac{0.45}{3} + \frac{0.73}{4} + \frac{0.91}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{0.9}{10} + \frac{0.7}{11} + \frac{0.5}{12} + \frac{0.3}{13}$$

şeklinde gösterilebilir. (0 üyelik derecesi alan elemanlar küme elemanı olarak gösterilmemiştir.)

Örnek bulanık küme olarak grafik 4.5'teki gibi gösterilebilir.



4.2.2.Bulanık Kümelerde Küme İşlemleri⁸⁵

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

- 1) Birleşimi: $\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \text{Max} (\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))$
- 2) Kesişimi: $\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \text{Min} (\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))$
- 3) $\tilde{A}$ Kümesinin Tümlenyeni: $\mu_{\tilde{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x)$ olur.

Örnek 4.2: Örnek 4.1'deki problem için aşağıdaki üyelik fonksiyonuna sahip bulanık zayıf kişiler kümesi:

$$\mu_{\tilde{B}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 55 \text{ veya } x > 75 \\ 1, & 55 \leq x \leq 65 \\ \frac{75-x}{75-65}, & 65 < x \leq 75 \end{cases}$$

$$\tilde{B} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{0.9}{6} + \frac{0.7}{7} + \frac{0.5}{8} \quad \text{olur. } \tilde{A} \text{ ve } \tilde{B} \text{ kümeleri için:}$$

Normal ya da zayıf ağırlıktaki kişiler kümesi,

$$\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{0.9}{10} + \frac{0.7}{11} + \frac{0.5}{12} + \frac{0.3}{13}$$

Normal ve zayıf ağırlıktaki kişiler kümesi,

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \frac{0.27}{2} + \frac{0.45}{3} + \frac{0.73}{4} + \frac{0.91}{5} + \frac{0.9}{6} + \frac{0.7}{7} + \frac{0.5}{8}$$

Normal ağırlıktaki kişiler kümesinin tümlenyeni,

$$\mu_{\tilde{A}^c}(x) = \frac{1}{1} + \frac{0.73}{2} + \frac{0.55}{3} + \frac{0.27}{4} + \frac{0.09}{5} + \frac{0.1}{10} + \frac{0.3}{11} + \frac{0.5}{12} + \frac{0.7}{13} + \frac{1}{14}$$

olur.

⁸⁵ Phil DIAMONDS ve Peter KLOEDEN, **Metric Spaces of Fuzzy Sets Theory and Applications**, World Scientific, Singapore, 1994, s.3.

4.2.3.Bulanık Kümelerde Temel Kavramlar

4.2.3.1. α -Kesim Kümesi⁸⁶

E evrensel kümesinde tanımlı $\tilde{A}$ 'nın α -kesim kümesi, üyelik derecesi α $\{\alpha \in (0,1]\}$ değerinden büyük ya da eşit olanlardan oluşturulan klasik kümedir. $\tilde{A}$ kümesinin α -kesim kümesi $\tilde{A}_\alpha$ ile gösterilir.

$$\tilde{A}_\alpha = \{ x \in E \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha \}$$

Örnek 4.1 için $\alpha = 0.5$ için $\tilde{A}_{0.5}$ kesim kümesi,

$$\tilde{A}_{0.5} = \frac{0.73}{4} + \frac{0.91}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{0.9}{10} + \frac{0.7}{11} + \frac{0.5}{12} \text{ olur.}$$

4.2.3.2.Destek Kümesi⁸⁷

E evrensel kümesinde tanımlı $\tilde{A}$ 'nın destek (support) kümesi, E'nin $\tilde{A}$ kümesinde 0'dan farklı üyelik derecesine sahip olan elemanlarının hepsini içermektedir ve destek kümesi de klasik bir kümedir.

$$\text{Supp}(\tilde{A}) = \{ x \in E \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > 0 \}$$

Örnek 4.1 için destek kümesi,

$$\text{Supp}(\tilde{A}) = \frac{0.27}{2} + \frac{0.45}{3} + \frac{0.73}{4} + \frac{0.91}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{0.9}{10} + \frac{0.7}{11} + \frac{0.5}{12} + \frac{0.3}{13}$$

olur.

4.2.3.3.Seviye (Düzey) Kümesi⁸⁸

$\tilde{A}$ kümesinin seviye kümesi $\tilde{A}_\alpha$ ile gösterilir. E evrensel kümesinde tanımlı $\tilde{A}$ kümesinin üyelik derecesi α özel değerine eşit olanlardan oluşturulan klasik kümedir.

⁸⁶ N. Mahdavi AMİRİ ve S.H. NASSERİ, "Duality in Fuzzy Number Linear Programming By Use Of A Certain Linear Ranking Function", **Applied Mathematics and Computation**, Volume: 180, 2006, s.207.

⁸⁷ N. Mahdavi AMİRİ ve S.H. NASSERİ, s.207.

⁸⁸ Çetin ELMAS, **Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık)**, Seçkin Yayınları, Ankara, 2003, s.63.

$$\tilde{\Lambda}_\alpha = \{ x \in E \mid \mu_{\tilde{\Lambda}}(x) = \alpha \}$$

Örnek 4.1 için $\alpha = 0.9$ 'da $\tilde{\Lambda}_{0.9}$ seviye kümesi,

$$\tilde{\Lambda}_{0.9} = \frac{0.9}{10} \quad \text{olur.}$$

4.2.3.4. Alt Küme ve Eşit Kümeler⁸⁹

E evrensel kümesinin her elemanının $\tilde{A}$ kümesindeki üyelik derecesi, $\tilde{B}$ kümesindeki üyelik derecesinden küçük ya da eşitse $\tilde{A}$ kümesi $\tilde{B}$ kümesinin alt kümesidir.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) \leq \mu_{\tilde{B}}(x), \quad x \in E$$

$$\tilde{A} \subseteq \tilde{B}$$

Her $x \in E$ için $\mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{B}}(x)$ ise $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümeleri eşit kümelerdir.

$\tilde{A} = \tilde{B}$ ise $\tilde{A} \subseteq \tilde{B}$ ve $\tilde{B} \subseteq \tilde{A}$ olur. Eğer herhangi bir $x \in E$ için $\mu_{\tilde{A}}(x) \neq \mu_{\tilde{B}}(x)$ ise $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümeleri eşit değildir. $\mu_{\tilde{A}}(x) \leq \mu_{\tilde{B}}(x)$ ve $\tilde{A} \neq \tilde{B}$ ise $\tilde{A}$ kümesi $\tilde{B}$ kümesinin tam (öz) alt kümesidir.

4.2.3.5. Dışbükeylik (Konvekslik)⁹⁰

E evrensel kümesi üzerinde tanımlanan $\tilde{A}$ kümesi, E'de her x_1 ve x_2 nokta çiftleri için ancak ve ancak $\tilde{A}$ 'nın üyelik fonksiyonu aşağıdaki eşitsizliği sağlıyorsa dışbükeydir:

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

Burada, $\delta \in [0,1]$ 'dir. Alternatif olarak, bulanık bir küme eğer tüm α -kesim kümeleri dışbükey ise dışbükeydir.

$\tilde{A}$ kümesi dışbükeyse tümleyeni içbükeydir. Eğer $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ dışbükeyse $\tilde{A} \cap \tilde{B}$ dışbükey, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ içbükeyse $\tilde{A} \cup \tilde{B}$ kümesi de içbükeydir.

⁸⁹ Çetin ELMAS, s.64-65.

⁹⁰ Murat Hüseyin ATİN, **Bulanık Lineer Programlama**, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999, s.11.

Örnek 4.1 için $x(2) = 58$ kg, $x(11) = 78$ kg ve $\delta = 0.5$ için

$$\mu_{\tilde{A}} [0.5*58 + 0.5*78] \geq \text{Min} [\mu_{\tilde{A}}(58), \mu_{\tilde{A}}(78)]$$

$$\mu_{\tilde{A}} [68] \geq \text{Min} [0.27, 0.7]$$

$1 \geq 0.27$ olduğu için $\tilde{A}$ kümesi dışbükeydir.

4.2.3.6. Normallik ve Yükseklik⁹¹

E evrensel kümesi üzerinde tanımlanan $\tilde{A}$ kümesinin en az bir tane üyelik derecesi 1 ise $[\mu_{\tilde{A}}(x) = 1]$ ise, bu küme normal bulanık küme olarak adlandırılır. Eğer bulanık bir küme normal değilse, normalaltı olarak adlandırılır.

$\text{Sup}\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ ise normal bulanık küme

$\text{Sup}\mu_{\tilde{A}}(x) < 1$ ise normalaltı bulanık küme

Bulanık kümenin yüksekliği (Sup), üyelik derecesinin en büyük olduğu öğeye karşılık gelir. Normal olmayan bulanık kümeleri normal hale dönüştürmek için (dışbükey olma şartı ile); kümenin üyelik derecesinin, en büyük üyelik derecesi olan $\text{Sup}\mu_{\tilde{A}}(x)$ 'a bölünmesi gerekir.

Örnek 4.1 için $\text{Sup}\mu_{\tilde{A}}(6) = \text{Sup}\mu_{\tilde{A}}(7) = \text{Sup}\mu_{\tilde{A}}(8) = \text{Sup}\mu_{\tilde{A}}(9) = 1$ olduğu için $\tilde{A}$ kümesi normal bir kümedir.

4.2.3.7. Genişleme İlkesi⁹²

$E = E_1, E_2, \dots, E_n$ evrensel kümelerinin kartezyen çarpımı ve $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n$ evrensel kümelerde tanımlı bulanık kümeler olsun. $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n$ kümelerinin kartezyen çarpımı aşağıdaki şekilde tanımlanan yeni bir bulanık küme ile sonuçlanır.

$$\mu_{\tilde{A}_1 * \tilde{A}_2 * \dots * \tilde{A}_n} (x_1 * x_2 * \dots * x_n) = \text{Min} [\mu_{\tilde{A}_1} (x_1), \mu_{\tilde{A}_2} (x_2), \dots, \mu_{\tilde{A}_n} (x_n)]$$

f fonksiyonu E uzayından F uzayına olsun.

$$f(E_1, E_2, \dots, E_n) : E \rightarrow F$$

⁹¹ Nazife BAYKAL ve Timur BEYAN, s.84-85.

⁹² Nazife BAYKAL ve Timur BEYAN, s.157.

Öyleyse F 'de bulunan $\tilde{B}$ kümesi, f fonksiyonu ile elde edilebilir ve $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n$ kümeleri ile şu şekilde elde edilir:

$$\mu_{\tilde{B}}(y) = \begin{cases} 0, & f^{-1}(y) = \emptyset \\ \sup_{y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)} [\min(\mu_{\tilde{A}_1}(x_1), \dots, \mu_{\tilde{A}_n}(x_n))] & \text{Diğer durumda} \end{cases}$$

Burada $f^{-1}(y)$ y 'nin tersine görüntüsüdür. $\mu_{\tilde{B}}(y)$ üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}_1 * \tilde{A}_2 * \dots * \tilde{A}_n}(x_1 * x_2 * \dots * x_n)$ olan $y = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 'nin üyeliğidir. f birebir örten fonksiyon ise $f^{-1}(y) \neq \emptyset$ olduğu zaman, $\mu_{\tilde{B}}(y) = \mu_{\tilde{A}}(f^{-1}(y))$ 'dir.

Genişleme ilkesi bulanık sayılarda aritmetik işlemlerin temelini oluşturmaktadır.

4.2.4. Bulanık Kümelerde Aritmetik İşlemler

E evrensel kümesi üzerinde tanımlanan $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinin⁹³,

1. Toplamı: $\mu_{\tilde{A}+\tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - \mu_{\tilde{A}}(x) * \mu_{\tilde{B}}(x)$
2. Farkı: $\mu_{\tilde{A}-\tilde{B}}(x) = \min[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}^c(x)]$
3. Çarpımı: $\mu_{\tilde{A}*\tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) * \mu_{\tilde{B}}(x)$

olur.

Örnek 4.3: Örnek 4.1'deki $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerine aritmetik işlemler uygulandığında çizelge 4.1'deki sonuçlar elde edilir.

$$\tilde{A} = \frac{0.27}{2} + \frac{0.45}{3} + \frac{0.73}{4} + \frac{0.91}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{0.9}{10} + \frac{0.7}{11} + \frac{0.5}{12} + \frac{0.3}{13}$$

⁹³ Murat Hüseyin ATİN, s.17-18.

Çizelge 4.1.Bulanık Kümelerde Aritmetik İşlemler

$\tilde{B} = \frac{1}{1+2}$ Öğrenci No	$\mu_{\tilde{A}}(x)$	$\mu_{\tilde{B}}(x)$	$\mu_{\tilde{B}^c}(x)$	Toplam [$\mu_{\tilde{A}+\tilde{B}}(x)$] $\mu_{\tilde{A}}(x)+\mu_{\tilde{B}}(x)-$ $\mu_{\tilde{A}}(x)*\mu_{\tilde{B}}(x)$	Fark [$\mu_{\tilde{A}-\tilde{B}}(x)$] $\text{Min}[\mu_{\tilde{A}}(x),\mu_{\tilde{B}^c}(x)]$	Çarpım [$\mu_{\tilde{A}*\tilde{B}}(x)$] $\mu_{\tilde{A}}(x)*\mu_{\tilde{B}}(x)$
1	0	1	0	1	0	0
2	0.27	1	0	1	0	0.27
3	0.45	1	0	1	0	0.45
4	0.73	1	0	1	0	0.73
5	0.91	1	0	1	0	0.91
6	1	0.9	0.1	1	0.1	0.9
7	1	0.7	0.3	1	0.3	0.7
8	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5
9	1	0	1	1	1	0
10	0.9	0	1	0.9	0.9	0
11	0.7	0	1	0.7	0.7	0
12	0.5	0	1	0.5	0.5	0
13	0.3	0	1	0.3	0.3	0
14	0	0	1	0	0	0

Çizelge incelendiği zaman aritmetik toplamın birleşim kümesinin aritmetik çarpımın da kesişim kümesinin bulanık alt kümeleri olduğu çok açık görülmektedir.

4.3.BULANIK SAYILAR

Bulanık sayılar da aslında birer bulanık kümedir. Gerçek sayılar kümesi R 'de tanımlı $\tilde{A}$ kümesi aşağıdaki şartları sağlıyorsa bu bir bulanık sayıdır:⁹⁴

1. $\tilde{A}$ normal ve dışbükey bir bulanık küme
2. Sınırlı sürekli üyelik fonksiyonlu
3. $\tilde{A}$ 'nın destek kümesi sınırlı bir küme, yani α -kesim kümesi $\alpha \in (0,1]$

⁹⁴ Hsien-Chung WU, "Using Fuzzy Sets Theory and Black-Scholes Formula to Generate Pricing Boundaries of European Options", **Applied Mathematics and Computation**, Volume: 185, 2007, s.138.

4.3.1.Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler

4.3.1.1.α-Kesim Yöntemiyle Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler⁹⁵

E evrensel kümesinde tanımlanan $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ sayılarının aritmetik işlemi yeni bir bulanık sayı ile sonuçlanır. α -kesim yöntemiyle $\tilde{A}_\alpha = [\tilde{A}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^U]$ ve $\tilde{B}_\alpha = [\tilde{B}_\alpha^L, \tilde{B}_\alpha^U]$ sayılarının (L ve U harfleri sırasıyla bulanık sayının alt ve üst sınırlarını belirtmektedir):

1. Toplamı: $\tilde{A}_\alpha + \tilde{B}_\alpha = [\tilde{A}_\alpha^L + \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^U + \tilde{B}_\alpha^U]$
2. Farkı: $\tilde{A}_\alpha - \tilde{B}_\alpha = [\tilde{A}_\alpha^L - \tilde{B}_\alpha^U, \tilde{A}_\alpha^U - \tilde{B}_\alpha^L]$
3. Çarpımı: $\tilde{A}_\alpha * \tilde{B}_\alpha = [\tilde{A}_\alpha^L * \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^U * \tilde{B}_\alpha^U]$

Burada

$$[\tilde{A}_\alpha^L * \tilde{B}_\alpha^L] = \text{Min} [\tilde{A}_\alpha^L * \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^L * \tilde{B}_\alpha^U, \tilde{A}_\alpha^U * \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^U * \tilde{B}_\alpha^U]$$

$$[\tilde{A}_\alpha^U * \tilde{B}_\alpha^U] = \text{Max} [\tilde{A}_\alpha^L * \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^L * \tilde{B}_\alpha^U, \tilde{A}_\alpha^U * \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^U * \tilde{B}_\alpha^U]$$

4. Bölümü: $\tilde{A}_\alpha / \tilde{B}_\alpha = [\tilde{A}_\alpha^L / \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^U / \tilde{B}_\alpha^U]$

Burada

$$[\tilde{A}_\alpha^L / \tilde{B}_\alpha^L] = \text{Min} [\tilde{A}_\alpha^L / \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^L / \tilde{B}_\alpha^U, \tilde{A}_\alpha^U / \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^U / \tilde{B}_\alpha^U]$$

$$[\tilde{A}_\alpha^U / \tilde{B}_\alpha^U] = \text{Max} [\tilde{A}_\alpha^L / \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^L / \tilde{B}_\alpha^U, \tilde{A}_\alpha^U / \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^U / \tilde{B}_\alpha^U]$$

$$0 \notin [\tilde{B}_\alpha^L, \tilde{B}_\alpha^U]$$

5. Skalar Çarpım: $k * \tilde{A}_\alpha = \{\text{Min} [k * \tilde{A}_\alpha^L, k * \tilde{A}_\alpha^U], \text{Max} [k * \tilde{A}_\alpha^L, k * \tilde{A}_\alpha^U]\}$

Burada $k \in \mathbb{R}$

biçiminde hesaplanır.

Örnek 4.4: Üyelik fonksiyonları verilmiş olan üçgen üyelik fonksiyonuna sahip $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ sayıları için toplama işlemi aşağıdaki gibi yapılabilir.

⁹⁵ Luciano STEFANINI – Laerte SORINI ve Maria Letizia GUERRA, “Parametric Representation of Fuzzy Numbers and Application to Fuzzy Calculus”, **Fuzzy Sets and Systems**, Volume: 157, 2006, s.2425.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 3 \text{ ve } x > 7 \\ \frac{x-3}{2}, & 3 \leq x \leq 5 \\ \frac{7-x}{2}, & 5 < x \leq 7 \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{B}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 4 \text{ ve } x > 9 \\ \frac{x-4}{2}, & 4 \leq x \leq 6 \\ \frac{9-x}{3}, & 6 < x \leq 9 \end{cases}$$

$\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ sayılarının alt ve üst sınırlarının bulunabilmesi için α -kesim kümeleri oluşturulur.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha = \begin{cases} \frac{x-3}{2} \geq \alpha \\ \frac{7-x}{2} \geq \alpha \end{cases} \Rightarrow 2\alpha + 3 \leq x \leq 7 - 2\alpha$$

$$\mu_{\tilde{B}}(x) \geq \alpha = \begin{cases} \frac{x-4}{2} \geq \alpha, \\ \frac{9-x}{3} \geq \alpha, \end{cases} \Rightarrow 2\alpha + 4 \leq x \leq 9 - 3\alpha$$

Buradan,

$$[\tilde{A}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^U] = [2\alpha + 3, 7 - 2\alpha]$$

$$[\tilde{B}_\alpha^L, \tilde{B}_\alpha^U] = [2\alpha + 4, 9 - 3\alpha] \quad \text{olur.}$$

Toplama:

$$\tilde{A}_\alpha + \tilde{B}_\alpha = [\tilde{A}_\alpha^L + \tilde{B}_\alpha^L, \tilde{A}_\alpha^U + \tilde{B}_\alpha^U] \quad \text{formülünden}$$

$$\tilde{A}_\alpha + \tilde{B}_\alpha = [4\alpha + 7, 16 - 5\alpha]$$

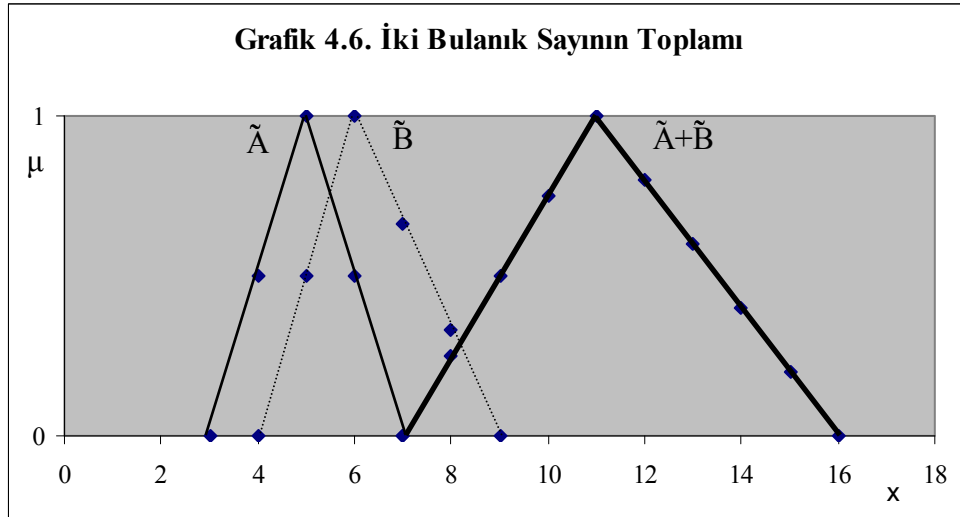
$\tilde{A} + \tilde{B}$ sayısının üyelik fonksiyonunu oluşturmak için $\alpha = 0$ ve $\alpha = 1$ değerleri toplama işlemi sonucunda yerine yerleştirilerek sınır değerleri bulunabilir:

$$\alpha = 0 \text{ için } \tilde{A}_0 + \tilde{B}_0 = (\tilde{A} + \tilde{B})^L = [7, 16]$$

$$\alpha = 1 \text{ için } \tilde{A}_1 + \tilde{B}_1 = (\tilde{A} + \tilde{B})^U = [11, 11]$$

Buradan $\tilde{A} + \tilde{B}$ sayısının üyelik fonksiyonu ve grafikte gösterimi aşağıdaki gibi olur.

$$\mu_{\tilde{A}+\tilde{B}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 7 \text{ veya } x > 16 \\ \frac{x-7}{4}, & 7 \leq x \leq 11 \\ \frac{16-x}{5}, & 11 < x \leq 16 \end{cases}$$



Örnekte de görüldüğü gibi iki bulanık sayı arasındaki herhangi bir aritmetik işlemler yeni bir bulanık sayı ile sonuçlanmaktadır.

4.3.1.2. Genişleme İlkesine Göre Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler⁹⁶

Genişleme ilkesi ile $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ sayıları arasındaki aritmetik işlemler aşağıda verildiği gibi bulunur. (Bölüm 4.2.3.6'dan hatırlanacağı üzere sup terimi en yüksek dereceli üyelik fonksiyonunu ifade etmektedir. Genişleme ilkesine göre aritmetik işlemlerin anlatımında bazı çalışmalarda sup terimi yerine Max terimi kullanılmaktadır.)

⁹⁶ Cheng ZHANG – Zue Hai YUAN ve E. Stanley LEE, “Duality Theory in Fuzzy Mathematical Programming Problems with Fuzzy Coefficients”, **An International Journal Computers & Mathematics with Applications**, Volume: 49, 2005, s.1712.

1. Toplamı: $\sup_{x=y+z} \{\min [\mu_{\tilde{A}}(y), \mu_{\tilde{B}}(z)]\}$
2. Farkı: $\sup_{x=y-z} \{\min [\mu_{\tilde{A}}(y), \mu_{\tilde{B}}(z)]\}$
3. Çarpımı: $\sup_{x=y*z} \{\min [\mu_{\tilde{A}}(y), \mu_{\tilde{B}}(z)]\}$
4. Bölümü: $\sup_{x=y/z} \{\min [\mu_{\tilde{A}}(y), \mu_{\tilde{B}}(z)]\}$
5. Skalar Çarpım: $k * \tilde{A}(y) = \begin{cases} \tilde{A}(k^{-1}y), & \text{eğer } k \neq 0 \\ \tilde{0}, & \text{eğer } k = 0 \end{cases}$

biçiminde hesaplanır.

Örnek 4.5: $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ sayıları aşağıda verilmiştir. $\tilde{A}$ - $\tilde{B}$ işleminin genişleme ilkesine göre hesaplanması çizelge 4.2 ve 4.3'te gösterilmiştir.

$$\mu_{\tilde{A}}(y) = \frac{0}{9} + \frac{0.2}{10} + \frac{0.4}{11} + \frac{0.6}{12} + \frac{0.8}{13} + \frac{1}{14} + \frac{0.5}{15} + \frac{0}{16}$$

$$\mu_{\tilde{B}}(z) = \frac{0}{4} + \frac{0.5}{5} + \frac{1}{6} + \frac{0.66}{7} + \frac{0.33}{8} + \frac{0}{9}$$

Çizelge 4.2, her $x = y-z$ için $\min [\mu_{\tilde{A}}(y), \mu_{\tilde{B}}(z)]$ değerini göstermektedir. Daha sonra alternatif her x değeri için Çizelge 4.2'den elde edilen $\min [\mu_{\tilde{A}}(y), \mu_{\tilde{B}}(z)]$ değerlerinden yararlanılarak elde edilen $\sup (x)$ değerleri çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.Genişleme İlkesine Göre İki Bulanık Sayının Farkı

y	z	x=y-z	$\mu_A(y)$	$\mu_B(z)$	$\min [\mu_A(y) , \mu_B(z)]$
9	4	5	0	0	0
10	4	6	0.2	0	0
11	4	7	0.4	0	0
12	4	8	0.6	0	0
13	4	9	0.8	0	0
14	4	10	1	0	0
15	4	11	0.5	0	0
16	4	12	0	0	0
9	5	4	0	0.5	0
10	5	5	0.2	0.5	0.2
11	5	6	0.4	0.5	0.4
12	5	7	0.6	0.5	0.5
13	5	8	0.8	0.5	0.5
14	5	9	1	0.5	0.5
15	5	10	0.5	0.5	0.5
16	5	11	0	0.5	0
9	6	3	0	1	0
10	6	4	0.2	1	0.2
11	6	5	0.4	1	0.4
12	6	6	0.6	1	0.6
13	6	7	0.8	1	0.8
14	6	8	1	1	1
15	6	9	0.5	1	0.5
16	6	10	0	1	0

y	z	x=y-z	$\mu_A(y)$	$\mu_B(z)$	$\min [\mu_A(y) , \mu_B(z)]$
9	7	2	0	0.66	0
10	7	3	0.2	0.66	0.2
11	7	4	0.4	0.66	0.4
12	7	5	0.6	0.66	0.6
13	7	6	0.8	0.66	0.66
14	7	7	1	0.66	0.66
15	7	8	0.5	0.66	0.5
16	7	9	0	0.66	0
9	8	1	0	0.33	0
10	8	2	0.2	0.33	0.2
11	8	3	0.4	0.33	0.33
12	8	4	0.6	0.33	0.33
13	8	5	0.8	0.33	0.33
14	8	6	1	0.33	0.33
15	8	7	0.5	0.33	0.33
16	8	8	0	0.33	0
9	9	0	0	0	0
10	9	1	0.2	0	0
11	9	2	0.4	0	0
12	9	3	0.6	0	0
13	9	4	0.8	0	0
14	9	5	1	0	0
15	9	6	0.5	0	0
16	9	7	0	0	0

Çizelge 4.3. Her $x = y - z$ İçin Sup Değerleri $x = y - z = 0$ Değerleri

y	z	$x = y - z$	$\mu_{\bar{A}}(y)$	$\mu_{\bar{B}}(z)$	$\min [\mu_{\bar{A}}(y), \mu_{\bar{B}}(z)]$	Sup(0)
9	9	0	0	0	0	0

 $x = y - z = 1$ Değerleri

Y	z	$x = y - z$	$\mu_{\bar{A}}(y)$	$\mu_{\bar{B}}(z)$	$\min [\mu_{\bar{A}}(y), \mu_{\bar{B}}(z)]$	Sup(1)
9	8	1	0	0.33	0	0
10	9	1	0.2	0	0	

 $x = y - z = 2$ Değerleri

Y	z	$x = y - z$	$\mu_{\bar{A}}(y)$	$\mu_{\bar{B}}(z)$	$\min [\mu_{\bar{A}}(y), \mu_{\bar{B}}(z)]$	Sup(2)
9	7	2	0	0.66	0	0.2
10	8	2	0.2	0.33	0.2	
11	9	2	0.4	0	0	

 $x = y - z = 3$ Değerleri

Y	z	$x = y - z$	$\mu_{\bar{A}}(y)$	$\mu_{\bar{B}}(z)$	$\min [\mu_{\bar{A}}(y), \mu_{\bar{B}}(z)]$	Sup(3)
9	6	3	0	1	0	0.33
10	7	3	0.2	0.66	0.2	
11	8	3	0.4	0.33	0.33	
12	9	3	0.6	0	0	

 $x = y - z = 4$ Değerleri

Y	z	$x = y - z$	$\mu_{\bar{A}}(y)$	$\mu_{\bar{B}}(z)$	$\min [\mu_{\bar{A}}(y), \mu_{\bar{B}}(z)]$	Sup(4)
9	5	4	0	0.5	0	0.4
10	6	4	0.2	1	0.2	
11	7	4	0.4	0.66	0.4	
12	8	4	0.6	0.33	0.33	
13	9	4	0.8	0	0	

 $x = y - z = 5$ Değerleri

Y	z	$x = y - z$	$\mu_{\bar{A}}(y)$	$\mu_{\bar{B}}(z)$	$\min [\mu_{\bar{A}}(y), \mu_{\bar{B}}(z)]$	Sup(5)
9	4	5	0	0	0	0.6
10	5	5	0.2	0.5	0.2	
11	6	5	0.4	1	0.4	
12	7	5	0.6	0.66	0.6	
13	8	5	0.8	0.33	0.33	
14	9	5	1	0	0	

x = y-z = 6 Değerleri

Y	z	x = y-z	$\mu_{\bar{A}}(y)$	$\mu_{\bar{B}}(z)$	$\min [\mu_{\bar{A}}(y) , \mu_{\bar{B}}(z)]$	Sup(6)
10	4	6	0.2	0	0	0.66
11	5	6	0.4	0.5	0.4	
12	6	6	0.6	1	0.6	
13	7	6	0.8	0.66	0.66	
14	8	6	1	0.33	0.33	
15	9	6	0.5	0	0	

x = y-z = 7 Değerleri

Y	z	x = y-z	$\mu_{\bar{A}}(y)$	$\mu_{\bar{B}}(z)$	$\min [\mu_{\bar{A}}(y) , \mu_{\bar{B}}(z)]$	Sup(7)
11	4	7	0.4	0	0	0.8
12	5	7	0.6	0.5	0.5	
13	6	7	0.8	1	0.8	
14	7	7	1	0.66	0.66	
15	8	7	0.5	0.33	0.33	
16	9	7	0	0	0	

x = y-z = 8 Değerleri

Y	z	x = y-z	$\mu_{\bar{A}}(y)$	$\mu_{\bar{B}}(z)$	$\min [\mu_{\bar{A}}(y) , \mu_{\bar{B}}(z)]$	Sup(8)
12	4	8	0.6	0	0	1
13	5	8	0.8	0.5	0.5	
14	6	8	1	1	1	
15	7	8	0.5	0.66	0.5	
16	8	8	0	0.33	0	

x = y-z = 9 Değerleri

Y	z	x = y-z	$\mu_{\bar{A}}(y)$	$\mu_{\bar{B}}(z)$	$\min [\mu_{\bar{A}}(y) , \mu_{\bar{B}}(z)]$	Sup(9)
13	4	9	0.8	0	0	0.5
14	5	9	1	0.5	0.5	
15	6	9	0.5	1	0.5	
16	7	9	0	0.66	0	

x = y-z = 10 Değerleri

Y	z	x = y-z	$\mu_{\bar{A}}(y)$	$\mu_{\bar{B}}(z)$	$\min [\mu_{\bar{A}}(y) , \mu_{\bar{B}}(z)]$	Sup(10)
14	4	10	1	0	0	0.5
15	5	10	0.5	0.5	0.5	
16	6	10	0	1	0	

x = y-z = 11 değerleri

y	z	x = y-z	$\mu_{\tilde{A}}(y)$	$\mu_{\tilde{B}}(z)$	$\min [\mu_{\tilde{A}}(y) , \mu_{\tilde{B}}(z)]$	Sup(11)
15	4	11	0.5	0	0	0
16	5	11	0	0.5	0	

x = y-z = 12 değerleri

y	z	x = y-z	$\mu_{\tilde{A}}(y)$	$\mu_{\tilde{B}}(z)$	$\min [\mu_{\tilde{A}}(y) , \mu_{\tilde{B}}(z)]$	Sup(12)
16	4	12	0	0	0	0

$\tilde{A}$ - $\tilde{B}$ sayısı tüm sup(x) değerlerinin oluşturduğu küme ile:

$$\mu_{\tilde{A}-\tilde{B}}(x) = \frac{0}{0} + \frac{0}{1} + \frac{0.2}{2} + \frac{0.33}{3} + \frac{0.4}{4} + \frac{0.6}{5} + \frac{0.66}{6} + \frac{0.8}{7} + \frac{1}{8} + \frac{0.5}{9} + \frac{0.5}{10} + \frac{0}{11} + \frac{0}{12}$$

olur.

BEŞİNCİ BÖLÜM

BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (BVZA)

5.1.BULANIK VERİLERİN SINIFLANDIRILMASI

VZA veri tabanlı bir etkinlik ölçme yöntemi olduğu için yapılacak ölçümün sağlıklı olması için girdi-çıkı verilerinin çok dikkatli seçilmesi ve güvenilir olması gerekmektedir.

Fakat birçok gerçek hayat uygulamasında girdi-çıkı verileri tam ve doğru olarak toplanamaz. Geleneksel VZA modelleri, sadece kullanılan girdi ve üretilen çıktıların kesin olarak bilindiği durumlarda uygulanabilmektedir. Verilerin kesin olarak bilinmediği durumlarda etkinlik ölçümlerinin yapılabilmesi için ise Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) modelleri geliştirilmiştir.

BVZA modellerinde veriler:

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

olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır.

5.2.BVZA MODELLERİ

Tezin bu bölümünde bugüne kadar geliştirilmiş olan 10 adet BVZA modeli anlatılacaktır. İncelenen modellerde kullanılan veri türü, verilerin üyelik fonksiyonu ve elde edilen etkinlik değerinin özelliğine göre sınıflandırılması çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1.BVZA Modelleri

Yazar	Modelde Kullanılan Veri Türü	Bulanık Verilerin Üyelik Fonksiyonu	Elde Edilen Etkinlik Değeri
Despotis-Smirlis	•Sınırlandırılmış •Kesin değeri bilinen •Sıralı	•Monotonik artan	•KVB’lerin alabileceği en yüksek etkinlik değeri
Cook-Kress-Seiford	•Kesin değeri bilinen •Sıralı	•Üyelik fonksiyonu yok	•KVB’lerin alabileceği en yüksek etkinlik değeri
Cooper-Park-Yu	•Sınırlandırılmış •Kesin değeri bilinen •Sıralı	•Sınırlama yok	•KVB’lerin alabileceği en yüksek etkinlik değeri
Kao-Liu	•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 değerinin üst-alt sınırı ve üyelik fonksiyonu
Saati-Memariani-Jahanshahloo	•Sınırlandırılmış •Kesin değeri bilinen	•Üçgen	•Tüm KVB’lerin $\mu \geq \alpha$ ’daki girdi ve çıktı verilerinin kullanılması durumunda, $\mu \geq \alpha$ ’daki etkinlik değerinin üst sınırı
Saati-Memariani	•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 değeri ve üyelik fonksiyonu
Lertworasirikul	•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 değeri
Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle	•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 değeri
Guo-Tanaka	•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 değeri ve üyelik fonksiyonu
Leon-Liern-Ruiz-Sirvent	•Sınırlandırılmış •Kesin değeri bilinen	•Yamuk	•Tüm KVB’lerin $\mu = \alpha$ ’daki girdi ve çıktı verilerinin kullanılması durumunda, $\mu = \alpha$ üyelik derecesindeki etkinlik değeri

5.2.1.Despotis-Smirlis Modeli⁹⁷

Sınırlandırılmış, kesin ve sıralı veriler için uygulanabilen bir modeldir.

a) *Sınırlandırılmış ve Kesin Veriler İçin Etkinlik Değerinin Maksimum ve Minimumunun Hesaplanması:*

Etkinlik, çıktıların ağırlıklı toplamının girdilerin ağırlıklı toplamına oranı olarak tanımlanmıştır. Sınırlandırılmış veriler içeren KVB'ler kendi etkinlik değerlerini maksimize etmek için; incelenen o. KVB için sınırlandırılmış verilerden kendi çıktı değeri için üst sınırdaki girdi değeri için alt sınırdaki veriyi seçerken, diğer KVB'lerin çıktı değerleri için alt sınırdaki girdi değerleri için üst sınırdaki veriyi seçecektir. O halde; sınırlandırılmış girdi ve çıktı verileri içeren KVB'ler için, girdi ve çıktı verilerinin üyelik fonksiyonunun nasıl olduğuna bakılmaksızın incelenen o. KVB'nin girdiye yönelik CCR'ye göre etkinlik değerinin üst sınırı (E_o^U):

$$E_o^U = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}^U$$

Kısıtlar,

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

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

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

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

olur.

⁹⁷ Dimitris K. DESPOTIS ve Yiannis G. SMIRLIS, "Continuous Optimisation Data Envelopment Analysis with Imprecise Data", **European Journal of Operational Research**, Volume: 140, 2002, s.24-36.

Etkinlik değerin alt sınırı (E_o^L) ise:

$$E_o^L = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}^L$$

Kısıtlar,

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

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

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{io}^U \leq 0,$$

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

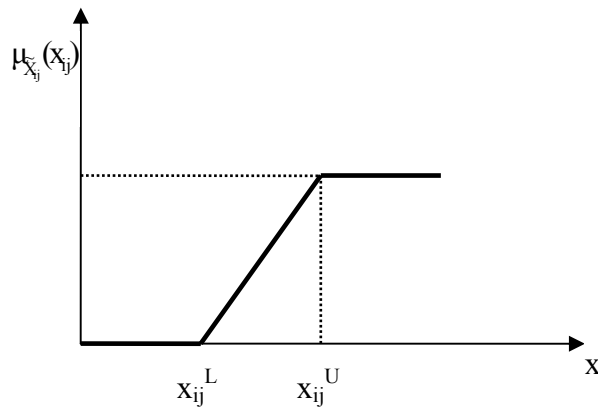
olur. Bu genelleme tüm sınırlandırılmış veri içeren KVB'ler için yapılabilir.

b) Sınırlandırılmış ve Kesin Veriler İçin Despotis-Smirlis Modeli:

Sınırlandırılmış veriler içeren KVB'ler için üyelik fonksiyonu girdiler ve çıktılar için monotonik artan (her ne kadar çalışmada belirtilmese de) olarak grafik 5.1'deki gibi tanımlanmıştır. Grafik 5.1'den herhangi bir $x_{ij} \in \tilde{X}_{ij}$ ve $y_{rj} \in \tilde{Y}_{rj}$ için;

$$x_{ij} = x_{ij}^L - (x_{ij}^L - x_{ij}^U) \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \quad y_{rj} = y_{rj}^L - (y_{rj}^L - y_{rj}^U) \mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj})$$

tanımlaması yapılabilir.



Grafik 5.1.Despotis-Smirlis Modelinde Girdiler ve Çıktılar İçin Üyelik Fonksiyonu

Üyelik derecesi ve sınır değerleri biçiminde o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$E_o = \max \sum_{r=1}^s u_r \left[(y_{ro}^L - y_{ro}^U) \mu_{\tilde{Y}_{ro}}(y_{ro}) + y_{ro}^U \right]$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i \left[x_{io}^L - (x_{io}^L - x_{io}^U) \mu_{\tilde{X}_{io}}(x_{io}) \right] = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \left[(y_{rj}^L - y_{rj}^U) \mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj}) + y_{rj}^U \right] - \sum_{i=1}^m v_i \left[x_{ij}^L - (x_{ij}^L - x_{ij}^U) \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \right] \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

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

$$0 \leq \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}), \mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj}) \leq 1 \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

Hem girdi ve çıktı miktarları hem de girdi ve çıktılara verilecek ağırlıklar bilinmediği için $(u_r \tilde{Y}_{rj}$ ve $v_i \tilde{X}_{ij}$ bilinmeyenlerin çarpımı olacağı için) doğrusal olmayan VZA modeli, $p_{rj} = u_r \mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj})$ ve $q_{ij} = v_i \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij})$ tanımlamaları ile doğrusal VZA modeline çevrilebilir ve o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_o = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}^L + p_{ro} (y_{ro}^U - y_{ro}^L)$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io}^L + q_{io} (x_{io}^U - x_{io}^L) = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L + p_{rj} (y_{rj}^U - y_{rj}^L) - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L + q_{ij} (x_{ij}^U - x_{ij}^L) \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$p_{rj} - u_r \leq 0 \quad q_{ij} - v_i \leq 0 \quad i=1,2,\dots,m \quad r=1,2,\dots,s \quad j=1,2,\dots,n$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon \quad p_{rj}, q_{ij} \geq 0 \quad i=1,2,\dots,m \quad r=1,2,\dots,s \quad j=1,2,\dots,n$$

olur.

Önerilen model; her zaman için $[p_{ro} = u_r \quad q_{io} = \varepsilon]$ ve $[p_{rj} = \varepsilon \quad q_{ij} = v_i \quad (j \neq o)]$ değerlerine ulaşılmasına izin vermektedir. Bu değerler ise, incelenen o. KVB için sınırlandırılmış verilerden kendi çıktı değeri için üst sınırdaki girdi değeri için alt sınırdaki veriyi, diğer KVB'lerin çıktı değerleri için alt sınırdaki, girdi değerleri için

üst sınırdaki veriyi seçmesi demektir. Yani, önerilen modelden elde edilen etkinlik değeri, a bendinde anlatılmış olan (E_o^U) ile aynı olacaktır.

c) *Sınırlandırılmış, Kesin ve Sıralı Veriler İçin Despotis-Smirlis Modeli:*

Sınırlandırılmış (girdi-çıktılar için monotonik artan üyelik fonksiyonu olması şartı ile), kesin ve sıralı veriler için girdiye yönelik CCR modeli aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$E_o = \max \sum_{r \in SK^C} u_r y_{ro}^L + p_{ro} (y_{ro}^U - y_{ro}^L) + \sum_{r \in S^C} u_r y_{ro}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i \in SK^G} v_i x_{io}^L + q_{io} (x_{io}^U - x_{io}^L) + \sum_{i \in S^G} v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{r \in SK^C} u_r y_{rj}^L + p_{rj} (y_{rj}^U - y_{rj}^L) + \sum_{r \in S^C} u_r y_{rj} - \sum_{i \in SK^G} v_i x_{ij}^L + q_{ij} (x_{ij}^U - x_{ij}^L) - \sum_{i \in S^G} v_i x_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$p_{rj} - u_r \leq 0 \quad r \in SK^C \quad j=1,2,\dots,n$$

$$q_{ij} - v_i \leq 0 \quad i \in SK^G \quad j=1,2,\dots,n$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon \quad r \in SK^C \quad i \in SK^G$$

$u_r y_{rj}$ 'ler arasındaki sıralı ilişki; ardışık gelen 2 sıralı çıktı ve o çıktıya verilecek ağırlığın çarpımı ($u_r y_{rj}$) arasındaki fark $\geq \delta$, $r \in S^C \quad j=1,2,\dots,n$

$v_i x_{ij}$ 'ler arasındaki sıralı ilişki; ardışık gelen 2 sıralı girdi ve o girdiye verilecek ağırlığın çarpımı ($v_i x_{ij}$) arasındaki fark $\geq \delta$, $i \in S^G \quad j=1,2,\dots,n$

Burada,

SK^C : Sınırlandırılmış ve kesin verilerin çıktı kümesi

SK^G : Sınırlandırılmış ve kesin verilerin girdi kümesi

S^C : Sıralı verilerin çıktı kümesi

S^G : Sıralı verilerin girdi kümesi

$\mathcal{C}$: Çıktıların indisler kümesi, $\mathcal{C}=\{1,2,\dots,s\}$

G : Girdilerin indisler kümesi, $G=\{1,2,\dots,m\}$

δ : Yeterince küçük bir sayı ($\delta \leq 10^{-6}$)

Sıralı veriler; sayısal değerleri bilinmeyen, girdi ya da çıktı verilerinin KVB'ler arasındaki büyük ($>$), küçük ($<$) ya da eşit ($=$) ilişkisinin bulunduğu verilerdir. Bu veriler modele, ardışık sıralı 2 veri ve o veriye verilecek ağırlıkların çarpımı arasındaki fark ($\geq \delta$) kısıtları ile yansıtılmıştır. Eğer ardışık 2 veri birbirine eşitse ($\geq \delta$) yerine ($=0$) yazılır. Doğrusal olmayan VZA modeli $t_{rj} = u_r y_{rj}$ ($r \in S^C$) ve $k_{ij} = v_i x_{ij}$ ($i \in S^G$) tanımlamaları ile doğrusal hale getirilerek o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$E_o = \max \sum_{r \in S^C} u_r y_{ro}^L + p_{ro} (y_{ro}^U - y_{ro}^L) + \sum_{r \in S^C} t_{ro}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i \in S^G} v_i x_{io}^L + q_{io} (x_{io}^U - x_{io}^L) + \sum_{i \in S^G} k_{io} = 1$$

$$\sum_{r \in S^C} u_r y_{rj}^L + p_{rj} (y_{rj}^U - y_{rj}^L) + \sum_{r \in S^C} t_{rj} - \sum_{i \in S^G} v_i x_{ij}^L + q_{ij} (x_{ij}^U - x_{ij}^L) - \sum_{i \in S^G} k_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$p_{rj} - u_r \leq 0 \quad r \in S^C \quad j=1,2,\dots,n$$

$$q_{ij} - v_i \leq 0 \quad i \in S^G \quad j=1,2,\dots,n$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon \quad r \in S^C \quad i \in S^G$$

ardışık gelen 2 sıralı t_{rj} arasındaki fark $\geq \delta$

ardışık gelen 2 sıralı k_{ij} arasındaki fark $\geq \delta$

Örneğin 4 adet KVB için veriler çizelge 5.2'deki gibidir.

Çizelge 5.2. Kesin, Sınırlandırılmış ve Sıralı Veriler İçin Örnek Veri Çizelgesi

KVB	ÇIKTILAR (y_{rj})			GİRDİLER (x_{ij})		
	Kesin Değerleri Bilinen (y_{1j})	Sıralı (y_{2j})	Sınırlandırılmış (y_{3j})	Kesin Değerleri Bilinen (x_{1j})	Sıralı (x_{2j})	Sınırlandırılmış (x_{3j})
1	y_{11}	$y_{23} > y_{21}$	$[y_{31}^L, y_{31}^U]$	x_{11}	x_{21}	$[x_{31}^L, x_{31}^U]$
2	y_{12}	$y_{21} > y_{22}$	$[y_{32}^L, y_{32}^U]$	x_{12}	$x_{23} > x_{22}$	$[x_{32}^L, x_{32}^U]$
3	y_{13}	y_{23}	$[y_{33}^L, y_{33}^U]$	x_{13}	$x_{21} > x_{23}$	$[x_{33}^L, x_{33}^U]$
4	y_{14}	$y_{22} > y_{24}$	$[y_{34}^L, y_{34}^U]$	x_{14}	$x_{22} > x_{24}$	$[x_{34}^L, x_{34}^U]$

Çizelge 5.2'deki sıralı veriler arasındaki ilişki modele kısıt olarak

$$t_{23} - t_{21} \geq \delta$$

$$t_{21} - t_{22} \geq \delta$$

$$t_{22} - t_{24} \geq \delta$$

$$k_{23} - k_{22} \geq \delta$$

$$k_{21} - k_{23} \geq \delta$$

$$k_{22} - k_{24} \geq \delta \quad \text{şeklinde yansıtılır.}$$

5.2.2.Cook-Kress-Seiford Modeli⁹⁸

Cook, Kress ve Seiford ilk olarak 1993 yılında “On the Use of Ordinal Data in Data Envelopment”⁹⁹ isimli çalışma ile sadece sıralı veriler içeren girdi ve çıktı verileri için model önermiş, daha sonra bu modeli 1996 yılındaki çalışmaları ile kesin ve sıralı veriler içeren problemler için geliştirmişlerdir. Cook, Kress ve Seiford kesin ve sıralı veriler içeren KVB’ler için o. KVB için girdiye yönelik CCR modelini aşağıdaki gibi tanımlamışlardır:

$$E_o = \max \sum_{r \in K^C} u_r y_{ro} + \sum_{r \in S^C} \sum_{\ell=1}^L u_{ro}^{\ell} y_{ro}^{\ell}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i \in K^G} v_i x_{io} + \sum_{i \in S^G} \sum_{\ell=1}^L v_{io}^{\ell} x_{io}^{\ell} = 1$$

$$\sum_{r \in K^C} u_r y_{rj} + \sum_{r \in S^C} \sum_{\ell=1}^L u_{rj}^{\ell} y_{rj}^{\ell} - \sum_{i \in K^G} v_i x_{ij} - \sum_{i \in S^G} \sum_{\ell=1}^L v_{ij}^{\ell} x_{ij}^{\ell} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

En alt sıradaki veri $\geq \delta$ olmak üzere her sıralı r. çıktı için y_{rj} ’ler arasındaki sıralı ilişki $r \in S^C \quad j=1,2,\dots,n$

En alt sıradaki veri $\geq \delta$ olmak üzere her sıralı i. girdi için x_{ij} ’ler arasındaki sıralı ilişki $i \in S^G \quad j=1,2,\dots,n$

$$u_{rj}^{\ell} = \begin{cases} 1 & \text{j.KVB'nin r. çıktısı r. çıktılar arasında } \ell.\text{sırada ise} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$v_{ij}^{\ell} = \begin{cases} 1 & \text{j.KVB'nin i. girdisi i. girdiler arasında } \ell.\text{sırada ise} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$L \leq n$$

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

⁹⁸ Wade D. COOK – Moshe KRESS ve Lawrence M. SEIFORD, “Data Envelopment Analysis in the Presence of Both Quantitative and Qualitative Factors”, **The Journal of the Operational Research Society**, Volume: 47, 1996, s.945-953.

⁹⁹ Wade D. COOK – Moshe KRESS ve Lawrence M. SEIFORD, “On the Use of Ordinal Data in Data Envelopment”, **The Journal of the Operational Research Society**, Volume: 44, 1993, s.133-140.

Burada,

K^C : Kesin verilerin çıktı kümesi

K^G : Kesin verilerin girdi kümesi

S^C : Sıralı verilerin çıktı kümesi

S^G : Sıralı verilerin girdi kümesi

$\mathcal{C}$: Çıktıların indisler kümesi, $\mathcal{C}=\{1,2,\dots,s\}$

$\mathcal{G}$: Girdilerin indisler kümesi, $\mathcal{G}=\{1,2,\dots,m\}$

L : Sıralı veriler arasındaki ilişkinin sırasal numara olarak ifade edildiği küme

ℓ : Sıralı veriye verilen sıra

u_{rj}^ℓ : j. KVB'nin r. sıralı çıktısına verilen ağırlık

v_{ij}^ℓ : j. KVB'nin i. sıralı girdisine verilen ağırlık

δ : Yeterince küçük bir sayı ($\delta \leq 10^{-6}$)

Sıralı ilişkisi verilen girdi ya da çıktı verileri için, çok çok önemli-çok önemli-önemli-önemli-önemsiz sınıflandırılması verilmiş olsun. Ayrıca $\ell=1$ değeri çok çok önemli, $\ell=2$ değeri çok önemli, $\ell=3$ değeri önemli ve $\ell=4$ değeri önemsiz ifadelerine verilsin. O zaman L kümesi $L=\{1,2,3,4\}$ olur. Birden fazla KVB'nin aynı ℓ değerini alma ihtimali olduğu için modele kısıt olarak $L \leq n$ yazılmıştır.

Despotis-Smirlis modeli ile Cook-Kress-Seiford modeli arasındaki farklar:

- Despotis-Smirlis modelinde her 2 KVB ve KVB'lere verilecek ağırlıkların çarpımı arasındaki fark $\geq \delta$, bu modelde ise her 2 KVB arasındaki fark >0 ve en alt sıradaki veri $\geq \delta$ olacak şekilde ayrı ayrı kısıt olarak gösterilmiştir.
- Despotis-Smirlis modelinde sıralı veri ve o veriye verilen ağırlığın çarpımı bilinmeyen olarak modele yansıtılırken, bu modelde sıralı verilere verilen ağırlıklar problemin başında u_{rj}^ℓ ve v_{ij}^ℓ birim matrisleri kullanılarak 1 ya da 0 olacak şekilde, değişkenin sırası belirtilerek yansıtılmaktadır.

5.2.3.Cooper-Park-Yu Modeli¹⁰⁰

Sınırlandırılmış, kesin ve sıralı veriler için uygulanabilen 2 aşamalı bir modeldir. Despotis-Smirlis modelinde kullanılan çizelge 5.2'deki gibi sıralı, sınırlandırılmış ve kesin değerleri bilinen verilerden oluşan bir veri seti bulunduğunda modelin kurulumu aşağıda verilmiştir.

1. Aşama:

Modelin ilk aşamasında her veri, ilgili sütundaki maksimum değerli veriye bölünerek veriler için ölçek dönüşümü yapılır.

Çizelge 5.2'de;

y_{1j} sütunu için y_{11} 'in y_{2j} sütunu için y_{23} 'ün

y_{3j} sütunu için y_{33} 'ün x_{1j} sütunu için x_{13} 'ün

x_{2j} sütunu için x_{21} 'in x_{3j} sütunu için x_{34} 'ün,

maksimum değerli veriler olduğunu ve hesaplama kolaylığı için maksimum değerlerin 1 olduğunu varsayalım. Ölçek dönüşümü yapmanın amacı her sütundaki birim veri değerlerini (Bu değer her zaman 1 olur.) netleştirmektir.

Tüm çıktılar için $\hat{y}_{rj} = \frac{y_{rj}}{\max_j(y_{rj})}$ [ölçek dönüşümü yapılmış j. KVB'nin r.

çıktısı ($\hat{y}_{rj}$)=j. KVB'nin r. çıktısının (y_{rj}), tüm KVB'lerin r. çıktıları içerisindeki en

yüksek değerli elemana ($\max_j(y_{rj})$) oranı] ve tüm girdiler için $\hat{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_j(x_{ij})}$

[ölçek dönüşümü yapılmış j. KVB'nin i. girdisi ($\hat{x}_{ij}$)=j. KVB'nin i. girdisinin (x_{ij}),

tüm KVB'lerin i. girdileri içerisindeki en yüksek değerli elemana ($\max_j(x_{ij})$) oranı]

formülleri ile ölçek dönüşümü yapılmış olan veriler çizelge 5.3'teki gibi olur.

¹⁰⁰ William W. COOPER – Kyung Sam PARK ve Gang YU, “IDEA and AR-IDEA: Models for Dealing with Imprecise Data in DEA”, **Management Science**, Volume: 45, 1999, s.597-607.

Çizelge 5.3.Ölçek Dönüşümü Yapılan Veriler

KVB (j)	ÇIKTILAR (y_{rj})			GİRDİLER (x_{ij})		
	Kesin Değerleri Bilinen (y_{1j})	Sıralı (y_{2j})	Sınırlandırılmış (y_{3j})	Kesin Değerleri Bilinen (x_{1j})	Sıralı (x_{2j})	Sınırlandırılmış (x_{3j})
1	1	$\hat{y}_{23} > \hat{y}_{21}$	$[\hat{y}_{31}^L, \hat{y}_{31}^U]$	$\hat{x}_{11}$	1	$[\hat{x}_{31}^L, \hat{x}_{31}^U]$
2	$\hat{y}_{12}$	$\hat{y}_{21} > \hat{y}_{22}$	$[\hat{y}_{32}^L, \hat{y}_{32}^U]$	$\hat{x}_{12}$	$\hat{x}_{23} > \hat{x}_{22}$	$[\hat{x}_{32}^L, \hat{x}_{32}^U]$
3	$\hat{y}_{13}$	1	1	1	$\hat{x}_{21} > \hat{x}_{23}$	$[\hat{x}_{33}^L, \hat{x}_{33}^U]$
4	$\hat{y}_{14}$	$\hat{y}_{22} > \hat{y}_{24}$	$[\hat{y}_{34}^L, \hat{y}_{34}^U]$	$\hat{x}_{14}$	$\hat{x}_{22} > \hat{x}_{24}$	1

Ölçek dönüşümü yapıldıktan sonra, o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_o = \max \sum_{r=1}^3 u_r \hat{y}_{ro}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^3 v_i \hat{x}_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^3 u_r \hat{y}_{rj} - \sum_{i=1}^3 v_i \hat{x}_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,3,4$$

$$\hat{y}_{23} = 1 > \hat{y}_{21} > \hat{y}_{22} > \hat{y}_{24} \quad \hat{x}_{21} = 1 > \hat{x}_{23} > \hat{x}_{22} > \hat{x}_{24}$$

$$\hat{y}_{31}^L \leq \hat{y}_{31} \leq \hat{y}_{31}^U, \quad \hat{y}_{32}^L \leq \hat{y}_{32} \leq \hat{y}_{32}^U,$$

$$\hat{y}_{33} = 1, \quad \hat{y}_{34}^L \leq \hat{y}_{34} \leq \hat{y}_{34}^U$$

$$\hat{x}_{31}^L \leq \hat{x}_{31} \leq \hat{x}_{31}^U, \quad \hat{x}_{32}^L \leq \hat{x}_{32} \leq \hat{x}_{32}^U$$

$$\hat{x}_{33}^L \leq \hat{x}_{33} \leq \hat{x}_{33}^U, \quad \hat{x}_{34} = 1$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon \quad r=1,2,3 \quad i=1,2,3$$

olur.

2. Aşama:

Hem bazı girdi ve çıktı miktarları hem de girdi ve çıktılara verilecek ağırlıklar bilinmediği için doğrusal olmayan VZA modeli $Y_{rj} = u_r \hat{y}_{rj}$, $X_{ij} = v_i \hat{x}_{ij}$ tanımlaması ile değişken dönüşümü yapılarak doğrusal VZA modeline çevrilir.

1. aşamada ölçek dönüşümü sonucu; $\max_j(\hat{y}_{rj})$ [tüm KVB'lerin ölçek dönüşümü yapılmış r. çıktıları ($\hat{y}_{rj}$) içerisindeki en yüksek değerli elemanı] ve $\max_j(\hat{x}_{ij})$ [tüm KVB'lerin ölçek dönüşümü yapılmış i. girdileri ($\hat{x}_{ij}$) içerisindeki en yüksek değerli elemanı] değerleri 1 olmuştur. Buradan,

$$\max_r(Y_{rj}) = u_r \max_j(\hat{y}_{rj}) \rightarrow \max_j(Y_{rj}) = u_r$$

$$\max_i(X_{ij}) = v_i \max_j(\hat{x}_{ij}) \rightarrow \max_j(X_{ij}) = v_i \quad \text{olur ve,}$$

$$\hat{y}_{rj} = Y_{rj} / \max_j(Y_{rj}) \text{ ve } \hat{x}_{ij} = X_{ij} / \max_j(X_{ij}) \quad \text{yazılabilir.}$$

Ölçek dönüşümü yapılmış veri setinde, her sütundaki maksimum değerli veri bilindiği için, veri seti değişken dönüşümü yapılmış haliyle modele kısıt olarak yazılırsa o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_o = \sum_{r=1}^3 Y_{ro}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^3 X_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^3 Y_{rj} - \sum_{i=1}^3 X_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,3,4$$

$$Y_{12} = \hat{y}_{12} Y_{11}$$

$$Y_{13} = \hat{y}_{13} Y_{11}$$

$$Y_{14} = \hat{y}_{14} Y_{11}$$

$$X_{11} = \hat{x}_{11} X_{13}$$

$$X_{12} = \hat{x}_{12} X_{13}$$

$$X_{14} = \hat{x}_{14} X_{13}$$

$$Y_{23} > Y_{21} > Y_{22} > Y_{24}$$

$$X_{21} > X_{23} > X_{22} > X_{24}$$

$$Y_{33} \hat{y}_{31}^L \leq Y_{31} \leq Y_{33} \hat{y}_{31}^U,$$

$$Y_{33} \hat{y}_{32}^L \leq Y_{32} \leq Y_{33} \hat{y}_{32}^U$$

$$Y_{33} \hat{y}_{34}^L \leq Y_{34} \leq Y_{33} \hat{y}_{34}^U$$

$$X_{34} \hat{x}_{31}^L \leq X_{31} \leq X_{34} \hat{x}_{31}^U$$

$$X_{34} \hat{x}_{32}^L \leq X_{32} \leq X_{34} \hat{x}_{32}^U$$

$$X_{34} \hat{x}_{33}^L \leq X_{33} \leq X_{34} \hat{x}_{33}^U$$

$$Y_{11}, Y_{23}, Y_{33}, X_{13}, X_{21}, X_{34} \geq \varepsilon \quad \text{olur.}$$

5.2.4.Kao-Liu Modeli¹⁰¹

α -kesim yöntemi ve genişleme ilkesi kullanılarak bulanık VZA'nın geleneksel VZA'ya çevrilmesi üzerine kurulmuştur. Sınırlandırılmış ve kesin değeri bilinen verilere sahip problemler için uygulanabilen bir modeldir.

$\tilde{X}_{ij}$ ve $\tilde{Y}_{rj}$ girdi-çıkı verilerinin α -kesimleri alınarak, herhangi $\mu \geq \alpha$ üyelik derecesindeki alt ve üst sınırları:

$$(\tilde{X}_{ij})_{\alpha} = [(\tilde{X}_{ij})_{\alpha}^L, (\tilde{X}_{ij})_{\alpha}^U] \quad (\tilde{Y}_{rj})_{\alpha} = [(\tilde{Y}_{rj})_{\alpha}^L, (\tilde{Y}_{rj})_{\alpha}^U]$$

şeklinde ifade edilebilir.

VZA modelleri girdi ve çıktı verilerinin bir fonksiyonu olduğu için genişleme ilkesine göre o. KVB'nin etkinlik değerinin üyelik fonksiyonu

$$\mu_{\tilde{E}_o}(z) = \sup_{x,y} \min \{ \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}), \mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj}), \forall i, j, r \mid z = E_o(x, y) \} \quad \text{olur.}$$

o. KVB'nin etkinlik değerinin üyelik fonksiyonunu $[\mu_{\tilde{E}_o}(z)]$ oluşturmak için $\mu_{\tilde{E}_o}(z) = \alpha$ 'nın oluşturulması yani $\min [\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}), \mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj})] = \alpha$ eşitliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu sebeple, $\tilde{X}_{ij}$ ve $\tilde{Y}_{rj}$ girdi-çıkı verilerinin herhangi bir α kesimindeki verilerinin kullanılması ile elde edilecek etkinlik değeri $(E_o)_{\alpha}$ olacaktır. Buradan, herhangi bir α kesimindeki etkinlik değerinin alt ve üst sınırları için;

$$(E_o)_{\alpha}^L = \min_{\substack{(\tilde{X}_{ij})_{\alpha}^L \leq x_{ij} \leq (\tilde{X}_{ij})_{\alpha}^U \\ (\tilde{Y}_{rj})_{\alpha}^L \leq y_{rj} \leq (\tilde{Y}_{rj})_{\alpha}^U \\ \forall i, j, r}} \left\{ \begin{array}{l} E_o = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \\ \text{Kısıtlar, } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \end{array} \right.$$

¹⁰¹ Chinag KAO ve Shiang Tai LIU, "Fuzzy Efficiency Measures in Data Envelopment Analysis", **Fuzzy Sets and Systems**, Volume: 113, 2000, s.427-437.

$$(E_o)_\alpha^U = \max_{\substack{(\tilde{X}_{ij})_\alpha^L \leq x_{ij} \leq (\tilde{X}_{ij})_\alpha^U \\ (\tilde{Y}_{rj})_\alpha^L \leq y_{rj} \leq (\tilde{Y}_{rj})_\alpha^U \\ \forall i, j, r}} \left\{ \begin{array}{l} E_o = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \\ \text{Kısıtlar, } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \end{array} \right.$$

yazılabilir. o. KVB'nin herhangi bir α kesimindeki etkinlik değerinin alt sınırı; o. KVB'nin aynı α kesimindeki, çıktı verisinin minimumunun girdi verisinin maksimumunun ve diğer KVB'lerin çıktı verilerinin maksimumunun girdi verilerinin minimumunun alınması ile mümkündür. Buradan,

$$(E_o)_\alpha^L = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{ro})_\alpha^L}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{io})_\alpha^U}$$

Kısıtlar,

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{ro})_\alpha^L}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{io})_\alpha^U} \leq 1$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_\alpha^U}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_\alpha^L} \leq 1$$

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

$$j \neq 0$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon$$

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

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

olurken,

o. KVB'nin etkinlik değerinin üst sınırı aşağıdaki gibi olur:

$$(E_o)_\alpha^U = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{ro})_\alpha^U}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{io})_\alpha^L}$$

Kısıtlar,

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{ro})_a^U}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{io})_a^L} \leq 1$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_a^L}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_a^U} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n \quad j \neq 0$$

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

Despotis-Smirlis modelinin a bendindeki $(E_o)^U$ ve $(E_o)^L$ ile olabilecek en yüksek ve en düşük etkinlik değerleri elde edilirken; Kao ve Liu modeli tüm KVB'lerin $\mu \geq \alpha$ üyelik derecesindeki verilerinin kullanılması durumunda, o. KVB için $\mu \geq \alpha$ üyelik derecesindeki etkinlik değeri $(\tilde{E}_o)_a$ 'nın üst $(E_o)_a^U$ ve alt $(E_o)_a^L$ sınırını vermektedir. Ayrıca, bu model ile $(\tilde{E}_o)_a$ 'nın üyelik fonksiyonu oluşturabilir. Belirlenen α arttıkça, etkinlik değerinin alt ve üst sınırları arasındaki cebirsel fark azalacaktır.

Kao ve Liu geliştirdikleri modeli incelenen KVB'lerin girdi ve çıktı verilerinden bazılarının tespit edilemediği durumlar için “DEA with Missing Data: An Application to University Libraries in Taiwan” başlıklı çalışmalarında uygulamışlardır. Bu çalışmada elde edilemeyen verilerin üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğunu varsayarak; diğer KVB'lerin ilgili verilerinin minimumunu bulanık verinin alt sınırı, maksimumunu üst sınırı, ortalamasını da $\mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij})=1$, ve $\mu_{\tilde{y}_{ij}}(y_{ij})=1$ değerlerinin elde edildiği değer olarak kabul edip uygulamışlardır.¹⁰²

¹⁰² Chinag KAO ve Shiang Tai LIU, “Data Envelopment Analysis with Missing Data: An Application to University Libraries in Taiwan”, **The Journal of The Operational Research Society**, Volume: 51, 2000, s.897-905.

5.2.5.Saati-Memariani-Jahanshahloo Modeli¹⁰³

Bulanık girdi ve çıktı verilerinin üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğu sınırlandırılmış ve kesin veriler için geliştirilmiş 2 aşamalı bir modeldir.

1. Aşama:

Bulanık girdi-çıkı verilerinin α -kesim kümeleri oluşturularak, $\mu \geq \alpha$ 'daki alt ve üst sınırları belirlenir.

Girdiler $\tilde{X}_{ij} = (x_{ij}^L, x_{ij}^M, x_{ij}^U)$ ve çıktılar $\tilde{Y}_{rj} = (y_{rj}^L, y_{rj}^M, y_{rj}^U)$ için α -kesim kümeleri:

$$\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha = \begin{cases} \frac{x_{ij}^M - x_{ij}^L}{x_{ij}^M - x_{ij}^L} \geq \alpha \\ \frac{x_{ij}^U - x_{ij}^M}{x_{ij}^U - x_{ij}^M} \geq \alpha \end{cases} \Rightarrow \alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^L \leq x_{ij} \leq \alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^U$$

$$\mu_{\tilde{Y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha = \begin{cases} \frac{y_{rj}^M - y_{rj}^L}{y_{rj}^M - y_{rj}^L} \geq \alpha \\ \frac{y_{rj}^U - y_{rj}^M}{y_{rj}^U - y_{rj}^M} \geq \alpha \end{cases} \Rightarrow \alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^L \leq y_{rj} \leq \alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^U$$

ve $\tilde{X}_{ij}$ ve $\tilde{Y}_{rj}$ 'nin alt ve üst sınırlarının α kesimi ile ifadesi:

$$\tilde{X}_{ij} = [\alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^L, \alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^U]$$

$$\tilde{Y}_{rj} = [\alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^L, \alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^U]$$

olur.

Buradan, o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$(E_o)_\alpha = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}$$

¹⁰³ S. SAATI – A. MEMARIANI ve G.R. JAHANSHAHLOO, “Efficiency Analysis and Ranking of DMUs with Fuzzy Data”, **Fuzzy Optimization and Decision Making**, Volume: 1, 2002, s.255-267.

Kısıtlar,

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

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

$$\alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^L \leq x_{ij} \leq \alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^U \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^L \leq y_{rj} \leq \alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^U \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

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

2. Aşama:

Hem girdi-çıktı miktarları hem de girdi ve çıktılarına verilecek ağırlıklar bilinmediği için doğrusal olmayan VZA modeli, çıktılar için $\bar{y}_{rj} = u_r y_{rj}$ ve $\bar{x}_{ij} = v_i x_{ij}$ tanımlamaları ile değişken dönüşümleri yapılarak doğrusal VZA modeline çevrilebilir ve o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$(E_o)_\alpha = \max \sum_{r=1}^s \bar{y}_{ro}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m \bar{x}_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s \bar{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$v_i [\alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^L] \leq \bar{x}_{ij} \leq v_i [\alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^U]$$

$$u_r [\alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^L] \leq \bar{y}_{rj} \leq u_r [\alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^U]$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad \text{olur.}$$

Önerilen model amaç fonksiyonunu maksimize etmek için herhangi bir α kesiminde $[\bar{y}_{ro} = u_r (y_{ro})_\alpha^U, \bar{x}_{io} = v_i (x_{io})_\alpha^L]$ ve $[\bar{y}_{rj} = u_r (y_{rj})_\alpha^L, \bar{x}_{ij} = v_i (x_{ij})_\alpha^U, j \neq o]$ değerlerine ulaşılmasına izin vermektedir. Bu sebeple bu model ile bulunacak etkinlik değeri, Kao-Liu modeli ile bulunacak $(E_o)_\alpha^U$ değeri ile aynı olacaktır.

5.2.6.Saati-Memariani Modeli ¹⁰⁴

VZA, her KVB'ye girdi ve çıktıları ağırlıklandırmada esneklik tanıyarak, KVB'lerin kendi etkinlik değerini maksimize edecek şekilde ağırlıklarını seçmesine olanak sağlayan bir modeldir. Bununla birlikte ağırlık seçmedeki bu esneklik aynı veri seti kullanılmasına rağmen, bazen çok farklı ağırlık değerlerinin verilmesine sebep olmaktadır. Saati ve Memariani ağırlıklardaki bu esnekliğin kontrol edilebildiği ve tüm KVB'ler için aynı ağırlık kümesinin kullanıldığı BVZA modeli önermişlerdir. Model 3 aşamadan oluşmakta olup, bulanık girdi ve çıktı verilerinin üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğu sınırlandırılmış ve kesin veriler için geliştirilmiştir.

1. Aşama:

Bulanık girdi-çıkı verilerinin alabileceği ağırlıkların üst sınırlarının belirlenmesi için aşağıdaki modeller tanımlanabilir:

p. çıktının üst sınırı:

$$\max u_p$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

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

t. girdinin üst sınırı:

$$\max v_t$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n$$

¹⁰⁴ S. SAATI – A. MEMARIANI, “Reducing Weight Flexibility in Fuzzy DEA”, **Applied Mathematics and Computation**, Volume: 161, 2005, s.811-822.

$$\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

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

Yukarıdaki bulanık veriler içeren modellere Saati-Memariani-Jahanshahloo modelindeki aşamalar uygulanırsa:

p. çıktının üst sınırı için:

$$\max u_p$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\sum_{r=1}^s \bar{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$v_i [\alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^L] \leq \bar{x}_{ij} \leq v_i [\alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^U] \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

$$u_r [\alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^L] \leq \bar{y}_{rj} \leq u_r [\alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^U] \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

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

t. girdinin üst sınırı için:

$$\max v_t$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\sum_{r=1}^s \bar{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$v_i [\alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^L] \leq \bar{x}_{ij} \leq v_i [\alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^U] \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

$$u_r [\alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^L] \leq \bar{y}_{rj} \leq u_r [\alpha y_{rj}^M + (1-\alpha)y_{rj}^U] \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

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

modelleri elde edilir.

Yukarıdaki doğrusal modeller farklı $\mu \geq \alpha$ 'daki veriler için çözülerek, her ağırlığın $\mu \geq \alpha$ 'daki üst sınırları belirlenebilir.

2. Aşama:

Bütün KVB'lerin ağırlıklarındaki sapma oranının aynı olduğu kabul edilerek, ortak ağırlık kümesinin belirlenmesi için aşağıdaki model yazılabilir:

$$\max \varphi$$

Kısıtlar,

$$\sum_{r=1}^s \bar{y}_{ij} - \sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$v_i [\alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^L] \leq \bar{x}_{ij} \leq v_i [\alpha x_{ij}^M + (1-\alpha)x_{ij}^U] \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

$$u_r [\alpha y_{ij}^M + (1-\alpha)y_{ij}^L] \leq \bar{y}_{ij} \leq u_r [\alpha y_{ij}^M + (1-\alpha)y_{ij}^U] \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\varepsilon + \varphi(U_r - \varepsilon) \leq u_r \leq (1-\varphi)(U_r - \varepsilon) \quad r=1,2,\dots,s$$

$$\varepsilon + \varphi(V_i - \varepsilon) \leq v_i \leq (1-\varphi)(V_i - \varepsilon) \quad i=1,2,\dots,m$$

modeli ile girdi ve çıktılarına verilecek ortak ağırlıklar belirlemiş olur.

Burada,

U_r : Bir önceki modelle elde edilen r. çıktının üst sınırı ($r=1,2,\dots,s$)

V_i : Bir önceki modelle elde edilen i. girdinin üst sınırı ($i=1,2,\dots,m$)

φ : Ağırlıklardaki sapma oranı

3. Aşama:

Yukarıdaki modelle elde edilmiş olan ağırlıklara u_r^*, v_i^* denirse, bu ağırlıkları:

$$(\tilde{E}_o)_\alpha = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* \tilde{Y}_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i^* \tilde{X}_{io}}$$

formülünde kullanarak o. KVB'nin etkinlik değerleri belirlenebilir.

Üçgen üyelik fonksiyonuna sahip bulanık sayılar için geliştirilmiş olan bölme işlemi formülü kullanılarak $(\tilde{E}_o)_a = (E_o^L, E_o^M, E_o^U)_a$ sayısının alt-üst sınırları ve orta noktası belirlenebilir:

$$(E_o^M)_a = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}^M}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^M}$$

$$(E_o^L)_a = (E_o^M)_a - \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}^M \sum_{i=1}^m v_i^* (x_{io}^U - x_{io}^M) + \sum_{r=1}^s u_r^* (y_{ro}^M - y_{ro}^L) \sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^M}{(\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^M)^2}$$

$$(E_o^U)_a = (E_o^M)_a + \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}^M \sum_{i=1}^m v_i^* (x_{io}^M - x_{io}^L) + \sum_{r=1}^s u_r^* (y_{ro}^U - y_{ro}^M) \sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^M}{(\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^M)^2}$$

Etkinlik değeri hesaplanırken bulanık sayılarda aritmetik işlem uygulandığı için, herhangi bir KVB'nin etkinlik değeri 1'den büyük ya da tüm KVB'lerin etkinlik değeri 1'den küçük çıkabilmektedir. Böyle durumlarda:

$$U_r^* = \frac{u_r^*}{E_{\max}}, \quad r=1,2,\dots,s$$

$$V_i^* = v_i^* \quad i=1,2,\dots,m$$

$$E_{\max} = \max_{1 \leq j \leq n} \{E_j^U\}$$

tanımlamaları ile ölçek dönüşümü yapılarak yeni ortak ağırlık seti (U_r^*, V_i^*) oluşturulur ve etkinlik değerleri tekrar hesaplanır.

5.2.7.Lertworasirikul Modeli¹⁰⁵

Üyelik fonksiyonu tanımlanmış olan sınırlandırılmış ve kesin veriler için geliştirilmiş ve 2001 yılında “Fuzzy Data Envelopment Analysis for Supply Chain Modeling and Analysis” isimli çalışmayla yayımlanmış 2 aşamalı bir modeldir.

1. Aşama:

Saati-Memariani-Jahanshahloo modelindeki gibi bulanık girdi-çıkı verilerinin üyelik fonksiyonuna göre α -kesim kümeleri oluşturularak, verilerin $\mu \geq \alpha$ 'daki alt ve üst sınırları belirlenir. Kao-Liu modeline benzer şekilde o. KVB'nin herhangi bir $\mu \geq \alpha$ 'daki girdiye yönelik CCR modeli:

$$(\tilde{E}_o)_\alpha = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{ro})_\alpha}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{io})_\alpha}$$

Kısıtlar,

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_\alpha}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_\alpha} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n$$

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

şeklinde yazılabilir.

2. Aşama:

Yukarıda model girdi-çıkı verilerinin α ile ifade edildiği bulanık bir modeldir.

Lertworasirikul bu aşamada etkinlik değeri hesaplanacak o. KVB ve diğer KVB'lerin $\mu \geq \alpha$ 'daki sınırlandırılmış girdi ve çıkı verilerinin üst ya da alt sınırdaki değerlerinin kullanımına göre 4 model geliştirmiştir.

¹⁰⁵ Saowanee LERTWORASIRIKUL – Shu Cherng FANG – Jeffrye A. JOINES ve Henry L.W. NUTTLE, “Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA): A Possibility Approach”, **Fuzzy Sets and Systems**, Volume: 139, 2003, s.390-392.

5.2.7.1.En İyi-En İyi Modeli

Tüm KVB'lerin $\mu \geq \alpha$ 'daki; çıktı verilerinin maksimumunun, girdi verilerinin minimumunun alınması ile o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$(E_o)_\alpha = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{ro})_\alpha^U}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{io})_\alpha^L}$$

Kısıtlar,

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_\alpha^U}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_\alpha^L} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n,$$

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

şeklinde tanımlanmıştır.

5.2.7.2.En İyi-En Kötü Modeli

$\mu \geq \alpha$ 'daki; etkinliği hesaplanacak o. KVB'nin çıktı verilerinin maksimumunun girdi verilerinin minimumunun, diğer KVB'lerin çıktı verilerinin minimumunun, girdi verilerinin maksimumunun alınması ile o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$(E_o)_\alpha = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{ro})_\alpha^U}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{io})_\alpha^L}$$

Kısıtlar,

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{ro})_\alpha^U}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{io})_\alpha^L} \leq 1$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_a^L}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_a^U} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n \quad j \neq 0$$

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

şeklinde tanımlanmıştır. Bu modelde bulunacak etkinlik değeri Kao-Liu modeli ile bulunacak $(E_o)_a^U$ değeri ile aynı olacaktır.

5.2.7.3.En Kötü-En İyi Modeli

$\mu \geq \alpha$ 'daki; etkinliği hesaplanacak o. KVB'nin çıktı verilerinin minimumunun girdi verilerinin maksimumunun, diğer KVB'lerin çıktı verilerinin maksimumunun, girdi verilerinin minimumunun alınması ile o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$(E_o)_a = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{ro})_a^L}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{io})_a^U}$$

Kısıtlar,

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{ro})_a^L}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{io})_a^U} \leq 1$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_a^U}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_a^L} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n \quad j \neq 0$$

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

şeklinde tanımlanmıştır. Bu modelde bulunacak etkinlik değeri Kao-Liu modeli ile bulunacak $(E_o)_a^L$ değeri ile aynı olacaktır.

5.2.7.4.En Kötü-En Kötü Modeli

Tüm KVB'lerin $\mu \geq \alpha$ 'daki, çıktı verilerinin minimumunun, girdi verilerinin maksimumunun alınması ile o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$(E_o)_\alpha = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{ro})_\alpha^L}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{io})_\alpha^U}$$

Kısıtlar,

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_\alpha^L}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_\alpha^U} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n,$$

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

şeklinde tanımlanmıştır.

Lertworasirikul modellerinde etkinliği hesaplanacak o. KVB ve diğer KVB'ler için girdi-çıktı verilerinin maksimum ya da minimum değerli elemanlarından hangisinin kullanıldığı çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.4.Lertworasirikul Modellerinin $\mu=\alpha$ Üyelik Derecesinde Veri Kullanımı

Model Adı	Etkinlik değeri hesaplanacak olan KVB'nin $\mu=\alpha$ üyelik derecesindeki		Diğer KVB'lerin $\mu=\alpha$ üyelik derecesindeki	
	Girdi Verilerinin	Çıktı Verilerinin	Girdi Verilerinin	Çıktı Verilerinin
En İyi En İyi	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
En İyi En Kötü	Minimum	Maksimum	Maksimum	Minimum
En Kötü En İyi	Maksimum	Minimum	Minimum	Maksimum
En Kötü En Kötü	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum

5.2.8.Lertworasirikul-Fang-Joiner-Nuttle Modeli¹⁰⁶

Sınırlandırılmış ve kesin veriler için geliştirilmiş bir modeldir. Modelde, Zadeh'in olasılık teorisinden hareketle ortaya attığı olabilirlik teorisi kullanılmıştır.

Zadeh olabilirlik teorisinde; olasılık teorisindeki rasgele değişkenlerin olasılık dağılımı ile ifade edildiği gibi bulanık değişkenlerin de olabilirlik dağılımı ile ifade edilebileceğini söylemiştir.

Bulanık doğrusal programlama modellerinde; her bulanık katsayı bulanık bir değişken, her bulanık kısıt da bulanık bir olay olarak düşünülebilir. Bu yüzden olabilirlik teorisi ile bulanık kısıtların olabilirliğine karar verilebilir ve o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$E_o = \max_{u_r, v_i, \bar{f}} \bar{f}$$

Kısıtlar,

$$\pi \left(\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{ro} \geq \bar{f} \right) \geq \beta$$

$$\pi \left(\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{io} = 1 \right) \geq \alpha_o$$

$$\pi \left(\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij} \leq 0 \right) \geq \alpha_j \quad j=1,2,\dots,n$$

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

$$0 \leq \beta, \alpha_j \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n$$

Burada,

π : Olabilirlik ölçümü

β : 1. kısıtın olabilirliği

α_o : 2. kısıtın olabilirliği

α_j : 3. kısıtın olabilirliği

$\bar{f}$: β olabilirliğinde o. KVB'nin çıktıların ağırlıklı toplamının alabileceği değer

¹⁰⁶ Saowanee LERTWORASIRIKUL vd., s.379-394.

Olabilirlik teorisine göre n tane bulanık sayının toplamında,

1. $\pi(\tilde{X}_1 + \tilde{X}_2 + \dots + \tilde{X}_n \leq b) \geq \alpha$ eşitliği ancak,
 $((\tilde{X}_1)_\alpha^L + (\tilde{X}_2)_\alpha^L + \dots + (\tilde{X}_n)_\alpha^L \leq b)$ koşulunun
2. $\pi(\tilde{X}_1 + \tilde{X}_2 + \dots + \tilde{X}_n \geq b) \geq \alpha$ eşitliği ancak,
 $((\tilde{X}_1)_\alpha^U + (\tilde{X}_2)_\alpha^U + \dots + (\tilde{X}_n)_\alpha^U \geq b)$ koşulunun
3. $\pi(\tilde{X}_1 + \tilde{X}_2 + \dots + \tilde{X}_n = b) \geq \alpha$ eşitliği ancak,
 $((\tilde{X}_1)_\alpha^L + (\tilde{X}_2)_\alpha^L + \dots + (\tilde{X}_n)_\alpha^L \leq b)$ ve $((\tilde{X}_1)_\alpha^U + (\tilde{X}_2)_\alpha^U + \dots + (\tilde{X}_n)_\alpha^U \geq b)$

koşulunun sağlanması ile gerçekleşir.

Buradan o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli,

$$E_o = \max_{u_r, v_i, \bar{f}} \bar{f}$$

Kısıtlar,

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^s (u_r \tilde{Y}_{ro})_\beta^U &\geq \bar{f} \\ \sum_{i=1}^m (v_i \tilde{X}_{io})_{\alpha_o}^U &\geq 1 \\ \sum_{i=1}^m (v_i \tilde{X}_{io})_{\alpha_o}^U &\leq 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_\alpha^L - \sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_\alpha^L &\leq 0 \quad j=1,2,\dots,n \\ v_i, u_r &\geq \varepsilon \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \\ 0 \leq \beta, \alpha_j &\leq 1 \quad j=1,2,\dots,n \end{aligned}$$

şeklinde yazılabilir.

Yamuk üyelik fonksiyonuna sahip ve üyelik fonksiyonu aşağıda tanımlanmış olan girdiler $\tilde{X}_{ij} = (\underline{x}_{ij}^M - t_{ij}, \underline{x}_{ij}^M, \bar{x}_{ij}^M, \bar{x}_{ij}^M + w_{ij})$ ve çıktılar $\tilde{Y}_{rj} = (\underline{y}_{rj}^M - z_{rj}, \underline{y}_{rj}^M, \bar{y}_{rj}^M, \bar{y}_{rj}^M + q_{rj})$ için model, aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\mu_{\bar{x}_{ij}}(x_{ij}) = \begin{cases} 0, & x_{ij} \langle \underline{x}_{ij}^M - t_{ij} \text{ veya } x_{ij} \rangle \bar{x}_{ij}^M + w_{ij} \\ \frac{x_{ij} - \underline{x}_{ij}^M + t_{ij}}{t_{ij}}, & \underline{x}_{ij}^M - t_{ij} \leq x_{ij} \langle \underline{x}_{ij}^M \\ 1, & \underline{x}_{ij}^M \leq x_{ij} \leq \bar{x}_{ij}^M \\ \frac{\bar{x}_{ij}^M + w_{ij} - x_{ij}}{w_{ij}} & \bar{x}_{ij}^M \langle x_{ij} \leq \bar{x}_{ij}^M + w_{ij} \end{cases}$$

$$\mu_{\bar{y}_{rj}}(y_{rj}) = \begin{cases} 0, & y_{rj} \langle \underline{y}_{rj}^M - z_{rj} \text{ veya } y_{rj} \rangle \bar{y}_{rj}^M + q_{rj} \\ \frac{y_{rj} - \underline{y}_{rj}^M + z_{rj}}{z_{rj}}, & \underline{y}_{rj}^M - z_{rj} \leq y_{rj} \langle \underline{y}_{rj}^M \\ 1, & \underline{y}_{rj}^M \leq y_{rj} \leq \bar{y}_{rj}^M \\ \frac{\bar{y}_{rj}^M + q_{rj} - y_{rj}}{q_{rj}} & \bar{y}_{rj}^M \langle y_{rj} \leq \bar{y}_{rj}^M + q_{rj} \end{cases}$$

$$\tilde{E}_o = \max_{u_r, v_i, \bar{f}} \bar{f}$$

Kısıtlar,

$$(1 - \beta) \sum_{r=1}^s u_r (\bar{y}_{ro}^M + q_{ro}) + \beta \sum_{r=1}^s u_r \bar{y}_{ro}^M \geq \bar{f}$$

$$(1 - \alpha_0) \sum_{i=1}^m v_i (\bar{x}_{io}^M + w_{io}) + \alpha_0 \sum_{i=1}^m v_i \bar{x}_{io}^M \geq 1$$

$$(1 - \alpha_0) \sum_{i=1}^m v_i (\underline{x}_{io}^M - t_{io}) + \alpha_0 \sum_{i=1}^m v_i \underline{x}_{io}^M \geq 1$$

$$(1 - \alpha_j) \left[\sum_{r=1}^s u_r (\underline{y}_{rj}^M - z_{rj}) - \sum_{i=1}^m v_i (\underline{x}_{ij}^M - t_{ij}) \right] + \alpha \left[\sum_{r=1}^s u_r \underline{y}_{rj}^M - \sum_{i=1}^m v_i \underline{x}_{ij}^M \right] \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

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

$$0 \leq \beta, \alpha_j \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n$$

Benzer şekilde o. KVB için girdiye yönelik BCC modeli ise:¹⁰⁷

$$\tilde{E}_o = \max_{u_r, v_i, \bar{f}} \bar{f}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{r=1}^s (u_r \tilde{Y}_{ro})_{\beta}^U - u_o \geq \bar{f}$$

$$\sum_{i=1}^m (v_i \tilde{X}_{io})_{\alpha_o}^U \geq 1$$

$$\sum_{i=1}^m (v_i \tilde{X}_{io})_{\alpha_o}^U \leq 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_{\alpha}^L - \sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_{\alpha}^L - u_o \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

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

$$0 \leq \beta, \alpha_j \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n$$

olur.

Tanım: Kısıtların (β, α_j) olabilirliğinde; $\bar{f} \geq 1$ olduğu zaman o. KVB etkindir, diğer durumlarda etkin değildir.

¹⁰⁷ Saowanee LERTWORASIRIKUL – Shu Cherng FANG – Jeffrye A. JOINES ve Henry L.W. NUTTLE, “Fuzzy BCC Model for Data Envelopment Analysis”, **Fuzzy Optimization and Decision Making**, Volume: 2, 2003, s.346.

5.2.9. Guo-Tanaka Modeli¹⁰⁸

Bulanık girdi ve çıktı verilerinin simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğu, sınırlandırılmış ve kesin veriler için geliştirilmiş 4 aşamalı bir modeldir.

Guo ve Tanaka o. KVB için girdiye yönelik CCR modelini:

$$\tilde{E}_o = \max \sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{ro}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{io} \approx \tilde{1}$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rj} \approx \leq \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij} \quad j=1,2,\dots,n$$

$$v_i, u_r \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m$$

şeklinde kısıtlardaki eşitsizliği ve $\tilde{1}$ sayısını da bulanıklaştırarak tanımlamıştır.

1. Aşama:

Bulanık girdi-çıkı verilerinin ve $\tilde{1}$ sayısının α -kesim kümeleri oluşturularak, alt ve üst sınırları belirlenir.

Simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahip girdi $\tilde{X}_{ij} = (x_{ij}^M - w_{ij}, x_{ij}^M, x_{ij}^M + w_{ij})$, çıktı $\tilde{Y}_{rj} = (y_{rj}^M - q_{rj}, y_{rj}^M, y_{rj}^M + q_{rj})$ ve $\tilde{1} = (1 - \Phi, 1, 1 + \Phi)$ 'in alt ve üst sınırlarının α cinsinden ifadesi:

$$\tilde{X}_{ij} = [x_{ij}^M - (1 - \alpha)w_{ij}, x_{ij}^M + (1 - \alpha)w_{ij}]$$

$$\tilde{Y}_{rj} = [y_{rj}^M - (1 - \alpha)q_{rj}, y_{rj}^M + (1 - \alpha)q_{rj}]$$

$$\tilde{1} = [1 - (1 - \alpha)\Phi, 1 + (1 - \alpha)\Phi] \quad \text{olur.}$$

Burada,

$$w_{ij} \leq x_{ij}^M, q_{rj} \leq y_{rj}^M, \Phi \leq 1$$

¹⁰⁸ Peijun GUO – Hideo TANAKA, “Fuzzy DEA: A Perceptual Evaluation Method”, **Fuzzy Sets and Systems**, Volume: 119, 2001, s.149-160.

Sınır değerleri cinsinden o. KVB'nin girdiye yönelik CCR modeli:

$$(\tilde{E}_o)_\alpha = \max \sum_{r=1}^s u_r [y_{ro}^M - (1-\alpha)q_{ro}, y_{ro}^M + (1-\alpha)q_{ro}]$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i [x_{io}^M - (1-\alpha)w_{io}, x_{io}^M + (1-\alpha)w_{io}] \approx [1 - (1-\alpha)\Phi, 1 + (1-\alpha)\Phi]$$

$$\sum_{r=1}^s u_r [y_{rj}^M - (1-\alpha)q_{rj}, y_{rj}^M + (1-\alpha)q_{rj}] \approx \sum_{i=1}^m v_i [x_{ij}^M - (1-\alpha)w_{ij}, x_{ij}^M + (1-\alpha)w_{ij}] \quad j=1,2,\dots,n$$

$$v_i, u_r \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m$$

şeklinde yazılabilir.

2. Aşama:

Bulanık eşitsizlikler bulanıklıktan kurtararak eşitsizlik haline getirilir.

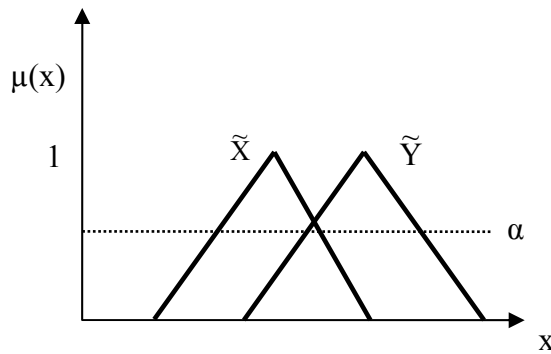
Bulanık 2 sayı arasında:

$$[\tilde{X}_{ij} = (x_{ij}^M - w_{ij}, x_{ij}^M, x_{ij}^M + w_{ij})] \approx [\tilde{Y}_{rj} = (y_{rj}^M - q_{rj}, y_{rj}^M, y_{rj}^M + q_{rj})] \quad \text{ilişkisi varsa}$$

grafik 5.2'de de görüldüğü gibi bulanık sayıların α -kesimleri ile ilgili olarak,

$$[x_{ij}^M - (1-\alpha)w_{ij}] \leq [y_{rj}^M - (1-\alpha)q_{rj}] \quad \text{ve}$$

$$[x_{ij}^M + (1-\alpha)w_{ij}] \leq [y_{rj}^M + (1-\alpha)q_{rj}] \quad \text{ilişkisi de vardır.}$$



Grafik 5.2. $\tilde{X} \approx \leq \tilde{Y}$ Bulanık Eşitsizliğinin Açıklanması

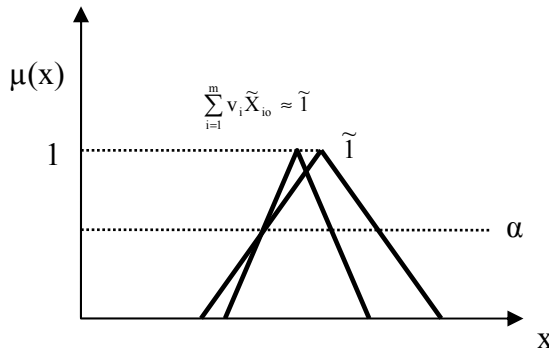
Bu ilişkiden faydalananarak girdiye yönelik CCR modelinde 2. kısıttaki bulanık eşitsizlik:

$$u_r [y_{rj}^M - (1-\alpha)q_{rj}] \leq v_i [x_{ij}^M - (1-\alpha)w_{ij}] \quad j=1,2,\dots,n$$

$$u_r [y_{rj}^M + (1-\alpha)q_{rj}] \leq v_i [x_{ij}^M + (1-\alpha)w_{ij}] \quad j=1,2,\dots,n$$

şeklinde yazılarak eşitsizlik haline getirilebilir.

Tüm VZA modellerinde; modele, incelenen o. KVB'nin ağırlıklı girdilerinin toplamının 1'e eşit olması ($\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$) kısıtının eklenmesi ile kesirsel doğrusal programlama modeli doğrusal programlama modeline dönüştürülüyor ve girdilere verilecek ağırlıklar (v_i) bulunuyordu. Fakat bulanık modelde $\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{io} \approx \tilde{1}$ kısıtı ile v_i 'yi bulmamız ve modeli çözmemiz olanaksızdır. Bu yüzden simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahip $\tilde{1}$ sayısının üyelik fonksiyonundaki Φ değeri için $\Phi = \max_{j=1,\dots,n} \left[\max_{i=1,\dots,m} (w_{ij} / x_{ij}^M) \right]$ tanımlaması yapılarak; grafik 5.3'te gösterildiği gibi $\tilde{X}_{io}$ ve $\tilde{1}$ sayılarının herhangi bir α -kesiminde üyelik fonksiyonlarının sol son noktaları üst üste getirilirken, $\tilde{X}_{io}$ sayısının sağ son noktasının $\tilde{1}$ sayısının sağ son noktasına olabildiğince yaklaşması sağlanır.



Grafik 5.3. $\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{io} \approx \tilde{1}$ Kısıtının Açıklanması

Böylece $\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{io} \approx \tilde{1}$ kısıtı aşağıdaki optimizasyon problemine çevirerek, girdilere verilecek ağırlıklar bulunabilir.

$$g_o = \max \sum_{i=1}^m v_i w_{io}$$

Kısıtlar,

$$v_i [x_{io}^M - (1 - \alpha)w_{io}] = [1 - (1 - \alpha)\Phi]$$

$$v_i [x_{io}^M + (1 - \alpha)w_{io}] \leq [1 + (1 - \alpha)\Phi]$$

$$\Phi = \max_{j=1, \dots, n} \left[\max_{i=1, \dots, m} (w_{ij} / x_{ij}^M) \right]$$

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

3. Aşama:

Amaç fonksiyonuna ve çıktılarına verilecek ağırlıklar belirlenir.

Simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahip bulanık çıktı verileri hala alt ve üst sınır değerleri olarak bilinmektedir ve amaç fonksiyonu

$$\max \sum_{r=1}^s u_r [y_{ro}^M - (1 - \alpha)q_{ro}, y_{ro}^M + (1 - \alpha)q_{ro}]$$

şeklinde tanımlanmıştır. Tanımlı olan amaç fonksiyonunun maksimize edilmesi için $[y_{ro}^M - (1 - \alpha)q_{ro}]$ ve $[y_{ro}^M + (1 - \alpha)q_{ro}]$ değerlerinin ikisinin de maksimize edilmesi gerekir.

Burada bulanık sayının sol ve sağ taraflarına verilecek ağırlıklar için $\sigma_1 + \sigma_2 = 1$ tanımlaması ile $\sigma_1 [y_{ro}^M - (1 - \alpha)q_{ro}] + \sigma_2 [y_{ro}^M + (1 - \alpha)q_{ro}]$ bulanık çıktı verisi kesinleştirilebilir. $\sigma_1 = 1$ alınması incelenen KVB için kötümser, $\sigma_2 = 1$ alınması incelenen KVB için iyimser bir yaklaşım olacaktır. Kötümser yaklaşımla $\sigma_1 = 1$ alınması durumunda, etkinlik değeri hesaplanacak o. KVB için girdiye yönelik CCR modeli aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$(E_o)_\alpha = \max \sum_{r=1}^s u_r [y_{ro}^M - (1-\alpha)q_{io}]$$

Kısıtlar,

$$v_i w_{io} \geq g_o$$

$$v_i [x_{io}^M - (1-\alpha)w_{io}] = [1 - (1-\alpha)\Phi]$$

$$v_i [x_{io}^M + (1-\alpha)w_{io}] \leq [1 + (1-\alpha)\Phi]$$

$$u_r [y_{rj}^M - (1-\alpha)q_{ij}] \leq v_i [x_{ij}^M - (1-\alpha)w_{ij}] \quad j=1,2,\dots,n$$

$$u_r [y_{rj}^M + (1-\alpha)q_{ij}] \leq v_i [x_{ij}^M + (1-\alpha)w_{ij}] \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\Phi = \max_{j=1,\dots,n} \left[\max_{i=1,\dots,m} (w_{ij} / x_{ij}^M) \right]$$

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

Son modelde $v_i w_{io} \geq g_o$ kısıtına 1. model ile elde edilen v_i 'lerin son modele aynı değerle yansıtılabilmesi için yer verilmiştir.

4. Aşama:

3. aşamadaki modelin çözümü sonucu elde edilen v_i, u_r ağırlık değerlerinden faydalanılarak etkinlik değerleri bulunur.

Tanım: Simetrik üçgen üyelik fonksiyonu ile tanımlanan girdi ve çıktı verilerine sahip KVB'ler için hesaplanan etkinlik değeri simetrik olmayan üçgen üyelik fonksiyonuna sahip bulanık sayı olacaktır. Yukarıdaki modelin çözümü sonucunda elde edilen girdi ve çıktı verilerine verilen ağırlık değerleri sırası ile v_i^* ve u_r^* , etkinlik değeri $E = (\eta - (1-\alpha)\kappa, \eta, \eta + \tau(1-\alpha))$ üyelik fonksiyonu ile gösterildiğinde aşağıdaki tanımlamalar yapılabilir:

$$\eta = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}^M}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^M} \quad \kappa = \eta - \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* (y_{ro}^M - (1-\alpha)q_{io})}{\sum_{i=1}^m v_i^* (x_{io}^M + (1-\alpha)w_{io})} \quad \tau = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* (y_{ro}^M + (1-\alpha)q_{io})}{\sum_{i=1}^m v_i^* (x_{io}^M - (1-\alpha)w_{io})} - \eta$$

Guo ve Tanaka modelinde de etkinlik değerinin üst sınırı $v_i [x_{io}^M - (1-\alpha)w_{io}] = [1 - (1-\alpha)\Phi]$ ve $v_i [x_{io}^M + (1-\alpha)w_{io}] \leq [1 + (1-\alpha)\Phi]$ kısıtlarından dolayı 1'den büyük çıkabilmektedir. Bu modelde, incelenen o. KVB için $\eta + \kappa \geq 1$ ise etkindir, $\eta + \tau < 1$ ise etkin değildir.

5.2.10. Leon-Liern-Ruiz-Sirvent Modeli¹⁰⁹

Bulanık girdi ve çıktı verilerinin yamuk üyelik fonksiyonuna sahip olduğu, sınırlandırılmış veriler için geliştirilmiş bir modeldir.

Leon-Liern-Ruiz ve Sirvent o. KVB için girdiye yönelik dual-CCR modelini:

$$\tilde{E}_o = \min \theta$$

Kısıtlar,

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{X}_{ij} \approx \leq \theta \tilde{X}_{io} \quad i=1,2,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{Y}_{rj} \approx \geq \tilde{Y}_{ro} \quad r=1,2,\dots,s$$

şeklinde kısıtlardaki eşitsizliği de bulanıklaştırarak tanımlamışlardır.

Guo ve Tanaka modelinde değinildiği gibi bulanık 2 sayı arasında,

$$\tilde{X}_{ij} = (\underline{x}_{ij}^M - t_{ij}, \underline{x}_{ij}^M, \bar{x}_{ij}^M, \bar{x}_{ij}^M + w_{ij}) \approx \leq \tilde{Y}_{rj} = (\underline{y}_{rj}^M - z_{rj}, \underline{y}_{rj}^M, \bar{y}_{rj}^M, \bar{y}_{rj}^M + q_{rj}) \quad \text{ilişkisi}$$

varsa bulanık sayıların sınırları ile ilgili olarak,

$$(\underline{x}_{ij}^M - (1-\alpha)t_{ij}) \leq (\underline{y}_{rj}^M - (1-\alpha)z_{rj})$$

$$(\bar{x}_{ij}^M + (1-\alpha)w_{ij}) \leq (\bar{y}_{rj}^M + (1-\alpha)q_{rj}) \quad \text{ilişkisi de vardır.}$$

¹⁰⁹ T. LEON – V. LIERN – J.L. RUIZ – I. SIRVENT, “A Fuzzy Mathematical Programming Approach to the Assessment of Efficiency with DEA Models”, **Fuzzy Sets and Systems**, Volume: 139, 2003, s.407-419.

Buradan, o. KVB için girdiye yönelik dual CCR modelindeki bulanık eşitsizlikler eşitsizliğe çevirerek:

$$(E_o)_\alpha = \min \theta$$

Kısıtlar,

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j (\underline{x}_{ij}^M - (1-\alpha)t_{ij}) \leq \theta (\underline{x}_{io}^M - (1-\alpha)t_{io}) \quad i=1,2,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j (\bar{x}_{ij}^M + (1-\alpha)w_{ij}) \leq \theta (\bar{x}_{io}^M + (1-\alpha)w_{io}) \quad i=1,2,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j (\underline{y}_{rj}^M - (1-\alpha)z_{rj}) \geq (\underline{y}_{ro}^M - (1-\alpha)z_{ro}) \quad r=1,2,\dots,s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j (\bar{y}_{rj}^M + (1-\alpha)q_{rj}) \geq (\bar{y}_{ro}^M + (1-\alpha)q_{ro}) \quad r=1,2,\dots,s$$

şeklinde yazılabilir. Leon-Liern-Ruiz ve Sirvent bulanık VZA modelini dual-CCR olarak tanımlayarak, Guo ve Tanaka'nın modelindeki incelenen o. KVB'nin girdilerinin ağırlıklı toplamının 1'e eşit olma kısıtındaki 1 sayısı ve kısıtın bulanık eşitlik olarak alınması gerekliliğini ortadan kaldırmıştır.

5.3.BVZA MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde sıralı-kesin, sıralı-sınırlandırılmış-kesin ve sınırlandırılmış-kesin veriler için önerilen modellerin örneklerle karşılaştırılması yapılacaktır. Her önerilen model tüm KVB'ler için kurulmuş, fakat sadece KVB1 için kurulumları yazılmıştır. Girdiye yönelik CCR'ye göre her model için farklı α değerindeki tüm KVB'lerin etkinlik değerleri her problemin sonunda çizelgeleştirilerek karşılaştırılmıştır.

5.3.1.Sıralı ve Kesin Veri Modellerinin Karşılaştırılması

Sıralı ve kesin veriler için önerilen Despotis-Smirlis, Cook-Kress-Seiford ve Cooper-Park-Yu modellerinin karşılaştırılması için örnek 5.1 kullanılmıştır.

Örnek 5.1: 2 girdi ve 1 çıktı içeren 4 adet KVB için veriler çizelge 5.5'teki gibidir.

Çizelge 5.5.Sıralı ve Kesin Veri Modelleri Örneği 4.1 için Veri Çizelgesi

KVB	ÇIKTILAR (y_{rj})	GİRDİLER (x_{ij})	
	Kesin Değerleri Bilinen (y_{1j})	Kesin Değerleri Bilinen (x_{1j})	Sıralı (x_{2j})
1	100	1500	$x_{22} > x_{21}$
2	90	1600	$x_{23} > x_{22}$
3	70	2000	x_{23}
4	110	1000	$x_{21} > x_{24}$

5.3.1.1.Despotis-Smirlis Modeli

1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_1 = \max 100u_1$$

Kısıtlar,

$$1500v_1 + k_{21} = 1$$

$$100u_1 - 1500v_1 - k_{21} \leq 0$$

$$90u_1 - 1600v_1 - k_{22} \leq 0$$

$$70u_1 - 2000v_1 - k_{23} \leq 0$$

$$110u_1 - 1000v_1 - k_{24} \leq 0$$

$$k_{22} - k_{21} \geq 10^{-6} \quad k_{23} - k_{22} \geq 10^{-6} \quad k_{21} - k_{24} \geq 10^{-6} \quad v_1, u_1 \geq 10^{-8}$$

5.3.1.2.Cook-Kress-Seiford Modeli

1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_1 = \max 100u_1$$

Kısıtlar,

$$1500v_1 + x_{21}^3 = 1$$

$$100u_1 - 1500v_1 - x_{21}^3 \leq 0$$

$$90u_1 - 1600v_1 - x_{22}^2 \leq 0$$

$$70u_1 - 2000v_1 - x_{23}^1 \leq 0$$

$$110u_1 - 1000v_1 - x_{24}^4 \leq 0$$

$$x_{22}^2 - x_{21}^3 > 0$$

$$x_{23}^1 - x_{22}^2 > 0$$

$$x_{21}^3 - x_{24}^4 > 0$$

$$x_{24}^4 \geq 10^{-6}$$

$$v_1, u_1 \geq 10^{-8}$$

5.3.1.3.Cooper-Park-Yu Modeli

Her veri ilgili sütundaki maksimum değerli veriye bölünerek ölçek dönüşümü yapılır ve çizelge 5.6'daki veriler elde edilir.

Çizelge 5.6.Örnek 4.1 için Ölçek Dönüşümü Yapılmış Veriler

KVB	ÇIKTILAR (y_{ri})	GİRDİLER (x_{ij})	
	Kesin Değerleri Bilinen (y_{1j})	Kesin Değerleri Bilinen (x_{1j})	Sıralı (x_{2j})
1	0.9091	0.75	$\hat{x}_{22} > \hat{x}_{21}$
2	0.8182	0.8	$\hat{x}_{23} > \hat{x}_{22}$
3	0.6364	1	1
4	1	0,5	$\hat{x}_{21} > \hat{x}_{24}$

Ölçek dönüşümü sonucu 1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_1 = \max 0.9091u_1$$

Kısıtlar,

$$0.75v_1 + \hat{x}_{21}v_2 = 1$$

$$0.9091u_1 - 0.75v_1 - \hat{x}_{21}v_2 \leq 0 \quad 0.8182u_1 - 0.8v_1 - \hat{x}_{22}v_2 \leq 0$$

$$0.6364u_1 - v_1 - v_2 \leq 0 \quad u_1 - 0.5v_1 - \hat{x}_{24}v_2 \leq 0$$

$$1 > \hat{x}_{22} \quad \hat{x}_{22} > \hat{x}_{21} \quad \hat{x}_{21} > \hat{x}_{24}$$

$$v_1, v_2, u_1 \geq 10^{-8}$$

Aşağıdaki tanımlamalar yapılarak değişken dönüşümü yapılır:

$$Y_{11}=0.9091u_1 \quad Y_{12}=0.8182u_1 \quad Y_{13}=0.6364u_1 \quad Y_{14}=u_1$$

$$X_{11}=0.75v_1 \quad X_{12}=0.8v_1 \quad X_{13}=v_1 \quad X_{14}=0.5v_1$$

$$X_{21}=\hat{x}_{21}v_2 \quad X_{22}=\hat{x}_{22}v_2 \quad X_{23}=v_2 \quad X_{24}=\hat{x}_{24}v_2$$

Değişken dönüşümü sonucu 1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_1 = \max Y_{11}$$

Kısıtlar,

$$X_{11} + X_{21} = 1$$

$$Y_{11} - X_{11} - X_{21} \leq 0 \quad Y_{12} - X_{12} - X_{22} \leq 0$$

$$Y_{13} - X_{13} - X_{23} \leq 0 \quad Y_{14} - X_{14} - X_{24} \leq 0$$

$$Y_{11}=0.9091Y_{14} \quad Y_{12}=0.8182Y_{14} \quad Y_{13}=0.6364Y_{14}$$

$$X_{11}=0.75X_{13} \quad X_{12}=0.8X_{13} \quad X_{14}=0.5X_{13}$$

$$X_{22}>X_{21} \quad X_{23}>X_{22} \quad X_{21}>X_{24}$$

$$Y_{14}, X_{13}, X_{23} \geq 10^{-8}$$

Örnek 5.1 her KVB ve model için çözüldüğü zaman çizelge 5.7'deki etkinlik değerleri elde edilir.

Çizelge 5.7.Sıralı ve Kesin Veri Modellerinin Etkinlik Değerlerinin Örnek 5.1 ile Karşılaştırılması

	KVB1	KVB2	KVB3	KVB4
Despotis-Smirlis	0.9091	0.8182	0.6364	1
Cook-Kress-Seiford	0.9091	0.8182	0.6364	1
Cooper-Park-Yu	0.9091	0.8182	0.6364	1

5.3.2.Sıralı, Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modellerinin Karşılaştırılması

Sıralı, sınırlandırılmış ve kesin veriler için önerilen Despotis-Smirlis ve Cooper-Park-Yu modellerinin karşılaştırılması için örnek 5.2 kullanılmıştır.

Örnek 5.2: 3 girdi ve 2 çıktı içeren 5 adet KVB için veriler çizelge 5.8'deki gibidir.

(Sınırlandırılmış veriler monotonik artan üyelik fonksiyonuna sahiptir)

Çizelge 5.8.Sıralı, Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.2 için Veri Çizelgesi

KVB	ÇIKTILAR (y_{ri})		GİRDİLER (x_{ij})	
	Kesin Değerleri Bilinen (y_{1i})	Sınırlandırılmış (y_{2i})	Kesin Değerleri Bilinen (x_{1i})	Sıralı (x_{2i})
1	100	(6, 7)	1500	$x_{22} > x_{21}$
2	90	(8, 9)	1600	$x_{25} > x_{22}$
3	70	(10, 11)	2000	x_{23}
4	110	10	1000	$x_{21} > x_{24}$
5	200	(12, 14)	1900	$x_{23} > x_{25}$

5.3.2.1.Despotis-Smirlis Modeli

1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_1 = \max(100u_1 + 6u_2 + p_{21})$$

Kısıtlar,

$$1500v_1 + x_{21} = 1$$

$$100u_1 + 6u_2 + p_{21} - 1500v_1 - k_{21} \leq 0$$

$$90u_1 + 8u_2 + p_{22} - 1600v_1 - k_{22} \leq 0$$

$$70u_1 + 10u_2 + p_{23} - 2000v_1 - k_{23} \leq 0$$

$$110u_1 + 10u_2 - 1000v_1 - k_{24} \leq 0$$

$$200u_1 + 12u_2 + 2p_{25} - 1900v_1 - k_{25} \leq 0$$

$$k_{22} - k_{21} \geq 10^{-6}$$

$$k_{25} - k_{22} \geq 10^{-6}$$

$$k_{21} - k_{24} \geq 10^{-6}$$

$$k_{23} - k_{25} \geq 10^{-6}$$

$$p_{21} - u_2 \leq 0$$

$$p_{22} - u_2 \leq 0$$

$$p_{23} - u_2 \leq 0$$

$$p_{25} - u_2 \leq 0$$

$$v_1, u_1, u_2 \geq 10^{-8}$$

5.3.2.2.Cooper-Park-Yu Modeli

Her veri ilgili sütundaki maksimum değerli veriye bölünerek ölçek dönüşümü yapılır ve çizelge 5.9'daki veriler elde edilir.

Çizelge 5.9.Örnek 5.2 için Ölçek Dönüşümü Yapılmış Veriler

KVB	ÇIKTILAR (y_{rj})		GİRDİLER (x_{ij})	
	Kesin Değerleri Bilinen (y_{1j})	Sınırlandırılmış (y_{2j})	Kesin Değerleri Bilinen (x_{1j})	Sıralı (x_{2j})
1	0.5	(0.6, 0.7)	0.75	$\hat{x}_{22} > \hat{x}_{21}$
2	0.45	(0.8, 0.9)	0.8	$\hat{x}_{25} > \hat{x}_{22}$
3	0.35	(1, 1.1)	1	1
4	0.55	1	0,5	$\hat{x}_{21} > \hat{x}_{24}$
5	1	(1.2, 1.4)	0.95	$1 > \hat{x}_{25}$

Ölçek dönüşümü sonucu 1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_1 = \max(0.5u_1 + u_2\hat{y}_{21})$$

Kısıtlar,

$$0.75v_1 + \hat{x}_{21}v_2 = 1$$

$$0.5u_1 + u_2\hat{y}_{21} - 0.75v_1 - \hat{x}_{21}v_2 \leq 0$$

$$0.45u_1 + u_2\hat{y}_{22} - 0.8v_1 - \hat{x}_{22}v_2 \leq 0$$

$$0.35u_1 + u_2\hat{y}_{23} - v_1 - v_2 \leq 0$$

$$0.55u_1 + u_2 - 0.5v_1 - \hat{x}_{24}v_2 \leq 0$$

$$u_1 + u_2\hat{y}_{25} - 0.95v_1 - \hat{x}_{25}v_2 \leq 0$$

$$1 > \hat{x}_{25} \quad \hat{x}_{22} > \hat{x}_{21} \quad \hat{x}_{25} > \hat{x}_{22} \quad \hat{x}_{21} > \hat{x}_{24}$$

$$0.6 \leq \hat{y}_{21} \leq 0.7 \quad 0.8 \leq \hat{y}_{22} \leq 0.9$$

$$1 \leq \hat{y}_{23} \leq 1.1 \quad 1.2 \leq \hat{y}_{25} \leq 1.4$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-8}$$

Aşağıdaki tanımlamalar yapılarak değişken dönüşümü yapılır:

$$Y_{11}=0.5u_1 \quad Y_{12}=0.45u_1 \quad Y_{13}=0.35u_1 \quad Y_{14}=0.55u_1 \quad Y_{15}=u_1$$

$$Y_{21}=\hat{y}_{21}u_2 \quad Y_{22}=\hat{y}_{22}u_2 \quad Y_{23}=\hat{y}_{23}u_2 \quad Y_{24}=u_2 \quad Y_{25}=\hat{y}_{25}u_2$$

$$X_{11}=0.75v_1 \quad X_{12}=0.8v_1 \quad X_{13}=v_1 \quad X_{14}=0.5v_1 \quad X_{15}=0.95v_1$$

$$X_{21}=\hat{x}_{21}v_2 \quad X_{22}=\hat{x}_{22}v_2 \quad X_{23}=v_2 \quad X_{24}=\hat{x}_{24}v_2 \quad X_{25}=\hat{x}_{25}v_2$$

Değişken dönüşümü sonucu 1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_1 = \max(Y_{11} + Y_{21})$$

Kısıtlar,

$$X_{11} + X_{21} = 1$$

$$Y_{11} + Y_{21} - X_{11} - X_{21} \leq 0 \quad Y_{12} + Y_{22} - X_{12} - X_{22} \leq 0$$

$$Y_{13} + Y_{23} - X_{13} - X_{23} \leq 0$$

$$Y_{14} + Y_{24} - X_{14} - X_{24} \leq 0$$

$$Y_{15} + Y_{25} - X_{15} - X_{25} \leq 0$$

$$Y_{11}=0.5Y_{15}$$

$$Y_{12}=0.45Y_{15}$$

$$Y_{13}=0.35Y_{15}$$

$$Y_{14}=0.55Y_{15}$$

$$X_{11}=0.75X_{13}$$

$$X_{12}=0.8X_{13}$$

$$X_{14}=0.5X_{13}$$

$$X_{15}=0.95X_{13}$$

$$X_{22}>X_{21}$$

$$X_{25}>X_{22}$$

$$X_{21}>X_{24}$$

$$X_{23}>X_{25}$$

$$0.6Y_{24}\leq Y_{21}\leq 0.7Y_{24}$$

$$0.8Y_{24}\leq Y_{22}\leq 0.9Y_{24}$$

$$Y_{24}\leq Y_{23}\leq 1.1Y_{24}$$

$$1.2Y_{24}\leq Y_{25}\leq 1.4Y_{24}$$

$$Y_{15}, Y_{24}, X_{13}, X_{23} \geq 10^{-8}$$

Örnek 5.2 her KVB ve model için çözüldüğü zaman çizelge 5.10'daki etkinlik değerleri elde edilir.

Çizelge 5.10.Sıralı Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modellerinin Etkinlik Değerlerinin Örnek 4.2 ile Karşılaştırılması

	KVB1	KVB2	KVB3	KVB4	KVB5
Despotis-Smirlis	0.9091	0.9000	0.9167	1	1
Cooper-Park-Yu	0.9091	0.9000	0.9167	1	1

5.3.3.Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modellerinin Karşılaştırılması

Sınırlandırılmış ve kesin veriler için önerilen Kao-Liu, Saati-Memariani-Jahanshahloo, Saati-Memariani, Lertworasirikul, Lertworasirikul-Fang-Joiner-Nuttle, Guo-Tanaka ve Leon-Liern-Ruiz-Sirvent modellerinin karşılaştırılması için örnek 5.3 kullanılmıştır. Guo ve Tanaka modelinin de karşılaştırmaya dâhil edilebilmesi için sınırlandırılmış veriler simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olsun. Despotis-Smirlis modeli için üyelik fonksiyonu farklı tanımlandığı için karşılaştırmaya dâhil edilmemiştir.

Örnek 5.3: 2 girdi ve 2 çıktı içeren 5 adet KVB için veriler çizelge 5.11'deki gibidir. (Sınırlandırılmış veriler simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahiptir).

Çizelge 5.11.Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Veri Çizelgesi

KVB	ÇIKTILAR (y_{ri})		GİRDİLER (x_{ij})	
	Sınırlandırılmış (y_{1i})	Sınırlandırılmış (y_{2i})	Sınırlandırılmış (x_{1i})	Sınırlandırılmış (x_{2i})
1	(4, 5, 6)	(5, 6, 7)	(1, 2, 3)	(3, 4, 5)
2	(3, 4, 5)	(7, 8, 9)	(4, 5, 6)	(6, 7, 8)
3	(2, 3, 4)	(9, 10, 11)	(6, 7, 8)	(10, 11, 12)
4	(7, 8, 9)	(10, 11, 12)	(2, 3, 4)	(11, 12, 13)
5	(1, 2, 3)	(12, 13, 14)	(10, 11, 12)	(8, 9, 10)

Her veri için α -kesim kümesi Çizelge 5.12'deki gibi olur.

Çizelge 5.12.Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Verilerin α -Kesim Kümeleri

KVB	ÇIKTILAR (y_{ri})		GİRDİLER (x_{ij})	
	Sınırlandırılmış (y_{1i})	Sınırlandırılmış (y_{2i})	Sınırlandırılmış (x_{1i})	Sınırlandırılmış (x_{2i})
1	$(4+\alpha, 6-\alpha)$	$(5+\alpha, 7-\alpha)$	$(1+\alpha, 3-\alpha)$	$(3+\alpha, 5-\alpha)$
2	$(3+\alpha, 5-\alpha)$	$(7+\alpha, 9-\alpha)$	$(4+\alpha, 6-\alpha)$	$(6+\alpha, 8-\alpha)$
3	$(2+\alpha, 4-\alpha)$	$(9+\alpha, 11-\alpha)$	$(6+\alpha, 8-\alpha)$	$(10+\alpha, 12-\alpha)$
4	$(7+\alpha, 9-\alpha)$	$(10+\alpha, 12-\alpha)$	$(2+\alpha, 4-\alpha)$	$(11+\alpha, 13-\alpha)$
5	$(1+\alpha, 3-\alpha)$	$(12+\alpha, 14-\alpha)$	$(10+\alpha, 12-\alpha)$	$(8+\alpha, 10-\alpha)$

5.3.3.1.Kao-Liu Modeli

1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli ile etkinlik değerinin alt sınırı:

$$(E_1)_\alpha^L = \max[u_1(4+\alpha) + u_2(5+\alpha)]$$

Kısıtlar,

$$[v_1(3-\alpha) + v_2(5-\alpha)] = 1$$

$$[u_1(4+\alpha) + u_2(5+\alpha)] - [v_1(3-\alpha) + v_2(5-\alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(5-\alpha) + u_2(9-\alpha)] - [v_1(4+\alpha) + v_2(6+\alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(4-\alpha) + u_2(11-\alpha)] - [v_1(6+\alpha) + v_2(10+\alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(9-\alpha) + u_2(12-\alpha)] - [v_1(2+\alpha) + v_2(11+\alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(3-\alpha) + u_2(14-\alpha)] - [v_1(10+\alpha) + v_2(8+\alpha)] \leq 0$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli ile etkinlik değerinin üst sınırı:

$$(E_1)_a^U = \max[u_1(6 - \alpha) + u_2(7 - \alpha)]$$

Kısıtlar,

$$[v_1(1 + \alpha) + v_2(3 + \alpha)] = 1$$

$$[u_1(6 - \alpha) + u_2(7 - \alpha)] - [v_1(1 + \alpha) + v_2(3 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(3 + \alpha) + u_2(7 + \alpha)] - [v_1(6 - \alpha) + v_2(8 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(2 + \alpha) + u_2(9 + \alpha)] - [v_1(8 - \alpha) + v_2(12 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(7 + \alpha) + u_2(10 + \alpha)] - [v_1(4 - \alpha) + v_2(13 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(1 + \alpha) + u_2(12 + \alpha)] - [v_1(12 - \alpha) + v_2(10 - \alpha)] \leq 0$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

5.3.3.2.Saati-Memariani-Jahanshahloo Modeli

1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$(E_1)_a = \max[\bar{y}_{11} + \bar{y}_{21}]$$

Kısıtlar,

$$\bar{x}_{11} + \bar{x}_{21} = 1$$

$$[\bar{y}_{11} + \bar{y}_{21}] - [\bar{x}_{11} + \bar{x}_{21}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{12} + \bar{y}_{22}] - [\bar{x}_{12} + \bar{x}_{22}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{13} + \bar{y}_{23}] - [\bar{x}_{13} + \bar{x}_{23}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{14} + \bar{y}_{24}] - [\bar{x}_{14} + \bar{x}_{24}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{15} + \bar{y}_{25}] - [\bar{x}_{15} + \bar{x}_{25}] \leq 0$$

$$(1 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{11} \leq (3 - \alpha)v_1$$

$$(3 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{21} \leq (5 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{12} \leq (6 - \alpha)v_1$$

$$(6 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{22} \leq (8 - \alpha)v_2$$

$$(6 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{13} \leq (8 - \alpha)v_1$$

$$(10 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{23} \leq (12 - \alpha)v_2$$

$$(2 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{14} \leq (4 - \alpha)v_1$$

$$(11 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{24} \leq (13 - \alpha)v_2$$

$$(10 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{15} \leq (12 - \alpha)v_1$$

$$(8 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{25} \leq (10 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{11} \leq (6 - \alpha)u_1$$

$$(5 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{21} \leq (7 - \alpha)u_2$$

$$(3 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{12} \leq (5 - \alpha)u_1$$

$$(7 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{22} \leq (9 - \alpha)u_2$$

$$(2 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{13} \leq (4 - \alpha)u_1$$

$$(9 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{23} \leq (11 - \alpha)u_2$$

$$(7 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{14} \leq (9 - \alpha)u_1$$

$$(10 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{24} \leq (12 - \alpha)u_2$$

$$(1 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{15} \leq (3 - \alpha)u_1$$

$$(12 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{25} \leq (14 - \alpha)u_2$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

5.3.3.3.Saati-Memariani Modeli

1. Aşama:

1. çıktılar için üst sınır:

$$U_1 = \max u_1$$

Kısıtlar,

$$\bar{x}_{11} + \bar{x}_{21} \leq 1$$

$$\bar{x}_{12} + \bar{x}_{22} \leq 1$$

$$\bar{x}_{13} + \bar{x}_{23} \leq 1$$

$$\bar{x}_{14} + \bar{x}_{24} \leq 1$$

$$\bar{x}_{15} + \bar{x}_{25} \leq 1$$

$$[\bar{y}_{11} + \bar{y}_{21}] - [\bar{x}_{11} + \bar{x}_{21}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{12} + \bar{y}_{22}] - [\bar{x}_{12} + \bar{x}_{22}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{13} + \bar{y}_{23}] - [\bar{x}_{13} + \bar{x}_{23}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{14} + \bar{y}_{24}] - [\bar{x}_{14} + \bar{x}_{24}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{15} + \bar{y}_{25}] - [\bar{x}_{15} + \bar{x}_{25}] \leq 0$$

$$(1 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{11} \leq (3 - \alpha)v_1$$

$$(3 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{21} \leq (5 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{12} \leq (6 - \alpha)v_1$$

$$(6 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{22} \leq (8 - \alpha)v_2$$

$$(6 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{13} \leq (8 - \alpha)v_1$$

$$(10 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{23} \leq (12 - \alpha)v_2$$

$$(2 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{14} \leq (4 - \alpha)v_1$$

$$(11 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{24} \leq (13 - \alpha)v_2$$

$$(10 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{15} \leq (12 - \alpha)v_1$$

$$(8 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{25} \leq (10 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{11} \leq (6 - \alpha)u_1$$

$$(5 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{21} \leq (7 - \alpha)u_2$$

$$(3 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{12} \leq (5 - \alpha)u_1$$

$$(7 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{22} \leq (9 - \alpha)u_2$$

$$(2 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{13} \leq (4 - \alpha)u_1$$

$$(9 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{23} \leq (11 - \alpha)u_2$$

$$(7 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{14} \leq (9 - \alpha)u_1$$

$$(10 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{24} \leq (12 - \alpha)u_2$$

$$(1 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{15} \leq (3 - \alpha)u_1$$

$$(12 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{25} \leq (14 - \alpha)u_2$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

2. çıktılar için üst sınır:

$$U_2 = \max u_2$$

Kısıtlar,

$$\bar{x}_{11} + \bar{x}_{21} \leq 1$$

$$\bar{x}_{12} + \bar{x}_{22} \leq 1$$

$$\bar{x}_{13} + \bar{x}_{23} \leq 1$$

$$\bar{x}_{14} + \bar{x}_{24} \leq 1$$

$$\bar{x}_{15} + \bar{x}_{25} \leq 1$$

$$[\bar{y}_{11} + \bar{y}_{21}] - [\bar{x}_{11} + \bar{x}_{21}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{12} + \bar{y}_{22}] - [\bar{x}_{12} + \bar{x}_{22}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{13} + \bar{y}_{23}] - [\bar{x}_{13} + \bar{x}_{23}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{14} + \bar{y}_{24}] - [\bar{x}_{14} + \bar{x}_{24}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{15} + \bar{y}_{25}] - [\bar{x}_{15} + \bar{x}_{25}] \leq 0$$

$$(1 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{11} \leq (3 - \alpha)v_1$$

$$(3 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{21} \leq (5 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{12} \leq (6 - \alpha)v_1$$

$$(6 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{22} \leq (8 - \alpha)v_2$$

$$(6 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{13} \leq (8 - \alpha)v_1$$

$$(10 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{23} \leq (12 - \alpha)v_2$$

$$(2 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{14} \leq (4 - \alpha)v_1$$

$$(11 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{24} \leq (13 - \alpha)v_2$$

$$(10 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{15} \leq (12 - \alpha)v_1$$

$$(8 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{25} \leq (10 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{11} \leq (6 - \alpha)u_1$$

$$(5 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{21} \leq (7 - \alpha)u_2$$

$$(3 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{12} \leq (5 - \alpha)u_1$$

$$(7 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{22} \leq (9 - \alpha)u_2$$

$$(2 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{13} \leq (4 - \alpha)u_1$$

$$(9 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{23} \leq (11 - \alpha)u_2$$

$$(7 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{14} \leq (9 - \alpha)u_1$$

$$(10 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{24} \leq (12 - \alpha)u_2$$

$$(1 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{15} \leq (3 - \alpha)u_1$$

$$(12 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{25} \leq (14 - \alpha)u_2$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

1. girdiler için üst sınır:

$$V_1 = \max v_1$$

Kısıtlar,

$$\bar{x}_{11} + \bar{x}_{21} \leq 1$$

$$\bar{x}_{12} + \bar{x}_{22} \leq 1$$

$$\bar{x}_{13} + \bar{x}_{23} \leq 1$$

$$\bar{x}_{14} + \bar{x}_{24} \leq 1$$

$$\bar{x}_{15} + \bar{x}_{25} \leq 1$$

$$[\bar{y}_{11} + \bar{y}_{21}] - [\bar{x}_{11} + \bar{x}_{21}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{12} + \bar{y}_{22}] - [\bar{x}_{12} + \bar{x}_{22}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{13} + \bar{y}_{23}] - [\bar{x}_{13} + \bar{x}_{23}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{14} + \bar{y}_{24}] - [\bar{x}_{14} + \bar{x}_{24}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{15} + \bar{y}_{25}] - [\bar{x}_{15} + \bar{x}_{25}] \leq 0$$

$$(1 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{11} \leq (3 - \alpha)v_1$$

$$(3 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{21} \leq (5 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{12} \leq (6 - \alpha)v_1$$

$$(6 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{22} \leq (8 - \alpha)v_2$$

$$(6 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{13} \leq (8 - \alpha)v_1$$

$$(10 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{23} \leq (12 - \alpha)v_2$$

$$(2 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{14} \leq (4 - \alpha)v_1$$

$$(11 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{24} \leq (13 - \alpha)v_2$$

$$(10 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{15} \leq (12 - \alpha)v_1$$

$$(8 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{25} \leq (10 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{11} \leq (6 - \alpha)u_1$$

$$(5 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{21} \leq (7 - \alpha)u_2$$

$$(3 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{12} \leq (5 - \alpha)u_1$$

$$(7 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{22} \leq (9 - \alpha)u_2$$

$$(2 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{13} \leq (4 - \alpha)u_1$$

$$(9 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{23} \leq (11 - \alpha)u_2$$

$$(7 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{14} \leq (9 - \alpha)u_1$$

$$(10 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{24} \leq (12 - \alpha)u_2$$

$$(1 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{15} \leq (3 - \alpha)u_1$$

$$(12 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{25} \leq (14 - \alpha)u_2$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

2. girdiler için üst sınır:

$$V_2 = \max v_2$$

Kısıtlar,

$$\bar{x}_{11} + \bar{x}_{21} \leq 1$$

$$\bar{x}_{12} + \bar{x}_{22} \leq 1$$

$$\bar{x}_{13} + \bar{x}_{23} \leq 1$$

$$\bar{x}_{14} + \bar{x}_{24} \leq 1$$

$$\bar{x}_{15} + \bar{x}_{25} \leq 1$$

$$[\bar{y}_{11} + \bar{y}_{21}] - [\bar{x}_{11} + \bar{x}_{21}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{12} + \bar{y}_{22}] - [\bar{x}_{12} + \bar{x}_{22}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{13} + \bar{y}_{23}] - [\bar{x}_{13} + \bar{x}_{23}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{14} + \bar{y}_{24}] - [\bar{x}_{14} + \bar{x}_{24}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{15} + \bar{y}_{25}] - [\bar{x}_{15} + \bar{x}_{25}] \leq 0$$

$$(1 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{11} \leq (3 - \alpha)v_1$$

$$(3 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{21} \leq (5 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{12} \leq (6 - \alpha)v_1$$

$$(6 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{22} \leq (8 - \alpha)v_2$$

$$(6 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{13} \leq (8 - \alpha)v_1$$

$$(10 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{23} \leq (12 - \alpha)v_2$$

$$(2 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{14} \leq (4 - \alpha)v_1$$

$$(11 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{24} \leq (13 - \alpha)v_2$$

$$(10 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{15} \leq (12 - \alpha)v_1$$

$$(8 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{25} \leq (10 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{11} \leq (6 - \alpha)u_1$$

$$(5 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{21} \leq (7 - \alpha)u_2$$

$$(3 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{12} \leq (5 - \alpha)u_1$$

$$(7 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{22} \leq (9 - \alpha)u_2$$

$$(2 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{13} \leq (4 - \alpha)u_1$$

$$(9 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{23} \leq (11 - \alpha)u_2$$

$$(7 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{14} \leq (9 - \alpha)u_1$$

$$(10 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{24} \leq (12 - \alpha)u_2$$

$$(1 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{15} \leq (3 - \alpha)u_1$$

$$(12 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{25} \leq (14 - \alpha)u_2$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

Yukarıdaki modeller çeşitli $\mu \geq \alpha$ 'da çözüldüğü zaman çizelge 5.13'teki değerler elde edilir.

Çizelge 5.13.Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Saati Memariani Modeline Göre Ağırlıklar için Üst Sınırlar

	U_1	U_2	V_1	V_2
$\alpha=0$	0.1250	0.0833	0.1	0.0909
$\alpha=0.25$	0.1083	0.0816	0.0976	0.0889
$\alpha=0.5$	0.0939	0.0769	0.0952	0.0870
$\alpha=0.75$	0.0815	0.0673	0.093	0.0851
$\alpha=1$	0.0706	0.0588	0.0909	0.0833

2. Aşama:

$\max \varphi$

$$[\bar{y}_{11} + \bar{y}_{21}] - [\bar{x}_{11} + \bar{x}_{21}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{12} + \bar{y}_{22}] - [\bar{x}_{12} + \bar{x}_{22}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{13} + \bar{y}_{23}] - [\bar{x}_{13} + \bar{x}_{23}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{14} + \bar{y}_{24}] - [\bar{x}_{14} + \bar{x}_{24}] \leq 0$$

$$[\bar{y}_{15} + \bar{y}_{25}] - [\bar{x}_{15} + \bar{x}_{25}] \leq 0$$

$$(1 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{11} \leq (3 - \alpha)v_1$$

$$(3 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{21} \leq (5 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{12} \leq (6 - \alpha)v_1$$

$$(6 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{22} \leq (8 - \alpha)v_2$$

$$(6 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{13} \leq (8 - \alpha)v_1$$

$$(10 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{23} \leq (12 - \alpha)v_2$$

$$(2 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{14} \leq (4 - \alpha)v_1$$

$$(11 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{24} \leq (13 - \alpha)v_2$$

$$(10 + \alpha)v_1 \leq \bar{x}_{15} \leq (12 - \alpha)v_1$$

$$(8 + \alpha)v_2 \leq \bar{x}_{25} \leq (10 - \alpha)v_2$$

$$(4 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{11} \leq (6 - \alpha)u_1$$

$$(5 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{21} \leq (7 - \alpha)u_2$$

$$(3 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{12} \leq (5 - \alpha)u_1$$

$$(7 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{22} \leq (9 - \alpha)u_2$$

$$(2 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{13} \leq (4 - \alpha)u_1$$

$$(9 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{23} \leq (11 - \alpha)u_2$$

$$(7 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{14} \leq (9 - \alpha)u_1$$

$$(10 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{24} \leq (12 - \alpha)u_2$$

$$(1 + \alpha)u_1 \leq \bar{y}_{15} \leq (3 - \alpha)u_1$$

$$(12 + \alpha)u_2 \leq \bar{y}_{25} \leq (14 - \alpha)u_2$$

$$10^{-6} + \varphi(U_1 - 10^{-6}) \leq u_1 \leq (1 - \varphi)(U_1 - 10^{-6})$$

$$10^{-6} + \varphi(U_2 - 10^{-6}) \leq u_2 \leq (1 - \varphi)(U_2 - 10^{-6})$$

$$10^{-6} + \varphi(V_1 - 10^{-6}) \leq v_1 \leq (1 - \varphi)(V_1 - 10^{-6})$$

$$10^{-6} + \varphi(V_2 - 10^{-6}) \leq v_2 \leq (1 - \varphi)(V_2 - 10^{-6})$$

Yukarıdaki model çeşitli $\mu \geq \alpha$ 'da çözüldüğü zaman tüm KVB'ler için çizelge 5.14'deki ortak ağırlık değerleri elde edilir.

Çizelge 5.14.Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Saati Memariani Modeline Göre Ortak Ağırlıklar

	u_1	u_2	v_1	v_2
$\alpha=0$	0.0564	0.0376	0.0548	0.0499
$\alpha=0.25$	0.0542	0.0408	0.0488	0.0653
$\alpha=0.5$	0.0401	0.0328	0.0546	0.0499
$\alpha=0.75$	0.0346	0.0286	0.0535	0.0490
$\alpha=1$	0.0298	0.0248	0.0526	0.0482

3. Aşama:

KVB 1 ve $\alpha=0$ için:

$$(E_o^M)_0 = 1.6417 \quad (E_o^L)_0 = 0.7818 \quad (E_o^U)_0 = 2.5016 \quad \text{olur.}$$

Etkinlik değeri 1'den büyük çıktığı için ölçek dönüşümü yapılmış yeni ağırlık değerleri çizelge 5.15'deki gibi olur.

Çizelge 5.15.Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Saati Memariani Modeline Göre Ölçek Dönüşümü Yapılmış Ağırlıklar

	U_1^*	U_2^*	V_1^*	V_2^*
$\alpha=0$	0.02255	0.01503	0.0548	0.0499
$\alpha=0.25$	0.02510	0.01889	0.0488	0.0653
$\alpha=0.5$	0.02048	0.01675	0.0546	0.0499
$\alpha=0.75$	0.01999	0.01653	0.0535	0.0490
$\alpha=1$	0.01960	0.01631	0.0526	0.0482

Yeni ağırlık değerleriyle KVB 1 ve $\alpha=0$ için:

$$(E_o^M)_0 = 0.656 \quad (E_o^L)_0 = 0.313 \quad (E_o^U)_0 = 1 \quad \text{olur.}$$

5.3.3.4.Lertworasirikul Modeli

En iyi–En iyi Modeli:

1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$(E_1)_a = \max[u_1(6 - \alpha) + u_2(7 - \alpha)]$$

Kısıtlar,

$$[v_1(1 + \alpha) + v_2(3 + \alpha)] = 1$$

$$[u_1(6 - \alpha) + u_2(7 - \alpha)] - [v_1(1 + \alpha) + v_2(3 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(5 - \alpha) + u_2(9 - \alpha)] - [v_1(4 + \alpha) + v_2(6 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(4 - \alpha) + u_2(11 - \alpha)] - [v_1(6 + \alpha) + v_2(10 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(9 - \alpha) + u_2(12 - \alpha)] - [v_1(2 + \alpha) + v_2(11 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(3 - \alpha) + u_2(14 - \alpha)] - [v_1(10 + \alpha) + v_2(8 + \alpha)] \leq 0$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

En iyi–En kötü Modeli:

1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$(E_1)_a = \max[u_1(6 - \alpha) + u_2(7 - \alpha)]$$

Kısıtlar,

$$[v_1(1 + \alpha) + v_2(3 + \alpha)] = 1$$

$$[u_1(6 - \alpha) + u_2(7 - \alpha)] - [v_1(1 + \alpha) + v_2(3 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(3 + \alpha) + u_2(7 + \alpha)] - [v_1(6 - \alpha) + v_2(8 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(2 + \alpha) + u_2(9 + \alpha)] - [v_1(8 - \alpha) + v_2(12 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(7 + \alpha) + u_2(10 + \alpha)] - [v_1(4 - \alpha) + v_2(13 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(1 + \alpha) + u_2(12 + \alpha)] - [v_1(12 - \alpha) + v_2(10 - \alpha)] \leq 0$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

En kötü–En iyi Modeli:

1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$(E_1)_\alpha = \max[u_1(4 + \alpha) + u_2(5 + \alpha)]$$

Kısıtlar,

$$[v_1(3 - \alpha) + v_2(5 - \alpha)] = 1$$

$$[u_1(4 + \alpha) + u_2(5 + \alpha)] - [v_1(3 - \alpha) + v_2(5 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(5 - \alpha) + u_2(9 - \alpha)] - [v_1(4 + \alpha) + v_2(6 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(4 - \alpha) + u_2(11 - \alpha)] - [v_1(6 + \alpha) + v_2(10 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(9 - \alpha) + u_2(12 - \alpha)] - [v_1(2 + \alpha) + v_2(11 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(3 - \alpha) + u_2(14 - \alpha)] - [v_1(10 + \alpha) + v_2(8 + \alpha)] \leq 0$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

En kötü–En kötü Modeli:

1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$(E_1)_\alpha = \max[u_1(4 + \alpha) + u_2(5 + \alpha)]$$

Kısıtlar,

$$[v_1(3 - \alpha) + v_2(5 - \alpha)] = 1$$

$$[u_1(4 + \alpha) + u_2(5 + \alpha)] - [v_1(3 - \alpha) + v_2(5 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(3 + \alpha) + u_2(7 + \alpha)] - [v_1(6 - \alpha) + v_2(8 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(2 + \alpha) + u_2(9 + \alpha)] - [v_1(8 - \alpha) + v_2(12 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(7 + \alpha) + u_2(10 + \alpha)] - [v_1(4 - \alpha) + v_2(13 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(1 + \alpha) + u_2(12 + \alpha)] - [v_1(12 - \alpha) + v_2(10 - \alpha)] \leq 0$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

5.3.3.5.Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttall Modeli

$\beta = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha$ olabilirlik seviyesinde 1. KVB için girdiye yönelik CCR modeli:

$$\tilde{E}_0 = \max_{u_r, v_i, \bar{f}} \bar{f}$$

Kısıtlar,

$$(1 - \alpha)(6u_1 + 7u_2) + \alpha(5u_1 + 6u_2) \geq \bar{f}$$

$$(1 - \alpha)(3v_1 + 5v_2) + \alpha(2v_1 + 4v_2) \geq 1$$

$$(1 - \alpha)(v_1 + 3v_2) + \alpha(2v_1 + 4v_2) \leq 1$$

$$(1 - \alpha)[(4u_1 + 5u_2) - (v_1 + 3v_2)] + \alpha[(5u_1 + 6u_2) - (2v_1 + 4v_2)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(3u_1 + 7u_2) - (4v_1 + 6v_2)] + \alpha[(4u_1 + 8u_2) - (5v_1 + 7v_2)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(2u_1 + 9u_2) - (6v_1 + 10v_2)] + \alpha[(3u_1 + 10u_2) - (7v_1 + 11v_2)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(7u_1 + 10u_2) - (2v_1 + 11v_2)] + \alpha[(8u_1 + 11u_2) - (3v_1 + 12v_2)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(u_1 + 12u_2) - (10v_1 + 8v_2)] + \alpha[(2u_1 + 13u_2) - (11v_1 + 9v_2)] \leq 0$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq \varepsilon$$

5.3.3.6.Guo-Tanaka Modeli

1. KVB için g_1 :

$$g_1 = \max[v_1 + v_2]$$

Kısıtlar,

$$[v_1(1 + \alpha) + v_2(3 + \alpha)] = 0.5 + 0.5\alpha$$

$$[v_1(3 - \alpha) + v_2(5 - \alpha)] \leq 1.5 - 0.5\alpha$$

$$\Phi = \max_{j=1,\dots,n} \left[\max_{i=1,\dots,m} (w_{ij} / x_{ij}^M) \right] = \frac{1}{2}$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

1. KVB için kurulan modele benzer şekilde tüm KVB'ler için model kurulup, çeşitli α 'larda çözüldüğü zaman çizelge 5.16'daki g_i değerleri elde edilir.

Çizelge 5.16.Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Guo Tanaka Modeline Göre Girdilere Verilecek Ağırlıkların Maksimumu

	KVB1(g_1)	KVB2(g_2)	KVB3(g_3)	KVB4(g_4)	KVB5(g_5)
$\alpha=0$	0.4999980	0.1249995	0.08333267	0.2499955	0.06249975
$\alpha=0.25$	0.4999984	0.1470584	0.09999935	0.2777738	0.07575733
$\alpha=0.5$	0.4999987	0.1666662	0.11538400	0.2999964	0.08823505
$\alpha=0.75$	0.4999989	0.1842101	0.12962900	0.3181786	0.09999977
$\alpha=1$	0.4999990	0.1999996	0.14285660	0.3333304	0.1111109

1. KVB için girdi ve çıktılarına verilecek ağırlıklar:

$$(E_1)_\alpha = \max[u_1(4 + \alpha) + u_2(5 + \alpha)]$$

Kısıtlar,

$$v_1 + v_2 \geq 0.4999980$$

$$[v_1(1 + \alpha) + v_2(3 + \alpha)] = 0.5 + 0.5\alpha$$

$$[v_1(3 - \alpha) + v_2(5 - \alpha)] \leq 1.5 - 0.5\alpha$$

$$[u_1(4 + \alpha) + u_2(5 + \alpha)] - [v_1(1 + \alpha) + v_2(3 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(3 + \alpha) + u_2(7 + \alpha)] - [v_1(4 + \alpha) + v_2(6 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(2 + \alpha) + u_2(9 + \alpha)] - [v_1(6 + \alpha) + v_2(10 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(7 + \alpha) + u_2(10 + \alpha)] - [v_1(2 + \alpha) + v_2(11 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(1 + \alpha) + u_2(12 + \alpha)] - [v_1(10 + \alpha) + v_2(8 + \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(6 - \alpha) + u_2(7 - \alpha)] - [v_1(3 - \alpha) + v_2(5 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(5 - \alpha) + u_2(9 - \alpha)] - [v_1(6 - \alpha) + v_2(8 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(4 - \alpha) + u_2(11 - \alpha)] - [v_1(8 - \alpha) + v_2(12 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(9 - \alpha) + u_2(12 - \alpha)] - [v_1(4 - \alpha) + v_2(13 - \alpha)] \leq 0$$

$$[u_1(3 - \alpha) + u_2(14 - \alpha)] - [v_1(12 - \alpha) + v_2(10 - \alpha)] \leq 0$$

$$v_1, v_2, u_1, u_2 \geq 10^{-6}$$

1. KVB için kurulan modele benzer şekilde tüm KVB'ler için model kurulup, çeşitli α 'larda çözüldüğü zaman çizelge 5.17'deki u_i ve v_i değerleri elde edilir.

Çizelge 5.17.Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 için Guo Tanaka Modeline Göre Girdi ve Çıktılara Verilecek Ağırlıklar

	Ağırlık	Karar Verme Birimi				
		KVB1	KVB2	KVB3	KVB4	KVB5
$\alpha=0$	u_1	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}
	u_2	0.099999	0.024999	0.016666	0.04999	0.037499
	v_1	0.49999	0.124999	0.083317	0.24999	10^{-6}
	v_2	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	0.062499
$\alpha=0.25$	u_1	0.090904	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}
	u_2	0.045459	0.032281	0.021951	0.06097	0.0469
	v_1	0.499997	0.147057	0.099998	0.2778	10^{-6}
	v_2	10^{-6}	$1.13*10^{-6}$	10^{-6}	10^{-6}	0.07576
$\alpha=0.5$	u_1	0.16666	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}
	u_2	$4*10^{-6}$	0.039683	0.027473	0.071428	0.05615
	v_1	0.499998	0.16667	0.11538	0.29999	10^{-6}
	v_2	10^{-6}	$1.071*10^{-6}$	10^{-6}	10^{-6}	0.08823
$\alpha=0.75$	u_1	0.177419	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}
	u_2	10^{-6}	0.047124	0.03316	0.08139	0.06522
	v_1	0.499998	0.184209	0.129628	0.3182	10^{-6}
	v_2	10^{-6}	10^{-6}	$1.064*10^{-6}$	$1.022*10^{-6}$	0.099999
$\alpha=1$	u_1	0.187499	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}
	u_2	10^{-6}	0.054454	0.03896	0.09091	0.074073
	v_1	0.499998	0.199999	0.14286	0.3333	10^{-6}
	v_2	$1.03*10^{-6}$	10^{-6}	$1.026*10^{-6}$	$1.023*10^{-6}$	0.11111

1. KVB için etkinlik değeri ($\alpha=0$ için):

$$\eta = \frac{10^{-6} * 5 + 0.099999 * 6}{0.49999 * 2 + 10^{-6} * 4} = 0.60$$

$$\kappa = 0.60 - \frac{10^{-6} * 4 + 0.099999 * 5}{0.49999 * 3 + 10^{-6} * 5} = 0.267$$

$$\tau = \frac{10^{-6} * 6 + 0.099999 * 7}{0.49999 * 1 + 10^{-6} * 3} - 0.60 = 0.8$$

$$E_1^0 = (\eta - (1 - \alpha)\kappa, \eta, \eta + \tau(1 - \alpha)) = (0.333, 0.60, 1.4)$$

olur.

5.3.3.7. Leon-Liern-Ruiz-Sirvent Modeli

1. KVB için girdiye yönelik dual CCR modeli:

$$(E_1)_\alpha = \min \theta$$

$$\lambda_1(1+\alpha) + \lambda_2(4+\alpha) + \lambda_3(6+\alpha) + \lambda_4(2+\alpha) + \lambda_5(10+\alpha) \leq \theta(1+\alpha)$$

$$\lambda_1(3+\alpha) + \lambda_2(6+\alpha) + \lambda_3(10+\alpha) + \lambda_4(11+\alpha) + \lambda_5(8+\alpha) \leq \theta(3+\alpha)$$

$$\lambda_1(3-\alpha) + \lambda_2(6-\alpha) + \lambda_3(8-\alpha) + \lambda_4(4-\alpha) + \lambda_5(12-\alpha) \leq \theta(3-\alpha)$$

$$\lambda_1(5-\alpha) + \lambda_2(8-\alpha) + \lambda_3(12-\alpha) + \lambda_4(13-\alpha) + \lambda_5(10-\alpha) \leq \theta(5-\alpha)$$

$$\lambda_1(4+\alpha) + \lambda_2(3+\alpha) + \lambda_3(2+\alpha) + \lambda_4(7+\alpha) + \lambda_5(1+\alpha) \geq (4+\alpha)$$

$$\lambda_1(5+\alpha) + \lambda_2(7+\alpha) + \lambda_3(9+\alpha) + \lambda_4(10+\alpha) + \lambda_5(12+\alpha) \geq (5+\alpha)$$

$$\lambda_1(6-\alpha) + \lambda_2(5-\alpha) + \lambda_3(4-\alpha) + \lambda_4(9-\alpha) + \lambda_5(3-\alpha) \geq (6-\alpha)$$

$$\lambda_1(7-\alpha) + \lambda_2(9-\alpha) + \lambda_3(11-\alpha) + \lambda_4(12-\alpha) + \lambda_5(14-\alpha) \geq (7-\alpha)$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5 \geq 0$$

Sınırlandırılmış ve kesin veriler için önerilen modellerinin karşılaştırılması için ele alınan örnek 5.3'ün tüm modeller için çözüm sonuçları çizelge 5.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.18.Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modellerinin Etkinlik Değerlerinin Örnek 5.3 ile Karşılaştırılması

Model	KVB	Etkinlik Değerleri				
		$\mu \geq 0$	$\mu \geq 0.25$	$\mu \geq 0.5$	$\mu \geq 0.75$	$\mu = 1$
Kao-Liu	KVB1	(0.9624, 1)	(1, 1)	(1, 1)	(1, 1)	1
	KVB2	(0.375, 1)	(0.4504, 1)	(0.5385, 1)	(0.6414, 0.8991)	0.7619
	KVB3	(0.3214, 1)	(0.3790, 0.9426)	(0.4448, 0.8122)	(0.5200, 0.7029)	0.6061
	KVB4	(0.3571, 1)	(0.5062, 1)	(0.6923, 1)	(0.9261, 1)	1
	KVB5	(0.5143, 1)	(0.6049, 1)	(0.7085, 1)	(0.8270, 1)	0.9629
Saati Memariani Jahanshahloo	KVB1	1	1	1	1	1
	KVB2	1	1	1	0.8991	0.7619
	KVB3	1	0.9426	0.8122	0.7029	0.6061
	KVB4	1	1	1	1	1
	KVB5	1	1	1	1	0.9629
Saati Memariani	KVB1	(0.313, 0.656, 1)	(0.331, 0.666, 1)	(0.314, 0.657, 1)	(0.314, 0.657, 1)	(0.314, 0.657, 1)
	KVB2	(0.221, 0.338, 0.455)	(0.238, 0.359, 0.480)	(0.229, 0.347, 0.465)	(0.229, 0.347, 0.465)	(0.230, 0.348, 0.466)
	KVB3	(0.167, 0.234, 0.3)	(0.181, 0.249, 0.318)	(0.178, 0.246, 0.313)	(0.178, 0.246, 0.314)	(0.179, 0.247, 0.315)
	KVB4	(0.342, 0.453, 0.564)	(0.338, 0.439, 0.541)	(0.345, 0.456, 0.568)	(0.345, 0.456, 0.568)	(0.345, 0.457, 0.568)
	KVB5	(0.170, 0.229, 0.287)	(0.197, 0.263, 0.329)	(0.186, 0.246, 0.306)	(0.187, 0.247, 0.308)	(0.188, 0.248, 0.308)
Lertworasirikul En İyi-En İyi	KVB1	1	1	1	1	1
	KVB2	0.6429	0.6741	0.7041	0.7333	0.7619
	KVB3	0.4714	0.5050	0.5385	0.5721	0.6061
	KVB4	0.8571	0.9671	1	1	1
	KVB5	0.75	0.8025	0.8552	0.9086	0.9629
Lertworasirikul En İyi-En Kötü	KVB1	1	1	1	1	1
	KVB2	1	1	1	0.8991	0.7619
	KVB3	1	0.9426	0.8122	0.7029	0.6061
	KVB4	1	1	1	1	1
	KVB5	1	1	1	1	0.9629
Lertworasirikul En Kötü-En İyi	KVB1	0.9624	1	1	1	1
	KVB2	0.375	0.4504	0.5385	0.6414	0.7619
	KVB3	0.3214	0.3790	0.4448	0.52	0.6061
	KVB4	0.3571	0.5062	0.6923	0.9261	1
	KVB5	0.5143	0.6049	0.7085	0.8270	0.9629
Lertworasirikul En Kötü-En Kötü	KVB1	1	1	1	1	1
	KVB2	0.8333	0.8173	0.8015	0.7859	0.7619
	KVB3	0.7337	0.6999	0.6683	0.6386	0.6061
	KVB4	1	1	1	1	1
	KVB5	1	1	1	1	0.9629
Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle Modeli	KVB1	1.5	1.3529	1.2222	1.1053	1
	KVB2	0.9	0.8667	0.8322	0.7971	0.7619
	KVB3	0.66	0.6492	0.6364	0.6218	0.6061
	KVB4	1.2	1.1818	1.1333	1.0645	1
	KVB5	1.05	1.0317	1.0107	0.9876	0.9629
Guo-Tanaka	KVB1	(0.333, 0.60, 1.4)	(0.523, 0.727, 1.178)	(0.717, 0.834, 1.028)	(0.853, 0.887, 0.931)	0.938
	KVB2	(0.233, 0.32, 0.45)	(0.297, 0.353, 0.428)	(0.354, 0.382, 0.417)	(0.401, 0.409, 0.418)	0.436
	KVB3	(0.225, 0.286, 0.367)	(0.276, 0.314, 0.362)	(0.322, 0.342, 0.364)	(0.360, 0.366, 0.371)	0.390
	KVB4	(0.500, 0.773, 1.2)	(0.652, 0.806, 1.062)	(0.793, 0.873, 0.984)	(0.915, 0.938, 0.965)	1
	KVB5	(0.720, 0.867, 1.05)	(0.807, 0.894, 0.997)	(0.878, 0.919, 0.964)	(0.931, 0.942, 0.953)	0.9629
Leon-Liern-Ruiz-Sirvent	KVB1	1	1	1	1	1
	KVB2	0.8333	0.8173	0.8015	0.7859	0.7619
	KVB3	0.7337	0.6999	0.6683	0.6386	0.6061
	KVB4	1	1	1	1	1
	KVB5	1	1	1	1	0.9629

5.4.BVZA'DA KVB'LERİN ETKİNLİK DEĞERLERİNİN SIRALANMASI

VZA'nın; KVB'lerin farklı üretim fonksiyonlarının olabileceği gerçeğini dikkate alarak her KVB'ye girdi ve çıktıları ağırlıklandırmada esneklik tanıdığına, incelenen KVB'nin kendi etkinlik değerini maksimize edecek şekilde girdi ve çıktı ağırlıklarını seçtiğine ve en az kullandıkları girdiler ile en çok ürettikleri çıktılara en yüksek ağırlıkları verdiği 3. bölümde değinilmişti. Ağırlık seçmedeki bu esnekliğin yanı sıra; sınırlandırılmış veriler için önerilmiş olan BVZA modelleri, KVB'lere kendi etkinlik değerini maksimize edecek şekilde girdi-çıkıtı verilerini seçmede de serbestlik tanımaktadır.

Ağırlık ve girdi-çıkıtı verilerini seçmede KVB'lere tanınan bu esneklik ile birkaç KVB etkin çıkabilmektedir. Etkin çıkan KVB'lerin kendi aralarında sıralamasının yapılabilmesi için Andersen ve Petersen geleneksel VZA ile etkin çıkmış olan o. KVB için süper etkinlik modelini önermişlerdir:¹¹⁰

$$E_o = \min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

Kısıtlar,

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

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

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m \quad j \neq o$$

Model etkin o. KVB'nin başvuru kümesinden çıkarması üzerine kurulmuştur. θ , diğer KVB'lerin o. KVB'nin kullandığı girdilerin kaç katını kullanacağını göstermektedir. Bu sebeple elde edilen etkinlik değeri (θ) en yüksek olan KVB sıralamada ilk sırada yer alacaktır.

Kao-Liu, Saati-Memariani ve Guo-Tanaka modellerinin uygulanması sonucunda elde edilen etkinlik değerleri de bulanık sayılardır. Bulanık sayıların sıralanması için Chen ve Klein aşağıdaki sıralama formülünü önermiştir:¹¹¹

¹¹⁰ Per ANDERSEN – Niels Christian PETERSEN, “A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis”, **Management Science**, Volume: 39, 1993, s.1262.

¹¹¹ Chie B. CHEN– Cerry M. KLEIN, “A Simple Approach to Ranking a Group of Aggregated Fuzzy Utilities”, **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part B**, Vol: 27, 1997, s.31.

$$I_j = \frac{\sum_{b=0}^z [(E_j)_{\alpha_b}^U - c]}{\left[\sum_{b=0}^z [(E_j)_{\alpha_b}^U - c] - \sum_{b=0}^z [(E_j)_{\alpha_b}^L - d] \right]} \quad z \rightarrow \infty$$

Burada,

I_j : j. KVB'nin sıralama indisi

z : Etkinlik değerinin hesaplandığı α sayısı ($b = 0, \dots, z$)

c : $\min_{b,j} [(E_{jb})_{\alpha_b}^L]$, tüm KVB'lerin tüm α 'lardaki etkinlik değerlerinin alt sınırlarının minimumu

d : $\max_{b,j} [(E_{jb})_{\alpha_b}^U]$, tüm KVB'lerin tüm α 'lardaki etkinlik değerlerinin üst sınırlarının maksimumu

Chen ve Klein'in sıralama formülü örnek 5.3'deki Kao-Liu, Saati-Memariani ve Guo-Tanaka modellerine uygulandığı zaman çizelge 5.19'daki sonuçlar elde edilir.

Çizelge 5.19.Sınırlandırılmış ve Kesin Veri Modelleri Örneği 5.3 İçin Bulanık Etkinlik Değerlerinin Sıralanması

Model	C	d	KVB	I	Etkinlik Sırası
Kao-Liu	0.3214	1	KVB1	0.9890	1
			KVB2	0.5777	4
			KVB3	0.4738	5
			KVB4	0.6909	3
			KVB5	0.7083	2
Saati-Memariani	0.167	1	KVB1	0.5495	1
			KVB2	0.3440	3
			KVB3	0.1497	4
			KVB4	0.3754	2
			KVB5	0.1472	5
Guo-Tanaka	0.225	1.4	KVB1	0.5447	3
			KVB2	0.1625	4
			KVB3	0.1184	5
			KVB4	0.5655	2
			KVB5	0.5846	1

ALTINCI BÖLÜM

BVZA İLE ÜNİVERSİTELERİN ETKİNLİK ÖLÇÜMLERİ

6.1.TÜRKİYE’DE YÜKSEKÖĞRETİM SİSTEMİ

Üniversite ve yükseköğretim kavramlarına kimi zaman ayrı anlamlar yüklendiği, kimi zaman da temel amaç ve işlevleri bakımından aynı çerçevede değerlendirildiği görülmüştür. Ancak yapılan çeşitli tanımların ortak noktası yükseköğretimin; üniversite, yüksekokul, akademi gibi kurumların verdikleri eğitimi içine alan bir öğretim kademesi olmasıdır. Bu nedenle de üniversite ile yükseköğretimi kesin çizgilerle birbirinden ayırmak pek mümkün görülmemektedir. Ancak, yükseköğretim kurumları içinde üniversiteleri diğerlerinden ayıran en belirgin özelliğin araştırma işlevine verdikleri ağırlık olduğu ifade edilmiştir. Yüksekokul ve akademilerin ise meslek elemanı yetiştirmek amacına dönük olduğu, buna bağlı olarak da bu kurumların üniversitelerden farklı bir işlevi yerine getirdiği ifade edilmiştir.¹¹²

1982 Anayasasının 130. maddesindeki ve 2547 sayılı yasanın 4. maddesindeki üniversitenin işlevlerine baktığımızda, dünyadaki diğer üniversiteler gibi Türk üniversiteleri için de eğitim-öğretim, bilimsel araştırma ve topluma hizmetin amaçlandığı görülmektedir. Bugün üniversitelerimizde eğitim-öğretim ve bilimsel araştırma işlevleri iç içe geçmiş durumdadır. Türkiye’deki devlet ve vakıf

¹¹² Gülsün Atanur BASKAN, “Türkiye’de Yükseköğretimin Gelişimi”, **Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi**, Cilt: 21, Sayı 1, 2001, s.22-23.

üniversitelerinin çoğu kitlelere yönelik eğitim veren kitlesel eğitim üniversiteleri konumundadır.¹¹³

Türk yükseköğretim sistemi son çeyrek yüzyılda, özellikle son 15 yılda dünyada eşine ender rastlanan bir genişleme ve yapısal değişim süreci yaşamıştır. Bu dönemde devlet üniversitelerinin sayısı 1981 yılında sadece 19 iken 1982’de 27’ye, 1987’de 28’e, 1992’de de büyük bir sıçrama göstererek o yıl kurulan 21 üniversite ve iki yüksek teknoloji enstitüsünün katılmasıyla 51’e, 1993’te 52’ye, 1994’te 53’e, 2006 yılının mart ayında kurulan 15 yeni üniversite ile 68’e yükselmiştir. Bu sayıya, 2007 yılında 17 yeni üniversite eklenmiş ve devlet üniversitelerinin sayısı Ağustos 2007 tarihi itibarıyla 85’e ulaşmıştır. Vakıf üniversitelerinin sayısı da hızlı ve sürekli bir biçimde artarak 1984 yılında 1 iken, 1993’te 3’e, 1996’da 8’e, 1997’de 15’e, 1999’da 20’ye, 2006’da 25’e ve Mayıs 2007 itibarıyla de 30’a yükselmiş ve toplam sayısı 115’i bulan üniversitelerimiz içinde önemli bir konuma ulaşmıştır.¹¹⁴

6.2.KARAR VERME BİRİMLERİ

VZA ile sağlıklı bir etkinlik analizi yapılabilmesi için seçilecek KVB’lerin homojen bir yapıya sahip olması, benzer girdiler kullanarak benzer çıktılar üretmesi gerekmektedir. Fakat Türkiye’deki yükseköğretim kurumları finans yapıları, kuruluş yılları, öğretim türü ve işlevleri bakımından karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu sebeple sağlıklı bir etkinlik analizi yapılabilmesi için KVB’lerin seçiminde aşağıdaki ölçütler dikkate alınmıştır.

6.2.1.Finans Yapısı

Kamu hizmeti niteliği taşıdığı konusunda görüş birliği olan yükseköğretimin finansmanı, devlet ve vakıf üniversiteleri itibarıyla iki temel yöntemle yapılmaktadır.

¹¹³ Ali Rıza ERDEM, “Üniversitenin Varoluş Nedeni (Üniversitenin Misyonu)”, **Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, Sayı: 17, 2005, s.106.

¹¹⁴ Fikret ŞENSES, **Uluslararası Gelişmeler Işığında Türkiye Yükseköğretim Sistemi: Temel Eğilimler, Sorunlar Çelişkiler ve Öneriler**, Economic Research Center Working Papers in Economics 07/05, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2007, s.2.

Anayasal olarak devlet üniversitelerinde kamusal finansman, vakıf üniversitelerinde ise özel finansman sistemi benimsenmiş bulunmaktadır.¹¹⁵

Devlet üniversitelerinin kamusal finansman şekli bütçe ile finansmandır. Üniversitelerin bütçeleri Cumhuriyetin kuruluşundan bu yana uygulandığı ve 1961 ve 1982 Anayasalarında aynen düzenlendiği biçimiyle merkezi yönetim bütçesinin bağlı olduğu esaslara göre yürürlüğe konulmakta, denetlenmekte ve analitik bütçe sistemi uygulanmaktadır.¹¹⁶

2004 yılından bu yana uygulanmakta olan analitik bütçe sistemine göre devlet üniversitelerinin giderleri (ekonomik sınıflandırmaya göre):¹¹⁷

- Personel giderleri
- Sosyal güvenlik kurumlarına devlet primi giderleri
- Mal ve hizmet alım giderleri
- Cari transferler
- Sermaye giderleri

olmak üzere 5 farklı başlık altında sınıflandırılmaktadır.

Personel giderleri; üniversitelerin bünyesinde kadrolu, sözleşmeli ve geçici olarak çalışan tüm personele maaş, ek çalışma karşılığı gibi bordroya dayalı olarak ödenen nakdi giderlerdir.

Sosyal güvenlik kurumlarına devlet primi giderleri; üniversitelerin bünyesinde kadrolu, sözleşmeli ve geçici olarak çalışan tüm personeller için işveren sıfatıyla sosyal güvenlik kurumlarına ödenen prim giderleridir.

Mal ve hizmet alım giderleri; yakıt, elektrik, rutin bakım-onarım, telefon vb. haberleşme, yolluk, büro malzemesi, kira ile düşük değerli ya da bir yıldan az kullanım ömrü olan donanımlar için yapılan giderlerdir.

¹¹⁵ Yükseköğretim Kurulu, s.57.

¹¹⁶ Yükseköğretim Kurulu, s.58.

¹¹⁷ Maliye Bakanlığı Bütçe ve Mali Kontrol Genel Müdürlüğü, **2008-2010 Dönemi Bütçe Hazırlama Rehberi**'nden yararlanılmıştır, [http://www.bumko.gov.tr/TR//Tempdosyalar/tumu_\(20082010\).pdf](http://www.bumko.gov.tr/TR//Tempdosyalar/tumu_(20082010).pdf), (15.02.2008).

Cari transferler; emekli olan personel için ödenen ikramiye karşılıkları ve memurların öğle yemeğine yardım kapsamındaki ödemelerdir.

Sermaye giderleri; kullanım ömürleri bir yıl ya da daha uzun süre olan bilgisayar, laboratuvar cihazı ve gereçleri, makine, teçhizat, taşıt alımları ile gayrimenkul alımı, yapımı ve onarımı için yapılan giderlerdir.

Analitik bütçe sistemine göre devlet üniversitelerinin gelirleri:

- Hazine yardımı
- Öz gelirler

olmak üzere 2 farklı başlık altında sınıflandırılmaktadır.

Hazine yardımı; devletin yaptığı yardımdan elde edilen gelirdir.

Öz gelirler; örgün, ikinci öğretim ve yaz okulu, tezsiz yüksek lisans harç gelirleri, araştırma projeleri gelirleri ile kantin, lojman vb. gayrimenkul kiralardan elde edilen gelirlerdir.

Vakıf üniversitelerinin finansman şekli özel finansman olmakla birlikte, bu kurumlara 2547 sayılı yasanın ek. 18. maddesi ile giderlerine katkıda bulunmak amacıyla ve bütçedeki ödenekle sınırlı olmak kaydıyla hazine yardımı yapılması, kamusal finansman ögesinin de kullanıldığını göstermektedir. Vakıf üniversiteleri, mali ve idari konularda özerkliğe sahiptir. Vakıf üniversitelerinin finansman yapısı hakkında yayınlanmış veriler bulunmadığından, öğrenim ücretleri ile devlet yardımlarının finansman yapıları içindeki payı hakkında herhangi bir görüş ileri sürülememektedir.¹¹⁸

Üniversitelerin gelirlerinin büyük kısmını devlet üniversitelerinde hazine yardımı oluştururken, vakıf üniversitelerinde öğrenci harçları veya kurucu vakıf bağışı oluşturmaktadır.

Vakıf üniversiteleri devlet üniversitelerinden farklı olarak mali ve idari özerkliğe sahip olduğu, finansman yapıları hakkında yayınlanmış veriler bulunmadığı için çalışma dışında bırakılmıştır.

¹¹⁸ Yükseköğretim Kurulu, s.62.

6.2.2.Dayanıklı Taşınır ve Taşınmaz Değerleri

Çizelge 6.1’de görüldüğü gibi üniversite kaynaklarının %25 gibi büyük bir oranı laboratuvar cihazı ve gereçleri, makine, teçhizat, taşıt, gayrimenkul alımı ile gayrimenkul yapımı için harcanan sermaye giderleri için kullanılmaktadır. Enflasyon oranının yüksek olduğu ülkemizde devlet kurumlarının taşınmaz (gayrimenkul, arsa vb.) ve dayanıklı taşınırlarının (laboratuvar cihazı, makine, taşıt vb.) maddi değerleri hakkında herhangi bir çalışma yapılmamaktadır.

Çizelge 6.1.Ekonomik Sınıflandırmaya Göre Üniversitelerin Giderlerin Yüzdesel Dağılımı (Türkiye Ortalaması)¹¹⁹

Yıl	Gider Türü			
	Personel ve Sosyal Güvenlik Kurumlarına Devlet Primi	Mal ve Hizmet Alımı	Cari Transferler	Sermaye
	(%)	(%)	(%)	(%)
1995	66	11	3	20
1996	60	9	3	28
1997	56	9	4	31
1998	58	8	4	30
1999	65	8	4	23
2000	64	8	4	24
2001	62	8	4	26
2002	62	10	3	25
2003	66	8	2	24
2004	62	14	3	21
2005	52	11	19	18
Ortalama	61,2	9,5	4,8	24,5

Dayanıklı taşınır ve taşınmazların değerleri tezde girdi olarak kullanılamadığı için uygulamanın tüm devlet üniversitelerinde yapılması kuruluş yılı bakımından daha eski olan üniversitelere fiziksel altyapı avantajı sağlayacaktır. Bu sebeple uygulamanın sadece 1992 yılında kurulan devlet üniversitelerinde yapılması düşünülmüştür. Fakat 1992 yılında kurulan bazı üniversitelerin verilerine ulaşılamamıştır. VZA girdi ve çıktılarına ağırlık seçmede serbestlik tanıyan bir sistem olduğu, KVB sayısının az olması durumunda VZA’nın ayırım yapma gücü azalacağı için 1982 ile 1995 yılları arasında kurulmuş ve çizelge 6.2’de gösterilmiş olan 24 devlet üniversitesi KVB olarak seçilmiştir. Uygulamada 2006 yılı verileri kullanılarak, 2006 yılının etkinlik analizi yapılmıştır.

¹¹⁹ Yükseköğretim Kurulu, s.64.

Celal Bayar, Dokuz Eylül, Harran, Kahramanmaraş Sütçü İmam ve Galatasaray Üniversiteleri'nin girdi veya çıktı verilerinin çoğuna ulaşamadığı için çalışma dışında bırakılmıştır.

Çizelge 6.2.Görelî Etkinliği Hesaplanan Üniversiteler

KVB		KVB	
1	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	13	Kocaeli Üniversitesi
2	Adnan Menderes Üniversitesi	14	Mersin Üniversitesi
3	Afyon Kocatepe Üniversitesi	15	Muğla Üniversitesi
4	Akdeniz Üniversitesi	16	Mustafa Kemal Üniversitesi
5	Balıkesir Üniversitesi	17	Niğde Üniversitesi
6	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	18	Pamukkale Üniversitesi
7	Dumlupınar Üniversitesi	19	Sakarya Üniversitesi
8	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	20	Süleyman Demirel Üniversitesi
9	Gaziantep Üniversitesi	21	Trakya Üniversitesi
10	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	22	Yıldız Teknik Üniversitesi
11	Kafkas Üniversitesi	23	Yüzüncü Yıl Üniversitesi
12	Kırıkkale Üniversitesi	24	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

6.3.GİRDİ VE ÇIKTILAR

6.3.1.Daha Önce Yapılmış Çalışmalarda Kullanılmış Girdi ve Çıktılar

VZA ile üniversitelerde etkinlik ölçümü üzerine yapılmış olan bazı çalışmalarda kullanılan girdi-çıkıtı verileri çizelge 6.3'te gösterilmiştir.

Abbott ve Doucouliagos¹²⁰, üniversitenin elindeki varlıkların maddi değerini ifade eden cari olmayan aktifleri girdi olarak kullanmışlardır.

Fandel¹²¹, Almanya'nın üniversitelere verilen mali destekte, eğitimle ilgili akademik personel sayısı ile kayıtlı ve mezun öğrenci sayısı, araştırma ile ilgili olarak mezun lisansüstü öğrenci sayısı ile devlet desteği dışı mali kaynakları dikkate aldığını belirterek girdi ve çıktıları belirlemiştir. Çalışmada, devlet desteği dışı mali kaynakların girdi mi çıktı mı olacağının tartışmaya açık olduğu belirtilmiştir. Bu kaynakların akademik personelin araştırma çalışmalarının başarısının sonucu olduğu

¹²⁰ M. ABBOTT ve C. DOUCOULIAGOS, s.92-93.

¹²¹ Günter FANDEL, "O.R. Applications On The Performance of Universities in North Rhine-Westphalia Germany: Government's Redistribuition of Funds Judged Using DEA Efficiency Measures", **European Journal of Operational Research**, Volume:176, 2007, s.524.

için çıktı olabileceği gibi, mezun lisansüstü öğrenci sayısını artıracak için girdi olarak seçilebileceği belirtilerek çalışmada girdi olarak alınmıştır.

Çizelge 6.3.Üniversitelerde Etkinlik Ölçümünde Daha Önceki Çalışmalarda Kullanılmış Girdi-Çıktı Verileri

Yazar	Çıktı	Girdi
Abbott-Doucoulagos	1.Öğrenci Sayısı	1.Akademik Personel Sayısı
	2.Araştırma Ödeneği	2.İdari Personel Sayısı
		3.Personel Gid. Hariç Tüm Gid.
		4.Cari Olmayan Aktifler
Fandel	1.Mezun Lisans Öğrenci Sayısı	1.Akademik Personel Sayısı
	2.Mezun Lisansüstü Öğrenci Sayısı	2.Devlet Desteği Dışındaki Kaynaklar
		3.Öğrenci Sayısı
Flegg-Allen-Field-Thurlow ¹²²	1.Mezun Lisans Öğrenci Sayısı	1.Akademik Personel Sayısı
	2.Mezun Lisansüstü Öğrenci Sayısı	2.Akademik Personel ve Sermaye Giderleri Hariç Tüm Giderler
	3.Araştırma ve Danışmanlık Gelirleri	3.Lisans Öğrencisi Sayısı
		4.Lisansüstü Öğrencisi Sayısı
Avkıran ¹²³	1.Lisans Öğrencisi Sayısı	1.Akademik Personel Sayısı
	2.Lisansüstü Öğrencisi Sayısı	2.İdari Personel Sayısı
	3.Araştırma Ödeneği	
Kuo-Kuo-Ho ¹²⁴	1.Lisans Öğrencisi Sayısı	1.Akademik Personel Sayısı
	2.Lisansüstü Öğrencisi Sayısı	2.İdari Personel Sayısı
	3.Araştırma Projesi Sayısı	3.Personel Gid. Hariç Tüm Gid.
	4.Mezun Lisans Öğr. Sayısı	4.Kapalı Kullanım Alanı
	5.Mezun Lisansüstü Öğr. Sayısı	5.Kitap ve Dergi Sayısı

Flegg ve diğerleri, üniversitelerin birbirleriyle karşılaştırmasını değil, KVB olarak yılları seçerek İngiltere'deki yükseköğretimin 13 yıllık etkinliğini ölçmüşlerdir. Statik etkinliğin ölçülmesinde VZA, etkinliğin zaman içinde değişiminin ölçülmesinde ise Malmquist Analizi kullanılmıştır. Bu sebeple çalışmada öğrenci sayısı girdi, mezun öğrenci sayısı çıktı olarak alınmıştır.

¹²² A.T. FLEGG – D.O. ALLEN – K. FIELD – T.W. THURLOW, “Measuring The Efficiency of British Universities: A Multi Period Data Envelopment Analysis”, **Education Economics**, Volume:12, 2004, s.233-235.

¹²³ Necmi AVKIRAN, “Investigating Technical and Scale Efficiencies of Australian Universities Through Data Envelopment Analysis”, **Socio-Economic Planning Sciences**, Volume:35, 2001, s.65.

¹²⁴ Jenn-Shyong KUO – Chun-Shao KUO - Yi-Cheng HO, “Relative Efficiency of Public and Private Institutions of Learning in Taiwan: Accounting for Organizational Characteristics Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis”, **2005 Meetings of the Public Choice Society'de Sunulan Bildiri**, 2 Mayıs 2005, s.10.

6.3.2.Girdiler

Üniversitelerin giderlerinin sınıflandırılmasından yola çıkarak;

- Öğretim Üyesi Sayısı
- Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayısı
- Araştırma Görevlisi Sayısı
- Toplam Personel Giderleri
- Mal ve Hizmet Alım Giderleri
- Kapalı Kullanım Alanı

girdi olarak belirlenmiştir.

Tezde belirlenen KVB’lerde toplam akademik personel sayıları içerisinde öğretim üyesi, öğretim görevlisi ve okutman, araştırma görevlisi oranları farklılık göstermektedir. 2547 sayılı yükseköğretim kanununa göre öğretim üyesi, öğretim görevlisi ve okutman ile araştırma görevlilerinin sorumlulukları ve görevleri birbirinden farklıdır. Bu sebeple çalışmanın daha sağlıklı olması için akademik personel sayısı ile ilgili olarak 3 farklı girdi belirlenmiştir.

6.3.2.1.Öğretim Üyesi Sayısı

2547 sayılı yükseköğretim kanununun 22. maddesine göre öğretim üyeleri; önlisans, lisans ve lisansüstü düzeyde eğitim-öğretim ve uygulamalı çalışmalar yaptırmak, proje hazırlıklarını ve seminerleri yönetmek, danışmanlık yapmak, bilimsel araştırmalar ve yayımlar yapmakla görevli personellerdir.¹²⁵

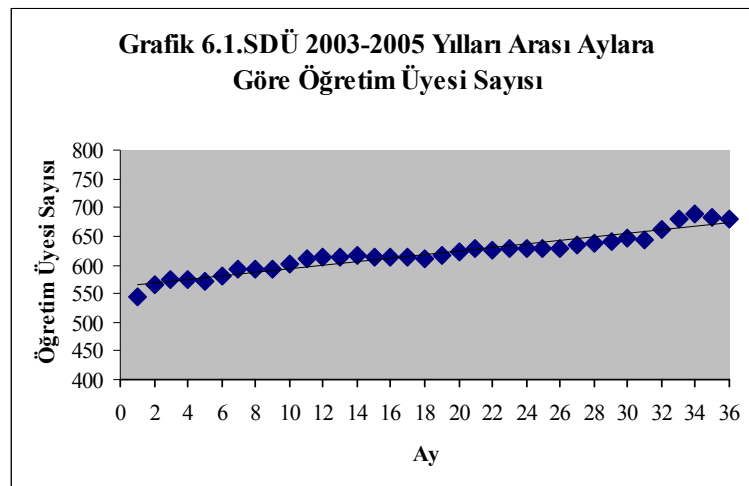
KVB’ler yılın değişik dönemlerinde öğretim üyesi alımı yapmakta ve alınacak sayı ve alım zamanı her KVB için değişmektedir. Emeklilik, görevlendirme, istifa gibi sebeplerle yine sayı ve zamanı her KVB için farklı olmak üzere öğretim üyesi sayısında azalma olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı öğretim üyesi sayısı yıl içerisinde sürekli değişim gösteren dinamik bir yapıya sahiptir ve bulanık bir girdidir.

Örneğin; Süleyman Demirel Üniversitesi’nin 2003-2005 yılları arasındaki öğretim üyesi sayısının aylara göre dağılımı ve artış oranları çizelge 6.4’te, 3 yıllık öğretim üyesi sayısı değişimi ise grafik 6.1’de gösterilmiştir.

¹²⁵ Yükseköğretim Kanunu, <<http://www.yok.gov.tr/yasalkanun/kanun2.html>>, (18.02.2008).

Çizelge 6.4.SDÜ 2003-2005 Yılları İçin Aylara Göre Öğretim Üyesi Sayısı ve Artış Oranları

Ay-Yıl	Öğretim Üyesi Sayısı			Bir Önceki Aya Göre Artış Oranı		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Ocak	545	615	629	2,3%	0,2%	0,0%
Şubat	564	616	630	3,5%	0,2%	0,2%
Mart	573	615	634	1,6%	-0,2%	0,6%
Nisan	574	613	639	0,2%	-0,3%	0,8%
Mayıs	571	615	641	-0,5%	0,3%	0,3%
Haziran	581	612	646	1,8%	-0,5%	0,8%
Temmuz	591	618	644	1,7%	1,0%	-0,3%
Ağustos	593	623	663	0,3%	0,8%	3,0%
Eylül	593	628	679	0,0%	0,8%	2,4%
Ekim	603	626	688	1,7%	-0,3%	1,3%
Kasım	610	630	684	1,2%	0,6%	-0,6%
Aralık	614	629	681	0,7%	-0,2%	-0,4%
Ortalama	584	620	655	1,2%	0,2%	0,7%
Minimum	545	612	629	-0,5%	-0,5%	-0,6%
Maksimum	614	630	688	3,5%	1,0%	3,0%



Grafik 6.1’de görüldüğü gibi Süleyman Demirel Üniversitesi’nin öğretim üyesi sayısı aylara göre doğrusal artan bir eğim göstermektedir. Aylık ortalama artış oranları ise yıllara göre sırasıyla %1.2, %0.2 ve %0.5’tir. Öğretim üyesi sayısındaki bu doğrusal artışın tüm KVB’ler için olduğu söylenebilir.

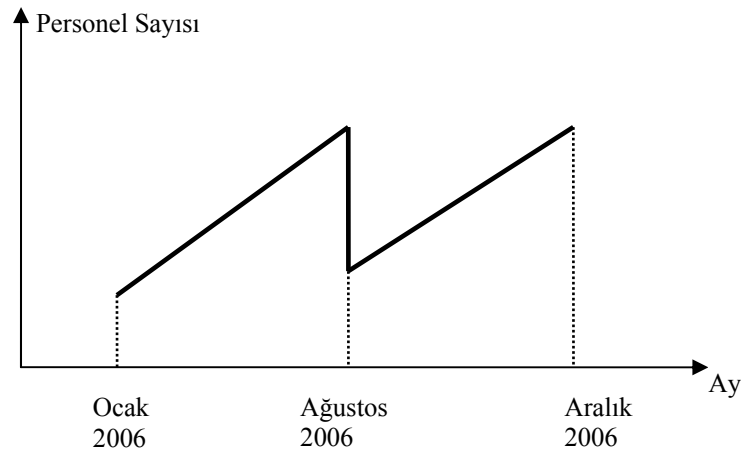
2006 yılı için ise KVB'lerin bazı birimleri öğretim üyeleri ile birlikte yeni kurulan 15 üniversitenin bünyesine Ağustos 2006 sonunda geçmiştir ve geçen öğretim üyesi sayısı her KVB için farklıdır. Örneğin; Abant İzzet Baysal Üniversitesi'nden Düzce Tıp, Orman Fakülteleri, Sağlık Yüksekokulu ve Düzce Meslek Yüksekokulu'nun Ağustos 2006'da kurulan Düzce Üniversitesi'ne geçmesiyle öğretim üyesi sayısı çok ciddi oranda düşmekteyken; Muğla Üniversitesi'nin hiçbir akademik birimi başka bir üniversiteye geçmediği için öğretim üyesi sayısı artmıştır. Süleyman Demirel Üniversitesi için 2006 yılındaki öğretim üyesi sayısının aylara göre dağılımı çizelge 6.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.5.SDÜ 2006 Yılındaki Aylara Göre Öğretim Üyesi Sayısı ve Artış Oranları

Ay	2006 Yılı Öğretim Üyesi Sayısı	Bir Önceki Aya Göre Artış Oranı
Ocak	678	-0,44%
Şubat	685	1,03%
Mart	688	0,44%
Nisan	698	1,45%
Mayıs	700	0,29%
Haziran	701	0,14%
Temmuz	700	-0,14%
Ağustos	702	0,29%
Eylül	659	-6,13%
Ekim	659	0,00%
Kasım	658	-0,15%
Aralık	664	0,91%

Çizelge 6.5'te görüldüğü gibi Süleyman Demirel Üniversitesi bünyesindeki bazı birimler Ağustos 2006 sonunda Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi'nin bünyesine katıldığı için öğretim üyesi sayısında %6,13 oranında azalma olmuştur.

Yeni kurulmuş olan üniversitelere personel geçişleri tüm KVB'ler için Maliye Bakanlığı kararıyla aynı zamanda gerçekleşmiştir. Bu sebeple 2006 yılı içindeki öğretim üyesi sayısı değişimi için grafik 6.2'yi çizilebilir.



Grafik 6.2. 2006 Yılı Öğretim Üyesi Sayısı Değişimi

KVB'lerin 2006 yılı öğretim üyesi sayılarının belirlenebilmesi için 2006 yılının; Ocak-Ağustos ve Eylül-Aralık olmak üzere 2 ayrı dönemde değerlendirilmesi gerektiği grafik 6.2'den anlaşılmaktadır.

Üniversiteler 2005 yılında idare faaliyet raporları yayınlamadığı, 2007 yılı idare faaliyet raporları da Nisan 2007 sonunda yayınlanacağı için KVB'lerin Ocak 2006'daki öğretim üyesi sayıları ile Ağustos ayında ayrılan öğretim üyesi sayılarına ulaşamamıştır. KVB'lerin ulaşılmış olan Kasım 2005 ve Aralık 2006'daki öğretim üye sayıları çizelge 6.6'daki gibidir.

Çizelge 6.6'daki Kasım 2005 öğretim üyeleri sayıları ÖSYM tarafından her yıl yayınlanmakta olan Yükseköğretim İstatistikleri kitabından alınmıştır. Kitapta, öğretim üye sayılarının 1 Kasım 2005 tarihine ait olduğu belirtilmiştir. Fakat, SDÜ Personel Daire Başkanlığı'nın resmi kayıtlarından hazırlanan ve doğruluğu konusunda şüphe olmayan çizelge 6.5'teki rakamlarla ÖSYM Yükseköğretim İstatistikleri kitabındaki veriler tutmamaktadır. SDÜ Personel Daire Başkanlığı'ndan alınan bilgiye göre rakamlardaki bu tutarsızlığın her sene tekrarlandığıdır. Bu sebeple, doğru veri akışının sağlanabilmesi için 2007 yılından itibaren ÖSYM tarafından yeni bir program geliştirilmiştir.

Çalışmada doğru verilerin kullanılabilmesi amacıyla KVB'lerden 1 Ocak 2006 ve 1 Eylül 2006 rakamları istenmiş, olumlu netice alınamadığı için ÖSYM verileri kullanılmıştır.

Çizelge 6.6.Öğretim Üyesi Sayıları

	KVB	Öğretim Üyesi Sayıları	
		1 Kasım 2005 ¹²⁶	31 Aralık 2006 ¹²⁷
1	Abant İzzet Baysal	344	288
2	Adnan Menderes	387	413
3	Afyon Kocatepe	379	388
4	Akdeniz	523	591
5	Balıkesir	257	292
6	Çanakkale Onsekiz Mart	218	333
7	Dumlupınar	224	257
8	Eskişehir Osmangazi	471	475
9	Gaziantep	289	322
10	Gaziosmanpaşa	244	273
11	Kafkas	145	171
12	Kırıkkale	281	312
13	Kocaeli	412	710
14	Mersin	400	500
15	Muğla	220	282
16	Mustafa Kemal	278	301
17	Niğde	214	181
18	Pamukkale	403	487
19	Sakarya	444	503
20	Süleyman Demirel	599	664
21	Trakya	504	415
22	Yıldız Teknik	462	569
23	Yüzüncü Yıl	350	489
24	Zonguldak Karaelmas	303	360

ÖSYM verileri Kasım 2005 tarihi verileridir. Fakat çalışmada 2006 yılı etkinlik ölçümü yapılacağı için KVB'lerin Ocak 2006 verilerine ihtiyaç vardır. Çizelge 6.4'te görüldüğü gibi SDÜ için aylık ortalama artış oranları 2003 için %1.2, 2004 için %0.2 ve 2005 için %0.5'tir. Bu sebeple tüm KVB'lerin Ocak 2006 öğretim üyesi sayıları, Kasım 2005 öğretim üyesi sayılarından %2 $\{[(1.2+0.2+0.5)/3]*3 \text{ ay}\}$ kadar fazla olacaktır.

¹²⁶ ÖSYM, 2005-2006 Öğretim Yılı Yükseköğretim İstatistikleri, ÖSYM Yayınları, Ankara, 2006, s.46-50.

¹²⁷ Üniversitelerin 2006 Yılı İdare Faaliyet Raporlarından Alınmıştır (Ayrıntılar kaynakçanın raporlar bölümünde verilmiştir.)

Ocak-Ağustos ayları arasındaki öğretim üyesinden 8 ay, Eylül-Aralık arasındaki öğretim üyesinden 4 ay hizmet alındığı için her KVB'nin 2006 yılı öğretim üyesi sayısı bulanık verisinin orta noktası

$$\left(\frac{2006 \text{ Yılı Öğr. Üy. Say. Bulanık}}{\text{Girdisinin Orta Noktası}} \right) = \frac{\text{Ocak 2006 Öğr. Üy. Say. Tahmini} * 8 + \text{Aralık Öğr. Üy. Say.} * 4}{12}$$

formülü ile hesaplanabilir.

Bulanık girdinin orta noktasının hesaplamasında kullanılan Ocak 2006 sayısı Ocak-Ağustos döneminin en az, Aralık 2006 sayısı da Eylül-Aralık döneminin en fazla öğretim üyesi sayısıdır. SDÜ'nün geçmiş yıllar istatistiklerine dayanarak yukarıdaki formülle elde edilen değeri, simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğunu varsayıp pozitif ve negatif olarak %2 bulanıklaştırarak kullanmak doğru bir yaklaşım olacaktır

İspat: SDÜ'nün 2006 yılı gerçek öğretim üyesi sayılarının yer aldığı çizelge 5.5'teki rakamları verilen formüle uygulanırsa (660, 673, 687) bulanık sayısı elde edilecektir. Bulanıklaştırılma ile elde edilen bu değer çizelge 6.5'teki rakamlar ile karşılaştırıldığında formülasyonun doğru olduğu söylenebilir.

Tezde kullanılan Ocak 2006 öğretim üyesi sayıları ile formülasyon sonucu elde edilen öğretim üyesi sayıları çizelge 6.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7.Bulanık Girdi Olarak Öğretim Üyesi Sayıları

	KVB	Öğretim Üyesi Sayıları	
		Ocak 2006	Bulanık Girdi Olarak
1	Abant İzzet Baysal	351	(323, 330, 337)
2	Adnan Menderes	395	(393, 401, 409)
3	Afyon Kocatepe	387	(379, 387, 395)
4	Akdeniz	533	(542, 553, 564)
5	Balıkesir	262	(267, 272, 277)
6	Çanakkale Onsekiz Mart	222	(254, 259, 264)
7	Dumlupınar	228	(233, 238, 243)
8	Eskişehir Osmangazi	480	(469, 479, 489)
9	Gaziantep	295	(298, 304, 310)
10	Gaziosmanpaşa	249	(252, 257, 262)
11	Kafkas	148	(153, 156, 159)
12	Kırıkkale	287	(289, 295, 301)
13	Kocaeli	420	(507, 517, 527)
14	Mersin	408	(430, 439, 448)
15	Muğla	224	(239, 244, 249)
16	Mustafa Kemal	284	(283, 289, 295)
17	Niğde	218	(202, 206, 210)
18	Pamukkale	411	(427, 436, 445)
19	Sakarya	453	(461, 470, 479)
20	Süleyman Demirel	611	(616, 629, 642)
21	Trakya	514	(471, 481, 491)
22	Yıldız Teknik	471	(494, 504, 514)
23	Yüzüncü Yıl	357	(393, 401, 409)
24	Zonguldak Karaelmas	309	(319, 326, 333)

6.3.2.2.Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayısı

2547 sayılı yükseköğretim kanununun 31 ve 32. maddelerine göre öğretim görevlileri ve okutmanlar önlisans ve lisans düzeyinde eğitim-öğretim ve uygulamalı çalışmalar yaptırmakla görevli personellerdir.¹²⁸

Öğretim görevlisi ve okutman sayısı da öğretim elemanı sayısına benzer şekilde ve aynı gerekçelerle yıl içerisinde sürekli değişim gösteren dinamik bir yapıya sahiptir.

Bu sebeple, öğretim üye sayısının bulanıklaştırılmasındaki yöntemle çizelge 6.8'deki veriler simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğunu varsayılp pozitif

¹²⁸ Yükseköğretim Kanunu

ve negatif olarak %2 bulanıklaştırarak çizelge 6.9’da elde edilen sayılar girdi olarak kullanılmıştır.

Çizelge 6.8.Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayıları

	KVB	Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayıları	
		1 Kasım 2005¹²⁹	31 Aralık 2006¹³⁰
1	Abant İzzet Baysal	252	155
2	Adnan Menderes	174	211
3	Afyon Kocatepe	271	252
4	Akdeniz	352	390
5	Balıkesir	203	232
6	Çanakkale Onsekiz Mart	183	304
7	Dumlupınar	253	263
8	Eskişehir Osmangazi	100	69
9	Gaziantep	280	288
10	Gaziosmanpaşa	214	219
11	Kafkas	137	144
12	Kırıkkale	119	129
13	Kocaeli	343	458
14	Mersin	290	296
15	Muğla	244	284
16	Mustafa Kemal	145	148
17	Niğde	274	169
18	Pamukkale	249	256
19	Sakarya	271	291
20	Süleyman Demirel	423	333
21	Trakya	361	303
22	Yıldız Teknik	288	268
23	Yüzüncü Yıl	228	248
24	Zonguldak Karaelmas	114	225

¹²⁹ ÖSYM, 2005-2006 Öğretim Yılı Yükseköğretim İstatistikleri, s.46-50.

¹³⁰ Üniversitelerin 2006 Yılı İdare Faaliyet Raporlarından Alınmıştır.

Çizelge 6.9.Bulanık Girdi Olarak Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayıları

	KVB	Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayıları	
		Ocak 2006	Bulanık Girdi Olarak
1	Abant İzzet Baysal	257	(219, 223, 227)
2	Adnan Menderes	177	(185, 189, 193)
3	Afyon Kocatepe	276	(263, 268, 273)
4	Akdeniz	359	(362, 369, 376)
5	Balıkesir	207	(211, 215, 219)
6	Çanakkale Onsekiz Mart	187	(222, 226, 230)
7	Dumlupınar	258	(255, 260, 265)
8	Eskişehir Osmangazi	102	(89, 91, 93)
9	Gaziantep	286	(280, 286, 292)
10	Gaziosmanpaşa	218	(215, 219, 223)
11	Kafkas	140	(138, 141, 144)
12	Kırıkkale	121	(122, 124, 126)
13	Kocaeli	350	(378, 386, 394)
14	Mersin	296	(290, 296, 302)
15	Muğla	249	(256, 261, 266)
16	Mustafa Kemal	148	(145, 148, 151)
17	Niğde	279	(238, 243, 248)
18	Pamukkale	254	(250, 255, 260)
19	Sakarya	276	(275, 281, 287)
20	Süleyman Demirel	431	(391, 399, 407)
21	Trakya	368	(339, 346, 353)
22	Yıldız Teknik	294	(279, 285, 291)
23	Yüzüncü Yıl	233	(233, 238, 243)
24	Zonguldak Karaelmas	116	(150, 153, 156)

6.3.2.3.Araştırma Görevlisi Sayısı

2547 sayılı yükseköğretim kanununun 33. maddesine göre araştırma görevlileri yükseköğretim kurumlarında yapılan araştırma, inceleme ve deneylerde yardımcı olmakla görevli personellerdir.¹³¹

Araştırma görevlisi sayısı da öğretim elemanı ile öğretim görevlisi ve okutman sayısına benzer şekilde ve aynı gerekçelerle yıl içerisinde sürekli değişim gösteren dinamik bir yapıya sahiptir. Bu sebeple çizelge 6.10'daki verilere aynı yöntem uygulanarak çizelge 6.11'deki veriler elde edilmiştir.

Çizelge 6.10.Araştırma Görevlisi Sayıları

	KVB	Araştırma Görevlisi Sayıları	
		1 Kasım 2005 ¹³²	2006 Yıl Sonu ¹³³
1	Abant İzzet Baysal	436	280
2	Adnan Menderes	344	416
3	Afyon Kocatepe	357	345
4	Akdeniz	553	818
5	Balıkesir	168	170
6	Çanakkale Onsekiz Mart	121	207
7	Dumlupınar	227	303
8	Eskişehir Osmangazi	416	491
9	Gaziantep	352	414
10	Gaziosmanpaşa	163	244
11	Kafkas	169	208
12	Kırıkkale	337	392
13	Kocaeli	381	670
14	Mersin	365	521
15	Muğla	141	200
16	Mustafa Kemal	204	239
17	Niğde	190	195
18	Pamukkale	508	622
19	Sakarya	249	331
20	Süleyman Demirel	526	699
21	Trakya	473	579
22	Yıldız Teknik	540	581
23	Yüzüncü Yıl	483	713
24	Zonguldak Karaelmas	178	364

¹³¹ Yükseköğretim Kanunu

¹³² ÖSYM, 2005-2006 Öğretim Yılı Yükseköğretim İstatistikleri, s.46-50.

¹³³ Üniversitelerin 2006 Yılı İdare Faaliyet Raporlarından Alınmıştır.

Çizelge 6.11.Bulanık Girdi Olarak Araştırma Görevlisi Sayıları

	KVB	Araştırma Görevlisi Sayıları	
		Ocak 2006	Bulanık Girdi Olarak
1	Abant İzzet Baysal	445	(382, 390, 398)
2	Adnan Menderes	351	(366, 373 380)
3	Afyon Kocatepe	364	(351, 358, 365)
4	Akdeniz	564	(636, 649, 662)
5	Balıkesir	171	(168, 171, 174)
6	Çanakkale Onsekiz Mart	123	(148, 151, 154)
7	Dumlupınar	232	(250, 255, 260)
8	Eskişehir Osmangazi	424	(438, 447, 456)
9	Gaziantep	359	(370, 377, 384)
10	Gaziosmanpaşa	166	(188, 192, 196)
11	Kafkas	172	(180, 184, 188)
12	Kırıkkale	344	(353, 360, 367)
13	Kocaeli	389	(472, 482, 492)
14	Mersin	372	(414, 422, 430)
15	Muğla	144	(160, 163, 166)
16	Mustafa Kemal	208	(214, 218, 222)
17	Niğde	194	(190, 194, 198)
18	Pamukkale	518	(542, 553, 564)
19	Sakarya	254	(274, 280, 286)
20	Süleyman Demirel	537	(579, 591, 603)
21	Trakya	482	(505, 515, 525)
22	Yıldız Teknik	551	(550, 561, 572)
23	Yüzüncü Yıl	493	(555, 566, 577)
24	Zonguldak Karaelmas	182	(237, 242, 247)

6.3.2.4. Personel Giderleri

KVB'lerin bünyesinde akademik personeller dışında eğitim-öğretim ve araştırma faaliyetlerinin sağlıklı yürüyebilmesi için idari personeller, uzmanlar, sözleşmeli personeller, usta öğreticiler, sürekli ve geçici işçiler istihdam edilmektedir. Bu personellerin hepsi kadrolu olarak istihdam edilmediği, bazıları mevsimlik çalıştırıldığı için sayı yerine personel giderlerinin girdi olarak alınması daha sağlıklı sonuç verecektir. Personel giderleri kayıtları personelin kadro sınıfına göre tutulmadığı için öğretim üyeleri, öğretim görevlileri, okutmanlar ve araştırma görevlileri için yapılan personel giderleri ayrıştıramamıştır. 2006 yılı gerçekleşme rakamları olduğu için kesin değeri bilinen verilerdir ve çizelge 6.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.12. Personel Giderleri

	KVB	Personel Giderleri (YTL)¹³⁴
1	Abant İzzet Baysal	37.692.567
2	Adnan Menderes	35.111.331
3	Afyon Kocatepe	37.973.962
4	Akdeniz	59.102.368
5	Balıkesir	25.355.533
6	Çanakkale Onsekiz Mart	29.571.393
7	Dumlupınar	27.464.761
8	Eskişehir Osmangazi	48.688.340
9	Gaziantep	38.223.499
10	Gaziosmanpaşa	27.482.977
11	Kafkas	20.832.011
12	Kırıkkale	28.289.343
13	Kocaeli	62.577.055
14	Mersin	42.724.763
15	Muğla	28.102.963
16	Mustafa Kemal	24.055.154
17	Niğde	20.594.098
18	Pamukkale	46.515.756
19	Sakarya	40.081.591
20	Süleyman Demirel	65.346.321
21	Trakya	56.466.493
22	Yıldız Teknik	47.400.074
23	Yüzüncü Yıl	56.486.875
24	Zonguldak Karaelmas	38.558.855

¹³⁴ Maliye Bakanlığı, **Bütçe Yönetim Enformasyon Sistemi**, <<https://ebutce.bumko.gov.tr/ebutce2.htm>>, (08.02.2008).

6.3.2.5.Mal ve Hizmet Alım Giderleri

Yakıt, elektrik, rutin bakım-onarım, telefon vb. haberleşme, yolluk, büro malzemesi, kira ile düşük değerli ya da bir yıldan az kullanım ömrü olan donanımlar, temrinlik malzeme alımı için yapılan giderlerin toplandığı mal ve hizmet alım giderleri bir başka girdi olarak belirlenmiştir. 2006 yılı gerçekleşme rakamları olduğu için kesin değeri bilinen verilerdir. Mal ve hizmet alım giderlerine ilişkin girdi verileri çizelge 6.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.13.Mal ve Hizmet Alım Giderleri

	KVB	Mal ve Hizmet Alım Giderleri (YTL) ¹³⁵
1	Abant İzzet Baysal	11.528.709
2	Adnan Menderes	8.739.258
3	Afyon Kocatepe	10.242.805
4	Akdeniz	13.689.152
5	Balıkesir	6.745.044
6	Çanakkale Onsekiz Mart	10.169.073
7	Dumlupınar	8.151.354
8	Eskişehir Osmangazi	11.886.548
9	Gaziantep	11.402.750
10	Gaziosmanpaşa	8.602.397
11	Kafkas	5.685.270
12	Kırıkkale	7.188.010
13	Kocaeli	19.991.347
14	Mersin	11.720.792
15	Muğla	10.655.014
16	Mustafa Kemal	6.338.171
17	Niğde	5.125.403
18	Pamukkale	9.300.658
19	Sakarya	13.759.176
20	Süleyman Demirel	15.904.597
21	Trakya	14.312.188
22	Yıldız Teknik	13.632.045
23	Yüzüncü Yıl	15.397.543
24	Zonguldak Karaelmas	11.221.244

¹³⁵ Maliye Bakanlığı, Bütçe Yönetim Enformasyon Sistemi

6.3.2.6.Kapalı Kullanım Alanı

Üniversitelerin taşınmaz ve dayanıklı taşınırlarının maddi değerleri hakkında veri tutulmadığı için tezde girdi olarak kullanılamadığından bahsedilmiştir. Bu sebeple üniversitelerin sermaye giderlerine ilişkin kapalı kullanım alanı girdi olarak belirlenmiştir. Kapalı kullanım alanlarına ilişkin veriler çizelge 6.14'deki gibidir.

Çizelge 6.14.Kapalı Kullanım Alanları

	KVB	Kapalı Kullanım Alanı (m²)¹³⁶
1	Abant İzzet Baysal	221.673
2	Adnan Menderes	261.430
3	Afyon Kocatepe	189.545
4	Akdeniz	378.533
5	Çanakkale Onsekiz Mart	158.460
6	Dumlupınar	204.964
7	Eskişehir Osmangazi	288.382
8	Gaziantep	241.000
9	Gaziosmanpaşa	139.284
10	Kafkas	111.975
11	Kırıkkale	109.637
12	Kocaeli	387.606
13	Mersin	273.548
14	Muğla	190.190
15	Pamukkale	180.415
16	Sakarya	287.920
17	Süleyman Demirel	337.881
18	Trakya	407.700
19	Yıldız Teknik	185.490
20	Yüzüncü Yıl	280.325
21	Zonguldak Karaelmas	158.365

Balıkesir, Mustafa Kemal ve Niğde Üniversiteleri'nin kapalı alan verilerine ulaşamadığı için bu üniversiteler için kapalı kullanım alanı bulanık verilerdir.

Kapalı kullanım alanları kesin bilinen üniversitelerin öğrenci başına (kayıtlı önlisans, lisans ve lisansüstü öğrenci sayısı toplamı) düşen kapalı kullanım alanları çizelge 6.15'de gösterilmiştir. Kapalı kullanım alanı ile hiçbir girdi-çıktı (öğrenci sayısı, personel sayısı vb.) arasında herhangi bir matematiksel (doğrusal, logaritmik, polinom veya üstel) ilişkisi bulunamamıştır.

¹³⁶ Üniversitelerin 2006 Yılı İdare Faaliyet Raporlarından Alınmıştır.

Çizelge 6.15.Öğrenci Başına Kapalı Kullanım Alanı

	KVB	Kapalı Kullanım Alanı (m ²)	Öğrenci Sayısı ¹³⁷	Öğrenci Başına Kapalı Kullanım Alanı
1	Abant İzzet Baysal	221.673	16.881	13,13
2	Adnan Menderes	261.430	16.877	15,49
3	Afyon Kocatepe	189.545	24.173	7,84
4	Akdeniz	378.533	19.894	19,03
5	Çanakkale Onsekiz Mart	158.460	20.424	7,76
6	Dumlupınar	204.964	29.411	6,97
7	Eskişehir Osmangazi	288.382	14.701	19,62
8	Gaziantep	241.000	12.882	18,71
9	Gaziosmanpaşa	139.284	12.007	11,60
10	Kafkas	111.975	13171	8,50
11	Kırıkkale	109.637	14.172	7,74
12	Kocaeli	387.606	51.590	7,51
13	Mersin	273.548	21.847	12,52
14	Muğla	190.190	21.271	8,94
15	Pamukkale	180.415	23.308	7,74
16	Sakarya	287.920	39.372	7,31
17	Süleyman Demirel	337.881	32.897	10,27
18	Trakya	407.700	22.560	18,07
19	Yıldız Teknik	185.490	21.573	8,60
20	Yüzüncü Yıl	280.325	16.371	17,12
21	Zonguldak Karaelmas	158.365	21.127	7,50
	ORTALAMA	237.825	22.215	10,71

Bu sebeple ortalama değer olan 10,71 m²/öğrenci; Balıkesir, Mustafa Kemal ve Niğde Üniversiteleri'nin öğrenci sayıları (sırası ile 25.030, 14.429, 11.165) ile çarpılmıştır. Bulunan değer bulanık sayının orta noktası kabul edilip pozitif ve negatif olarak %2 bulanıklaştırılarak çizelge 6.16'daki rakamlar elde edilmiştir. Bulanıklık oranının yüksek tutulması çok fazla KVB'nin etkin çıkmasına sebep olacağı için % 2 alınmıştır.

Çizelge 6.16.Balıkesir, Mustafa Kemal ve Niğde Üniversiteleri'nin Bulanık Girdi Olarak Kapalı Kullanım Alanları

	KVB	Kapalı Kullanım Alanı (m ²)
1	Balıkesir	(262.710, 268.071, 273.432)
2	Mustafa Kemal	(151.444, 154.534, 157.624)
3	Niğde	(117.186, 119.577, 121.968)

¹³⁷ ÖSYM, 2006-2007 Öğretim Yılı Yükseköğretim İstatistikleri, ÖSYM Yayınları, Ankara, 2007, s.35-42 ve 154-169.

6.3.3.Çıktılar

1982 Anayasasının 130. maddesinde ve 2547 sayılı yasanın 4. maddesinde belirtilmiş olan üniversitelerin eğitim-öğretim, bilimsel araştırma ve topluma hizmet işlevlerinden yola çıkarak;

- Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayısı
- Lisansüstü Öğrenci Sayısı
- Proje Sayısı
- Proje Bütçeleri
- Uluslararası Yayın Sayısı
- Ulusal Yayın Sayısı
- Öz Gelirler (Araştırma Projeleri Gelirleri Payı Hariç)

çıktı olarak belirlenmiştir.

6.3.3.1.Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayısı

Üniversitelerin eğitim-öğretim ve topluma hizmet işlevi ile ilgili olarak belirlenen bir çıktıdır.

Türkiye’de eğitim-öğretim yılı eylül ayında başlarken, bütçe dağıtımında takvim yılı (1 Ocak-31 Aralık) uygulanmaktadır. Yani 2006 yılı kaynakları, 2005-2006 eğitim-öğretim yılı kayıtlı öğrencileri için de 2006-2007 kayıtlı öğrencileri için de kullanılmaktadır. Bu sebeple 2006 kaynaklarının 8 ayının 2005-2006, 4 ayının 2006-2007 kayıtlı öğrencileri için kullanıldığı söylenebilir. 2005-2006 ve 2006-2007 eğitim-öğretim yılı kayıtlı öğrenci sayıları çizelge 6.17’deki gibidir.

Çizelge 6.17’de görüldüğü gibi 2005-2006 ve 2006-2007 eğitim-öğretim yılları arasındaki önlisans ve lisans öğrenci sayıları arasındaki oran her KVB için farklılık göstermektedir. Bunun sebepleri;

- Güz ve bahar dönemi ile yaz okulu sonunda mezun olan öğrencilerin olması
- Herhangi bir sebepten kaydı silinen öğrencilerin olması
- KVB’lerin bazı birimlerinin yeni kurulan 15 üniversitenin bünyesine katılması
- Yeni bazı bölüm ve programların açılması, kapanması ya da kontenjan değişimlerinin olmasıdır.

Çizelge 6.17.Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayıları

	KVB	Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayıları	
		2005-2006 ¹³⁸	2006-2007 ¹³⁹
1	Abant İzzet Baysal	20.415	15.952
2	Adnan Menderes	12.535	16.101
3	Afyon Kocatepe	27.362	22.010
4	Akdeniz	18.369	18.803
5	Balıkesir	23.662	24.218
6	Çanakkale Onsekiz Mart	18.069	19.365
7	Dumlupınar	25.364	27.804
8	Eskişehir Osmangazi	12.701	13.164
9	Gaziantep	13.009	12.515
10	Gaziosmanpaşa	11.343	10.512
11	Kafkas	11.101	12.629
12	Kırıkkale	13.327	13.669
13	Kocaeli	45.226	49.564
14	Mersin	20.386	21.043
15	Muğla	18.593	20.559
16	Mustafa Kemal	13.435	14.085
17	Niğde	14.785	10.775
18	Pamukkale	20.421	22.610
19	Sakarya	31.899	36.108
20	Süleyman Demirel	40.040	31.350
21	Trakya	31.073	21.124
22	Yıldız Teknik	18.450	18.793
23	Yüzüncü Yıl	13.636	14.740
24	Zonguldak Karaelmas	19.332	20.461

Bu sebeplerden dolayı önlisans ve lisans öğrenci sayısı da dinamik bir yapıya sahiptir ve bulanık sayının orta noktası için:

$$\left(\begin{array}{c} \text{2006 Yılı Önlisans ve Lisans} \\ \text{Öğrenci Sayısının Orta Noktası} \end{array} \right) = \frac{2005 - 2006 \text{ Eğ. - Öğr. Yılı Kayıtlı Öğr. Say.} * 8 + 2006 - 2007 \text{ Eğ. - Öğr. Yılı Kayıtlı Öğr. Say.} * 4}{12}$$

formülünü kullanmak doğru olacaktır.

¹³⁸ ÖSYM, 2005-2006 Öğretim Yılı Yükseköğretim İstatistikleri, s.35-41

¹³⁹ ÖSYM, 2006-2007 Öğretim Yılı Yükseköğretim İstatistikleri, s.35-42.

Yıl içerisinde önlisans ve lisans öğrenci sayısı en fazla güz ve bahar dönemleri ile yaz okulu sonunda mezun olan öğrenciden dolayı değişmektedir. Herhangi bir sebepten dolayı kaydı silinen öğrenci oranının çok düşük olduğu bir gerçektir. Üniversitelerin giderlerinin çoğu ise sabit giderlerdir (yaklaşık %90- çizelge 6.1). Ayrıca öğrenci sayısı ile ilgili maliyet oluşturan mal ve hizmet alımı giderleri ile ek ders ücreti modelde girdi olarak kullanılmıştır. Bu sebeple formül ile elde edilen sayıyı simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğunu varsayıp pozitif ve negatif olarak %1 bulanıklaştırarak çizelge 6.18'deki rakamları kullanmak yeterli olacaktır.

Çizelge 6.18.Bulanık Çıktı Olarak Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayıları

	KVB	Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayıları	
		Orta Nokta	Bulanık Çıktı Olarak
1	Abant İzzet Baysal	18.927	(18.738, 18.927, 19.116)
2	Adnan Menderes	13.724	(13.587, 13.724, 13.861)
3	Afyon Kocatepe	25.578	(25.322, 25.578, 25.834)
4	Akdeniz	18.514	(18.329, 18.514, 18.699)
5	Balıkesir	23.847	(23.609, 23.847, 24.085)
6	Çanakkale Onsekiz Mart	18.501	(18.316, 18.501, 18.686)
7	Dumlupınar	26.177	(25.915, 26.177, 26.439)
8	Eskişehir Osmangazi	12.855	(12.726, 12.855, 12.984)
9	Gaziantep	12.844	(12.716, 12.844, 12.972)
10	Gaziosmanpaşa	11.066	(10.955, 11.066, 11.177)
11	Kafkas	11.610	(11.494, 11.610, 11.726)
12	Kırıkkale	13.441	(13.307, 13.441, 13.575)
13	Kocaeli	46.672	(46.205, 46.672, 47.139)
14	Mersin	20.605	(20.399, 20.605, 20.811)
15	Muğla	19.248	(19.056, 19.248, 19.440)
16	Mustafa Kemal	13.652	(13.515, 13.652, 13.789)
17	Niğde	13.448	(13.314, 13.448, 13.582)
18	Pamukkale	21.151	(20.939, 21.151, 21.363)
19	Sakarya	33.302	(32.969, 33.302, 33.635)
20	Süleyman Demirel	37.143	(36.772, 37.143, 37.514)
21	Trakya	27.757	(27.479, 27.757, 28.035)
22	Yıldız Teknik	18.564	(18.378, 18.564, 18.750)
23	Yüzüncü Yıl	14.004	(13.864, 14.004, 14.144)
24	Zonguldak Karaelmas	19.708	(19.511, 19.708, 19.905)

6.3.3.2.Lisansüstü Öğrenci Sayısı

Eğitim-öğretim ve topluma hizmet ile ilgili olarak belirlenmiş bir çıktıdır. Önlisans ve lisans öğrencisi sayısı, öğretim üyesi ile öğretim görevlisi ve okutman sayısı ile ilgili bir çıktıyken; lisansüstü öğrenci sayısı sadece öğretim üyesi sayısı ile ilgili bir çıktıdır. Bu yüzden lisansüstü öğrenci sayısı ayrı bir çıktı olarak alınmıştır.

Lisansüstü öğrenci sayısı da önlisans ve lisans öğrenci sayısı gibi yıl içerisinde sürekli değişim gösteren dinamik bir yapıya sahip bulanık çıktıdır. Bu sebeple, çizelge 6.19'daki 2005-2006 ve 2006-2007 eğitim öğretim yılındaki kayıtlı lisansüstü öğrenci sayıları, önlisans ve lisans öğrenci sayısındaki yöntem kullanılarak elde edilen çizelge 6.20'deki rakamlar çalışmada kullanılmıştır.

Çizelge 6.19.Lisansüstü Öğrenci Sayıları

	KVB	Lisansüstü Öğrenci Sayıları	
		2005-2006 ¹⁴⁰	2006-2007 ¹⁴¹
1	Abant İzzet Baysal	1.008	929
2	Adnan Menderes	667	776
3	Afyon Kocatepe	1.329	1.425
4	Akdeniz	1.075	1.091
5	Balıkesir	807	812
6	Çanakkale Onsekiz Mart	1.300	1.059
7	Dumlupınar	1.563	1.607
8	Eskişehir Osmangazi	1.643	1.537
9	Gaziantep	421	367
10	Gaziosmanpaşa	737	664
11	Kafkas	520	542
12	Kırıkkale	515	503
13	Kocaeli	2.322	2.026
14	Mersin	956	831
15	Muğla	691	712
16	Mustafa Kemal	357	344
17	Niğde	510	390
18	Pamukkale	851	698
19	Sakarya	3.043	3.264
20	Süleyman Demirel	1.320	1.547
21	Trakya	1.274	1.436
22	Yıldız Teknik	2.982	2.780
23	Yüzüncü Yıl	1.568	1.631
24	Zonguldak Karaelmas	663	666

¹⁴⁰ ÖSYM, 2005-2006 Öğretim Yılı Yükseköğretim İstatistikleri, s.143-158

¹⁴¹ ÖSYM, 2006-2007 Öğretim Yılı Yükseköğretim İstatistikleri, s.154-170.

Çizelge 6.20.Bulanık Çıktı Olarak Lisansüstü Öğrenci Sayıları

	KVB	Lisansüstü Öğrenci Sayıları	
		Orta Nokta	Bulanık Çıktı Olarak
1	Abant İzzet Baysal	982	(972, 982, 992)
2	Adnan Menderes	703	(696, 703, 710)
3	Afyon Kocatepe	1.361	(1.347, 1.361, 1.375)
4	Akdeniz	1.080	(1.069, 1.080, 1.091)
5	Balıkesir	809	(801, 809, 817)
6	Çanakkale Onsekiz Mart	1.220	(1.208, 1.220, 1.232)
7	Dumlupınar	1.578	(1.562, 1.578, 1.594)
8	Eskişehir Osmangazi	1.608	(1.592, 1.608, 1.624)
9	Gaziantep	403	(399, 403, 407)
10	Gaziosmanpaşa	713	(706, 713, 720)
11	Kafkas	527	(522, 527, 532)
12	Kırıkkale	511	(506, 511, 516)
13	Kocaeli	2.223	(2.201, 2.223, 2.245)
14	Mersin	914	(905, 914, 923)
15	Muğla	698	(691, 698, 705)
16	Mustafa Kemal	353	(349, 353, 357)
17	Niğde	470	(465, 470, 475)
18	Pamukkale	800	(792, 800, 808)
19	Sakarya	3.117	(3.086, 3.117, 3.148)
20	Süleyman Demirel	1.396	(1.382, 1.396, 1.410)
21	Trakya	1.328	(1.315, 1.328, 1.341)
22	Yıldız Teknik	2.915	(2.886, 2.915, 2.944)
23	Yüzüncü Yıl	1.589	(1.573, 1.589, 1.605)
24	Zonguldak Karaelmas	664	(657, 664, 671)

6.3.3.3.Proje Sayısı

Üniversitelerin bilimsel araştırma ve topluma katkı işlevi ile ilgili olarak belirlenmiş bir çıktıdır. Proje sayısına [2006 yılı içerisinde başlanan, devam eden ve bitirilen Avrupa Birliği (AB), Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), TÜBİTAK, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) ve diğer tüm bilimsel projelerin toplam sayısı] ilişkin veriler çizelge 6.21'deki gibidir ve kesin değeri bilinen verilerdir.

Çizelge 6.21.Proje Sayıları

	KVB	Proje Sayıları ¹⁴²
1	Abant İzzet Baysal	62
2	Adnan Menderes	173
3	Afyon Kocatepe	320
4	Akdeniz	500
5	Balıkesir	73
6	Çanakkale Onsekiz Mart	250
7	Dumlupınar	29
8	Eskişehir Osmangazi	157
9	Gaziantep	30
10	Gaziosmanpaşa	101
11	Kafkas	56
12	Kırıkkale	135
13	Kocaeli	209
14	Mersin	268
15	Muğla	43
16	Mustafa Kemal	104
17	Niğde	112
18	Pamukkale	254
19	Sakarya	127
20	Süleyman Demirel	521
21	Trakya	195
22	Yıldız Teknik	167
23	Yüzüncü Yıl	134
24	Zonguldak Karaelmas	90

6.3.3.4.Proje Bütçeleri

Proje sayısı ile ilgili olarak AB, DPT, TÜBİTAK, BAP ve diğer tüm projelerin toplam sayısı alındığı için, yapılan projelerin arasındaki nitelik farkının hesaplanacak olan etkinlik değerine yansıtılabilmesi için proje bütçeleri (AB¹⁴³, DPT¹⁴⁴, BAP¹⁴⁵ TÜBİTAK¹⁴⁶ ve diğer tüm projelerin¹⁴⁷ 2006 yılı serbest ödeneklerinin toplamı) başka bir çıktı olarak seçilmiştir. Proje bütçelerine ilişkin veriler çizelge 6.22'deki gibidir ve kesin değeri bilinen verilerdir.

¹⁴² Üniversitelerin 2006 Yılı İdare Faaliyet Raporlarından Alınmıştır.

¹⁴³ Üniversitelerin 2006 Yılı İdare Faaliyet Raporlarından Alınmıştır.

¹⁴⁴ Maliye Bakanlığı, Bütçe Yönetim Enformasyon Sistemi.

¹⁴⁵ Maliye Bakanlığı, Bütçe Yönetim Enformasyon Sistemi.

¹⁴⁶ TÜBİTAK, <http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/ARDEB/UniversiteTablo.pdf>, (10. 02.2008).

¹⁴⁷ Üniversitelerin 2006 Yılı İdare Faaliyet Raporlarından Alınmıştır.

Çizelge 6.22.Proje Bütçeleri

	KVB	Proje Bütçeleri
1	Abant İzzet Baysal	1.957.122
2	Adnan Menderes	2.294.042
3	Afyon Kocatepe	2.618.157
4	Akdeniz	7.846.496
5	Balıkesir	1.384.924
6	Çanakkale Onsekiz Mart	3.683.185
7	Dumlupınar	885.717
8	Eskişehir Osmangazi	4.162.114
9	Gaziantep	11.618.403
10	Gaziosmanpaşa	2.505.142
11	Kafkas	1.120.465
12	Kırıkkale	1.474.159
13	Kocaeli	4.673.548
14	Mersin	3.544.788
15	Muğla	1.581.074
16	Mustafa Kemal	2.578.204
17	Niğde	1.795.076
18	Pamukkale	5.183.046
19	Sakarya	1.681.156
20	Süleyman Demirel	5.454.947
21	Trakya	2.705.355
22	Yıldız Teknik	5.130.175
23	Yüzüncü Yıl	2.493.674
24	Zonguldak Karaelmas	2.293.086

6.3.3.5.Uluslararası Yayın Sayısı

Üniversitelerin bilimsel araştırma ve topluma katkı işlevi ile ilgili olarak belirlenmiş bir çıktıdır. Uluslararası yayın (2006 yılı içerisinde, hakemli dergilerde yayımlanmış olan tam metin uluslararası makaleler ile uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan tam metin bildirilerin toplam sayısı) sayılarına ilişkin veriler çizelge 6.23'deki gibidir ve kesin değeri bilinen verilerdir.

Çizelge 6.23.Uluslararası Yayın Sayıları

	KVB	Uluslararası Yayın Sayıları¹⁴⁸
1	Abant İzzet Baysal	210
2	Adnan Menderes	179
3	Afyon Kocatepe	421
4	Akdeniz	933
5	Balıkesir	240
6	Çanakkale Onsekiz Mart	240
7	Dumlupınar	309
8	Eskişehir Osmangazi	433
9	Gaziantep	422
10	Gaziosmanpaşa	416
11	Kafkas	277
12	Kırıkkale	226
13	Kocaeli	706
14	Mersin	708
15	Muğla	439
16	Mustafa Kemal	484
17	Niğde	234
18	Pamukkale	636
19	Sakarya	491
20	Süleyman Demirel	956
21	Trakya	511
22	Yıldız Teknik	827
23	Yüzüncü Yıl	626
24	Zonguldak Karaelmas	228

6.3.3.6.Ulusal Yayın Sayısı

Üniversitelerin bilimsel araştırma ve topluma katkı işlevi ile ilgili olarak belirlenmiş bir çıktıdır. Ulusal yayın (2006 yılı içerisinde, hakemli dergilerde yayımlanmış olan tam metin ulusal makaleler ile ulusal bilimsel toplantılarda sunulan tam metin bildirilerin toplam sayısı) sayılarına ilişkin veriler çizelge 6.24'deki gibidir. Adnan Menderes Üniversitesi'nin ulusal yayın sayısına ulaşamadığı için bu üniversite için ulusal yayın sayısı bulanık veridir.

Ulusal yayın sayıları bilinen üniversitelerin, öğretim üyesi başına düşen ulusal yayın sayıları hesaplanarak çizelge 6.25'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.24.Ulusal Yayın Sayıları

¹⁴⁸ Üniversitelerin 2006 Yılı İdare Faaliyet Raporlarından Alınmıştır.

Çizelge 6.24.Ulusal Yayın Sayıları

	KVB	Ulusal Yayın Sayıları¹⁴⁹
1	Abant İzzet Baysal	451
2	Adnan Menderes	
3	Afyon Kocatepe	687
4	Akdeniz	1183
5	Balıkesir	131
6	Çanakkale Onsekiz Mart	352
7	Dumlupınar	462
8	Eskişehir Osmangazi	504
9	Gaziantep	405
10	Gaziosmanpaşa	556
11	Kafkas	265
12	Kırıkkale	91
13	Kocaeli	674
14	Mersin	861
15	Muğla	657
16	Mustafa Kemal	602
17	Niğde	189
18	Pamukkale	731
19	Sakarya	519
20	Süleyman Demirel	720
21	Trakya	295
22	Yıldız Teknik	521
23	Yüzüncü Yıl	717
24	Zonguldak Karaelmas	332

Kapalı kullanım alanına benzer şekilde, ulusal yayın sayısı ile hiçbir girdi (öğretim üyesi sayısı, araştırma görevlisi sayısı vb.) arasında herhangi bir matematiksel (doğrusal, logaritmik, polinom veya üstel) ilişkisi bulunamamıştır.

Bu sebeple ortalama değer olan 1,30 makale/öğretim üyesi; Adnan Menderes Üniversitesi'nin öğretim üyesi sayısı (413) ile çarpılmıştır. Bulunan değer bulanık sayının orta noktası kabul edilip pozitif ve negatif olarak %5 bulanıklaştırılarak çizelge 6.26'daki rakamlar elde edilmiştir.

¹⁴⁹ Üniversitelerin 2006 Yılı İdare Faaliyet Raporlarından Alınmıştır.

Çizelge 6.25.Öğretim Üyesi Başına Ulusal Yayın

	KVB	Ulusal Yayın Sayıları	Öğretim Üyesi Sayıları	Öğretim Üyesi Başına Ulusal Yayın Sayısı
1	Abant İzzet Baysal	451	288	1,57
2	Afyon Kocatepe	687	388	1,77
3	Akdeniz	1183	591	2,00
4	Balıkesir	131	292	0,45
5	Çanakkale Onsekiz Mart	352	333	1,06
6	Dumlupınar	462	257	1,80
7	Eskişehir Osmangazi	504	475	1,06
8	Gaziantep	405	322	1,26
9	Gaziosmanpaşa	556	273	2,04
10	Kafkas	265	171	1,55
11	Kırıkkale	91	312	0,29
12	Kocaeli	674	710	0,95
13	Mersin	861	500	1,72
14	Muğla	657	282	2,33
15	Mustafa Kemal	602	301	2,00
16	Niğde	189	181	1,04
17	Pamukkale	731	487	1,50
18	Sakarya	519	503	1,03
19	Süleyman Demirel	720	664	1,08
20	Trakya	295	415	0,71
21	Yıldız Teknik	521	569	0,92
22	Yüzüncü Yıl	717	489	1,47
23	Zonguldak Karaelmas	332	360	0,92
	ORTALAMA	517,61	398,39	1,30

Çizelge 6.26.Adnan Menderes Üniversitesi'nin Ulusal Yayın Sayısı

KVB	Ulusal Yayın Sayısı
Adnan Menderes	(510, 537, 564)

6.3.3.7.Öz Gelirler (Araştırma Projeleri Gelirleri Payı Hariç)

Etkinlik değeri hesaplanan üniversitelerin tümünde 2. öğretim olmasına rağmen üniversitelerin toplam öğrenci sayıları içerisinde ikinci öğretim öğrenci oranları aynı değildir. Bu da 2. öğretim öğrenci sayısı fazla olan üniversitelerin elektrik, yakacak gibi giderlerini artırmaktadır. Bu sebeple öğrenci harç gelirleri ve kantin, lojman vb. gayrimenkul kira gelirlerinden oluşan öz gelirler bir başka çıktı verisi olarak seçilmiştir. Proje gelirleri tek başına çıktı olarak alındığı için döner sermaye işletmelerinden aktarılan araştırma projeleri gelirleri payı öz gelirler verilerinden düşülmüştür. Öz gelirlere ilişkin veriler çizelge 6.27'deki gibidir ve kesin değeri bilinen verilerdir.

Çizelge 6.27.Öz Gelirler (Araştırma Projeleri Gelirleri Payı Hariç)

	KVB	Öz Gelirler (Araşt. Projeleri Gelirleri Payı Hariç)
1	Abant İzzet Baysal	15.852.845
2	Adnan Menderes	6.520.058
3	Afyon Kocatepe	13.447.266
4	Akdeniz	8.424.313
5	Balıkesir	11.993.321
6	Çanakkale Onsekiz Mart	9.800.534
7	Dumlupınar	15.086.195
8	Eskişehir Osmangazi	10.712.116
9	Gaziantep	8.021.036
10	Gaziosmanpaşa	5.065.390
11	Kafkas	4.439.888
12	Kırıkkale	6.650.834
13	Kocaeli	23.275.871
14	Mersin	7.577.640
15	Muğla	12.894.519
16	Mustafa Kemal	6.042.266
17	Niğde	6.095.162
18	Pamukkale	12.509.126
19	Sakarya	22.191.614
20	Süleyman Demirel	18.586.826
21	Trakya	11.522.694
22	Yıldız Teknik	14.867.753
23	Yüzüncü Yıl	6.699.380
24	Zonguldak Karaelmas	8.014.194

Üniversitelere ait tüm girdi ve çıktı verileri değişken tanımlamaları da yapılarak çizelge 6.28 ve 6.29'da, α kesimleri çizelge 6.30 ve 6.31'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.28. Üniversitelere Ait Tüm Girdiler

KVB (j=1,2,.....,24)	GİRDİLER (i=1,2,....,6)						
	Öğretim Üyesi Sayıları (x _{1j})	Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayıları (x _{2j})	Araştırma Görevlisi Sayıları (x _{3j})	Personel Giderleri (YTL) (x _{4j})	Mal ve Hizmet Alım Giderleri (YTL) (x _{5j})	Kapalı Kullanım Alanı (m ²) (x _{6j})	
1	Abant İzzet Baysal	(323, 330, 337)	(219, 223, 227)	(382, 390, 398)	37.692.567	11.528.709	221.673
2	Adnan Menderes	(393, 401, 409)	(185, 189, 193)	(366, 373 380)	35.111.331	8.739.258	261.430
3	Afyon Kocatepe	(379, 387, 395)	(263, 268, 273)	(351, 358, 365)	37.973.962	10.242.805	189.545
4	Akdeniz	(542, 553, 564)	(362, 369, 376)	(636, 649, 662)	59.102.368	13.689.152	378.533
5	Balıkesir	(267, 272, 277)	(211, 215, 219)	(168, 171, 174)	25.355.533	6.745.044	(262.710, 268.071, 273.432)
6	Çanakkale Onsekiz Mart	(254, 259, 264)	(222, 226, 230)	(148, 151, 154)	29.571.393	10.169.073	158.460
7	Dumlupınar	(233, 238, 243)	(255, 260, 265)	(250, 255, 260)	27.464.761	8.151.354	204.964
8	Eskişehir Osmangazi	(469, 479, 489)	(89, 91, 93)	(438, 447, 456)	48.688.340	11.886.548	288.382
9	Gaziantep	(298, 304, 310)	(280, 286, 292)	(370, 377, 384)	38.223.499	11.402.750	241.000
10	Gaziosmanpaşa	(252, 257, 262)	(215, 219, 223)	(188, 192, 196)	27.482.977	8.602.397	139.284
11	Kafkas	(153, 156, 159)	(138, 141, 144)	(180, 184, 188)	20.832.011	5.685.270	111.975
12	Kırıkkale	(289, 295, 301)	(122, 124, 126)	(353, 360, 367)	28.289.343	7.188.010	109.637
13	Kocaeli	(507, 517, 527)	(378, 386, 394)	(472, 482, 492)	62.577.055	19.991.347	387.606
14	Mersin	(430, 439, 448)	(290, 296, 302)	(414, 422, 430)	42.724.763	11.720.792	273.548
15	Muğla	(239, 244, 249)	(256, 261, 266)	(160, 163, 166)	28.102.963	10.655.014	190.190
16	Mustafa Kemal	(283, 289, 295)	(145, 148, 151)	(214, 218, 222)	24.055.154	6.338.171	(151.444, 154.534, 157.624)
17	Niğde	(202, 206, 210)	(238, 243, 248)	(190, 194, 198)	20.594.098	5.125.403	(117.186, 119.577, 121.968)
18	Pamukkale	(427, 436, 445)	(250, 255, 260)	(542, 553, 564)	46.515.756	9.300.658	180.415
19	Sakarya	(461, 470, 479)	(275, 281, 287)	(274, 280, 286)	40.081.591	13.759.176	287.920
20	Süleyman Demirel	(616, 629, 642)	(391, 399, 407)	(579, 591, 603)	65.346.321	15.904.597	337.881
21	Trakya	(471, 481, 491)	(339, 346, 353)	(505, 515, 525)	56.466.493	14.312.188	407.700
22	Yıldız Teknik	(494, 504, 514)	(279, 285, 291)	(550, 561, 572)	47.400.074	13.632.045	185.490
23	Yüzüncü Yıl	(393, 401, 409)	(233, 238, 243)	(555, 566, 577)	56.486.875	15.397.543	280.325
24	Zonguldak Karaelmas	(319, 326, 333)	(150, 153, 156)	(237, 242, 247)	38.558.855	11.221.244	158.365

Çizelge 6.29. Üniversitelere Ait Tüm Çıktılar

KVİB (j=1,2,...,24)	ÇIKTILAR (i=1,2,...,7)						
	Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayıları (Y _{il})	Lisansüstü Öğrenci Sayıları (Y _{2i})	Proje Sayıları (Y _{3i})	Proje Bütçeleri (YTL) (Y _{4i})	Uluslararası Yayın Sayıları (Y _{5i})	Ulusal Yayın Sayıları (Y _{6i})	Öz Gelirler (Araştırma Projeleri Gelirleri Payı Hariç) (YTL) (Y _{7i})
1	Abant İzzet Baysal	(18.738, 18.927, 19.116)	62	1.957.122	210	451	15.852.845
2	Adnan Menderes	(13.587, 13.724, 13.861)	173	2.294.042	179	(510, 537, 564)	6.520.058
3	Afyon Kocatepe	(25.322, 25.578, 25.834)	320	2.618.157	421	687	13.447.266
4	Akdeniz	(18.329, 18.514, 18.699)	500	7.846.496	933	1183	8.424.313
5	Balıkesir	(23.609, 23.847, 24.085)	73	1.384.924	240	131	11.993.321
6	Çanakkale Onsekiz Mart	(18.316, 18.501, 18.686)	250	3.683.185	240	352	9.800.534
7	Dumlupınar	(25.915, 26.177, 26.439)	29	885.717	309	462	15.086.195
8	Eskişehir Osmangazi	(12.726, 12.855, 12.984)	157	4.162.114	433	504	10.712.116
9	Gaziantep	(12.716, 12.844, 12.972)	30	11.618.403	422	405	8.021.036
10	Gaziosmanpaşa	(10.955, 11.066, 11.177)	101	2.505.142	416	556	5.065.390
11	Kafkas	(11.494, 11.610, 11.726)	56	1.120.465	277	265	4.439.888
12	Kırıkkale	(13.307, 13.441, 13.575)	135	1.474.159	226	91	6.650.834
13	Kocaeli	(46.205, 46.672, 47.139)	209	4.673.548	706	674	23.275.871
14	Mersin	(20.399, 20.605, 20.811)	268	3.544.788	708	861	7.577.640
15	Muğla	(19.056, 19.248, 19.440)	43	1.581.074	439	657	12.894.519
16	Mustafa Kemal	(13.515, 13.652, 13.789)	104	2.578.204	484	602	6.042.266
17	Niğde	(13.314, 13.448, 13.582)	112	1.795.076	234	189	6.095.162
18	Pamukkale	(20.939, 21.151, 21.363)	254	5.183.046	636	731	12.509.126
19	Sakarya	(32.969, 33.302, 33.635)	127	1.681.156	491	519	22.191.614
20	Süleyman Demirel	(36.772, 37.143, 37.514)	521	5.454.947	956	720	18.586.826
21	Trakya	(27.479, 27.757, 28.035)	195	2.705.355	511	295	11.522.694
22	Yıldız Teknik	(18.378, 18.564, 18.750)	167	5.130.175	827	521	14.867.753
23	Yüzüncü Yıl	(13.864, 14.004, 14.144)	134	2.493.674	626	717	6.699.380
24	Zonguldak Karaelmas	(19.511, 19.708, 19.905)	90	2.293.086	228	332	8.014.194

Çizelge 6.30. Üniversitelere Ait Tüm Girdilerin α -Kesim Kümeleri

KVB (j=1,2,...,24)		GİRDİLER (i=1,2,...,6)					
		Öğretim Üyesi Sayıları (x_{1j})	Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayıları (x_{2j})	Araştırma Görevlisi Sayıları (x_{3j})	Personel Giderleri (YTL) (x_{4j})	Mal ve Hizmet Alım Giderleri (YTL) (x_{5j})	Kapalı Kullanım Alanı (m ²) (x_{6j})
1	Abant İzzet Baysal	(323+7a, 330, 337-7a)	(219+4a, 223, 227-4a)	(382+8a, 390, 398-8a)	37.692.567	11.528.709	221.673
2	Adnan Menderes	(393+8a, 401, 409-8a)	(185+4a, 189, 193-4a)	(366+7a, 373 380-7a)	35.111.331	8.739.258	261.430
3	Afyon Kocatepe	(379+8a, 387, 395-8a)	(263+5a, 268, 273-5a)	(351+7a, 358, 365-7a)	37.973.962	10.242.805	189.545
4	Akdeniz	(542+11a, 553, 564-11a)	(362+7a, 369, 376-7a)	(636+13a, 649, 662-13a)	59.102.368	13.689.152	378.533
5	Balıkesir	(267+5a, 272, 277-5a)	(211+4a, 215, 219-4a)	(168+3a, 171, 174-3a)	25.355.533	6.745.044	(262.710+5.361a, 268.071, 273.432-5.361a)
6	Çanakkale Onsekiz Mart	(254+5a, 259, 264-5a)	(222+4a, 226, 230-4a)	(148+3a, 151, 154-3a)	29.571.393	10.169.073	158.460
7	Dumlupınar	(233+5a, 238, 243-5a)	(255+5a, 260, 265-5a)	(250+5a, 255, 260-5a)	27.464.761	8.151.354	204.964
8	Eskişehir Osmangazi	(469+10a, 479, 489-10a)	(89+2a, 91, 93-2a)	(438+9a, 447, 456-9a)	48.688.340	11.886.548	288.382
9	Gaziantep	(298+6a, 304, 310-6a)	(280+6a, 286, 292-6a)	(370+7a, 377, 384-7a)	38.223.499	11.402.750	241.000
10	Gaziosmanpaşa	(252+5a, 257, 262-5a)	(215+4a, 219, 223-4a)	(188+4a, 192, 196-4a)	27.482.977	8.602.397	139.284
11	Kafkas	(153+3a, 156, 159-3a)	(138+3a, 141, 144-3a)	(180+4a, 184, 188-4a)	20.832.011	5.685.270	111.975
12	Kırıkkale	(289+6a, 295, 301-6a)	(122+2a, 124, 126-2a)	(353+7a, 360, 367-7a)	28.289.343	7.188.010	109.637
13	Kocaeli	(507+10a, 517, 527-10a)	(378+8a, 386, 394-8a)	(472+10a, 482, 492-10a)	62.577.055	19.991.347	387.606
14	Mersin	(430+9a, 439, 448-9a)	(290+6a, 296, 302-6a)	(414+8a, 422, 430-8a)	42.724.763	11.720.792	273.548
15	Mugla	(239+5a, 244, 249-5a)	(256+5a, 261, 266-5a)	(160+3a, 163, 166-3a)	28.102.963	10.655.014	190.190
16	Mustafa Kemal	(283+6a, 289, 295-6a)	(145+3a, 148, 151-3a)	(214+4a, 218, 222-4a)	24.055.154	6.338.171	(151.444+3.090a, 154.534, 157.624-3.090a)
17	Niğde	(202+4a, 206, 210-4a)	(238+5a, 243, 248-5a)	(190+4a, 194, 198-4a)	20.594.098	5.125.403	(117.186+2.391a, 119.577, 121.968-2.391a)
18	Pamukkale	(427+9a, 436, 445-9a)	(250+5a, 255, 260-5a)	(542+11a, 553, 564-11a)	46.515.756	9.300.658	180.415
19	Sakarya	(461+9a, 470, 479-9a)	(275+6a, 281, 287-6a)	(274+6a, 280, 286-6a)	40.081.591	13.759.176	287.920
20	Süleyman Demirel	(616+13a, 629, 642-13a)	(391+8a, 399, 407-8a)	(579+12a, 591, 603-12a)	65.346.321	15.904.597	337.881
21	Trakya	(471+10a, 481, 491-10a)	(339+7a, 346, 353-7a)	(505+10a, 515, 525-10a)	56.466.493	14.312.188	407.700
22	Yıldız Teknik	(494+10a, 504, 514-10a)	(279+6a, 285, 291-6a)	(550+11a, 561, 572-11a)	47.400.074	13.632.045	185.490
23	Yüzüncü Yıl	(393+8a, 401, 409-8a)	(233+5a, 238, 243-5a)	(555+11a, 566, 577-11a)	56.486.875	15.397.543	280.325
24	Zonguldak Karaelmas	(319+7a, 326, 333-7a)	(150+3a, 153, 156-3a)	(237+5a, 242, 247-5a)	38.558.855	11.221.244	158.365

Çizelge 6.31. Üniversitelere Ait Tüm Çıktıların α-Kesim Kümeleri

KVB (j=1,2,...,24)		ÇIKTILAR (r=1,2,...,7)						
		Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayıları (y _{ij})	Lisansüstü Öğrenci Sayıları (y _{2i})	Proje Sayıları (y _{3i})	Proje Bütçeleri (YTL) (y _{4i})	Uluslararası Yayın Sayıları (y _{5i})	Ulusal Yayın Sayıları (y _{6i})	Öz Gelirler (Araştırma Projeleri Gelirleri Payı Hariç) (YTL) (y _{7i})
1	Abant İzzet Baysal	(18.738+189a, 18.927, 19.116-189a)	(972+10a, 982, 992-10a)	62	1.957.122	210	451	15.852.845
2	Adnan Menderes	(13.587+137a, 13.724, 13.861-137a)	(696+7a, 703, 710-7a)	173	2.294.042	179	(510+27a, 537, 564-27a)	6.520.058
3	Afyon Kocatepe	(25.322+256a, 25.578, 25.834-256a)	(1.347+14a, 1.361, 1.375-14a)	320	2.618.157	421	687	13.447.266
4	Akdeniz	(18.329+185a, 18.514, 18.699-185a)	(1.069+11a, 1.080, 1.091-11a)	500	7.846.496	933	1183	8.424.313
5	Balıkesir	(23.609+238a, 23.847, 24.085-238a)	(801+8a, 809, 817-8a)	73	1.384.924	240	131	11.993.321
6	Çanakkale Onsekiz Mart	(18.316+185a, 18.501, 18.686-185a)	(1.208+12a, 1.220, 1.232-12a)	250	3.683.185	240	352	9.800.534
7	Dumlupınar	(25.915+262a, 26.177, 26.439-262a)	(1.562+16a, 1.578, 1.594-16a)	29	885.717	309	462	15.086.195
8	Eskişehir Osmangazi	(12.726+129a, 12.855, 12.984-129a)	(1.592+16a, 1.608, 1.624-16a)	157	4.162.114	433	504	10.712.116
9	Gaziantep	(12.716+128a, 12.844, 12.972-128a)	(399+4a, 403, 407-4a)	30	11.618.403	422	405	8.021.036
10	Gaziosmanpaşa	(10.955+111a, 11.066, 11.177-111a)	(706+7a, 713, 720-7a)	101	2.505.142	416	556	5.065.390
11	Kafkas	(11.494+116a, 11.610, 11.726-116a)	(522+5a, 527, 532-5a)	56	1.120.465	277	265	4.439.888
12	Kırıkkale	(13.307+134a, 13.441, 13.575-134a)	(506+5a, 511, 516-5a)	135	1.474.159	226	91	6.650.834
13	Kocaeli	(46.205+467a, 46.672, 47.139-467a)	(2.201+22a, 2.223, 2.245-22a)	209	4.673.548	706	674	23.275.871
14	Mersin	(20.399+206a, 20.605, 20.811-206a)	(905+9a, 914, 923-9a)	268	3.544.788	708	861	7.577.640
15	Muğla	(19.056+192a, 19.248, 19.440-192a)	(691+7a, 698, 705-7a)	43	1.581.074	439	657	12.894.519
16	Mustafa Kemal	(13.515+137a, 13.652, 13.789-137a)	(349+4a, 353, 357-4a)	104	2.578.204	484	602	6.042.266
17	Niğde	(13.314+134a, 13.448, 13.582-134a)	(465+5a, 470, 475-5a)	112	1.795.076	234	189	6.095.162
18	Pamukkale	(20.939+212a, 21.151, 21.363-212a)	(792+8a, 800, 808-8a)	254	5.183.046	636	731	12.509.126
19	Sakarya	(32.969+333a, 33.302, 33.635-333a)	(3.086+31a, 3.117, 3.148-31a)	127	1.681.156	491	519	22.191.614
20	Süleyman Demirel	(36.772+371a, 37.143, 37.514-371a)	(1.382+14a, 1.396, 1.410-14a)	521	5.454.947	956	720	18.586.826
21	Trakya	(27.479+278a, 27.757, 28.035-278a)	(1.315+13a, 1.328, 1.341-13a)	195	2.705.355	511	295	11.522.694
22	Yıldız Teknik	(18.378+186a, 18.564, 18.750-186a)	(2.886+29a, 2.915, 2.944-29a)	167	5.130.175	827	521	14.867.753
23	Yüzüncü Yıl	(13.864+140a, 14.004, 14.144-140a)	(1.573+16a, 1.589, 1.605-16a)	134	2.493.674	626	717	6.699.380
24	Zonguldak Karaelmas	(19.511+197a, 19.708, 19.905-197a)	(657+7a, 664, 671-7a)	90	2.293.086	228	332	8.014.194

6.4.GÖRELİ ETKİNLİĞİN ÖLÇÜLMESİ

6.4.1.Üniversiteler İçin Etkinlik Değerlerinin Alt Sınırları

o. KVB'nin herhangi bir $\mu \geq \alpha$ üyelik derecesindeki etkinlik değerinin alt sınırı; o. KVB'nin aynı $\mu \geq \alpha$ üyelik derecesindeki, çıktı verisinin minimumunun girdi verisinin maksimumunun ve diğer KVB'lerin çıktı verilerinin maksimumunun girdi verilerinin minimumunun alınması ile mümkündür. Buradan, o. KVB'nin herhangi bir $\mu \geq \alpha$ üyelik derecesindeki etkinlik değerinin alt sınırı için girdiye yönelik CCR modeli aşağıdaki gibi olur:

$$(E_o)_\alpha^L = \max \sum_{r=1}^7 u_r (\tilde{y}_{ro})_\alpha^L$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^6 v_i (\tilde{x}_{io})_\alpha^U = 1 \quad i=1,2,\dots,6$$

$$\sum_{r=1}^7 u_r (\tilde{y}_{rj})_\alpha^U - \sum_{i=1}^6 v_i (\tilde{x}_{ij})_\alpha^L \leq 0 \quad j=1,2,\dots,24 \quad j \neq o$$

$$\sum_{r=1}^7 u_r (\tilde{y}_{ro})_\alpha^L - \sum_{i=1}^6 v_i (\tilde{x}_{io})_\alpha^U \leq 0$$

Her KVB için modellerin kurulumu benzer olduğu için sadece Süleyman Demirel Üniversitesi için CCR modelinin kurulumu Ek 1'de verilmiştir.

Her KVB'nin $\mu \geq 0$ 'daki CCR etkinlik değerlerinin alt sınırları ile girdi ve çıktılarına verilen ağırlıklar çizelge 6.32'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.32'de görüldüğü gibi Abant İzzet Baysal, Adnan Menderes, Kırıkkale, Mersin, Niğde ve Trakya Üniversiteleri dışındaki tüm üniversiteler etkin çıkmıştır. Bunun sebebi serbestlik probleminin yaşanmasıdır.

Örneğin; Zonguldak Karaelmas Üniversitesi için girdi ve çıktılarından 4'er tanesine (Öğretim üyesi sayısı, araştırma görevlisi sayısı, personel giderleri, mal ve hizmet alım giderleri ile lisansüstü öğrenci sayısı, proje sayısı, uluslararası yayın sayısı ve öz gelirler) girdiler kullanılmıyormuş, çıktılar üretilmiyormuş gibi 10^{-13} ağırlık değeri verilmiştir.

Kao-Liu, Saati-Memariani-Jahanshahloo, Lertworasirikul, Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle, Guo-Tanaka ve Leon-Liern-Ruiz-Sirvent modelleri girdi ve çıktılarına ağırlık atanmasında serbestlik tanıyan modeller olduğu için serbestlik problemi bu modeller için de yaşanacaktır. Bu sebeple, tezin uygulama kısmı için en uygun model tüm KVB'ler için ortak ağırlık kümesinin belirlendiği Saati ve Memariani modelidir.

6.4.2.Üniversiteler İçin Saati-Memariani Modeli

Saati Memariani modelinin kurulumu ek 2'de verilmiştir. Modelin uygulaması sonucunda elde edilen etkinlik değerleri ise çizelge 6.33.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.32. Üniversitelerin CCR'ye Göre Etkinlik Değerlerinin Alt Sınırı ($\mu \geq 0$)

KVB		Etkinlik Değeri	Girdilere Verilen Ağırlıklar						Çıktılara Verilen Ağırlıklar						Ulusal Yayın Sayıları	Uluslararası Yayın Sayıları	Öz Gelirler (Araştırma Projeleri Gelirleri Payı Hariç)
			Öğretim Üyesi Sayıları	Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayıları	Araştırma Görevlisi Sayıları	Personel Giderleri	Mal ve Hizmet Alım Giderleri	Kapalı Kullanım Alanı	Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayıları	Lisansüstü Öğrenci Sayıları	Proje Sayıları	Proje Bütçeleri					
1	Abant İzzet Baysal	0.9887	0.48802105	0.51197888	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.00000006	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.09127232	10 ⁻¹³	0.18850280	10 ⁻¹³	0.72022488		
2	Adnan Menderes	0.7853	10 ⁻¹³	0.68107037	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.31892963	0.26021955	10 ⁻¹³	0.33036453	10 ⁻¹³	0.40941592	10 ⁻¹³		
3	Afyon Kocatepe	1	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.44286127	0.37594819	0.18119054	0.31114061	0.10942721	10 ⁻¹³	0.30754852	0.27188366	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
4	Akdeniz	1	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.56586809	0.43413191	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.54482834	0.32825692	0.12691474	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
5	Balıkesir	1	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.63073597	10 ⁻¹³	0.36926403	10 ⁻¹³	0.94953778	10 ⁻¹³	0.05046221	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
6	Çanakkale Onsekiz Mart	1	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	1	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.16534235	0.32141035	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
7	Dumlupınar	1	0.57401774	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.42598225	10 ⁻¹³	0.65141189	0.13876117	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.20199342	10 ⁻¹³	0.00783351		
8	Eskişehir Osmangazi	1	10 ⁻¹³	1	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.00000001	0.18982723	0.33646847	10 ⁻¹³	0.24598002	10 ⁻¹³	0.15328852		
9	Gaziantep	1	0.99591400	0.00000002	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.00408595	0.00000001	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	1	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
10	Gaziosmanpaşa	1	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.29856266	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.70143734	10 ⁻¹³	0.16352847	0.11447382	10 ⁻¹³	0.71532804	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
11	Kafkas	1	0.73930489	0.00000020	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.24587251	0.01482239	0.19799275	0.05470376	0.00000002	0.71902479	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
12	Kırıkkale	0.9895	10 ⁻¹³	0.76309666	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.23690334	0.59973994	10 ⁻¹³	0.18301719	0.00000005	0.08686668	10 ⁻¹³	0.13037615		
13	Kocaeli	1	0.39710831	0.60289169	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.71131734	0.00925964	0.11542957	0.15682808	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
14	Mersin	0.9741	0.00000448	0.00000001	0.00000003	0.99999544	0.00000002	0.00000001	0.10714189	0.07915447	0.00000001	0.50728076	0.02783443	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
15	Muğla	1	0.24096419	10 ⁻¹³	0.65950752	0.09952829	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.68448690	10 ⁻¹³	0.31551310		
16	Mustafa Kemal	1	10 ⁻¹³	0.48693576	0.28756989	0.00000002	0.22549431	0.00000001	0.00000003	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.67298777	0.22621247	10 ⁻¹³	0.10079973		
17	Niğde	0.9772	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.00000001	0.49153538	0.34608371	0.16238090	0.62446560	10 ⁻¹³	0.06545235	0.18519774	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
18	Pamukkale	1	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.68131101	0.31868899	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.25900802	0.19686900	0.12054469	10 ⁻¹³	0.30791336		
19	Sakarya	1	10 ⁻¹³	0.52583601	0.47416397	0.00000001	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.78067373	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.21932627	10 ⁻¹³	0.21932627		
20	Süleyman Demirel	1	0.00000001	0.00000003	0.33526153	10 ⁻¹³	0.08094330	0.58379513	0.00000052	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.55988961	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
21	Trakya	0.7379	0.18041676	0.40660830	0.00000001	0.00000003	0.41297489	0.00000001	0.60016435	0.07850880	0.07467214	0.21731257	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.00000001		
22	Yıldız Teknik	1	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.60144537	10 ⁻¹³	0.20705561	0.19149902	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
23	Yüzüncü Yıl	1	0.64894520	0.35105477	10 ⁻¹³	0.00000001	0.00000001	0.00000001	10 ⁻¹³	0.29332527	0.00000001	0.16974152	0.52796530	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		
24	Zonguldak Karaelmas	1	10 ⁻¹³	0.68014912	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³	0.31985088	0.743555416	10 ⁻¹³	0.13925268	10 ⁻¹³	0.11719315	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³		

Çizelge 6.33.Saati Memariani Modeline Göre Üniversitelerin Bulamık Etkinlik Değerleri

KVB		Etkinlik Değerleri				
		Alfa=0	Alfa=0.25	Alfa=0.5	Alfa=0.75	Alfa=1
1	Abant İzzet Baysal	(0.5484, 0.5578, 0.5677)	(0.5491, 0.5586, 0.5684)	(0.5505, 0.5600, 0.5698)	(0.5514, 0.5609, 0.5707)	(0.5522, 0.5617, 0.5715)
2	Adnan Menderes	(0.5163, 0.5245, 0.5397)	(0.5165, 0.5247, 0.5400)	(0.5177, 0.5260, 0.5412)	(0.5182, 0.5264, 0.5416)	(0.5186, 0.5268, 0.5420)
3	Afyon Kocatepe	(0.9675, 0.9840, 1.001)	(0.9692, 0.9857, 1.003)	(0.9721, 0.9887, 1.005)	(0.9743, 0.9908, 1.007)	(0.9761, 0.9927, 1.010)
4	Akdeniz	(0.7905, 0.8017, 0.8132)	(0.7906, 0.8018, 0.8133)	(0.7926, 0.8038, 0.8152)	(0.7931, 0.8043, 0.8158)	(0.7936, 0.8048, 0.8162)
5	Balıkesir	(0.5267, 0.5402, 0.5540)	(0.5268, 0.5403, 0.5541)	(0.5276, 0.5410, 0.5549)	(0.5276, 0.5411, 0.5550)	(0.5279, 0.5414, 0.5553)
6	Çanakkale Onsekiz Mart	(0.9543, 0.9705, 0.9860)	(0.9568, 0.9730, 0.9884)	(0.9594, 0.9757, 0.9911)	(0.9619, 0.9781, 0.9936)	(0.9640, 0.9803, 0.9958)
7	Dumlupınar	(0.8111, 0.8260, 0.8408)	(0.8131, 0.8279, 0.8427)	(0.8153, 0.8301, 0.8450)	(0.8172, 0.8320, 0.8469)	(0.8191, 0.8339, 0.8488)
8	Eskişehir Osmangazi	(0.6762, 0.6872, 0.6978)	(0.6774, 0.6884, 0.6990)	(0.6792, 0.6903, 0.7009)	(0.6806, 0.6917, 0.7023)	(0.6818, 0.6929, 0.7034)
9	Gaziantep	(0.4340, 0.4406, 0.4476)	(0.4339, 0.4405, 0.4475)	(0.4348, 0.4414, 0.4484)	(0.4349, 0.4415, 0.4485)	(0.4348, 0.4413, 0.4483)
10	Gaziosmanpaşa	(0.8199, 0.8334, 0.8460)	(0.8215, 0.8350, 0.8475)	(0.8239, 0.8374, 0.8500)	(0.8257, 0.8392, 0.8518)	(0.8273, 0.8408, 0.8534)
11	Kafkas	(0.7396, 0.7522, 0.7646)	(0.7405, 0.7530, 0.7654)	(0.7425, 0.7550, 0.7674)	(0.7436, 0.7561, 0.7685)	(0.7446, 0.7572, 0.7696)
12	Kırıkkale	(0.5555, 0.5661, 0.5763)	(0.5561, 0.5668, 0.5770)	(0.5578, 0.5685, 0.5788)	(0.5589, 0.5696, 0.5799)	(0.5598, 0.5705, 0.5807)
13	Kocaeli	(0.8074, 0.8211, 0.8349)	(0.8084, 0.8222, 0.8359)	(0.8103, 0.8241, 0.8378)	(0.8115, 0.8253, 0.8390)	(0.8127, 0.8264, 0.8402)
14	Mersin	(0.7954, 0.8079, 0.8199)	(0.7958, 0.8082, 0.8202)	(0.7978, 0.8102, 0.8222)	(0.7985, 0.8110, 0.8230)	(0.7993, 0.8117, 0.8237)
15	Muğla	(0.7971, 0.8099, 0.8215)	(0.7978, 0.8105, 0.8221)	(0.7994, 0.8122, 0.8238)	(0.8000, 0.8129, 0.8245)	(0.8009, 0.8137, 0.8253)
16	Mustafa Kemal	(0.8321, 0.8506, 0.8701)	(0.8320, 0.8504, 0.8700)	(0.8338, 0.8523, 0.8719)	(0.8341, 0.8526, 0.8722)	(0.8344, 0.8529, 0.8726)
17	Niğde	(0.5901, 0.6047, 0.6192)	(0.5910, 0.6056, 0.6202)	(0.5927, 0.6073, 0.6219)	(0.5938, 0.6084, 0.6230)	(0.5948, 0.6094, 0.6241)
18	Pamukkale	(0.8064, 0.8205, 0.8350)	(0.8070, 0.8211, 0.8356)	(0.8094, 0.8236, 0.8381)	(0.8107, 0.8249, 0.8393)	(0.8116, 0.8258, 0.8402)
19	Sakarya	(0.9655, 0.9834, 1.001)	(0.9690, 0.9868, 1.004)	(0.9720, 0.9898, 1.007)	(0.9753, 0.9932, 1.008)	(0.9785, 0.9964, 1.013)
20	Süleyman Demirel	(0.8496, 0.8639, 0.8780)	(0.8502, 0.8645, 0.8785)	(0.8524, 0.8667, 0.8807)	(0.8534, 0.8678, 0.8817)	(0.8542, 0.8686, 0.8825)
21	Trakya	(0.5132, 0.5216, 0.5325)	(0.5137, 0.5220, 0.5304)	(0.5148, 0.5232, 0.5316)	(0.5154, 0.5237, 0.5321)	(0.5159, 0.5243, 0.5327)
22	Yıldız Teknik	(0.9568, 0.9757, 0.9946)	(0.9609, 0.9799, 0.9989)	(0.9650, 0.9840, 1.003)	(0.9650, 0.9886, 1.007)	(0.9732, 0.9924, 1.011)
23	Yüzüncü Yıl	(0.6901, 0.7016, 0.7128)	(0.6913, 0.7029, 0.7141)	(0.6935, 0.7050, 0.7163)	(0.6950, 0.7066, 0.7178)	(0.6964, 0.7080, 0.7193)
24	Zonguldak Karaelmas	(0.6591, 0.6712, 0.6829)	(0.6603, 0.6719, 0.6837)	(0.6619, 0.6735, 0.6852)	(0.6629, 0.6745, 0.6862)	(0.6637, 0.6753, 0.6870)

YEDİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1.SONUÇLAR

Çalışmada kullanılan girdilerden dört tanesi insan kaynakları ile ilgili, bir tanesi de kapalı alandır. Bu girdileri azaltmak uygulanabilir olmadığı için etkin olmayan KVB'ler için değerlendirmeler çıktıya yönelik olarak yapılmıştır.

Modelin uygulanması sonucunda elde edilen etkinlik değerleri bulanık sayılardır. Etkin olmayan KVB'lerin etkin olmaları için üretmeleri gereken çıktı miktarlarının belirlenebilmesi etkinlik değerlerinin bulanık yapıdan kurtarılması ile mümkündür.

KVB'lerin en yüksek ve en düşük etkinlik değerleri arasındaki fark, etkinlik değerlerinin aritmetik ortalaması ve ortalama değerlere ölçek dönüşümü yapılması sonucunda elde edilen etkinlik değerleri çizelge 7.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1'de görüldüğü gibi KVB'lerin alabileceği en yüksek ve en düşük etkinlik değerleri arasındaki farkın ortalaması % 3,2; standart sapması % 0,09'dur. Bu sebeple KVB'lerin etkinlik değerleri olarak ortalamayı almak doğru bir yaklaşımdır.

KVB'lerin ortalama etkinlik değerleri alındığında en yüksek etkinlik değeri 0,99 çıkmıştır. Değerlendirmenin 1 üzerinden yapılabilmesi için her KVB'nin etkinlik değeri Sakarya Üniversitesi'nin etkinlik değeri olan 0,99'a bölünerek ölçek dönüşümü yapılmıştır. Tüm değerlendirmeler çizelgenin son sütunundaki ölçek dönüşümü yapılmış etkinlik değerlerine göre yapılmıştır.

Çizelge 7.1.Üniversitelerin 2006 Yılı Etkinlik Değerleri

	KVB	Maksimum Etkinlik Değeri- Minimum Etkinlik Değeri	Ortalama Etkinlik Değeri	Ölçek Dönüşümü Yapılmış Etkinlik Değerleri
1	Sakarya	0,048	0,990	1,000
2	Afyon Kocatepe	0,042	0,989	0,999
3	Yıldız Teknik	0,055	0,984	0,994
4	Çanakkale Onsekiz Mart	0,041	0,975	0,985
5	Süleyman Demirel	0,033	0,866	0,875
6	Mustafa Kemal	0,040	0,852	0,861
7	Gaziosmanpaşa	0,033	0,837	0,845
8	Dumlupınar	0,038	0,830	0,839
9	Kocaeli	0,033	0,824	0,832
10	Pamukkale	0,034	0,823	0,832
11	Muğla	0,028	0,811	0,820
12	Mersin	0,028	0,810	0,818
13	Akdeniz	0,026	0,803	0,812
14	Kafkas	0,030	0,755	0,762
15	Yüzüncü Yıl	0,029	0,705	0,712
16	Eskişehir Osmangazi	0,027	0,690	0,697
17	Zonguldak Karaelmas	0,027	0,673	0,680
18	Niğde	0,034	0,607	0,613
19	Kırıkkale	0,025	0,568	0,574
20	Abant İzzet Baysal	0,023	0,560	0,566
21	Balıkesir	0,029	0,541	0,546
22	Adnan Menderes	0,026	0,528	0,533
23	Trakya	0,019	0,523	0,528
24	Gaziantep	0,014	0,441	0,446
	Ortalama	0,032	0,749	0,757
	Standart Sapma	0,009	0,164	0,166

7.2.ÖNERİLER

2006 yılı verilerine göre Sakarya, Afyon Kocatepe ve Yıldız Teknik Üniversiteleri en etkin KVB'lerdir.

Etkin olmayan KVB'lerin tüm çıktılarını eşit oranda (1/ölçek dönüşümü yapılmış etkinlik değerleri kadar) artırmaları önerilebilir. Örneğin, Gaziantep Üniversitesi'nin tüm çıktılarını 2,242 kat artırması gerekmektedir. Fakat KVB'lerin tüm çıktılarını eşit oranda artırması şeklinde bir çözüm önerisinde bulunmak uygulanabilir değildir. Örneğin, Gaziantep Üniversitesi'nin önlisans ve lisans öğrenci

sayısını kısa sürede 12.850'den 28.800 civarına çıkarması kısa sürede uygulanabilir değildir. Her KVB'ye en az ürettiği çıktıların artırılması yönünde öneride bulunmak daha gerçekçi olacaktır.

Etkin olmayan KVB'lerin hangi çıktılarını ne kadar artırması gerektiği belirlenirken:

$$E_o = \frac{(7.251 * 10^{-6}) * y_{10} + (1.489 * 10^{-4}) * y_{20} + (6.462 * 10^{-4}) * y_{30} + (9.54 * 10^{-10}) * y_{40} + (3.522 * 10^{-4}) * y_{50} + (2.846 * 10^{-4}) * y_{60} + (7.26 * 10^{-10}) * y_{70}}{(5.41 * 10^{-4}) * x_{10} + (8.525 * 10^{-4}) * x_{20} + (5.504 * 10^{-4}) * x_{30} + (3.58 * 10^{-10}) * x_{40} + (5.2 * 10^{-10}) * x_{50} + (1.626 * 10^{-6}) * x_{60}}$$

formülü kullanılmıştır. Farklı α kesimlerinde KVB'lere verilen ağırlıklar arasındaki farklar çok fazla olmadığı için değerlendirmede elde edilen ağırlıkların ortalaması alınmıştır. Veriler bulanık olduğu için önerilen rakamlar yaklaşık değerlerdir.

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi etkinlik değeri bakımından 4. sırada yer almasına rağmen uluslararası yayın sayısında 19., ulusal yayın sayısında 18. sıradadır. Bu sebeple, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nin yayın sayılarını artırması gerekmektedir. Yayın sayılarını 1,1 kat civarı artırarak 264 uluslararası ve 387 ulusal yayın yaparsa etkin olacaktır.

Süleyman Demirel Üniversitesi çıktılar bakımından genelde ilk üç içerisinde yer almaktadır. Bu sebeple tüm çıktıların 1,14 kat arttırırsa etkin olacaktır.

Mustafa Kemal Üniversitesi; lisansüstü öğrenci sayısında 24., özgelirde 22., önlisans ve lisans öğrenci sayısında 18. sırada yer almaktadır. Lisansüstü öğrenci sayısını 2,5 kat, önlisans ve lisans öğrenci sayısı ile özgelirini 1,2 kat arttırırsa etkin olacaktır. Zaten öğrenci sayısı artınca harç gelirlerinden kaynaklı özgelirler doğal olarak artacaktır.

Gaziosmanpaşa Üniversitesi; önlisans ve lisans öğrenci sayısında 24., proje sayısında 17., lisansüstü öğrenci sayısında 16., özgelirde 22. sıradadır. Proje sayısını 2, önlisans, lisans ve lisansüstü öğrenci sayısı ile özgelirini 1,2 kat arttırırsa etkin olacaktır.

Dumlupınar Üniversitesi; proje sayısı ve proje bütçesinde 24., ulusal ve uluslararası yayınlarda 16. sıradadır. Etkin olmak için proje sayısı ve bütçesini 3 kat, ulusal ve uluslararası yayın sayısını 1,4 kat artırması gerekmektedir.

Kocaeli Üniversitesi; girdileri en fazla olan üniversitelerden olmasına rağmen proje ve ulusal yayın sayısında 7., proje bütçesinde 6., ulusal yayın sayısında 5. sıradadır. Bu çıktıların 1,45 kat artırması durumunda etkin olacaktır.

Pamukkale Üniversitesi; lisansüstü öğrenci sayısında 15., önlisans ve lisans öğrenci sayısında 8., özgelirde 9. sıradadır. Lisansüstü öğrenci sayısını 2,3 kat, önlisans ve lisans öğrenci sayısı ile özgelirini 1,2 kat artırması durumunda etkin olacaktır.

Muğla Üniversitesi; proje sayısında 22., proje bütçesinde 20., lisansüstü öğrenci sayısında 18. sıradadır. Proje sayısını 5, proje bütçesini 3, lisansüstü öğrenci sayısını 1,2 kat artırırorsa etkin olacaktır.

Mersin Üniversitesi; özgelirde 17., lisansüstü öğrenci sayısında 13., proje bütçesi ile önlisans ve lisans öğrenci sayısında 9. sıradadır. Önlisans ve lisans öğrenci sayısını 1,1 kat, lisansüstü öğrenci sayısını 1,5 kat, proje sayısını 1,8 kat, özgelirini de 1,5 kat artırırorsa etkin olacaktır.

Akdeniz Üniversitesi; önlisans ve lisans öğrenci sayısı ile özgelirde 14., lisansüstü öğrenci sayısında 12. sıradadır. Bu çıktıların 2 kat artırırorsa etkin olacaktır.

Kafkas Üniversitesi; uluslararası yayın sayısı hariç diğer tüm çıktılarında son dört içinde yer almaktadır. Bu sebeple tüm çıktıların 1,31 kat artırması gerekmektedir.

Yüzüncü Yıl Üniversitesi; özgelirde 18., önlisans ve lisans öğrenci sayısında 16., proje bütçesinde 14., proje sayısında 13. sıradadır. Önlisans ve lisans öğrenci sayısını 1,9 kat, özgelirini 2 kat, proje sayı ve bütçesini 3,5 kat artırması gerekmektedir.

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi; önlisans ve lisans öğrenci sayısında 21., ulusal yayında 14., özgelirde 13., proje sayısı ve ulusal yayında 12. sırada yer almaktadır. Önlisans ve lisans öğrenci sayısını 1,7 kat, öz gelir, ulusal ve uluslararası yayını 1,5 kat, proje sayısını 2 kat artırması gerekmektedir.

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi; uluslararası yayında 21., ulusal yayın ve lisansüstü öğrenci sayısında 19., proje sayısında 18. sıradadır. Lisansüstü öğrenci sayısını 1,1 kat, ulusal, uluslararası yayın ve proje sayısını 2 kat artırması gerekmektedir.

Niğde Üniversitesi; lisansüstü öğrenci, ulusal ve uluslararası yayın sayıları ve özgelir bakımından 20 ile 22. sıralar arasındadır. Ulusal ve uluslararası yayın sayısını 2,5 kat, lisansüstü öğrenci sayısı ile özgelirlerini 1,5 kat artırmalıdır.

Kırıkkale Üniversitesi; proje sayısı hariç tüm çıktılarda 20 ile 24. sıralar arasındadır. Bu yüzden proje sayısı hariç tüm çıktıların 1,71 kat arttırılmalıdır.

Abant İzzet Baysal Üniversitesi; uluslararası yayın sayısında 23., proje sayısında 20., proje bütçesinde 17., ulusal yayında 16. sıradadır. Proje ve uluslararası yayın sayısını 3,5 kat, ulusal yayın ve proje bütçesini 2 kat arttırılmalıdır.

Balıkesir Üniversitesi; ulusal yayın sayısında 23., proje bütçesinde 22., proje sayısında 19., uluslararası yayında 18. sıradadır. Tüm bu çıktıların 3,3 kat arttırılmalıdır.

Adnan Menderes Üniversitesi; uluslararası yayın sayısında 24., öz gelirden 20., önlisans ve lisans öğrenci sayısında 17. sıradadır. Önlisans, lisans ve lisansüstü öğrenci sayısı ile özgelirini 1,9 kat, uluslararası yayın sayısını 4 kat arttırılmalıdır.

Trakya Üniversitesi; girdileri en fazla olan üniversitelerden olmasına rağmen ulusal yayında 20., diğer çıktılarda ise 8 ile 11. sıralar arasında yer almaktadır. Önlisans, lisans ve lisansüstü öğrenci, uluslararası yayın sayısı ile özgelirini 1,7 kat, proje sayısı ve bütçesini 2 kat, ulusal yayın sayısını 3 kat arttırılmalıdır.

Gaziantep Üniversitesi de Trakya Üniversitesi'ne benzer şekilde girdileri en fazla olan üniversitelerden olmasına rağmen önlisans ve lisans öğrenci sayısında 22., lisansüstü öğrenci ve proje sayısında 23., ulusal yayın sayısında 17. sıradadır. Önlisans ve lisans öğrenci sayısını ve özgelirini 1,8 kat, lisansüstü öğrenci sayısını 3 kat, proje sayısını 6 kat, ulusal ve uluslararası yayın sayısını 2 kat arttırılmalıdır.

KVB'lerin etkinliklerini arttırmaları için çok fazla alternatif geliştirilebilir. Bu KVB'nin kendi kurumuna belirlediği misyon ve vizyonla ilgilidir. Eğer eğitim-öğretime ağırlık veren bir üniversite olmak istiyorsa öğrenci sayısını, araştırma-geliştirmeye ağırlık vermek istiyorsa yayın ve proje sayısını arttıracak stratejiler geliştirmeli kaynaklarını buna göre ayırmalıdır. Çalışmanın en önemli sonuçlardan birisi de KVB'lerin zayıf yönlerinin belirlenmiş olmasıdır.

7.3.VERİLERİN GÜVENİLİRLİĞİ ÜZERİNE DEĞERLENDİRME

Çalışmada veri kaynağı olarak üniversite idare faaliyet raporları, Maliye Bakanlığı bütçe yönetim enformasyon sistemi ve ÖSYM Yükseköğrenim İstatistikleri kitabı kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan girdi ve çıktılardan; personel giderleri, mal hizmet alım giderleri ve özgelirlerle ilgili veriler tek bir merkezden alındığı ve verilerle ilgili standartlar her KVB için aynı olduğu için güvenilirlerdir.

Üniversiteler tarafından yayınlanan idare faaliyet raporlarının “iç kontrol güvence beyanı” bölümünde verilerin doğruluğu konusunda rektörlerin imzaları vardır. Fakat ülkemizde yönetim bilgi sistemi kurumlarımızda tam olarak yerleşmemiştir. Örneğin çalışmada kullanılan yayın sayıları ile ilgili olarak; her öğretim üyesinin yayını verinin alındığı sisteme girip girmediği yani verilerin merkezileşerek doğru toplanıp toplanmadığı net değildir. Bu sebeple sağlıklı etkinlik analizi yapılabilmesi için öncelikle doğru verilerin toplanacağı yönetim bilgi sistemlerinin kurulması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- ARSLAN, S., **Temel ve Genel Matematik**, Nobel Yayınları, Yayın No: 322, 2. Baskı, Ankara, 2003.
- BATUHAN, H. ve T. GRUNBERG, **Modern Mantık**, ODTÜ Fen Edebiyat Fakültesi, Yayın No: 17, Ankara, 1977.
- BAYKAL, N. ve T. BEYAN, **Bulanık Mantık İlke ve Temelleri**, Bıçaklar Kitabevi, Yayın No: 9, Ankara, 2004.
- DIAMONDS P. ve P. KLOEDEN, **Metric Spaces of Fuzzy Sets Theory and Applications**, World Scientific, Singapore, 1994.
- ELMAS, Ç., **Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık)**, Seçkin Yayınları, Ankara, 2003.
- KARTAL, M. - Z. KARTAL ve Y. KARAÖZ, **Temel Matematik**, Nobel Yayınları, Yayın No: 567, Ankara, 2003.
- MENDEL, J.M., **Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems**, Prentice Hall PTR, USA, 2000.
- ÖSYM, **Öğrenci Seçme Yerleştirme Merkezi 2005-2006 Öğretim Yılı Yükseköğretim İstatistikleri**, ÖSYM Yayınları, Ankara, 2006.
- ÖSYM, **Öğrenci Seçme Yerleştirme Merkezi 2006-2007 Öğretim Yılı Yükseköğretim İstatistikleri**, ÖSYM Yayınları, Ankara, 2007.
- ÖZKAN, M.M., **Bulanık Hedef Programlama**, Ekin Kitabevi, Bursa, 2003.
- ÖZTÜRK, A., **Yöneylem Araştırması**, Ekin Kitabevi Yayınları, 8. Baskı, Bursa, 2002.
- ÜNSAL, F. - B. RÜZGAR ve N. RÜZGAR, **İşletme ve Ekonomi İçin Bilgisayar Uygulamalı Sayısal Yöntemler**, Türkmen Kitapevi, İstanbul, 2000.
- YOLALAN, R., **İşletmelerde Göreli Etkinlik Ölçümü**, MPM Yayınları, Yayın No: 483, Ankara, 1993.

Makaleler

- ABDEL KADER, M.G. ve D. DUGDALE, "Evaluating Investment in Advanced Manufacturing Technology: A Fuzzy Set Theory Approach", **British Accounting Review**, Volume: 33, s.455-489, 2001.
- ABBOTT, M. ve C. DOUCOULIAGOS, "The Efficiency of Australian Universities: a Data Envelopment Analysis", **Economics of Education Review**, Volume: 22, s.89-97, 2003.
- AKTA, H., "İşletme Performansının Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı", **Celal Bayar Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 7, Sayı: 1, s.163-175, 2001.

- ALLEN, R. ve E. THANASSOULIS, "Improving Envelopment in Data Envelopment Analysis", **European Journal of Operational Research**, Volume: 154, s.363-379, 2004.
- AMİRİ, N.M. ve S.H. NASSERİ, "Duality in Fuzzy Number Linear Programming By Use of A Certain Linear Ranking Function", **Applied Mathematics and Computation**, Volume: 180, s.206-216, 2006.
- ANDERSEN, P. ve N.C. PETERSEN, "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis", **Management Science**, Volume: 39, 1261-1264, 1993.
- AVKIRAN, N., "Investigating Technical and Scale Efficiencies of Australian Universities Through Data Envelopment Analysis", **Socio-Economic Planning Sciences**, Volume:35, s.57-80, 2001.
- BANKER, R.D. - W.W. COOPER - L.M. SEIFORD - R.M. THRALL ve J. ZHU, "Returns to Scale in Different DEA Models", **European Journal of Operational Research**, Volume: 154, s.345-362, 2004.
- BASKAN, G.A., "Türkiye’de Yükseköğretimin Gelişimi", **Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi**, Cilt: 21, Sayı 1, s.21-32.
- BAYSAL, M.E. ve B. TOKLU., "Veri Zarflama Analizi ile Bazı Orta Öğretim Kurumlarının Performanslarının Değerlendirilmesi", **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 6, Sayı: 2, s.203-220, 2001.
- BAYSAL, M.E. - M. UYGUR ve B. TOKLU, "Veri Zarflama Analizi ile TCDD Limanlarında Bir Etkinlik Ölçümü Çalışması", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt: 19, No: 4, s.437-442, 2004.
- CHARNES, A. - W.W. COOPER ve E. RHODES, "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", **European Journal of Operational Research**, Volume: 2, s.429-444, 1978.
- CHEN, C.B. ve C.M. KLEIN, "A Simple Approach to Ranking a Group of Aggregated Fuzzy Utilities", **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part B**, Volume: 27, s.26-35.
- CHEN, Y. ve A.I. ALI, "Continuous Optimization Output–Input Ratio Analysis and DEA Frontier", **European Journal of Operational Research**, Volume: 142, s.476–479, 2002.
- COOK W.D. – M. KRESS ve L. M. SEIFORD, "Data Envelopment Analysis in the Presence of Both Quantitative and Qualitative Factors", **The Journal of the Operational Research Society**, Volume: 47, s.945-953, 1996.
- COOPER W.W.– K.S. PARK ve G. YU, "IDEA and AR-IDEA: Models for Dealing with Imprecise Data in DEA", **Management Science**, Volume: 45, s.597-607, 1999.
- DELİKDAŞ, E., "Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi", **ODTÜ Geliştirme Dergisi**, Cilt: 29, Sayı: 3-4, s.247-284, 2002.

- DESPOTIS D.K. ve Y.G. SMIRLIS, “Continuous Optimization Data Envelopment Analysis with Imprecise Data”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 140, s.24-36, 2002.
- ERDEM A.R., “Üniversitenin Varoluş Nedeni (Üniversitenin Misyonu)”, **Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, Sayı: 17, s.104-116, 2005.
- ERTAY, T. ve D. RUAN, “Decision Aiding Data Envelopment Analysis Based Decision Model for Optimal Operator Allocation in CMS”, **European Journal of Operational Research**, Volume:164, s.800-810, 2005.
- FANDEL, G., “O.R. Applications On The Performance of Universities in North Rhine-Westphalia Germany: Government’s Redistribuition of Funds Judged Using DEA Efficiency Measures”, **European Journal of Operational Research**, Volume:176, s.521-533, 2007.
- FARRELL, M.J., “The Measurement of Productive Efficiency”, **Journal of the Royal Statistical Society**, Volume: 120, s.253-290, 1957.
- FLEGG, A.T., – D.O. ALLEN – K. FIELD – T.W. THURLOW, “Measuring The Efficiency of British Universities: A Multi Period Data Envelopment Analysis”, **Education Economics**, Volume:12, s.231-239, 2004.
- GOLANY, B. ve G. YU, “Theory and Methodology Estimating Returns to Scale in DEA”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 103, s.28-37, 1997.
- GUO P. – H. TANAKA, “Fuzzy DEA: A Perceptual Evaluation Method”, **Fuzzy Sets and Systems**, Volume: 119, s.149-160, 2001.
- GÜRAN, M.C. ve S. CİNGİ, “Devletin Ekonomik Müdahalelerinin Etkinliği”, **Akdeniz Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı: 3, s.56-89, 2002.
- İNAN, E.A., “Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon Sürecinde Bankacılıkta Etkinlik”, **Bankacılık Dergisi**, Sayı: 34, s.82-96, 2000.
- JENKINS, L ve M. ANDERSON, “Stochastics and Statistics a Multivariate Statistical Approach to Reducing the Number of Variables in Data Envelopment Analysis” **European Journal of Operational Research**, Volume: 147, 2003, s.51-61.
- KAO C. ve S.T. LIU, “Fuzzy Efficiency Measures in Data Envelopment Analysis”, **Fuzzy Sets and Systems**, Volume: 113, s.427-437, 2000.
- _____, “Data Envelopment Analysis with Missing Data: An Application to University Libraries in Taiwan”, **The Journal of The Operational Research Society**, Volume: 51, s.897-905, 2000.
- KUTLAR, A. - A. GÜÇLÜ ve Y. KARAGÖZ, “Cumhuriyet Üniversitesi Fakültelerinin Performans Değerlendirmesi”, **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Dergisi**, Cilt: 5, Sayı:2, s.137-157, 2004.

- LEON T. – V. LIERN – J.L. RUIZ – I. SIRVENT, “A Fuzzy Mathematical Programming Approach to the Assessment of Efficiency with DEA Models”, **Fuzzy Sets and Systems**, Volume: 139, s.407-419, 2003.
- LERTWORASIRIKUL S. – S.C. FANG – J.A. JOINES ve H.L.W. NUTTLE, “Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA): A Possibility Approach”, **Fuzzy Sets and Systems**, Volume: 139, s.390-392, 2003.
-
- _____, “Fuzzy BCC Model for Data Envelopment Analysis”, **Fuzzy Optimization and Decision Making**, Volume: 2, s.346, 2003.
- PAKSOY, T. ve M. ATAK, “Etkileşimli Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama ile Bütünleşik Üretim Planlama”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Cilt: 15, No: 2, s.457-466, 2002.
- PARADI, J.C. ve C. SCHAFFNIT, “Commercial Branch Performance Evaluation and Results Communication in a Canadian Bank – a DEA Application”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 156, s.719-735, 2004.
- RUGGERIO, J, “Theory and Methodology Measuring Technical Efficiency”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 121, s.138-150, 2000.
- SAATI S. ve A. MEMARIANI, “Reducing Weight Flexibility in Fuzzy DEA”, **Applied Mathematics and Computation**, Volume: 161, s.811-822, 2005.
-
- _____, ve G.R. JAHANSHALOO, “Efficiency Analysis and Ranking of DMU’s with Fuzzy Data”, **Fuzzy Optimization and Decision Making**, Volume: 1, s.255-267, 2002.
- SATHYE, M., “Efficiency of Banks in a Developing Economy: The Case of India”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 148, s.662-671, 2003.
- SEZEN, B. ve E. DOĞAN, “Askeri Bir Tersaneye Bağlı Atölyelerin Karşılaştırmalı Verimlilik Değerlendirmesi: Bir Veri Zarflama Yöntemi Uygulaması”, **Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi**, Cilt: 2, Sayı: 2, s.77-87, 2005.
- STEFANINI, L. – L. SORINI ve M.L. GUERRA, “Parametric Representation of Fuzzy Numbers and Application to Fuzzy Calculus”, **Fuzzy Sets and Systems**, Volume: 157, s.2423-2455, 2006.
- TETİK, S., “İşletme Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi”, **Yönetim ve Ekonomi**, Cilt: 10, Sayı: 2, s.221-229, 2003.
- TİMOR, M., “Hastane Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi”, **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, Cilt: 30, Sayı: 1, s. 69-79, 2001.
- TÜRKBEY, O., “Çok Amaçlı Makine Sıralama Problemi İçin Bir Bulanık Güçlü Metot”, **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, Cilt: 5, Sayı: 3, s.81-98, 2003.

- ULUCAN, A., “İSO 500 Şirketlerinin Etkinliklerinin Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı: Farklı Girdi Bileşenleri ve Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımları ile Değerlendirmeler”, **Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 57, Sayı: 2, s.185-201, 2002.
- ULUCAN, A. ve A.A. KARACABEY, “İMKB Hisse Senedi Piyasasının Teknik Etkinliğinin AB Aday ve Üye Ülkelerle Karşılaştırmalı Analizi”, **Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi**, Cilt:2, Sayı:3, s.101-111, 2002
- WU, H.C., “Using Fuzzy Sets Theory and Black-Scholes Formula to Generate Pricing Boundaries of European Options”, **Applied Mathematics and Computation**, Volume: 185, s.136-146, 2007.
- YEŞİLYURT, C. ve M.A. ALAN, “Fen Liselerinin 2002 Yılı Göreceli Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi ile Ölçülmesi”, **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 4, Sayı: 2, s.91-104, 2003.
- YILMAZ, C. - T. ÖZDİL ve G. AKDOĞAN, “Seçilmiş İşletmelerin Toplam Etkinliklerinin Veri Zarflama Yöntemi ile Ölçülmesi”, **Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi Yayınları: 20, Süreli Yayın Dizisi: 6, Sayı: 4, Kırgızistan, s.174-183, 2002.
- YUN, Y.B. - H. NAKAYAMA ve T. TANINO, “Continuous Optimization a Generalized Model for Data Envelopment Analysis”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 157, s. 87–105, 2004.
- ZADEH, L.A., “Fuzzy Sets”, **Information and Control**, Volume 8, s.338-353, 1965.
- ZHANG, C – Z.H. YUAN ve E.S. LEE, “Duality Theory in Fuzzy Mathematical Programming Problems with Fuzzy Coefficients”, **An International Journal Computers & Mathematics with Applications**, Volume: 49, s.1709-1730, 2005.

Diğer

İnternet Kaynakları

- BAYAZITLI, E. ve O. ÇELİK, **Muhasebe Eğitiminin Kalitesinin Artırılmasında İlk Adım: Yükseköğretim Kurumlarında Muhasebe Eğitiminin Etkinliğinin Analizi**, İstanbul Üniversitesi, Sürekli Yayınları, İstanbul, 2004, <http://www.isletme.istanbul.edu.tr/surekli_yayinlar/tmes2004/bildiri4.doc>, (15.01.2006)
- BOZDAĞ, N. - Ş. ALTAN ve M. ATAN, **Toplam Etkinlik Ölçümü: Türkiye’deki Özel ve Kamu Bankaları İçin Bir Uygulama**, Ekonometri Seçme Yazıları, Ankara, s.31-43, 2001, <<http://www.muratan.info/academic/boks/01.pdf>>, (10.09.2006).
- BÜLBÜL, S. ve İ. AKHİSAR, **Türk Sigorta Şirketlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Araştırılması**, t.y., <<http://www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o3s2.pdf>>, (07.07.2006).

- CİNGİ, S. ve A. TARIM, **Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü DEA Malmquist TFP Endeksi Uygulaması**, Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliği Serisi, Sayı: 1, 2000, <<http://www.tbb.org.tr/turkce/arastirmalar/TBB.doc>>, (10.02.2006).
- ESENBEL, M. - M.O. ERKİN ve F.K. ERDOĞAN, **Veri Zarflama Analizi ile Dokuma, Giyim Eşyası ve Deri Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Etkinliğinin Karşılaştırılması**, <<http://analiz.ibsyazilim.com/egitim/gazi001.html>>, (14.10.2006).
- EXLER, N., **FID User's Guide**, <<http://exler.at.main/fuzzy/downloads/fidintro.pdf>> Vienna, 1994, (08.02.2007).
- Maliye Bakanlığı Bütçe ve Mali Kontrol Genel Müdürlüğü, **2008-2010 Dönemi Bütçe Hazırlama Rehberi**, <[http://www.bumko.gov.tr/TR//Tempdosyalar/tumu\(2008_2010\).pdf](http://www.bumko.gov.tr/TR//Tempdosyalar/tumu(2008_2010).pdf)>, (15.02.2008).
- Maliye Bakanlığı, **Bütçe Yönetim Enformasyon Sistemi**, <<https://ebutce.bumko.gov.tr/ebutce2.htm>>, (08.02.2008).
- TÜBİTAK, <http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/ARDEB/UniversiteTablo.pdf>, (10.02.2008)ç
- Yükseköğretim Kanunu, <<http://www.yok.gov.tr/yasalkanun/kanun2.html>>, (18.02.2008).

Tezler

- ATİN, M.H., **Bulanık Lineer Programlama**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999.
- AYDEMİR, Z.C., **Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması**, DPT Uzmanlık Tezleri, Yayın No:2664, Ankara, 2002.
- ÇAĞLAR, A., **Veri Zarflama Analizi İle Belediyelerin Etkinlik Ölçümü**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2003.
- KÖKSAL, C.D., **Veri Zarflama Analizi ile Bankacılıkta Göreceli Verimlilik Ölçümü**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2001.
- YILMAZ, Ö.F., **Bulanık Doğrusal Programlama ile Asgari Ücretin Belirlenmesi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1998.

Raporlar

- Abant İzzet Baysal Üniversitesi, **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, Bolu, Nisan 2007.
- Adnan Menderes Üniversitesi, **Faaliyet Raporu 2006**, Aydın, Nisan 2007.
- Afyon Kocatepe Üniversitesi, **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, Afyon, Mart 2007.
- Akdeniz Üniversitesi, **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, Antalya, Nisan 2007.

- Balıkesir Üniversitesi, **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, Balıkesir, Nisan 2007.
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, Çanakkale, Mart 2007.
- Dumlupınar Üniversitesi, **2006 Yılı İdare Faaliyet Raporu**, Kütahya, Nisan 2007.
- Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, **2006 Mali Yılı Faaliyet Raporu**, Eskişehir, Nisan 2007.
- Gaziantep Üniversitesi, **2006 Mali Yılı Faaliyet Raporu**, Gaziantep, Nisan 2007.
- Gaziosmanpaşa Üniversitesi, **2006 Yılı İdare Faaliyet Raporu**, Tokat, Mart 2007.
- Kafkas Üniversitesi, **2006 Yılı Ayrıntılı Faaliyet Raporu**, Kars, Nisan 2007.
- Kırıkkale Üniversitesi, **2006 Faaliyet Raporu**, Kırıkkale, Nisan 2007.
- Kocaeli Üniversitesi, **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, Kocaeli, Nisan 2007.
- KORHONEN, P., **Searching the Efficient Frontier in Data Envelopment Analysis, Interim Report**, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 1997.
- MATTHEWS, K. ve M. ISMAIL, **Efficiency and Productivity Growth of Domestic and Foreign Commercial Banks in Malaysia**, Cardiff Economics Working Papers, Cardiff, U.K., 2006.
- Mersin Üniversitesi, **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, Mersin, Nisan 2007.
- Muğla Üniversitesi, **2006 Yılı İdare Faaliyet Raporu**, Muğla, Nisan 2007.
- Mustafa Kemal Üniversitesi, , **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, Antakya, Nisan 2007.
- Niğde Üniversitesi, **2006 Yılı İdare Faaliyet Raporu**, Niğde, Nisan 2007.
- Pamukkale Üniversitesi, **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, Denizli, Nisan 2007.
- Sakarya Üniversitesi, **2006 Yılı İdare Faaliyet Raporu**, Sakarya, Nisan 2007.
- Süleyman Demirel Üniversitesi, **2006 Yılı İdare Faaliyet Raporu**, Isparta, Nisan 2007.
- ŞENSES, F., **Uluslararası Gelişmeler Işığında Türkiye Yükseköğretim Sistemi: Temel Eğilimler, Sorunlar Çelişkiler ve Öneriler**, Economic Research Center Working Papers in Economics 07/05, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2007.
- TAVARES, G., **A Bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-2001)**, Rutger Research Report, Rutgers University, 2002.
- Trakya Üniversitesi, **Faaliyet Raporu 2006**, Edirne, Nisan 2007.
- Yıldız Teknik Üniversitesi, **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, İstanbul, Mayıs 2007.
- Yükseköğretim Kurulu, **Türkiye'nin Yükseköğretim Stratejisi**, Yayın No:2007-1, YÖK, 2007.
- Yüzüncü Yıl Üniversitesi, **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, Van, Nisan 2007.
- Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, **2006 Yılı Faaliyet Raporu**, Zonguldak, Nisan 2007.

Bildiriler

Ertan ERÜZ, “Yeni Mali Yönetim Yapısında Performans Esaslı Bütçeleme”, **20. Türkiye Maliye Sempozyumu’nda Sunulan Bildiri**, 23-27 Mayıs, Denizli, s.61-73, 2005.

GÜRGEN, E. ve J.R. NORSWORTHY, “Efficiency and Stock Market Performance in Electric Power Generating Companies”, **International Engineering Management Conference’da Sunulan Bildiri**, New York, s.412-420, 2001.

KUO, J.S. – C.S. KUO, - Y.C. HO, “Relative Efficiency of Public and Private Institutions of Learning in Taiwan: Accounting for Organizational Characteristics Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis”, **2005 Meetings of the Public Choice Society’de Sunulan Bildiri**, 2 Mayıs 2005.

KILIÇKAPLAN, S. - M. ATAN ve F. HAYIRSEVER, “Avrupa Birliği’nin Genişleme Sürecinde Türkiye Sigortacılık Sektöründe Hayat Dışı Alanda Faaliyet Gösteren Şirketlerin Verimliliklerinin Değerlendirilmesi”, **Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü & Bankacılık ve Sigortacılık Yüksekokulu Geleneksel Finans Sempozyumu’nda Sunulan Bildiri**, 27-28 Mayıs, İstanbul, s.105-113, 2004.

YALÇINER, K. - M. ATAN - M. KAYACAN ve D. BOZTOSUN, “İMKB 30 Endeksinde Etkinlik Analizi (Veri Zarflama Analizi-VZA) ile Hisse Senedi Seçimi”, **1. Uluslararası Manas Üniversitesi Ekonomi Konferansı’nda Sunulan Bildiri**, 23-24 Eylül, Bişkek, Kazakistan, s.526-536, 2004.

Seminerler

AYDAGÜN, A., “Veri Zarflama Analizi”, **HUTEN Yıl Sonu Seminer Çalışması**, Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul, 2003.

Ders Notları

ŞEN, Z., **Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri**, Ders Notları, 2001.

EKLER

Ek 1. SDÜ İçin Etkinlik Değerinin Alt Sınırı Modeli (CCR)

$$(E_{20})_{\alpha}^L = \max \left[\begin{array}{l} (36.772 + 371\alpha)u_1 + (1.382 + 14\alpha)u_2 + 521u_3 + \\ 5.454.947u_4 + 956u_5 + 720u_6 + 18.586.826u_7 \end{array} \right]$$

Kısıtlar,

$$\begin{aligned} & [(642 - 13\alpha)v_1 + (407 - 8\alpha)v_2 + (603 - 12\alpha)v_3 + 65.346.321v_4 + 15.904.597v_5 + 337.881v_6] = 1 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(36.772 + 371\alpha)u_1 + (1.382 + 14\alpha)u_2 + 521u_3 + 5.454.947u_4 + 956u_5 + 720u_6 + 18.586.826u_7] - \\ [(642 - 13\alpha)v_1 + (407 - 8\alpha)v_2 + (603 - 12\alpha)v_3 + 65.346.321v_4 + 15.904.597v_5 + 337.881v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(19.116 - 189\alpha)u_1 + (992 - 10\alpha)u_2 + 62u_3 + 1.957.122u_4 + 210u_5 + 451u_6 + 15.852.845u_7] - \\ [(323 + 7\alpha)v_1 + (219 + 4\alpha)v_2 + (382 + 8\alpha)v_3 + 37.692.567v_4 + 11.528.709v_5 + 221.673v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(13.861 - 137\alpha)u_1 + (710 - 7\alpha)u_2 + 173u_3 + 2.294.042u_4 + 179u_5 + (564 - 27\alpha)u_6 + 6.520.058u_7] - \\ [(393 + 8\alpha)v_1 + (185 + 4\alpha)v_2 + (366 + 7\alpha)v_3 + 35.111.331v_4 + 8.739.258v_5 + 261.430v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(25.834 - 256\alpha)u_1 + (1.375 - 14\alpha)u_2 + 320u_3 + 2.618.157u_4 + 421u_5 + 687u_6 + 13.447.266u_7] - \\ [(379 + 8\alpha)v_1 + (263 + 5\alpha)v_2 + (351 + 7\alpha)v_3 + 37.973.962v_4 + 10.242.805v_5 + 189.545v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(18.699 - 185\alpha)u_1 + (1.091 - 11\alpha)u_2 + 500u_3 + 7.846.496u_4 + 933u_5 + 1183u_6 + 8.424.313u_7] - \\ [(542 + 11\alpha)v_1 + (362 + 7\alpha)v_2 + (636 + 13\alpha)v_3 + 59.102.368v_4 + 13.689.152v_5 + 378.533v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(24.085 - 238\alpha)u_1 + (817 - 8\alpha)u_2 + 73u_3 + 1.384.924u_4 + 240u_5 + 131u_6 + 11.993.321u_7] - \\ [(267 + 5\alpha)v_1 + (211 + 4\alpha)v_2 + (168 + 3\alpha)v_3 + 25.355.533v_4 + 6.745.044v_5 + (262.710 + 5.361\alpha)v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(18.686 - 185\alpha)u_1 + (1.232 - 12\alpha)u_2 + 250u_3 + 3.683.185u_4 + 240u_5 + 352u_6 + 9.800.534u_7] - \\ [(254 + 5\alpha)v_1 + (222 + 4\alpha)v_2 + (148 + 3\alpha)v_3 + 29.571.393v_4 + 10.169.073v_5 + 158.460v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(26.439 - 262\alpha)u_1 + (1.594 - 16\alpha)u_2 + 29u_3 + 885.717u_4 + 309u_5 + 462u_6 + 15.086.195u_7] - \\ [(233 + 5\alpha)v_1 + (255 + 5\alpha)v_2 + (250 + 5\alpha)v_3 + 27.464.761v_4 + 8.151.354v_5 + 204.964v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(12.984 - 129\alpha)u_1 + (1.624 - 16\alpha)u_2 + 157u_3 + 4.162.114u_4 + 433u_5 + 504u_6 + 10.712.116u_7] - \\ [(469 + 10\alpha)v_1 + (89 + 2\alpha)v_2 + (438 + 9\alpha)v_3 + 48.688.340v_4 + 11.886.548v_5 + 288.382v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(12.972 - 128\alpha)u_1 + (407 - 4\alpha)u_2 + 30u_3 + 11.618.403u_4 + 422u_5 + 405u_6 + 8.021.036u_7] - \\ [(298 + 6\alpha)v_1 + (280 + 6\alpha)v_2 + (370 + 7\alpha)v_3 + 38.223.499v_4 + 11.402.750v_5 + 241.000v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(11.177 - 111\alpha)u_1 + (720 - 7\alpha)u_2 + 101u_3 + 2.505.142u_4 + 416u_5 + 556u_6 + 5.065.390u_7] - \\ [(252 + 5\alpha)v_1 + (215 + 4\alpha)v_2 + (188 + 4\alpha)v_3 + 27.482.977v_4 + 8.602.397v_5 + 139.284v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(11.726 - 116\alpha)u_1 + (532 - 5\alpha)u_2 + 56u_3 + 1.120.465u_4 + 277u_5 + 265u_6 + 4.439.888u_7] - \\ [(153 + 3\alpha)v_1 + (138 + 3\alpha)v_2 + (180 + 4\alpha)v_3 + 20.832.011v_4 + 5.685.270v_5 + 111.975v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(13.575 - 134\alpha)u_1 + (516 - 5\alpha)u_2 + 135u_3 + 1.474.159u_4 + 226u_5 + 91u_6 + 6.650.834u_7] - \\ [(289 + 6\alpha)v_1 + (122 + 2\alpha)v_2 + (353 + 7\alpha)v_3 + 28.289.343v_4 + 7.188.010v_5 + 109.637v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(47.139 - 467\alpha)u_1 + (2.245 - 22\alpha)u_2 + 209u_3 + 4.673.548u_4 + 706u_5 + 674u_6 + 23.275.871u_7] - \\ [(507 + 10\alpha)v_1 + (378 + 8\alpha)v_2 + (472 + 10\alpha)v_3 + 62.577.055v_4 + 19.991.347v_5 + 387.606v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \\ & \left\{ \begin{array}{l} [(20.811 - 206\alpha)u_1 + (923 - 9\alpha)u_2 + 268u_3 + 3.544.788u_4 + 708u_5 + 861u_6 + 7.577.640u_7] - \\ [(430 + 9\alpha)v_1 + (290 + 6\alpha)v_2 + (414 + 8\alpha)v_3 + 42.724.763v_4 + 11.720.792v_5 + 273.548v_6] \end{array} \right\} \leq 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left\{ \begin{aligned} & [(19.440 - 192\alpha)u_1 + (705 - 7\alpha)u_2 + 43u_3 + 1.581.074u_4 + 439u_5 + 657u_6 + 12.894.519u_7] - \\ & [(239 + 5\alpha)v_1 + (256 + 5\alpha)v_2 + (160 + 3\alpha)v_3 + 28.102.963v_4 + 10.655.014v_5 + 190.190v_6] \end{aligned} \right\} \leq 0 \\
& \left\{ \begin{aligned} & [(13.789 - 137\alpha)u_1 + (357 - 4\alpha)u_2 + 104u_3 + 2.578.204u_4 + 484u_5 + 602u_6 + 6.042.266u_7] - \\ & [(283 + 6\alpha)v_1 + (145 + 3\alpha)v_2 + (214 + 4\alpha)v_3 + 24.055.154v_4 + 6.338.171v_5 + (151.444 + 3.090\alpha)v_6] \end{aligned} \right\} \leq 0 \\
& \left\{ \begin{aligned} & [(13.582 - 134\alpha)u_1 + (475 - 5\alpha)u_2 + 112u_3 + 1.795.076u_4 + 234u_5 + 189u_6 + 6.095.162u_7] - \\ & [(202 + 4\alpha)v_1 + (238 + 5\alpha)v_2 + (190 + 4\alpha)v_3 + 20.594.098v_4 + 5.125.403v_5 + (117.186 + 2.391\alpha)v_6] \end{aligned} \right\} \leq 0 \\
& \left\{ \begin{aligned} & [(21.363 - 212\alpha)u_1 + (808 - 8\alpha)u_2 + 254u_3 + 5.183.046u_4 + 636u_5 + 731u_6 + 12.509.126u_7] - \\ & [(427 + 9\alpha)v_1 + (250 + 5\alpha)v_2 + (542 + 11\alpha)v_3 + 46.515.756v_4 + 9.300.658v_5 + 180.415v_6] \end{aligned} \right\} \leq 0 \\
& \left\{ \begin{aligned} & [(33.635 - 333\alpha)u_1 + (3.148 - 31\alpha)u_2 + 127u_3 + 1.681.156u_4 + 491u_5 + 519u_6 + 22.191.614u_7] - \\ & [(461 + 9\alpha)v_1 + (275 + 6\alpha)v_2 + (274 + 6\alpha)v_3 + 40.081.591v_4 + 13.759.176v_5 + 287.920v_6] \end{aligned} \right\} \leq 0 \\
& \left\{ \begin{aligned} & [(28.035 - 278\alpha)u_1 + (1.341 - 13\alpha)u_2 + 195u_3 + 2.705.355u_4 + 511u_5 + 295u_6 + 11.522.694u_7] - \\ & [(471 + 10\alpha)v_1 + (339 + 7\alpha)v_2 + (505 + 10\alpha)v_3 + 56.466.493v_4 + 14.312.188v_5 + 407.700v_6] \end{aligned} \right\} \leq 0 \\
& \left\{ \begin{aligned} & [(18.750 - 186\alpha)u_1 + (2.944 - 29\alpha)u_2 + 167u_3 + 5.130.175u_4 + 827u_5 + 521u_6 + 14.867.753u_7] - \\ & [(494 + 10\alpha)v_1 + (279 + 6\alpha)v_2 + (550 + 11\alpha)v_3 + 47.400.074v_4 + 13.632.045v_5 + 185.490v_6] \end{aligned} \right\} \leq 0 \\
& \left\{ \begin{aligned} & [(14.144 - 140\alpha)u_1 + (1.605 - 16\alpha)u_2 + 134u_3 + 2.493.674u_4 + 626u_5 + 717u_6 + 6.699.380u_7] - \\ & [(393 + 8\alpha)v_1 + (233 + 5\alpha)v_2 + (555 + 11\alpha)v_3 + 56.486.875v_4 + 15.397.543v_5 + 280.325v_6] \end{aligned} \right\} \leq 0 \\
& \left\{ \begin{aligned} & [(19.905 - 197\alpha)u_1 + (671 - 7\alpha)u_2 + 90u_3 + 2.293.086u_4 + 228u_5 + 332u_6 + 8.014.194u_7] - \\ & [(319 + 7\alpha)v_1 + (150 + 3\alpha)v_2 + (237 + 5\alpha)v_3 + 38.558.855v_4 + 11.221.244v_5 + 158.365v_6] \end{aligned} \right\} \leq 0 \\
& u_r, v_i \geq 10^{-13} \quad r=1,2,\dots,7 \quad i=1,2,\dots,6
\end{aligned}$$

Ek 2.Üniversiteler İçin Saati-Memariani Modeli

1.Aşama: Çıktı ve Girdilere Verilecek Ağırlıklar İçin Üst Sınırlar:

Her girdi ve çıktı için kısıtlar aynı olmak üzere, sadece amaç fonksiyonları değiştirilerek girdi ve çıktılarına verilecek ağırlıkların üst sınırlarının belirlenmesi için 13 adet model kurulur. 1. çıktı olan önlisans ve lisans öğrenci sayısı için model aşağıdaki gibidir.

$$\max u_1$$

Kısıtlar,

$$\begin{aligned} \bar{x}_{1,1} + \bar{x}_{2,1} + \bar{x}_{3,1} + \bar{x}_{4,1} + \bar{x}_{5,1} + \bar{x}_{6,1} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,2} + \bar{x}_{2,2} + \bar{x}_{3,2} + \bar{x}_{4,2} + \bar{x}_{5,2} + \bar{x}_{6,2} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,3} + \bar{x}_{2,3} + \bar{x}_{3,3} + \bar{x}_{4,3} + \bar{x}_{5,3} + \bar{x}_{6,3} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,4} + \bar{x}_{2,4} + \bar{x}_{3,4} + \bar{x}_{4,4} + \bar{x}_{5,4} + \bar{x}_{6,4} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,5} + \bar{x}_{2,5} + \bar{x}_{3,5} + \bar{x}_{4,5} + \bar{x}_{5,5} + \bar{x}_{6,5} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,6} + \bar{x}_{2,6} + \bar{x}_{3,6} + \bar{x}_{4,6} + \bar{x}_{5,6} + \bar{x}_{6,6} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,7} + \bar{x}_{2,7} + \bar{x}_{3,7} + \bar{x}_{4,7} + \bar{x}_{5,7} + \bar{x}_{6,7} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,8} + \bar{x}_{2,8} + \bar{x}_{3,8} + \bar{x}_{4,8} + \bar{x}_{5,8} + \bar{x}_{6,8} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,9} + \bar{x}_{2,9} + \bar{x}_{3,9} + \bar{x}_{4,9} + \bar{x}_{5,9} + \bar{x}_{6,9} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,10} + \bar{x}_{2,10} + \bar{x}_{3,10} + \bar{x}_{4,10} + \bar{x}_{5,10} + \bar{x}_{6,10} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,11} + \bar{x}_{2,11} + \bar{x}_{3,11} + \bar{x}_{4,11} + \bar{x}_{5,11} + \bar{x}_{6,11} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,12} + \bar{x}_{2,12} + \bar{x}_{3,12} + \bar{x}_{4,12} + \bar{x}_{5,12} + \bar{x}_{6,12} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,13} + \bar{x}_{2,13} + \bar{x}_{3,13} + \bar{x}_{4,13} + \bar{x}_{5,13} + \bar{x}_{6,13} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,14} + \bar{x}_{2,14} + \bar{x}_{3,14} + \bar{x}_{4,14} + \bar{x}_{5,14} + \bar{x}_{6,14} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,15} + \bar{x}_{2,15} + \bar{x}_{3,15} + \bar{x}_{4,15} + \bar{x}_{5,15} + \bar{x}_{6,15} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,16} + \bar{x}_{2,16} + \bar{x}_{3,16} + \bar{x}_{4,16} + \bar{x}_{5,16} + \bar{x}_{6,16} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,17} + \bar{x}_{2,17} + \bar{x}_{3,17} + \bar{x}_{4,17} + \bar{x}_{5,17} + \bar{x}_{6,17} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,18} + \bar{x}_{2,18} + \bar{x}_{3,18} + \bar{x}_{4,18} + \bar{x}_{5,18} + \bar{x}_{6,18} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,19} + \bar{x}_{2,19} + \bar{x}_{3,19} + \bar{x}_{4,19} + \bar{x}_{5,19} + \bar{x}_{6,19} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,20} + \bar{x}_{2,20} + \bar{x}_{3,20} + \bar{x}_{4,20} + \bar{x}_{5,20} + \bar{x}_{6,20} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,21} + \bar{x}_{2,21} + \bar{x}_{3,21} + \bar{x}_{4,21} + \bar{x}_{5,21} + \bar{x}_{6,21} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,22} + \bar{x}_{2,22} + \bar{x}_{3,22} + \bar{x}_{4,22} + \bar{x}_{5,22} + \bar{x}_{6,22} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,23} + \bar{x}_{2,23} + \bar{x}_{3,23} + \bar{x}_{4,23} + \bar{x}_{5,23} + \bar{x}_{6,23} &\leq 1 \\ \bar{x}_{1,24} + \bar{x}_{2,24} + \bar{x}_{3,24} + \bar{x}_{4,24} + \bar{x}_{5,24} + \bar{x}_{6,24} &\leq 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(430 + 9\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,14} \leq (448 - 9\alpha)v_1 \\
(239 + 5\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,15} \leq (249 - 5\alpha)v_1 \\
(283 + 6\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,16} \leq (295 - 6\alpha)v_1 \\
(202 + 4\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,17} \leq (210 - 4\alpha)v_1 \\
(427 + 9\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,18} \leq (445 - 9\alpha)v_1 \\
(461 + 9\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,19} \leq (479 - 9\alpha)v_1 \\
(616 + 13\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,20} \leq (642 - 13\alpha)v_1 \\
(471 + 10\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,21} \leq (491 - 10\alpha)v_1 \\
(494 + 10\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,22} \leq (514 - 10\alpha)v_1 \\
(393 + 8\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,23} \leq (409 - 8\alpha)v_1 \\
(319 + 7\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,24} \leq (333 - 7\alpha)v_1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(382 + 8\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,1} \leq (398 - 8\alpha)v_3 \\
(366 + 7\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,2} \leq (380 - 7\alpha)v_3 \\
(351 + 7\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,3} \leq (365 - 7\alpha)v_3 \\
(636 + 13\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,4} \leq (662 - 13\alpha)v_3 \\
(168 + 3\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,5} \leq (174 - 3\alpha)v_3 \\
(148 + 3\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,6} \leq (154 - 3\alpha)v_3 \\
(250 + 5\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,7} \leq (260 - 5\alpha)v_3 \\
(438 + 9\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,8} \leq (456 - 9\alpha)v_3 \\
(370 + 7\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,9} \leq (384 - 7\alpha)v_3 \\
(188 + 4\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,10} \leq (196 - 4\alpha)v_3 \\
(180 + 4\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,11} \leq (188 - 4\alpha)v_3 \\
(353 + 7\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,12} \leq (367 - 7\alpha)v_3 \\
(472 + 10\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,13} \leq (492 - 10\alpha)v_3 \\
(414 + 8\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,14} \leq (430 - 8\alpha)v_3 \\
(160 + 3\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,15} \leq (166 - 3\alpha)v_3 \\
(214 + 4\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,16} \leq (222 - 4\alpha)v_3 \\
(190 + 4\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,17} \leq (198 - 4\alpha)v_3 \\
(542 + 11\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,18} \leq (564 - 11\alpha)v_3 \\
(274 + 6\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,19} \leq (286 - 6\alpha)v_3 \\
(579 + 12\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,20} \leq (603 - 12\alpha)v_3 \\
(505 + 10\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,21} \leq (525 - 10\alpha)v_3 \\
(550 + 11\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,22} \leq (572 - 11\alpha)v_3 \\
(555 + 11\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,23} \leq (577 - 11\alpha)v_3 \\
(237 + 5\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,24} \leq (247 - 5\alpha)v_3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(290 + 6\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,14} \leq (302 - 6\alpha)v_2 \\
(256 + 5\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,15} \leq (266 - 5\alpha)v_2 \\
(145 + 3\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,16} \leq (151 - 3\alpha)v_2 \\
(238 + 5\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,17} \leq (248 - 5\alpha)v_2 \\
(250 + 5\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,18} \leq (260 - 5\alpha)v_2 \\
(275 + 6\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,19} \leq (287 - 6\alpha)v_2 \\
(391 + 8\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,20} \leq (407 - 8\alpha)v_2 \\
(339 + 7\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,21} \leq (353 - 7\alpha)v_2 \\
(279 + 6\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,22} \leq (291 - 6\alpha)v_2 \\
(233 + 5\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,23} \leq (243 - 5\alpha)v_2 \\
(150 + 3\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,24} \leq (156 - 3\alpha)v_2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bar{x}_{4,1} &= 37.692.567v_4 \\
\bar{x}_{4,2} &= 35.111.331v_4 \\
\bar{x}_{4,3} &= 37.973.962v_4 \\
\bar{x}_{4,4} &= 59.102.368v_4 \\
\bar{x}_{4,5} &= 25.355.533v_4 \\
\bar{x}_{4,6} &= 29.571.393v_4 \\
\bar{x}_{4,7} &= 27.464.761v_4 \\
\bar{x}_{4,8} &= 48.688.340v_4 \\
\bar{x}_{4,9} &= 38.223.499v_4 \\
\bar{x}_{4,10} &= 27.482.977v_4 \\
\bar{x}_{4,11} &= 20.832.011v_4 \\
\bar{x}_{4,12} &= 28.289.343v_4 \\
\bar{x}_{4,13} &= 62.577.055v_4 \\
\bar{x}_{4,14} &= 42.724.763v_4 \\
\bar{x}_{4,15} &= 28.102.963v_4 \\
\bar{x}_{4,16} &= 24.055.154v_4 \\
\bar{x}_{4,17} &= 20.594.098v_4 \\
\bar{x}_{4,18} &= 46.515.756v_4 \\
\bar{x}_{4,19} &= 40.081.591v_4 \\
\bar{x}_{4,20} &= 65.346.321v_4 \\
\bar{x}_{4,21} &= 56.466.493v_4 \\
\bar{x}_{4,22} &= 47.400.074v_4 \\
\bar{x}_{4,23} &= 56.486.875v_4 \\
\bar{x}_{4,24} &= 38.558.855v_4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bar{x}_{5,1} &= 11.528.709v_5 & \bar{x}_{5,2} &= 8.739.258v_5 & \bar{x}_{5,3} &= 10.242.805v_5 \\
\bar{x}_{5,4} &= 13.689.152v_5 & \bar{x}_{5,5} &= 6.745.044v_5 & \bar{x}_{5,6} &= 10.169.073v_5 \\
\bar{x}_{5,7} &= 8.151.354v_5 & \bar{x}_{5,8} &= 11.886.548v_5 & \bar{x}_{5,9} &= 11.402.750v_5 \\
\bar{x}_{5,10} &= 8.602.397v_5 & \bar{x}_{5,11} &= 5.685.270v_5 & \bar{x}_{5,12} &= 7.188.010v_5 \\
\bar{x}_{5,13} &= 19.991.347v_5 & \bar{x}_{5,14} &= 11.720.792v_5 & \bar{x}_{5,15} &= 10.655.014v_5 \\
\bar{x}_{5,16} &= 6.338.171v_5 & \bar{x}_{5,17} &= 5.125.403v_5 & \bar{x}_{5,18} &= 9.300.658v_5 \\
\bar{x}_{5,19} &= 13.759.176v_5 & \bar{x}_{5,20} &= 15.904.597v_5 & \bar{x}_{5,21} &= 14.312.188v_5 \\
\bar{x}_{5,22} &= 13.632.045v_5 & \bar{x}_{5,23} &= 15.397.543v_5 & \bar{x}_{5,24} &= 11.221.244v_5 \\
\\
\bar{x}_{6,1} &= 221.673v_6 & \bar{x}_{6,2} &= 261.430v_6 & \bar{x}_{6,3} &= 189.545v_6 \\
(262.710 + 5.361\alpha)v_6 &\leq \bar{x}_{6,5} \leq (273.432 - 5.361\alpha)v_6 & \bar{x}_{6,4} &= 378.533v_6 \\
\bar{x}_{6,6} &= 158.460v_6 & \bar{x}_{6,7} &= 204.964v_6 & \bar{x}_{6,8} &= 288.382v_6 \\
\bar{x}_{6,9} &= 241.000v_6 & \bar{x}_{6,10} &= 139.284v_6 & \bar{x}_{6,11} &= 111.975v_6 \\
\bar{x}_{6,12} &= 109.637v_6 & \bar{x}_{6,13} &= 387.606v_6 & \bar{x}_{6,14} &= 273.548v_6 \\
(151.444 + 3.090\alpha)v_6 &\leq \bar{x}_{6,16} \leq (157.624 - 3.090\alpha)v_6 & \bar{x}_{6,15} &= 190.190v_6 \\
(117.186 + 2.391\alpha)v_6 &\leq \bar{x}_{6,17} \leq (121.968 - 2.391\alpha)v_6 & \bar{x}_{6,18} &= 180.415v_6 \\
\bar{x}_{6,19} &= 287.920v_6 & \bar{x}_{6,20} &= 337.881v_6 & \bar{x}_{6,21} &= 407.700v_6 \\
\bar{x}_{6,22} &= 185.490v_6 & \bar{x}_{6,23} &= 280.325v_6 & \bar{x}_{6,24} &= 158.365v_6 \\
\\
(18.738 + 189\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,1} \leq (19.116 - 189\alpha)u_1 \\
(13.587 + 137\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,2} \leq (13.861 - 137\alpha)u_1 \\
(25.322 + 256\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,3} \leq (25.834 - 256\alpha)u_1 \\
(18.329 + 185\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,4} \leq (18.699 - 185\alpha)u_1 \\
(23.609 + 238\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,5} \leq (24.085 - 238\alpha)u_1 \\
(18.316 + 185\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,6} \leq (18.686 - 185\alpha)u_1 \\
(25.915 + 262\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,7} \leq (26.439 - 262\alpha)u_1 \\
(12.726 + 129\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,8} \leq (12.984 - 129\alpha)u_1 \\
(12.716 + 128\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,9} \leq (12.972 - 128\alpha)u_1 \\
(10.955 + 111\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,10} \leq (11.177 - 111\alpha)u_1 \\
(11.494 + 116\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,11} \leq (11.726 - 116\alpha)u_1 \\
(13.307 + 134\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,12} \leq (13.575 - 134\alpha)u_1 \\
(46.205 + 467\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,13} \leq (47.139 - 467\alpha)u_1 \\
(20.399 + 206\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,14} \leq (20.811 - 206\alpha)u_1 \\
(19.056 + 192\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,15} \leq (19.440 - 192\alpha)u_1 \\
(13.515 + 137\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,16} \leq (13.780 - 137\alpha)u_1 \\
(13.314 + 134\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,17} \leq (13.582 - 134\alpha)u_1 \\
(20.939 + 212\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,18} \leq (21.363 - 212\alpha)u_1
\end{aligned}$$

$$(32.969 + 333\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,19} \leq (33.635 - 333\alpha)u_1$$

$$(36.772 + 371\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,20} \leq (37.514 - 371\alpha)u_1$$

$$(27.479 + 278\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,21} \leq (28.035 - 278\alpha)u_1$$

$$(18.378 + 186\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,22} \leq (18.750 - 186\alpha)u_1$$

$$(13.864 + 140\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,23} \leq (14.144 - 140\alpha)u_1$$

$$(19.511 + 197\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,24} \leq (19.905 - 197\alpha)u_1$$

$$(972 + 10\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,1} \leq (992 - 10\alpha)u_2 \quad (696 + 7\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,2} \leq (710 - 7\alpha)u_2$$

$$(1.347 + 14\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,3} \leq (1.375 - 14\alpha)u_2 \quad (1.069 + 11\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,4} \leq (1.091 - 11\alpha)u_2$$

$$(801 + 8\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,5} \leq (817 - 8\alpha)u_2 \quad (1.208 + 12\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,6} \leq (1.232 - 12\alpha)u_2$$

$$(1.562 + 16\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,7} \leq (1.594 - 16\alpha)u_2 \quad (1.592 + 16\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,8} \leq (1.624 - 16\alpha)u_2$$

$$(399 + 4\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,9} \leq (407 - 4\alpha)u_2 \quad (706 + 7\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,10} \leq (720 - 7\alpha)u_2$$

$$(522 + 5\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,11} \leq (532 - 5\alpha)u_2 \quad (506 + 5\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,12} \leq (516 - 5\alpha)u_2$$

$$(2.201 + 22\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,13} \leq (2.245 - 22\alpha)u_2 \quad (905 + 9\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,14} \leq (923 - 9\alpha)u_2$$

$$(691 + 7\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,15} \leq (705 - 7\alpha)u_2 \quad (349 + 4\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,16} \leq (357 - 4\alpha)u_2$$

$$(465 + 5\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,17} \leq (475 - 5\alpha)u_2 \quad (792 + 8\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,18} \leq (808 - 8\alpha)u_2$$

$$(3.086 + 31\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,19} \leq (3.148 - 31\alpha)u_2 \quad (1.382 + 14\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,20} \leq (1.410 - 14\alpha)u_2$$

$$(1.315 + 13\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,21} \leq (1.341 - 13\alpha)u_2 \quad (2.886 + 29\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,22} \leq (2.944 - 29\alpha)u_2$$

$$(1.573 + 16\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,23} \leq (1.605 - 16\alpha)u_2 \quad (657 + 7\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,24} \leq (671 - 7\alpha)u_2$$

$$\bar{y}_{3,1} = 62u_3$$

$$\bar{y}_{3,2} = 173u_3$$

$$\bar{y}_{3,3} = 320u_3$$

$$\bar{y}_{3,4} = 500u_3$$

$$\bar{y}_{3,5} = 73u_3$$

$$\bar{y}_{3,6} = 250u_3$$

$$\bar{y}_{3,7} = 29u_3$$

$$\bar{y}_{3,8} = 157u_3$$

$$\bar{y}_{3,9} = 30u_3$$

$$\bar{y}_{3,10} = 101u_3$$

$$\bar{y}_{3,11} = 56u_3$$

$$\bar{y}_{3,12} = 135u_3$$

$$\bar{y}_{3,13} = 209u_3$$

$$\bar{y}_{3,14} = 268u_3$$

$$\bar{y}_{3,15} = 43u_3$$

$$\bar{y}_{3,16} = 104u_3$$

$$\bar{y}_{3,17} = 112u_3$$

$$\bar{y}_{3,18} = 254u_3$$

$$\bar{y}_{3,19} = 127u_3$$

$$\bar{y}_{3,20} = 521u_3$$

$$\bar{y}_{3,21} = 195u_3$$

$$\bar{y}_{3,22} = 167u_3$$

$$\bar{y}_{3,23} = 134u_3$$

$$\bar{y}_{3,24} = 90u_3$$

$$\bar{y}_{4,1} = 1.957.122u_4$$

$$\bar{y}_{4,2} = 2.294.042u_4$$

$$\bar{y}_{4,3} = 2.618.157u_4$$

$$\bar{y}_{4,4} = 7.846.496u_4$$

$$\bar{y}_{4,5} = 1.384.924u_4$$

$$\bar{y}_{4,6} = 3.683.185u_4$$

$$\bar{y}_{4,7} = 885.717u_4$$

$$\bar{y}_{4,8} = 4.162.114u_4$$

$$\bar{y}_{4,9} = 11.618.403u_4$$

$$\bar{y}_{4,10} = 2.505.142u_4$$

$$\bar{y}_{4,11} = 1.120.465u_4$$

$$\bar{y}_{4,12} = 1.474.159u_4$$

$$\bar{y}_{4,13} = 4.673.548u_4$$

$$\bar{y}_{4,14} = 3.544.788u_4$$

$$\bar{y}_{4,15} = 1.581.074u_4$$

$$\bar{y}_{4,16} = 2.578.204u_4$$

$$\bar{y}_{4,17} = 1.795.076u_4$$

$$\bar{y}_{4,18} = 5.183.046u_4$$

$$\bar{y}_{4,19} = 1.681.156u_4$$

$$\bar{y}_{4,20} = 5.454.947u_4$$

$$\bar{y}_{4,21} = 2.705.355u_4$$

$$\bar{y}_{4,22} = 5.130.175u_4$$

$$\bar{y}_{4,23} = 2.493.674u_4$$

$$\bar{y}_{4,24} = 2.293.086u_4$$

$$\begin{array}{lll}
\bar{y}_{5,1} = 210u_5 & \bar{y}_{5,2} = 179u_5 & \bar{y}_{5,3} = 421u_5 \\
\bar{y}_{5,4} = 933u_5 & \bar{y}_{5,5} = 240u_5 & \bar{y}_{5,6} = 240u_5 \\
\bar{y}_{5,7} = 309u_5 & \bar{y}_{5,8} = 433u_5 & \bar{y}_{5,9} = 422u_5 \\
\bar{y}_{5,10} = 416u_5 & \bar{y}_{5,11} = 277u_5 & \bar{y}_{5,12} = 226u_5 \\
\bar{y}_{5,13} = 706u_5 & \bar{y}_{5,14} = 708u_5 & \bar{y}_{5,15} = 439u_5 \\
\bar{y}_{5,16} = 484u_5 & \bar{y}_{5,17} = 234u_5 & \bar{y}_{5,18} = 636u_5 \\
\bar{y}_{5,19} = 491u_5 & \bar{y}_{5,20} = 956u_5 & \bar{y}_{5,21} = 511u_5 \\
\bar{y}_{5,22} = 827u_5 & \bar{y}_{5,23} = 626u_5 & \bar{y}_{5,24} = 228u_5 \\
\\
\bar{y}_{6,1} = 451u_6 & (510 + 27\alpha)u_6 \leq \bar{y}_{6,2} \leq (564 - 27\alpha)u_6 & \bar{y}_{6,3} = 687u_6 \\
\bar{y}_{6,4} = 1.183u_6 & \bar{y}_{6,5} = 131u_6 & \bar{y}_{6,6} = 352u_6 \\
\bar{y}_{6,7} = 462u_6 & \bar{y}_{6,8} = 504u_6 & \bar{y}_{6,9} = 405u_6 \\
\bar{y}_{6,10} = 556u_6 & \bar{y}_{6,11} = 265u_6 & \bar{y}_{6,12} = 91u_6 \\
\bar{y}_{6,13} = 674u_6 & \bar{y}_{6,14} = 861u_6 & \bar{y}_{6,15} = 657u_6 \\
\bar{y}_{6,16} = 602u_6 & \bar{y}_{6,17} = 189u_6 & \bar{y}_{6,18} = 731u_6 \\
\bar{y}_{6,19} = 519u_6 & \bar{y}_{6,20} = 720u_6 & \bar{y}_{6,21} = 295u_6 \\
\bar{y}_{6,22} = 521u_6 & \bar{y}_{6,23} = 717u_6 & \bar{y}_{6,24} = 332u_6 \\
\\
\bar{y}_{7,1} = 15.852.845u_7 & \bar{y}_{7,2} = 6.520.058u_7 & \bar{y}_{7,3} = 13.447.266u_7 \\
\bar{y}_{7,4} = 8.424.313u_7 & \bar{y}_{7,5} = 11.993.321u_7 & \bar{y}_{7,6} = 9.800.534u_7 \\
\bar{y}_{7,7} = 15.086.195u_7 & \bar{y}_{7,8} = 10.712.116u_7 & \bar{y}_{7,9} = 8.021.036u_7 \\
\bar{y}_{7,10} = 5.065.390u_7 & \bar{y}_{7,11} = 4.439.888u_7 & \bar{y}_{7,12} = 6.650.834u_7 \\
\bar{y}_{7,13} = 23.275.871u_7 & \bar{y}_{7,14} = 7.577.640u_7 & \bar{y}_{7,15} = 12.894.519u_7 \\
\bar{y}_{7,16} = 6.042.266u_7 & \bar{y}_{7,17} = 6.095.162u_7 & \bar{y}_{7,18} = 12.509.126u_7 \\
\bar{y}_{7,19} = 22.191.614u_7 & \bar{y}_{7,20} = 18.586.826u_7 & \bar{y}_{7,21} = 11.522.694u_7 \\
\bar{y}_{7,22} = 14.867.753u_7 & \bar{y}_{7,23} = 6.699.380u_7 & \bar{y}_{7,24} = 8.014.194u_7 \\
\\
u_r, v_i \geq 10^{-13} & r=1,2,\dots,7 & i=1,2,\dots,6
\end{array}$$

5 farklı α değeri için girdi ve çıktıya verilecek ağırlıkların üst sınırları çizelge ek 1’de gösterilmiştir.

Çizelge Ek1.Üniversiteler İçin Saati-Memariani Modeli ile Girdi ve Çıktıların Üst Sınırları

		Ağırlıkların Üst Sınırları					
		$\alpha=0$	$\alpha=0.25$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.75$	$\alpha=1$	
Çıktılar	Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayıları	U ₁	0.0000216427	0.0000215880	0.0000215336	0.0000214800	0.0000214261
	Lisansüstü Öğrenci Sayıları	U ₂	0.0003240440	0.0003233107	0.0003224766	0.0003216468	0.0003208210
	Proje Sayıları	U ₃	0.0019193858	0.0019193858	0.0019193858	0.0019193858	0.0019193858
	Proje Bütçeleri (YTL)	U ₄	0.0000000861	0.0000000861	0.0000000861	0.0000000861	0.0000000861
	Uluslararası Yayın Sayıları	U ₅	0.0010460251	0.0010460251	0.0010460251	0.0010460251	0.0010460251
	Ulusal Yayın Sayıları	U ₆	0.0008453085	0.0008453085	0.0008453085	0.0008453085	0.0008453085
	Öz Gelirler	U ₇	0.0000000430	0.0000000430	0.0000000430	0.0000000430	0.0000000430
Girdiler	Öğretim Üyesi Sayıları	V ₁	0.0016233377	0.001615509	0.0016077170	0.0015974441	0.0015898251
	Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayıları	V ₂	0.0025575450	0.002544529	0.0025316456	0.0025188917	0.0025062657
	Araştırma Görevlisi Sayıları	V ₃	0.0015723270	0.001564945	0.0015576324	0.0015503876	0.0015408320
	Personel Giderleri	V ₄	0.0000000153	0.0000000153	0.0000000153	0.0000000153	0.0000000153
	Mal ve Hizmet Alım Giderleri	V ₅	0.0000000500	0.0000000500	0.0000000500	0.0000000500	0.0000000500
	Kapalı Kullanım Alanı	V ₆	0.0000024528	0.0000024528	0.0000024528	0.0000024528	0.0000024528

2.Aşama: Çıktı ve Girdilere Verilecek Ortak Ağırlıklar:

max φ

Kısıtlar,

$$\begin{aligned}
 & [\bar{y}_{1,1} + \bar{y}_{2,1} + \bar{y}_{3,1} + \bar{y}_{4,1} + \bar{y}_{5,1} + \bar{y}_{6,1} + \bar{y}_{7,1}] - [\bar{x}_{1,1} + \bar{x}_{2,1} + \bar{x}_{3,1} + \bar{x}_{4,1} + \bar{x}_{5,1} + \bar{x}_{6,1}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,2} + \bar{y}_{2,2} + \bar{y}_{3,2} + \bar{y}_{4,2} + \bar{y}_{5,2} + \bar{y}_{6,2} + \bar{y}_{7,2}] - [\bar{x}_{1,2} + \bar{x}_{2,2} + \bar{x}_{3,2} + \bar{x}_{4,2} + \bar{x}_{5,2} + \bar{x}_{6,2}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,3} + \bar{y}_{2,3} + \bar{y}_{3,3} + \bar{y}_{4,3} + \bar{y}_{5,3} + \bar{y}_{6,3} + \bar{y}_{7,3}] - [\bar{x}_{1,3} + \bar{x}_{2,3} + \bar{x}_{3,3} + \bar{x}_{4,3} + \bar{x}_{5,3} + \bar{x}_{6,3}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,4} + \bar{y}_{2,4} + \bar{y}_{3,4} + \bar{y}_{4,4} + \bar{y}_{5,4} + \bar{y}_{6,4} + \bar{y}_{7,4}] - [\bar{x}_{1,4} + \bar{x}_{2,4} + \bar{x}_{3,4} + \bar{x}_{4,4} + \bar{x}_{5,4} + \bar{x}_{6,4}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,5} + \bar{y}_{2,5} + \bar{y}_{3,5} + \bar{y}_{4,5} + \bar{y}_{5,5} + \bar{y}_{6,5} + \bar{y}_{7,5}] - [\bar{x}_{1,5} + \bar{x}_{2,5} + \bar{x}_{3,5} + \bar{x}_{4,5} + \bar{x}_{5,5} + \bar{x}_{6,5}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,6} + \bar{y}_{2,6} + \bar{y}_{3,6} + \bar{y}_{4,6} + \bar{y}_{5,6} + \bar{y}_{6,6} + \bar{y}_{7,6}] - [\bar{x}_{1,6} + \bar{x}_{2,6} + \bar{x}_{3,6} + \bar{x}_{4,6} + \bar{x}_{5,6} + \bar{x}_{6,6}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,7} + \bar{y}_{2,7} + \bar{y}_{3,7} + \bar{y}_{4,7} + \bar{y}_{5,7} + \bar{y}_{6,7} + \bar{y}_{7,7}] - [\bar{x}_{1,7} + \bar{x}_{2,7} + \bar{x}_{3,7} + \bar{x}_{4,7} + \bar{x}_{5,7} + \bar{x}_{6,7}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,8} + \bar{y}_{2,8} + \bar{y}_{3,8} + \bar{y}_{4,8} + \bar{y}_{5,8} + \bar{y}_{6,8} + \bar{y}_{7,8}] - [\bar{x}_{1,8} + \bar{x}_{2,8} + \bar{x}_{3,8} + \bar{x}_{4,8} + \bar{x}_{5,8} + \bar{x}_{6,8}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,9} + \bar{y}_{2,9} + \bar{y}_{3,9} + \bar{y}_{4,9} + \bar{y}_{5,9} + \bar{y}_{6,9} + \bar{y}_{7,9}] - [\bar{x}_{1,9} + \bar{x}_{2,9} + \bar{x}_{3,9} + \bar{x}_{4,9} + \bar{x}_{5,9} + \bar{x}_{6,9}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,10} + \bar{y}_{2,10} + \bar{y}_{3,10} + \bar{y}_{4,10} + \bar{y}_{5,10} + \bar{y}_{6,10} + \bar{y}_{7,10}] - [\bar{x}_{1,10} + \bar{x}_{2,10} + \bar{x}_{3,10} + \bar{x}_{4,10} + \bar{x}_{5,10} + \bar{x}_{6,10}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,11} + \bar{y}_{2,11} + \bar{y}_{3,11} + \bar{y}_{4,11} + \bar{y}_{5,11} + \bar{y}_{6,11} + \bar{y}_{7,11}] - [\bar{x}_{1,11} + \bar{x}_{2,11} + \bar{x}_{3,11} + \bar{x}_{4,11} + \bar{x}_{5,11} + \bar{x}_{6,11}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,12} + \bar{y}_{2,12} + \bar{y}_{3,12} + \bar{y}_{4,12} + \bar{y}_{5,12} + \bar{y}_{6,12} + \bar{y}_{7,12}] - [\bar{x}_{1,12} + \bar{x}_{2,12} + \bar{x}_{3,12} + \bar{x}_{4,12} + \bar{x}_{5,12} + \bar{x}_{6,12}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,13} + \bar{y}_{2,13} + \bar{y}_{3,13} + \bar{y}_{4,13} + \bar{y}_{5,13} + \bar{y}_{6,13} + \bar{y}_{7,13}] - [\bar{x}_{1,13} + \bar{x}_{2,13} + \bar{x}_{3,13} + \bar{x}_{4,13} + \bar{x}_{5,13} + \bar{x}_{6,13}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,14} + \bar{y}_{2,14} + \bar{y}_{3,14} + \bar{y}_{4,14} + \bar{y}_{5,14} + \bar{y}_{6,14} + \bar{y}_{7,14}] - [\bar{x}_{1,14} + \bar{x}_{2,14} + \bar{x}_{3,14} + \bar{x}_{4,14} + \bar{x}_{5,14} + \bar{x}_{6,14}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,15} + \bar{y}_{2,15} + \bar{y}_{3,15} + \bar{y}_{4,15} + \bar{y}_{5,15} + \bar{y}_{6,15} + \bar{y}_{7,15}] - [\bar{x}_{1,15} + \bar{x}_{2,15} + \bar{x}_{3,15} + \bar{x}_{4,15} + \bar{x}_{5,15} + \bar{x}_{6,15}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,16} + \bar{y}_{2,16} + \bar{y}_{3,16} + \bar{y}_{4,16} + \bar{y}_{5,16} + \bar{y}_{6,16} + \bar{y}_{7,16}] - [\bar{x}_{1,16} + \bar{x}_{2,16} + \bar{x}_{3,16} + \bar{x}_{4,16} + \bar{x}_{5,16} + \bar{x}_{6,16}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,17} + \bar{y}_{2,17} + \bar{y}_{3,17} + \bar{y}_{4,17} + \bar{y}_{5,17} + \bar{y}_{6,17} + \bar{y}_{7,17}] - [\bar{x}_{1,17} + \bar{x}_{2,17} + \bar{x}_{3,17} + \bar{x}_{4,17} + \bar{x}_{5,17} + \bar{x}_{6,17}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,18} + \bar{y}_{2,18} + \bar{y}_{3,18} + \bar{y}_{4,18} + \bar{y}_{5,18} + \bar{y}_{6,18} + \bar{y}_{7,18}] - [\bar{x}_{1,18} + \bar{x}_{2,18} + \bar{x}_{3,18} + \bar{x}_{4,18} + \bar{x}_{5,18} + \bar{x}_{6,18}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,19} + \bar{y}_{2,19} + \bar{y}_{3,19} + \bar{y}_{4,19} + \bar{y}_{5,19} + \bar{y}_{6,19} + \bar{y}_{7,19}] - [\bar{x}_{1,19} + \bar{x}_{2,19} + \bar{x}_{3,19} + \bar{x}_{4,19} + \bar{x}_{5,19} + \bar{x}_{6,19}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,20} + \bar{y}_{2,20} + \bar{y}_{3,20} + \bar{y}_{4,20} + \bar{y}_{5,20} + \bar{y}_{6,20} + \bar{y}_{7,20}] - [\bar{x}_{1,20} + \bar{x}_{2,20} + \bar{x}_{3,20} + \bar{x}_{4,20} + \bar{x}_{5,20} + \bar{x}_{6,20}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,21} + \bar{y}_{2,21} + \bar{y}_{3,21} + \bar{y}_{4,21} + \bar{y}_{5,21} + \bar{y}_{6,21} + \bar{y}_{7,21}] - [\bar{x}_{1,21} + \bar{x}_{2,21} + \bar{x}_{3,21} + \bar{x}_{4,21} + \bar{x}_{5,21} + \bar{x}_{6,21}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,22} + \bar{y}_{2,22} + \bar{y}_{3,22} + \bar{y}_{4,22} + \bar{y}_{5,22} + \bar{y}_{6,22} + \bar{y}_{7,22}] - [\bar{x}_{1,22} + \bar{x}_{2,22} + \bar{x}_{3,22} + \bar{x}_{4,22} + \bar{x}_{5,22} + \bar{x}_{6,22}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,23} + \bar{y}_{2,23} + \bar{y}_{3,23} + \bar{y}_{4,23} + \bar{y}_{5,23} + \bar{y}_{6,23} + \bar{y}_{7,23}] - [\bar{x}_{1,23} + \bar{x}_{2,23} + \bar{x}_{3,23} + \bar{x}_{4,23} + \bar{x}_{5,23} + \bar{x}_{6,23}] \leq 0 \\
 & [\bar{y}_{1,24} + \bar{y}_{2,24} + \bar{y}_{3,24} + \bar{y}_{4,24} + \bar{y}_{5,24} + \bar{y}_{6,24} + \bar{y}_{7,24}] - [\bar{x}_{1,24} + \bar{x}_{2,24} + \bar{x}_{3,24} + \bar{x}_{4,24} + \bar{x}_{5,24} + \bar{x}_{6,24}] \leq 0
 \end{aligned}$$

$$(323 + 7\alpha)v_1 \leq \bar{x}_{1,1} \leq (337 - 7\alpha)v_1$$

$$(393 + 8\alpha)v_1 \leq \bar{x}_{1,2} \leq (409 - 8\alpha)v_1$$

$$(379 + 8\alpha)v_1 \leq \bar{x}_{1,3} \leq (395 - 8\alpha)v_1$$

$$(542 + 11\alpha)v_1 \leq \bar{x}_{1,4} \leq (564 - 11\alpha)v_1$$

$$(267 + 5\alpha)v_1 \leq \bar{x}_{1,5} \leq (277 - 5\alpha)v_1$$

$$(254 + 5\alpha)v_1 \leq \bar{x}_{1,6} \leq (264 - 5\alpha)v_1$$

$$(233 + 5\alpha)v_1 \leq \bar{x}_{1,7} \leq (243 - 5\alpha)v_1$$

$$(469 + 10\alpha)v_1 \leq \bar{x}_{1,8} \leq (489 - 10\alpha)v_1$$

$$(298 + 6\alpha)v_1 \leq \bar{x}_{1,9} \leq (310 - 6\alpha)v_1$$

$$(219 + 4\alpha)v_2 \leq \bar{x}_{2,1} \leq (227 - 4\alpha)v_2$$

$$(185 + 4\alpha)v_2 \leq \bar{x}_{2,2} \leq (193 - 4\alpha)v_2$$

$$(263 + 5\alpha)v_2 \leq \bar{x}_{2,3} \leq (273 - 5\alpha)v_2$$

$$(362 + 7\alpha)v_2 \leq \bar{x}_{2,4} \leq (376 - 7\alpha)v_2$$

$$(211 + 4\alpha)v_2 \leq \bar{x}_{2,5} \leq (219 - 4\alpha)v_2$$

$$(222 + 4\alpha)v_2 \leq \bar{x}_{2,6} \leq (230 - 4\alpha)v_2$$

$$(255 + 5\alpha)v_2 \leq \bar{x}_{2,7} \leq (265 - 5\alpha)v_2$$

$$(89 + 2\alpha)v_2 \leq \bar{x}_{2,8} \leq (93 - 2\alpha)v_2$$

$$(280 + 6\alpha)v_2 \leq \bar{x}_{2,9} \leq (292 - 6\alpha)v_2$$

$$\begin{aligned}
(252 + 5\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,10} \leq (262 - 5\alpha)v_1 \\
(153 + 3\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,11} \leq (159 - 3\alpha)v_1 \\
(289 + 6\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,12} \leq (301 - 6\alpha)v_1 \\
(507 + 10\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,13} \leq (527 - 10\alpha)v_1 \\
(430 + 9\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,14} \leq (448 - 9\alpha)v_1 \\
(239 + 5\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,15} \leq (249 - 5\alpha)v_1 \\
(283 + 6\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,16} \leq (295 - 6\alpha)v_1 \\
(202 + 4\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,17} \leq (210 - 4\alpha)v_1 \\
(427 + 9\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,18} \leq (445 - 9\alpha)v_1 \\
(461 + 9\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,19} \leq (479 - 9\alpha)v_1 \\
(616 + 13\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,20} \leq (642 - 13\alpha)v_1 \\
(471 + 10\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,21} \leq (491 - 10\alpha)v_1 \\
(494 + 10\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,22} \leq (514 - 10\alpha)v_1 \\
(393 + 8\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,23} \leq (409 - 8\alpha)v_1 \\
(319 + 7\alpha)v_1 &\leq \bar{x}_{1,24} \leq (333 - 7\alpha)v_1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(382 + 8\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,1} \leq (398 - 8\alpha)v_3 \\
(366 + 7\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,2} \leq (380 - 7\alpha)v_3 \\
(351 + 7\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,3} \leq (365 - 7\alpha)v_3 \\
(636 + 13\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,4} \leq (662 - 13\alpha)v_3 \\
(168 + 3\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,5} \leq (174 - 3\alpha)v_3 \\
(148 + 3\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,6} \leq (154 - 3\alpha)v_3 \\
(250 + 5\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,7} \leq (260 - 5\alpha)v_3 \\
(438 + 9\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,8} \leq (456 - 9\alpha)v_3 \\
(370 + 7\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,9} \leq (384 - 7\alpha)v_3 \\
(188 + 4\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,10} \leq (196 - 4\alpha)v_3 \\
(180 + 4\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,11} \leq (188 - 4\alpha)v_3 \\
(353 + 7\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,12} \leq (367 - 7\alpha)v_3 \\
(472 + 10\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,13} \leq (492 - 10\alpha)v_3 \\
(414 + 8\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,14} \leq (430 - 8\alpha)v_3 \\
(160 + 3\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,15} \leq (166 - 3\alpha)v_3 \\
(214 + 4\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,16} \leq (222 - 4\alpha)v_3 \\
(190 + 4\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,17} \leq (198 - 4\alpha)v_3 \\
(542 + 11\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,18} \leq (564 - 11\alpha)v_3 \\
(274 + 6\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,19} \leq (286 - 6\alpha)v_3 \\
(579 + 12\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,20} \leq (603 - 12\alpha)v_3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(215 + 4\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,10} \leq (223 - 4\alpha)v_2 \\
(138 + 3\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,11} \leq (144 - 3\alpha)v_2 \\
(122 + 2\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,12} \leq (126 - 2\alpha)v_2 \\
(378 + 8\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,13} \leq (394 - 8\alpha)v_2 \\
(290 + 6\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,14} \leq (302 - 6\alpha)v_2 \\
(256 + 5\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,15} \leq (266 - 5\alpha)v_2 \\
(145 + 3\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,16} \leq (151 - 3\alpha)v_2 \\
(238 + 5\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,17} \leq (248 - 5\alpha)v_2 \\
(250 + 5\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,18} \leq (260 - 5\alpha)v_2 \\
(275 + 6\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,19} \leq (287 - 6\alpha)v_2 \\
(391 + 8\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,20} \leq (407 - 8\alpha)v_2 \\
(339 + 7\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,21} \leq (353 - 7\alpha)v_2 \\
(279 + 6\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,22} \leq (291 - 6\alpha)v_2 \\
(233 + 5\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,23} \leq (243 - 5\alpha)v_2 \\
(150 + 3\alpha)v_2 &\leq \bar{x}_{2,24} \leq (156 - 3\alpha)v_2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bar{x}_{4,1} &= 37.692.567v_4 \\
\bar{x}_{4,2} &= 35.111.331v_4 \\
\bar{x}_{4,3} &= 37.973.962v_4 \\
\bar{x}_{4,4} &= 59.102.368v_4 \\
\bar{x}_{4,5} &= 25.355.533v_4 \\
\bar{x}_{4,6} &= 29.571.393v_4 \\
\bar{x}_{4,7} &= 27.464.761v_4 \\
\bar{x}_{4,8} &= 48.688.340v_4 \\
\bar{x}_{4,9} &= 38.223.499v_4 \\
\bar{x}_{4,10} &= 27.482.977v_4 \\
\bar{x}_{4,11} &= 20.832.011v_4 \\
\bar{x}_{4,12} &= 28.289.343v_4 \\
\bar{x}_{4,13} &= 62.577.055v_4 \\
\bar{x}_{4,14} &= 42.724.763v_4 \\
\bar{x}_{4,15} &= 28.102.963v_4 \\
\bar{x}_{4,16} &= 24.055.154v_4 \\
\bar{x}_{4,17} &= 20.594.098v_4 \\
\bar{x}_{4,18} &= 46.515.756v_4 \\
\bar{x}_{4,19} &= 40.081.591v_4 \\
\bar{x}_{4,20} &= 65.346.321v_4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(505+10\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,21} \leq (525-10\alpha)v_3 & \bar{x}_{4,21} &= 56.466.493v_4 \\
(550+11\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,22} \leq (572-11\alpha)v_3 & \bar{x}_{4,22} &= 47.400.074v_4 \\
(555+11\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,23} \leq (577-11\alpha)v_3 & \bar{x}_{4,23} &= 56.486.875v_4 \\
(237+5\alpha)v_3 &\leq \bar{x}_{3,24} \leq (247-5\alpha)v_3 & \bar{x}_{4,24} &= 38.558.855v_4 \\
\bar{x}_{5,1} &= 11.528.709v_5 & \bar{x}_{5,2} &= 8.739.258v_5 & \bar{x}_{5,3} &= 10.242.805v_5 \\
\bar{x}_{5,4} &= 13.689.152v_5 & \bar{x}_{5,5} &= 6.745.044v_5 & \bar{x}_{5,6} &= 10.169.073v_5 \\
\bar{x}_{5,7} &= 8.151.354v_5 & \bar{x}_{5,8} &= 11.886.548v_5 & \bar{x}_{5,9} &= 11.402.750v_5 \\
\bar{x}_{5,10} &= 8.602.397v_5 & \bar{x}_{5,11} &= 5.685.270v_5 & \bar{x}_{5,12} &= 7.188.010v_5 \\
\bar{x}_{5,13} &= 19.991.347v_5 & \bar{x}_{5,14} &= 11.720.792v_5 & \bar{x}_{5,15} &= 10.655.014v_5 \\
\bar{x}_{5,16} &= 6.338.171v_5 & \bar{x}_{5,17} &= 5.125.403v_5 & \bar{x}_{5,18} &= 9.300.658v_5 \\
\bar{x}_{5,19} &= 13.759.176v_5 & \bar{x}_{5,20} &= 15.904.597v_5 & \bar{x}_{5,21} &= 14.312.188v_5 \\
\bar{x}_{5,22} &= 13.632.045v_5 & \bar{x}_{5,23} &= 15.397.543v_5 & \bar{x}_{5,24} &= 11.221.244v_5 \\
\bar{x}_{6,1} &= 221.673v_6 & \bar{x}_{6,2} &= 261.430v_6 & \bar{x}_{6,3} &= 189.545v_6 \\
(262.710+5.361\alpha)v_6 &\leq \bar{x}_{6,5} \leq (273.432-5.361\alpha)v_6 & \bar{x}_{6,4} &= 378.533v_6 \\
\bar{x}_{6,6} &= 158.460v_6 & \bar{x}_{6,7} &= 204.964v_6 & \bar{x}_{6,8} &= 288.382v_6 \\
\bar{x}_{6,9} &= 241.000v_6 & \bar{x}_{6,10} &= 139.284v_6 & \bar{x}_{6,11} &= 111.975v_6 \\
\bar{x}_{6,12} &= 109.637v_6 & \bar{x}_{6,13} &= 387.606v_6 & \bar{x}_{6,14} &= 273.548v_6 \\
(151.444+3.090\alpha)v_6 &\leq \bar{x}_{6,16} \leq (157.624-3.090\alpha)v_6 & \bar{x}_{6,15} &= 190.190v_6 \\
(117.186+2.391\alpha)v_6 &\leq \bar{x}_{6,17} \leq (121.968-2.391\alpha)v_6 & \bar{x}_{6,18} &= 180.415v_6 \\
\bar{x}_{6,19} &= 287.920v_6 & \bar{x}_{6,20} &= 337.881v_6 & \bar{x}_{6,21} &= 407.700v_6 \\
\bar{x}_{6,22} &= 185.490v_6 & \bar{x}_{6,23} &= 280.325v_6 & \bar{x}_{6,24} &= 158.365v_6 \\
(18.738+189\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,1} \leq (19.116-189\alpha)u_1 \\
(13.587+137\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,2} \leq (13.861-137\alpha)u_1 \\
(25.322+256\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,3} \leq (25.834-256\alpha)u_1 \\
(18.329+185\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,4} \leq (18.699-185\alpha)u_1 \\
(23.609+238\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,5} \leq (24.085-238\alpha)u_1 \\
(18.316+185\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,6} \leq (18.686-185\alpha)u_1 \\
(25.915+262\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,7} \leq (26.439-262\alpha)u_1 \\
(12.726+129\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,8} \leq (12.984-129\alpha)u_1 \\
(12.716+128\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,9} \leq (12.972-128\alpha)u_1 \\
(10.955+111\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,10} \leq (11.177-111\alpha)u_1 \\
(11.494+116\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,11} \leq (11.726-116\alpha)u_1 \\
(13.307+134\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,12} \leq (13.575-134\alpha)u_1 \\
(46.205+467\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,13} \leq (47.139-467\alpha)u_1 \\
(20.399+206\alpha)u_1 &\leq \bar{y}_{1,14} \leq (20.811-206\alpha)u_1
\end{aligned}$$

$$(19.056 + 192\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,15} \leq (19.440 - 192\alpha)u_1$$

$$(13.515 + 137\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,16} \leq (13.780 - 137\alpha)u_1$$

$$(13.314 + 134\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,17} \leq (13.582 - 134\alpha)u_1$$

$$(20.939 + 212\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,18} \leq (21.363 - 212\alpha)u_1$$

$$(32.969 + 333\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,19} \leq (33.635 - 333\alpha)u_1$$

$$(36.772 + 371\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,20} \leq (37.514 - 371\alpha)u_1$$

$$(27.479 + 278\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,21} \leq (28.035 - 278\alpha)u_1$$

$$(18.378 + 186\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,22} \leq (18.750 - 186\alpha)u_1$$

$$(13.864 + 140\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,23} \leq (14.144 - 140\alpha)u_1$$

$$(19.511 + 197\alpha)u_1 \leq \bar{y}_{1,24} \leq (19.905 - 197\alpha)u_1$$

$$(972 + 10\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,1} \leq (992 - 10\alpha)u_2 \quad (696 + 7\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,2} \leq (710 - 7\alpha)u_2$$

$$(1.347 + 14\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,3} \leq (1.375 - 14\alpha)u_2 \quad (1.069 + 11\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,4} \leq (1.091 - 11\alpha)u_2$$

$$(801 + 8\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,5} \leq (817 - 8\alpha)u_2 \quad (1.208 + 12\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,6} \leq (1.232 - 12\alpha)u_2$$

$$(1.562 + 16\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,7} \leq (1.594 - 16\alpha)u_2 \quad (1.592 + 16\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,8} \leq (1.624 - 16\alpha)u_2$$

$$(399 + 4\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,9} \leq (407 - 4\alpha)u_2 \quad (706 + 7\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,10} \leq (720 - 7\alpha)u_2$$

$$(522 + 5\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,11} \leq (532 - 5\alpha)u_2 \quad (506 + 5\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,12} \leq (516 - 5\alpha)u_2$$

$$(2.201 + 22\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,13} \leq (2.245 - 22\alpha)u_2 \quad (905 + 9\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,14} \leq (923 - 9\alpha)u_2$$

$$(691 + 7\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,15} \leq (705 - 7\alpha)u_2 \quad (349 + 4\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,16} \leq (357 - 4\alpha)u_2$$

$$(465 + 5\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,17} \leq (475 - 5\alpha)u_2 \quad (792 + 8\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,18} \leq (808 - 8\alpha)u_2$$

$$(3.086 + 31\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,19} \leq (3.148 - 31\alpha)u_2 \quad (1.382 + 14\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,20} \leq (1.410 - 14\alpha)u_2$$

$$(1.315 + 13\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,21} \leq (1.341 - 13\alpha)u_2 \quad (2.886 + 29\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,22} \leq (2.944 - 29\alpha)u_2$$

$$(1.573 + 16\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,23} \leq (1.605 - 16\alpha)u_2 \quad (657 + 7\alpha)u_2 \leq \bar{y}_{2,24} \leq (671 - 7\alpha)u_2$$

$$\bar{y}_{3,1} = 62u_3$$

$$\bar{y}_{3,2} = 173u_3$$

$$\bar{y}_{3,3} = 320u_3$$

$$\bar{y}_{3,4} = 500u_3$$

$$\bar{y}_{3,5} = 73u_3$$

$$\bar{y}_{3,6} = 250u_3$$

$$\bar{y}_{3,7} = 29u_3$$

$$\bar{y}_{3,8} = 157u_3$$

$$\bar{y}_{3,9} = 30u_3$$

$$\bar{y}_{3,10} = 101u_3$$

$$\bar{y}_{3,11} = 56u_3$$

$$\bar{y}_{3,12} = 135u_3$$

$$\bar{y}_{3,13} = 209u_3$$

$$\bar{y}_{3,14} = 268u_3$$

$$\bar{y}_{3,15} = 43u_3$$

$$\bar{y}_{3,16} = 104u_3$$

$$\bar{y}_{3,17} = 112u_3$$

$$\bar{y}_{3,18} = 254u_3$$

$$\bar{y}_{3,19} = 127u_3$$

$$\bar{y}_{3,20} = 521u_3$$

$$\bar{y}_{3,21} = 195u_3$$

$$\bar{y}_{3,22} = 167u_3$$

$$\bar{y}_{3,23} = 134u_3$$

$$\bar{y}_{3,24} = 90u_3$$

$$\bar{y}_{4,1} = 1.957.122u_4$$

$$\bar{y}_{4,2} = 2.294.042u_4$$

$$\bar{y}_{4,3} = 2.618.157u_4$$

$$\bar{y}_{4,4} = 7.846.496u_4$$

$$\bar{y}_{4,5} = 1.384.924u_4$$

$$\bar{y}_{4,6} = 3.683.185u_4$$

$$\bar{y}_{4,7} = 885.717u_4$$

$$\bar{y}_{4,8} = 4.162.114u_4$$

$$\bar{y}_{4,9} = 11.618.403u_4$$

$$\bar{y}_{4,10} = 2.505.142u_4$$

$$\bar{y}_{4,11} = 1.120.465u_4$$

$$\bar{y}_{4,12} = 1.474.159u_4$$

$$\begin{array}{lll}
\bar{y}_{4,13} = 4.673.548u_4 & \bar{y}_{4,14} = 3.544.788u_4 & \bar{y}_{4,15} = 1.581.074u_4 \\
\bar{y}_{4,16} = 2.578.204u_4 & \bar{y}_{4,17} = 1.795.076u_4 & \bar{y}_{4,18} = 5.183.046u_4 \\
\bar{y}_{4,19} = 1.681.156u_4 & \bar{y}_{4,20} = 5.454.947u_4 & \bar{y}_{4,21} = 2.705.355u_4 \\
\bar{y}_{4,22} = 5.130.175u_4 & \bar{y}_{4,23} = 2.493.674u_4 & \bar{y}_{4,24} = 2.293.086u_4 \\
\\
\bar{y}_{5,1} = 210u_5 & \bar{y}_{5,2} = 179u_5 & \bar{y}_{5,3} = 421u_5 \\
\bar{y}_{5,4} = 933u_5 & \bar{y}_{5,5} = 240u_5 & \bar{y}_{5,6} = 240u_5 \\
\bar{y}_{5,7} = 309u_5 & \bar{y}_{5,8} = 433u_5 & \bar{y}_{5,9} = 422u_5 \\
\bar{y}_{5,10} = 416u_5 & \bar{y}_{5,11} = 277u_5 & \bar{y}_{5,12} = 226u_5 \\
\bar{y}_{5,13} = 706u_5 & \bar{y}_{5,14} = 708u_5 & \bar{y}_{5,15} = 439u_5 \\
\bar{y}_{5,16} = 484u_5 & \bar{y}_{5,17} = 234u_5 & \bar{y}_{5,18} = 636u_5 \\
\bar{y}_{5,19} = 491u_5 & \bar{y}_{5,20} = 956u_5 & \bar{y}_{5,21} = 511u_5 \\
\bar{y}_{5,22} = 827u_5 & \bar{y}_{5,23} = 626u_5 & \bar{y}_{5,24} = 228u_5 \\
\\
\bar{y}_{6,1} = 451u_6 & (510 + 27\alpha)u_6 \leq \bar{y}_{6,2} \leq (564 - 27\alpha)u_6 & \bar{y}_{6,3} = 687u_6 \\
\bar{y}_{6,4} = 1.183u_6 & \bar{y}_{6,5} = 131u_6 & \bar{y}_{6,6} = 352u_6 \\
\bar{y}_{6,7} = 462u_6 & \bar{y}_{6,8} = 504u_6 & \bar{y}_{6,9} = 405u_6 \\
\bar{y}_{6,10} = 556u_6 & \bar{y}_{6,11} = 265u_6 & \bar{y}_{6,12} = 91u_6 \\
\bar{y}_{6,13} = 674u_6 & \bar{y}_{6,14} = 861u_6 & \bar{y}_{6,15} = 657u_6 \\
\bar{y}_{6,16} = 602u_6 & \bar{y}_{6,17} = 189u_6 & \bar{y}_{6,18} = 731u_6 \\
\bar{y}_{6,19} = 519u_6 & \bar{y}_{6,20} = 720u_6 & \bar{y}_{6,21} = 295u_6 \\
\bar{y}_{6,22} = 521u_6 & \bar{y}_{6,23} = 717u_6 & \bar{y}_{6,24} = 332u_6 \\
\\
\bar{y}_{7,1} = 15.852.845u_7 & \bar{y}_{7,2} = 6.520.058u_7 & \bar{y}_{7,3} = 13.447.266u_7 \\
\bar{y}_{7,4} = 8.424.313u_7 & \bar{y}_{7,5} = 11.993.321u_7 & \bar{y}_{7,6} = 9.800.534u_7 \\
\bar{y}_{7,7} = 15.086.195u_7 & \bar{y}_{7,8} = 10.712.116u_7 & \bar{y}_{7,9} = 8.021.036u_7 \\
\bar{y}_{7,10} = 5.065.390u_7 & \bar{y}_{7,11} = 4.439.888u_7 & \bar{y}_{7,12} = 6.650.834u_7 \\
\bar{y}_{7,13} = 23.275.871u_7 & \bar{y}_{7,14} = 7.577.640u_7 & \bar{y}_{7,15} = 12.894.519u_7 \\
\bar{y}_{7,16} = 6.042.266u_7 & \bar{y}_{7,17} = 6.095.162u_7 & \bar{y}_{7,18} = 12.509.126u_7 \\
\bar{y}_{7,19} = 22.191.614u_7 & \bar{y}_{7,20} = 18.586.826u_7 & \bar{y}_{7,21} = 11.522.694u_7 \\
\bar{y}_{7,22} = 14.867.753u_7 & \bar{y}_{7,23} = 6.699.380u_7 & \bar{y}_{7,24} = 8.014.194u_7
\end{array}$$

$$10^{-15} + \varphi(V_1 - 10^{-13}) \leq v_1 \leq (1 - \varphi)(V_1 - 10^{-13})$$

$$10^{-15} + \varphi(V_2 - 10^{-13}) \leq v_2 \leq (1 - \varphi)(V_2 - 10^{-13})$$

$$10^{-15} + \varphi(V_3 - 10^{-13}) \leq v_3 \leq (1 - \varphi)(V_3 - 10^{-13})$$

$$10^{-15} + \varphi(V_4 - 10^{-13}) \leq v_4 \leq (1 - \varphi)(V_4 - 10^{-13})$$

$$10^{-15} + \varphi(V_5 - 10^{-13}) \leq v_5 \leq (1 - \varphi)(V_5 - 10^{-13})$$

$$10^{-15} + \varphi(V_6 - 10^{-13}) \leq v_6 \leq (1 - \varphi)(V_6 - 10^{-13})$$

$$\begin{aligned}
10^{-15} + \varphi(U_1 - 10^{-13}) &\leq u_1 \leq (1 - \varphi)(U_1 - 10^{-13}) \\
10^{-15} + \varphi(U_2 - 10^{-13}) &\leq u_2 \leq (1 - \varphi)(U_2 - 10^{-13}) \\
10^{-15} + \varphi(U_3 - 10^{-13}) &\leq u_3 \leq (1 - \varphi)(U_3 - 10^{-13}) \\
10^{-15} + \varphi(U_4 - 10^{-13}) &\leq u_4 \leq (1 - \varphi)(U_4 - 10^{-13}) \\
10^{-15} + \varphi(U_5 - 10^{-13}) &\leq u_5 \leq (1 - \varphi)(U_5 - 10^{-13}) \\
10^{-15} + \varphi(U_6 - 10^{-13}) &\leq u_6 \leq (1 - \varphi)(U_6 - 10^{-13}) \\
10^{-15} + \varphi(U_7 - 10^{-13}) &\leq u_7 \leq (1 - \varphi)(U_7 - 10^{-13})
\end{aligned}$$

5 farklı α değeri için girdi ve çıktıya verilecek ortak ağırlıklar çizelge ek.2’de gösterilmiştir.

Çizelge Ek 2. Üniversiteler İçin Girdi ve Çıktılara Verilecek Ortak Ağırlıklar Kümesi

Ortak Ağırlık Kümesi							
		$\alpha=0$	$\alpha=0.25$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.75$	$\alpha=1$	
Çıktılar	Önlisans ve Lisans Öğrenci Sayıları	$\mathbf{u}_1^*$	0.000007337142	0.00000728526	0.00000725897	0.000007206789	0.000007166629
	Lisansüstü Öğrenci Sayıları	$\mathbf{u}_2^*$	0.0001471765	0.0001483633	0.0001487628	0.0001496841	0.00015064550
	Proje Sayıları	$\mathbf{u}_3^*$	0.0006507014	0.0006477313	0.0006470243	0.0006439761	0.0006419986
	Proje Bütçeleri (YTL)	$\mathbf{u}_4^*$	0.000000000098	0.000000000097	0.000000000096	0.000000000095	0.000000000092
	Uluslararası Yayın Sayıları	$\mathbf{u}_5^*$	0.0003546186	0.000353	0.0003526147	0.0003509535	0.0003498758
	Ulusal Yayın Sayıları	$\mathbf{u}_6^*$	0.000286572	0.0002852646	0.0002849532	0.0002836108	0.0002827399
	Öz Gelirler	$\mathbf{u}_7^*$	0.000000000076	0.000000000074	0.000000000073	0.000000000071	0.000000000069
Girdiler	Öğretim Üyesi Sayıları	$\mathbf{v}_1^*$	0.0005503366	0.0005451826	0.0005419609	0.000535961	0.0005317667
	Öğretim Görevlisi ve Okutman Sayıları	$\mathbf{v}_2^*$	0.0008670472	0.0008586972	0.0008534169	0.0008451173	0.0008382989
	Araştırma Görevlisi Sayıları	$\mathbf{v}_3^*$	0.00055451	0.0005537315	0.0005501587	0.0005476992	0.0005461824
	Personel Giderleri	$\mathbf{v}_4^*$	0.000000000037	0.000000000036	0.000000000036	0.000000000035	0.000000000035
	Mal ve Hizmet Alım Giderleri	$\mathbf{v}_5^*$	0.000000000053	0.000000000052	0.000000000052	0.000000000052	0.000000000051
	Kapalı Kullanım Alanı	$\mathbf{v}_6^*$	0.000001620649	0.000001624533	0.000001625424	0.000001629361	0.000001631934

3.Aşama: Göreli Etkinliğin Hesaplanması:

$$(E_o^M)_a = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}^M}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^M}$$

$$(E_o^L)_a = (E_o^M)_a - \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}^M \sum_{i=1}^m v_i^* (x_{io}^U - x_{io}^M) + \sum_{r=1}^s u_r^* (y_{ro}^M - y_{ro}^L) \sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^M}{(\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^M)^2}$$

$$(E_o^U)_a = (E_o^M)_a + \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}^M \sum_{i=1}^m v_i^* (x_{io}^M - x_{io}^L) + \sum_{r=1}^s u_r^* (y_{ro}^U - y_{ro}^M) \sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^M}{(\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^M)^2}$$

formülü ile tüm KVB'ler için etkinlik değerleri hesaplanır. Tüm KVB'lerin etkinlik değerleri çizelge 6.33'te gösterilmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler :

Adı ve Soyadı : Kenan Oğuzhan ORUÇ

Doğum Yeri : Isparta

Doğum Yılı : 02.07.1974

Medeni Hali : Evli

Eğitim Durumu:

Lise : 1988-1991 Isparta Gazi Lisesi

Lisans : 1991-1997 ODTÜ-Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği

Y.Lisans : 1998-2001 SDÜ SBE İşletme Anabilim Dalı

Yabancı Dil :

1.İngilizce-İyi

İş Deneyimi :

1997-1998 : İhlas Isı İç Anadolu Bölge Müdürlüğü Ankara Bayii Sorumlusu

1999-2006 : SDÜ Sağlık Kültür Spor Daire Başkanlığı (Okutman)

2006- : SDÜ Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı (Okutman)