

**T.C.  
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ'NE BAĞLI MESLEK  
YÜKSEKOKULLARININ ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA  
ANALİZİ İLE ÖLÇÜLMESİ**

**Hazırlayan  
ANIL İLKEM ÖZCAN**

**Danışman Öğretim Üyesi  
Doç. Dr. ALTAY UĞUR GÜL**

**MANİSA  
2005**

**YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ**  
**TEZ VERİ FORMU**

**Tez No:**

**Konu:**

**Üniv.Kodu:**

**Not: Bu bölüm merkezimiz tarafından doldurulacaktır.**

**Tezin yazarının**

**Soyadı:** ÖZCAN

**Adı:**ANIL İLKEM

**Tezin Türkçe Adı:** Celal Bayar Üniversitesi'ne Bağlı Meslek Yüksekokullarının Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi

**Tezin Yabancı Adı:** The Calculation of the Efficiency of the Training Faculties in Celal Bayar University by Data Envelopment Analysis

**Tezin yapıldığı**

**Üniversite:** CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ **Enstitü:** SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ **Yılı:**2005

**Diğer kuruluşlar:**

**Tezin Türü:** 1- Yüksek Lisans   
2- Doktora   
3- Tıpta uzmanlık   
4- Sanatta yeterlilik

**Dili:** Türkçe  
**Sayfa sayısı:** XVI+110  
**Referans sayısı:** 48

**Tez Danışmanlarının**

**Ünvanı:** Doç. Dr.

**Adı:** ALTAY UĞUR

**Soyadı:** GÜL

**Ünvanı:**

**Adı:**

**Soyadı:**

**Türkçe anahtar kelimeler:**

1- Verimlilik  
2- Etkinlik  
3- Veri Zarflama Analizi (VZA)  
4-  
5-

**İngilizce anahtar kelimeler:**

1- Productivity  
2- Efficiency  
3- Data Envelopment Analysis (DEA)  
4-  
5-

**Tarih:**20/10/2005

**İmza :**

## ÖZET

Bu tez çalışmasının temel amacı, etkinlik analizinde yeni bir yöntem olan Veri Zarflama Analizi kullanılarak, Celal Bayar Üniversitesi'ne bağlı Meslek Yüksekokulları'nın göreceli etkinliklerini hesaplamak ve elde edilen bilgiler dahilinde etkin olmayan meslek yüksekokulların etkinsizlik nedenlerini analiz etmektir.

Çalışmada, üzerinde daha kolay değişiklikler yapılabildiği için, Veri Zarflama Analizi'nin temelini oluşturan girdiye yönelik Charnes, Cooper, Rhodes (CCR) ve Banker, Charnes, Cooper (BCC)'in ortaya koyduğu modeller geliştirilmiştir.

Çalışmada karar verme birimi olarak alınan 14 meslek yüksekokuluna ilişkin etkinlik ölçümünde girdi değişkenleri olarak temelde derslik sayısı, idari personel sayısı, kullanılan toplam bilgisayar sayısı, 2003-2004 öğretim yılında ikinci sınıf toplam öğrenci sayısı, toplam okutulan ders sayısı, kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanı sayısı ele alınmıştır. Çıktı değişkenleri olarak 2003-2004 öğretim yılında mezun olan toplam öğrenci sayısı, öğrencilerin genel başarı not ortalamaları ve kadrolu öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanları kullanılmıştır. Uygulamada meslek yüksekokulu sayısının 14 ile sınırlı olması ve veri zarflama analizinin ayrıştırma yeteneğinin artırılmasının sağlanması amacıyla girdi setlerinde azaltılma yapılmış ve bu şekilde alternatif modeller oluşturulmuştur. Genel olarak bakıldığında ortalama %85,71 oranında meslek yüksekokulları etkin çıkmıştır. CCR modeline göre ortalama %82,14 oranında meslek yüksekokulu, BCC modeline göre ise ortalama %89,29 oranında meslek yüksekokulunun etkin olduğu gözlenmiştir.

## **ABSTRACT**

The aim of this study is; to calculate the variable efficiencies of the Training Faculties used to Data Envelopment Analysis(DEA) which are a part of Celal Bayar University to used Data Envelopment Analysis (DEA) and to analyze the reasons so as to find out why the inefficiency Faculties do not take effect.

In this research for the input that has input oriented make changes on them more easily the models Charnes, Cooper, Rhodes (CCR) and Banker, Charnes, Cooper (BCC) - which make up of the basis of data envelopment analysis - have been used.

In the efficiency analization about the 14 Training Faculties - which were taken as a decision making unit are ; the input variations- the number of classes- number of the staff- total number of used computers- total number of second grade students in 2003-2004 season- total number of subjects- total number of instructors and contractual. As the output variations the decision making units are as fallows; the points in 2003-2004 season- the average marks of the students- and the average of the marks of the instructors on academic efficiency.

During the application in order to limit the number of Training Faculties to 14 and to increase the talent of data envelopment analysis to decompose the number of input sets have been decreased and thus alternative models have been formed. In a general glance it has been seen that; an %85.71 of Training Faculties seem effective. According to the CCR model an %82.14 of Training Faculties seem effective and according to the BCC model an %89.29 of Training Faculties seem to be efficiency.

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Celal Bayar Üniversitesi’ne Bağlı Meslek Yüksekokullarının Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi ” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih  
20/10/2005

Anıl İlkem ÖZCAN

## TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI

Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü / / tarih ve sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Lisans Üstü öğretim Yönetmeliği'nin 8. Maddesi gereğince Enstitümüz..... Anabilim Dalı ..... Programı öğrencisi ..... "....." Konulu tezi incelenmiş ve aday / / tarihinde saat .....'da/de jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra..... dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI olduğuna  OY BİRLİĞİ   
DÜZELTME yapılmasına  \* OY ÇOKLUĞU   
RED edilmesine  \*\* ile karar verilmiştir.

\* Bu halde adaya 3 ay süre verilir.  
\*\* Bu halde adayın kaydı silinir.

BAŞKAN

ÜYE

ÜYE

Evet Hayır

\*\*\* Tez, burs, ödül veya Teşvik prog. (Tüba, Fullbright vb.) aday olabilir.

Tez, mutlaka basılmalıdır.

Tez, mevcut haliyle basılmalıdır.

Tez, gözden geçirildikten sonra basılmalıdır.

Tez, basımı gereksizdir.

## ÖNSÖZ

İçinde bulunduğumuz küreselleşme çağında kalite ve insanın ön plana çıkmasıyla birlikte ülkemizde mesleki ve teknik eğitim önem kazanmıştır. Bu kapsamda tekniker ve meslek elemanı unvanına sahip ara insan gücü yetiştiren meslek yüksekokullarının değeri ve sayısı artmıştır.

Ülkemizin teknolojik ve ekonomik açıdan gelişmesine katkıda bulunacak olan en önemli unsurlardan biri mesleki ve teknik eğitim olmasından ötürü, maddi ve manevi kaynakların en iyi şekilde meslek yüksekokullarına aktarılması gerekmektedir.

Çalışmanın hazırlanmasında bilimsel, teknik ve manevi katkılarda bulunan, titiz incelemeleri sonucu getirdiği eleştirilerle yön veren değerli danışman hocam Doç. Dr. Altay Uğur GÜL'e, çalışmanın en başından itibaren düzeltme, yorum ve önerilerde bulunup manevi desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Cengiz YILMAZ'a, özellikle uygulama bölümünde yorum ve önerilerde bulunup yol gösteren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Tuncer ÖZDİL'e, uygulama bölümünü gerçekleştirdiğim Celal Bayar Üniversitesi Personel Daire Başkanlığı ve meslek yüksekokulları müdürleri ile idari personellerine katkılarından ve çabalarından ötürü teşekkür ederim.

Ayrıca, çalışmam süresince maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan aileme sonsuz şükranlarımı sunar, teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

İÇ KAPAK .....	I
TEZ VERİ GİRİŞ FORMU .....	II
ÖZET .....	III
ABSTRACT .....	IV
YEMİN METNİ .....	V
TUTANAK .....	VI
ÖNSÖZ .....	VII
İÇİNDEKİLER .....	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	XI
TABLolar LİSTESİ .....	XII
KISALTMALAR .....	XIV
GİRİŞ .....	XV

<b>1. BÖLÜM: ETKİNLİKLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR</b> .....	<b>1</b>
1.1. Performans .....	1
1.2. Performans Yönetimi .....	3
1.3. Verim ve Verimlilik .....	3
1.4. Etkililik ve Etkinlik .....	7
1.4.1. Etkinlik Sınırı .....	11
1.4.2. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri .....	12
1.4.2.1. Oran Analizi .....	13
1.4.2.2. Parametrel Yöntemler .....	13
1.4.2.3. Parametresiz Yöntemler .....	14
1.4.2.3.1. Parametresiz Etkinlik Ölçütlerinin Güçlü Yönleri .....	14
1.4.2.3.2. Parametresiz Etkinlik Ölçütlerinin Zayıf Yönleri .....	15
1.4.3. Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması .....	16
<b>2. BÖLÜM: VERİ ZARFLAMA ANALİZİ</b> .....	<b>17</b>
2.1. VZA'nın Tarihçesi .....	20
2.2. VZA'nın Uygulama Alanları .....	21
2.3. VZA'nın Avantaj ve Dezavantajları .....	23
2.4. VZA'nın Uygulanabilmesi İçin Gerekli Olan Adımlar .....	24
2.4.1. Karar Verme Birimlerinin Seçilmesi .....	25
2.4.2. Girdi ve Çıktı Kümelerinin Seçilmesi .....	26



2.4.3.	Verilerin Elde Edilebilirliği ve Güvenilirliği .....	27
2.4.4.	Görelî Etkinliğin Ölçülmesi .....	27
2.4.5.	Etkinlik Değerleri – Etkinlik Sınırı .....	27
2.4.6.	Referans Grupları .....	28
2.4.7.	Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri İçin Hedef Belirlenmesi .....	29
2.4.8.	Sonuçların Değerlendirilmesi.....	29
2.5.	VZA'nın Matematiksel Temelleri.....	29
2.5.1.	Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler .....	30
2.5.2.	İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler .....	33
2.5.3.	Bir Girdi ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemler .....	36
2.5.4.	Sabit ve Değişken Ağırlıklar .....	39
2.6.	Temel VZA Modelleri .....	40
2.6.1.	CCR Modeli .....	41
2.6.1.1.	Optimal Ağırlıkların Anlamı.....	44
2.6.1.2.	Girdiye Yönelik CCR Modeli ve Dual Formülasyon .....	44
2.6.1.3.	Referans Grubu ve Verimlilikte İyileştirme.....	48
2.6.1.4.	Çıktıya Yönelik CCR Modeli .....	51
2.6.2.	BCC Modeli .....	57
2.6.2.1.	Girdiye Yönelik BCC Modeli .....	58
2.6.2.2.	Çıktıya Yönelik BCC Modeli .....	60
3.	<b>BÖLÜM: UYGULAMA</b> .....	65
3.1.	Uygulamanın Amacı, Önemi ve Kapsamı .....	65
3.2.	Uygulama Yöntemi ve Modeli.....	66
3.2.1.	Girdiye Yönelik CCR Modeli ve Doğrusal Programlama Formülasyonu .....	67
3.2.2.	Girdiye Yönelik BCC Modeli ve Doğrusal Programlama Formülasyonu.....	68
3.2.3.	Karar Verme Biriminin Seçilmesi .....	69
3.2.4.	Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi.....	69
3.3.	CCR ve BCC Uygulama Modelleri ve İzdüşüm Noktaları.....	73

3.3.1. Uygulama Modelleri, Teknik Etkinlik Sonuçları ve Sonuçların Yorumlanması .....	76
<b>SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>101</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>106</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1.1.</b> Verimlilik .....	<b>5</b>
<b>1.2.</b> Teknik Etkinlik ve Verimlilik .....	<b>9</b>
<b>1.3.</b> Teknik Etkinlik Sınırı .....	<b>11</b>
<b>Şekil 2.1.</b> Etkinlik Sınırı ve Regresyon Doğrusu .....	<b>31</b>
<b>2.2.</b> Verimlilikte İyileştirme, Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistem Örneği ...	<b>33</b>
<b>2.3.</b> İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemlerin Grafikselsel Gösterimi .....	<b>34</b>
<b>2.4.</b> Verimlilikte İyileştirme, İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistem Örneği .....	<b>36</b>
<b>2.5.</b> Bir Girdi ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemlerin Grafikselsel Gösterimi .....	<b>37</b>
<b>2.6.</b> Bir Girdi ve İki Çıktılı Sistemlerde Verimsizliğin Grafikselsel Hesaplanması .....	<b>38</b>

## TABLULAR LİSTESİ

<b>Tablo 1.1.</b> Toplam Faktör Verimliliği .....	6
1.2. Çeşitli Etkililik ve Etkinlik Bileşenleri .....	8
1.3. Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması .....	16
<b>Tablo 2.1.</b> Tek Girdi ve Tek Çıktı Durumu .....	30
2.2. Verimliliklerin Oransal İfadesi .....	32
2.3. İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler .....	34
2.4. Bir Girdi ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemler .....	36
2.5. Otomotiv Sektöründeki Firmalara İlişkin Girdi ve Çıktı Verileri .....	49
2.6. Örneğe İlişkin Oluşturulmuş Kısıtlar .....	50
2.7. Firmaların Etkinlik Katsayıları .....	50
2.8. Örneğe İlişkin Oluşturulmuş Kısıtlar .....	55
2.9. Firmaların Etkinlik Katsayıları .....	56
2.10. Potansiyel İyileştirme Tablosu .....	57
2.11. CCR ve BCC Etkinlik Analizine Göre Özet Tablo .....	64
<b>Tablo 3.1.</b> Meslek Yüksekokullarına Ait Girdi ve Çıktı Değişkenleri .....	72
3.2. CCR (CCR-1) ve BCC (BCC-1) Modellerine Göre Etkinlik Analizi Sonuçları .....	74
3.3. CCR-1 ve BCC-1 Modellerine Göre Etkin Bulunmayan MYO’u İçin Potansiyel İyileştirme Tablosu .....	75
3.4. CCR-1 ve BCC-1 Modelleri Teknik Etkinlik Analizi Sonuçları Özeti .....	76
3.5. 8 No’lu Karar Verme Birimi İçin Oluşturulan Doğrusal Programlama Formundaki VZA Modeli .....	78
3.6. CCR-2 ve BCC-2 Modelleri Girdiye Yönelik Etkinlik Analizi Sonuçları .....	81
3.7. CCR-2 ve BCC-2 Modellerine Göre Etkin Bulunmayan MYO’ları için Potansiyel İyileştirme Tablosu .....	82
3.8. CCR-2 ve BCC-2 Modelleri Teknik Etkinlik Analizi Sonuçları Özet Tablosu .....	83
3.9. CCR-3 ve BCC-3 Modelleri Girdiye Yönelik Etkinlik Analizi Sonucu .....	85

<b>3.10.</b> CCR-3 ve BCC-3 Modellerine Göre Etkin Bulunmayan MYO'ları için Potansiyel İyileştirme Tablosu .....	<b>86</b>
<b>3.11.</b> CCR-3 ve BCC-3 Modelleri Teknik Etkinlik Analizi Sonuçları Özet Tablosu... ..	<b>87</b>
<b>3.12.</b> CCR-4 ve BCC-4 Modelleri Girdiye Yönelik Etkinlik Analizi Sonucu .....	<b>88</b>
<b>3.13.</b> CCR-4 ve BCC-4 Modellerine Göre Etkin Bulunmayan MYO için Potansiyel İyileştirme Tablosu .....	<b>89</b>
<b>3.14.</b> CCR-4 ve BCC-4 Modelleri Teknik Etkinlik Analizi Sonuçları Özet Tablosu .. ..	<b>90</b>
<b>3.15.</b> CCR-5 ve BCC-5 Modelleri Etkinlik Analizi Sonucu .....	<b>91</b>
<b>3.16.</b> CCR-5 Modeline Göre Etkin Bulunmayan MYO'larının Potansiyel İyileştirme Tabloları .....	<b>92</b>
<b>3.17.</b> BCC-5 Modeline Göre Etkin Bulunmayan MYO' lar İçin Potansiyel İyileştirme Tabloları .....	<b>93</b>
<b>3.18.</b> CCR-5 ve BCC-5 Modelleri Teknik Etkinlik Analizi Sonuçları Özet Tablosu.....	<b>95</b>
<b>3.19.</b> CCR-6 ve BCC-6 Modelleri Etkinlik Analizi Sonucu .....	<b>96</b>
<b>3.20.</b> CCR-6 Modeline Göre Etkin Bulunmayan MYO'lar için Potansiyel İyileştirme Tablosu .....	<b>97</b>
<b>3.21.</b> BCC-6 Modeline Göre Etkin Bulunmayan MYO'lar için Potansiyel İyileştirme Tablosu .....	<b>99</b>
<b>3.22.</b> CCR-6 ve BCC-6 Modelleri Teknik Etkinlik Analizi Sonuçları Özet Tablosu... ..	<b>100</b>
<b>3.23.</b> Tüm Modellerin Özet Tablosu .....	<b>102</b>

## KISALTMALAR

<b>AE</b>	Ölçek Etkinliği
<b>BCC</b>	Banker, Charnes, Cooper Modeli
<b>CCR</b>	Charnes, Cooper, Rhodes Formülasyonu
<b>DLP</b>	Dual Doğrusal Programlama Modeli
<b>DMU</b>	Decision Making Units
<b>DRS</b>	Decreasing veya Diminishing Return to Scale
<b>EMS</b>	Efficiency Measurement System
<b>FP</b>	Kesirsel Programlama Modeli
<b>IRS</b>	Increasing Return to Scale
<b>KVB</b>	Karar Verme Birimi
<b>LP</b>	Doğrusal Programlama Modeline
<b>Max</b>	Maximum
<b>Min</b>	Minimum
<b>MPSS</b>	Most Productive Scale Size
<b>MYO</b>	Meslek Yüksekokulu
<b>OE</b>	Toplam Etkinlik
<b>OES</b>	Ortalama Etkinlik Skoru
<b>TBK</b>	Tüketilmesi Beklenen Kaynaklar (Yararlı Girdi)
<b>TE</b>	Teknik Etkinlik
<b>TFP</b>	Total Factor Productivity
<b>TK</b>	Tüketilen Kaynaklar
<b>V</b>	Verim
<b>VRS</b>	Variable Return to Scale
<b>VZA</b>	Veri Zarflama Analizi

## GİRİŞ

Teknolojide yaşanan hızlı gelişmeler, pazarların küreselleşmesi, iletişimin artması, dünya çapında hızlı bilgi alışverişinin ve ulaşımın kolaylaşması, serbest ticaret engellerinin kaldırılması ülkelerin ulusal ekonomilerini önemli ölçüde etkilemekte ve rekabeti büyük ölçüde arttırmaktadır. Üretim ya da hizmet sisteminin, sınırlı kaynakları rasyonel kullanarak üretimi ne kadar arttırabileceklerini bilmesi önem kazanmaktadır. Bu nedenle günümüzde, gelişen pazar koşullarına ayak uydurabilmek, çağdaş bir yaşam sürdürebilmek için, mevcut kaynakların en etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

Bütün bunların yanında, bilgi ve teknoloji toplumu olma yarışının beraberinde getirdiği rekabet sonucu, kalite ve insanın ön plana çıkmasıyla meslekî ve teknik eğitim, ülkemizin geleceği açısından büyük önem kazanmıştır. Türkiye ekonomisinin gelişmiş ülkelerle rekabet edebilmesi, mesleki ve teknik alanda iyi eğitim almış, teknolojiyi özümsemiş ve bunu bir yaşam tarzı olarak kabul etmiş insan gücünün varlığı ile mümkün olabilir. Bunun için her kademedeki eğitimin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir. Örneğin; bugün Türk iş dünyası küreselleşen pazarda rekabet edebilmek için iyi eğitilmiş, nitelikli ara insan gücüne çok fazla ihtiyaç duymaktadır. Ara insan gücü, sayıca ne kadar fazla ve ne kadar yüksek kaliteli olursa, Türk Sanayisi de o ölçüde rekabet edebilir ve dünya pazarlarındaki payını arttırabilir bir konumda olacaktır. Türk işletmelerinin her geçen gün daha da artan nitelikli ara insan gücü ihtiyacını karşılamak için şimdiye kadar bir çok meslek yüksekokulu(MYO) açılmıştır.

Meslek Yüksekokulu, 2547 Sayılı Yükseköğretim Kanunu'nun 3. maddesinde "Belirli mesleklere yönelik ara insan gücü yetiştirmeyi amaçlayan dört yarı yıllık eğitim-öğretim sürdüren bir yükseköğretim kurumudur" biçiminde tanımlanmıştır. Türkiye'de 2003-2004 eğitim-öğretim yılı itibariyle 53'ü devlet ve 24'ü vakıf olmak üzere toplam 77 üniversitede eğitim-öğretim sürdürülmektedir. Bu üniversiteler tarafından kurulan MYO sayısı 612'dir (<http://www.yok.gov.tr/duyurular/raporlar/raporlar.htm>). Meslek yüksekokulları tekniker ve meslek elemanı unvanına sahip ara insan gücü yetiştirmektedir. Büyüyen Türkiye ekonomisinin uluslararası pazarlarda rekabet gücünün yükseltilmesi, ancak meslek yüksekokulları ve bunların yetiştirdiği nitelikli teknikerlerle mümkün olacaktır.

Ekonomik büyüme ve kalkınmanın temel hedefi, etkinliğin artırılmasıdır. Etkinlik ile ilgili olarak değişik amaç ve uygulama alanlarına yönelik oluşturulmuş bir çok performans ölçüm modeli vardır. Son yıllarda geniş uygulama alanı bulan model ise, Veri Zarflama Analizi (VZA)'dir. VZA, analitik bir fonksiyonel yapıya gerek duymaması, çoklu girdi ve çoklu çıktıyı aynı anda değerlendirebilmesi, etkin ve etkin olmayan karar verme birimlerini birbirinden ayırarak etkin birimler içinden referans noktaları oluşturması, girdi ve çıktıların ortak bir birimle ifade edilemediği durumlarda dahi kullanılabilmesi gibi özelliklerinden dolayı ön plana çıkarılmakta, uygulama alanını genişletmektedir. Bu nedenle VZA, okullar, sağlık birimleri, banka ve şubeleri, silahlı kuvvetler, pazar araştırması, tarım, ulaştırma, kamu idaresi gibi birçok farklı kuruluşun etkinliğinin değerlendirilmesinde başarı ile uygulanmaktadır.

Bu çalışmanın birinci bölümünde, VZA'da kullanılan temel kavramlar olan performans, performans yönetimi, verim ve verimlilik, etkililik ve etkinlik kavramları açıklanmış ve etkinlik ölçüm yöntemlerine kısaca değinilerek VZA'nın bu yöntemler içindeki yeri vurgulanmaya çalışılmıştır.

İkinci bölümde, VZA tanıtılmaya çalışılmıştır. VZA'nın tarihçesi, avantaj ve dezavantajları, uygulanabilmesi için gerekli olan adımlar, matematiksel temelleri ve temel modelleri açıklanmaya çalışılmıştır.

Üçüncü bölümde ise, bu çalışmanın temel amacı olan Celal Bayar Üniversitesi'ne bağlı MYO'ların etkinliklerinin ölçülmesine ilişkin uygulama, sonuç ve öneriler yer almaktadır.



## 1. BÖLÜM: ETKİNLİKLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

İşletme açısından içsel kaynakların en etkin biçimde kullanılması, değişen pazar koşullarına ayak uydurabilmek ve daha uzun süre yaşayabilmek için büyük önem arz etmektedir. Maliyeti enazlamak, kârı ençoklamak ve etkin üretim gibi yönetsel hedeflere ulaşmak için planlama ve kontrol alt sistemlerinin uyumlu olarak yürütülmesi gerekir. Planlama ve kontrol alt sistemleri işletme kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılmasına olanak sağlar.

Yöneticiler, işletmelerin çıktıklarıyla girdileri arasındaki ilişkileri ele alan verimlilik düzeylerini, doğru olarak ölçebildikleri takdirde işletmelerinin etkin duruma geçmelerini sağlayabilirler. Bunun için, bu bölümde işletmelerin gelecek dönemlerdeki başarıları açısından çok yararlı göstergeler olan performans, performans yönetimi, verim ve verimlilik, etkinlik, etkinlik sınırı gibi kavramlar kısaca açıklanacaktır.

### 1.1. Performans

Performans, genel anlamda, amaçlı ve planlanmış bir etkinlik sonucunda elde edilen, nicel (miktar) ya da nitel (kalite) olarak tanımlanmasıdır. Başka bir ifade ile, bir işi yapan bir bireyin, bir grubun ya da bir teşebbüsün o işte amaçlanan hedefe yönelik olarak, nereye varabildiği, neyi sağlayabildiğinin nicel ve nitel olarak anlatılmasıdır (Karasoy, 2000, s. 1; Akal, 2002, s. 1).

Bir iş sisteminin performansı, belirli bir zaman sonucundaki çıktısı ya da çalışma sonucudur. Bu sonuç işletme amacının ya da görevinin yerine getirilme derecesi olarak algılanmalıdır. Bu durumda performans, işletme amaçlarının gerçekleştirilmesi için gösterilen tüm çabaların değerlendirilmesi olarak da tanımlanabilir (Akal, 2002; s. 1).

İşletmeler belli amaçları ve üstlendikleri görevleri yerine getirmek için kurulurlar. Buna karşın işletme yönetiminin görevi ise örgütün amaç ve görevlerini en etkin, en başarılı ve en iyi şekilde gerçekleştirmektir. Buradaki “etkin, başarı ve iyi”nin tanımı ise yönetimin performans anlayışı ile paralellik gösterir. Yönetimlerin bu anlayışları, sürekli değişim ve gelişim gösterir. Yüksek kâr, yığın üretim ve düşük maliyetin benimsendiği geleneksel yönetim anlayışı, günümüzde yerini yüksek kalite, yüksek müşteri memnuniyeti ve sürekli yeniliği temel alan yönetim anlayışına

bırakmaktadır. Benzer değişim, örgütlerin pazarlama anlayışında da kendini göstermektedir. “Ne üretirsem onu satarım”a yönelik anlayıştan “satabileceğimiz malı üretmeliyiz” pazarlama anlayışına doğru bir geçiş söz konusu olmakta ve müşteri, müşteri istekleri ve müşteri memnuniyeti ön plana çıkmaktadır.

Sink ve Tuttle’a (1989, s. 15) göre işletmelerde performans anlayışının gelişim sürecinde gelinen en son nokta “yeni rekabet” ve “geleceğin örgütü” olarak adlandırılan yeni bir yönetim anlayışıdır. Bu anlayışı taşıyan bir işletmede, yönetimin performans anlayışı çok değişik boyutlar göstermektedir.

İşletme yönetiminde öncelik alacak bu anlayışı belirleyen boyutlar, 1984 NASA Verimlilik ve Kalite Sempozyumu’nda şöyle sıralanmıştır (Akal, 2002, s. 7);

1. Rekabet savaşı,
2. Kalite ve verimlilik konusunda yönetimin katkısını sağlama,
3. Hedef ve sorumlulukları kaynaştırma,
4. Yenilikçiliği ve risk almayı özendirme,
5. Katılımcı yönetimi geliştirme,
6. Bireysel yetenekleri açığa çıkarma – bürokrasiyi kontrol altına alma,
7. Yeni teknolojiyi destekleme – modernleşme,
8. İnsan sermayesini ençoklama – eğitim ve öğretimi geliştirici stratejiler hazırlama,
9. Kalite ve verimlilik uygulamalarını artırma – kalite ahlak bilimi oluşturma.

Her ekonomik birim amaçlarını gerçekleştirmek için dış çevresinden temin ettiği kaynakları (girdileri), belirli bir üretim teknolojisinden yararlanarak mal ve hizmetler biçiminde çıktılara dönüştürür. İşletmelerin bir zaman dilimindeki performansının değerlendirilmesi, kullandığı girdileri çıktılara dönüştürürken ne kadar rasyonel davrandığının incelenmesidir. Bu bağlamda; bir ekonomik birimin performansını değerlendirirken, kullanılan girdilerden en büyük çıktı seviyesi elde edilip edilmediği veya belirli çıktı seviyesine en düşük girdi miktarı ile ulaşıp ulaşılmadığının saptanması gerekir (Aktaş, 2001; s. 163).

## 1.2. Performans Yönetimi

Yönetim fonksiyonları içinde yer alan yürütme, planlama ve denetim işlevlerinin daha geniş sınırlar ve performans kavramındaki gelişmeler çerçevesinde uygulanmasına yönelik gelişmiş bir yönetim anlayışıdır.

“Verimlilik yönetimi”, “yönetim kontrol sistemi” olarak da adlandırılan performans yönetimi Akal’a göre (2002, s. 50), örgütü istenen amaçlara yöneltmek için örgütün mevcut ve geleceğe ilişkin durumları ile ilgili bilgi toplama, bunları karşılaştırma, performansın sürekli gelişimini sağlayacak yeni ve gerekli düzenlemeleri ve etkinlikleri başlatma ve sürdürme görevlerini yüklenen bir yönetim sürecidir.

Performans yönetimi anlayışında, yönetimin görevleri üç ana başlık altında özetlenebilir (Akal, 2002, s. 50):

1. Örgütün ortak amacını, örgütü oluşturan en alt sistemlere kadar bu sistemlerin özel amaçlarını da içerecek biçimde tüm örgüte yaymak ve benimsetmek,
2. Örgüt içinde yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya bilgi akışını sağlayacak bir iletişimi gerçekleştirmek,
3. Yönetilen birimlerin performansını sürekli geliştirmek, bu amaçla işletmenin tümü ya da istenen birimleri için ve özellikle çalışanlar için bir performans ölçüm ve denetim sistemini uygulamaktır.

Performans yönetiminde bu görevler, klasik yönetim görevlerinde olduğu gibi planlama, yöneltme ve denetim işlevleri kapsamında gerçekleştirilir.

## 1.3. Verim ve Verimlilik

Ülkemizde, 2000’li yıllarda para ve sermaye piyasalarında sağlanan görece istikrar mal ve hizmet piyasalarını da olumlu yönde etkilemiş; ekonomik faaliyetlerdeki daralma durmuş, üretim artmış, enflasyon düşmüştür. Yaşanan ekonomik krizlerin üstesinden gelmenin en önemli yolu üretim artışını sağlamaktır. Üretim artışı üç yolla sağlanabilir. Bunlardan biri, yeni bir yatırım yapmak, diğeri mevcut kapasite ve kaynakları verimli kullanmak, bir diğeri ise atıl kapasiteyi minimum düzeyde tutabilmektir. Tüm dünyada kaynak kıtlığının ön plana çıktığı göz önüne alındığında,

önceliğin kaynakların daha etkin kullanılmasında olduğu ve dolayısıyla da verim ve verimlilik kavramlarının öneminin açıkça ortaya çıktığı görülmektedir.

Verim, işletmenin girdileri, yani kaynakları ile ilgili bir kavramdır. Yapılanların en iyi ve doğru biçimde, en düşük kaynak tüketimi, en düşük maliyet, en az kayıp ile gerçekleştirilmiş olup olmadığıdır.

$$V = \frac{TBK}{TK} \times 100$$

eşitliği ile ölçülmektedir (Akal, 2002; s. 20-21). Bu eşitlikte;

V = Verimi

TBK = Tüketilmesi beklenen kaynakları (yararlı girdi)

TK = Tüketilen kaynakları

gösterir.

Verimlilik ise, bir üretim ya da hizmet sürecinin belli bir dönem sonunda üretilmiş olan ürün ve hizmetlerle (çıktı), bu üretimi gerçekleştirmek amacıyla kullanılan üretim kaynaklarının (girdi) birbirine oranlanması ile elde edilen bir katsayıdır.

$$\text{Verimlilik} = \text{Çıktı} / \text{Girdi}$$

formülü ile ifade edilmektedir.

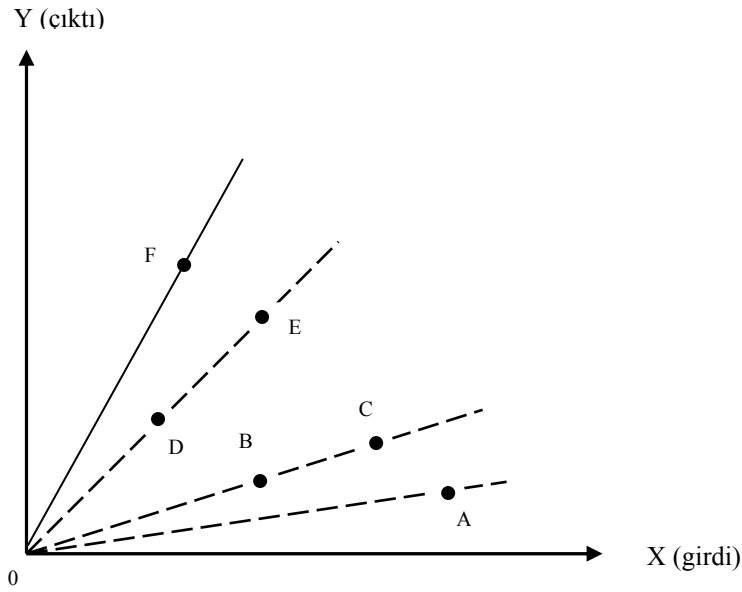
Tek girdi – tek çıktı durumu dikkate alındığında, herhangi bir karar verme biriminin<sup>1</sup> verimliliği, çıktının girdiye oranı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, (0,0) noktasından başlayan ve karar verme birimini temsil eden noktadan geçen doğrunun eğimi, bu karar verme birimi için verimlilik değerini vermektedir (Tarım, 2001; s. 11). Şekil 1.1’de tek girdi – tek çıktı durumu için gözlenen çeşitli karar verme birimleri verilmiştir. Bu karar verme birimleri içerisinde en yüksek verimliliğe F karar verme biriminin sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise, diğer karar verme birimlerine nazaran daha az kaynak (girdi) kullanmasına karşın daha çok ürün ya da

---

<sup>1</sup> KVB, bir takım girdileri bir takım çıktılara dönüştürmekten sorumlu işletme veya ekonomik kuruluşlar, departmanlar, hükümet programları vb. olarak tanımlanır. Kısaca “karar birimi” olarak da nitelendirilir. (KVB - Decision Making Units” ya da “DMU’s)

hizmet (çıktı) üretmesidir. Bu karar verme biriminden geçen ve eğimi verimlilik düzeyini gösteren doğru kesiksiz çizgi ile gösterilmiştir. Gözlemler arasında en düşük verimliliğe A karar verme birimi sahiptir. B ve C karar verme birimleri birbirinden çok farklı ölçekte çalışmalarına rağmen aynı verimlilik düzeyindedirler. Benzer şekilde, D ve E karar verme birimleri de aynı verimlilik düzeyinde olup, verimlilik değeri F'den küçük, diğerlerinden büyüktür.

**Şekil 1.1.** Verimlilik



Kaynak: TARIM, Armağan (2001), “VZA-Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçümü Yaklaşımı”, Sayıştay Yayınları; s. 11

Az girdi kullanarak çok çıktı üretebilen F karar verme birimi en yüksek verimliliğe yani “en verimli ölçek büyüklüğü (Most Productive Scale Size – MPSS)”ne sahiptir. Optimum olan bu ölçek büyüklüğünün üzerine çıkınca veya altında kalınca karar verme birimlerinin verimliliklerinin düştüğü gözlenmektedir (Tarım, 2001; s. 11).

Üretim süreçlerinin tamamına yakını, birden çok girdi faktörü kullanarak, birden çok çıktı faktörü üretmektedirler. Bu şartlar altında tek bir girdi faktörü ve tek bir çıktı faktörünü diğerlerinden ayırarak verimlilik değerlendirmesi yapmak belirleyici olmamaktadır.

Örneğin, A,B,C,D olarak isimlendirilmiş dört karar verme biriminin, üretim sürecinde kullandıkları rasgele belirlenmiş iki tür girdi ( $I_1$  ve  $I_2$ ) ve iki tür çıktısı

( $O_1$  ve  $O_2$ ) bulunmaktadır. Bu durumda dört ayrı kısmi verimlilik oranı hesaplamak mümkündür, ( $O_1/I_1, O_2/I_1, O_1/I_2, O_2/I_2$ ). Bu oranlar içerisinde en yüksek oran, karar verme birimlerinin az girdi kullanarak çok çıktı ürettiğini gösterir (Tablo 1.1).

**Tablo 1.1.** Toplam Faktör Verimliliği

Karar Verme Birimleri	Girdiler		Çıktılar		Oranlar			
	$I_1$	$I_2$	$O_1$	$O_2$	$O_1/I_1$	$O_2/I_1$	$O_1/I_2$	$O_2/I_2$
A	3	0.7	2.8	0.9	0.933	0.3	4	1.286
B	3.2	1.3	2.8	2.3	0.875	0.719	2.15	1.769
C	5.4	2	5.5	1.7	1.019	0.315	2.75	0.85
D	4	1.2	2.2	1.4	0.55	0.35	1.833	1.166

Eğer  $O_1/I_1$  oranı temel alınır, en verimli karar verme birimi C, en verimsiz karar verme birimi olarak D bulunur. Verimlilik indikatörü olarak  $O_2/I_1$  oranının seçilmesi durumunda, en verimli karar verme birimi B, en verimsiz karar verme birimi A'dır.  $O_1/I_2$  oranına göre yapılacak bir sıralama sonucunda, A en verimli, D en verimsiz karar verme birimi olarak bulunur.  $O_2/I_2$  oranını verimlilik göstergesi olarak alırsak, B en verimli, C ise en verimsiz karar verme birimidir. Kullanılan her orana göre verimli bulunan karar verme birimi farklılık göstermektedir. Bir yandan, bir orana göre verimli bulunan karar verme birimi, başka bir orana göre verimsiz olarak da değerlendirilebilir.

Bu örnekten de anlaşılacağı üzere, çok girdili – çok çıktılı üretim süreçlerinin verimlilik ölçümünde basit oran yaklaşımı yetersiz kalmaktadır. Bir oran analizi olan basit verimlilik ölçümünün bu tür sakıncalarını ortadan kaldırmak üzere toplam faktör verimliliği (Total Factor Productivity – TFP) kavramından faydalanılmaktadır. Toplam faktör verimliliğinde, üretim sürecinin girdileri toplanarak tek bir girdi faktörüne (sanal girdi) ve çıktıların toplamı da tek bir çıktı faktörüne (sanal çıktı) indirgenir ve belli bir üretim faaliyeti sonucunda elde edilen ürünün, üretilmesinde kullanılan üretim faktörüne bölümü olarak tanımlanabilir (Tarım, 2001; s. 13). Bu yaklaşımın en zayıf noktası ise, farklı özellikteki girdi ve çıktı faktörlerinin nasıl toplanacağı konusunda herhangi bir ipucu vermemesidir. Bu nedenle de kısmi verimlilik kavramı ortaya

atılmıştır. Bu kavramla, ortak girdi ve çıktı faktörlerinin bir araya toplanması sağlanmaktadır.

#### **1.4. Etkililik ve Etkinlik**

Etkililik, amaçlarla ve çıktılarla ilgili bir kavramdır. Gerçekleşmesi mümkün olana kıyasla gerçekleşendir (Prokopenko, 2003; s. 23). Elde edilen çıktılar, belirlenen hedefe ne kadar yaklaştığını ifade eder, ve

$$\text{Etkililik} = \frac{\text{Gerçekleşen Çıktı}}{\text{Planlanan Çıktı}}$$

ile tanımlanır.

Etkinlik ise mevcut girdileri kullanarak en fazla çıktıyı üretmek veya belirli bir çıktıyı üretmek için en az girdiyi kullanmak olarak tanımlanabilir. İşletme düzeyinde kaynakların, yani müşteriye ulaşacak mal ve hizmetlerin üretilebilmesi için kullanılan girdilerin belirli standartlarla karşılaştırılması sonucu bulunan bir gösterge olup,

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Fiili Miktar}}{\text{Standart Miktar}}$$

ile tanımlanır.

Oran sonucunun “1” olması istenir. “1” değerine sahip olan karar verme birimlerinin performansları diğerlerinden daha iyidir ve “etkin karar verme birimi” olarak nitelendirilir. Oranın bu değere ulaşamaması durumunda, söz konusu faaliyetin gerçekleştirilmesinde hedefin üzerinde veya altında bir performans sergilediği düşünülür. Aynı zamanda bu sonuç, işletmenin davranışsal amaçlarına ulaşamadığını da gösterir. Performansı diğerlerine göre iyi olmayan karar verme birimlerinin her biri ise “etkin olmayan karar verme birimi” olarak tanımlanmaktadır. Sonuçta, etkinlik ölçümünün konusu, kullanılan kaynakların belirli bir zamanda ve biçimde kullanımı ile gerçekleşen sonuçların, hedeflenen sonuçlara göre değerlendirilmesidir. Buna göre etkinliği, görece olarak en iyi uygulama sınırıyla gözlenen girdi – çıktı kombinasyonları arasındaki uzaklık olarak tanımlamak mümkündür. Etkinlik sağlanmadan yüksek verimlilik düzeyine ulaşmak mümkün değildir (Karasoy, 2000, s. 2; Yavuz, 2003, s. 2; Helfand, 2003, s. 16).

Karar verme biriminin, zaman içinde istenilen sonuçları gerçekleştirmekteki başarısını kıyaslamayı konu alan kavram ise görece etkinlik (relative efficiency) olarak

tanımlanır (Karasoy, 2000; s. 2). Etkinlik ölçümünde, etkin bulunan karar verme biriminin diğerlerine göre neden etkin olduğu veya nasıl etkin olduğu görelidir. Bunun nedeni, etkin karar verme biriminin diğerlerine göre hesaplanmasından kaynaklanmaktadır (Martin, 2003, s. 4) .

Etkinlik, mevcut kaynakların kullanımıyla ilgili bir kavramdır. Bu durumda bir işletme etkin olmakla birlikte etkili çalışamayabilir ya da tam tersi bir durum söz konusu olabilir (Tablo 1.2) (Baş ve Artar, 1991; s. 35).

**Tablo 1.2.** Çeşitli Etkililik ve Etkinlik Bileşenleri

Etkililik	Kaynak Kullanımı (Etkin)	
	<i>KÖTÜ</i>	<i>İYİ</i>
<b><i>YÜKSEK</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etkili, fakat etkin değil bazı kaynaklar boşa gidiyor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etkin ve etkili, hedeflere ulaşıyor</li> <li>▪ Kaynaklar iyi kullanılıyor</li> <li>▪ Yüksek performans</li> </ul>
<b><i>DÜŞÜK</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ne etkili, ne etkin</li> <li>▪ Hem hedefler başarılamıyor, hem de kaynaklar boşa gidiyor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etkin, fakat etkili değil</li> <li>▪ Hedeflere ulaşılamıyor</li> <li>▪ Kaynak kullanımı iyi</li> </ul>

Kaynak: BAŞ, İ.M., ARTAR, A. (1991), “İşletmelerde Verimlilik Denetimi Ölçme ve Değerlendirme Modelleri”, MPM Yayın No: 435, Ankara, s. 35

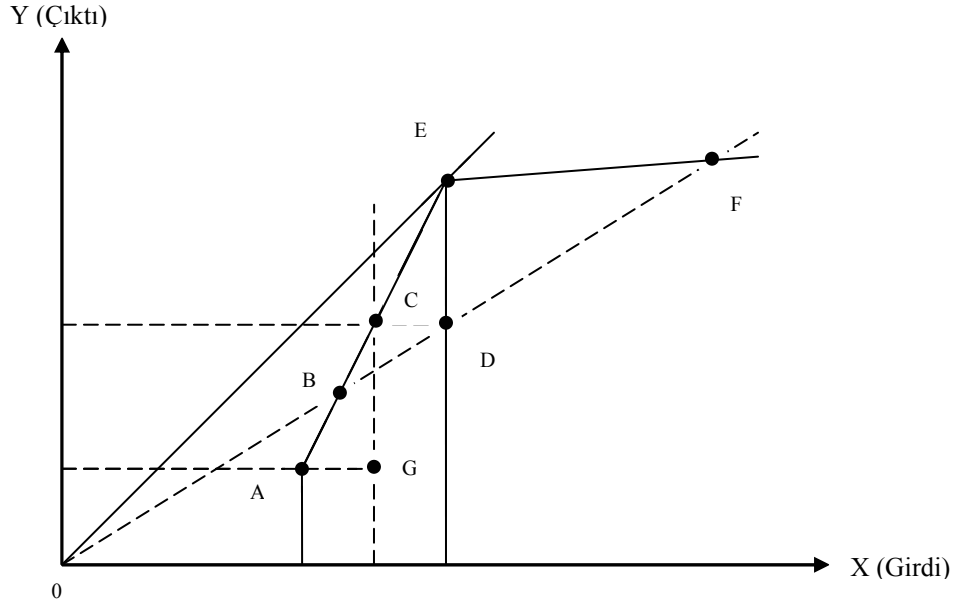
Farrel (1957)’e göre, iki ayrı etkinliğin bileşkesi olan maliyet etkinliği bir işletmenin en az maliyetle üretim yapmadaki ekonomik başarısının bir göstergesi olmaktadır. Bu bileşkeyi oluşturan etkinlikler, Teknik Etkinlik ve Tahsis Etkinliği’dir. Teknik Etkinlik, belli bir girdiden en yüksek düzeyde çıktı üretilmesi veya aynı çıktının daha az girdi ile elde edilmesi olarak tanımlanabilir (Töngür, 2001, s. 5). Tahsis Etkinliği ise literatürde, girdi fiyatlarına dayalı olarak en uygun girdi bileşimini yaratma başarısı olarak tanımlanır (Aktaş, 2001, s. 164).

Tek girdi ve tek çıktı durumu dikkate alınarak yapılan analize göre elde edilen sonuçlar Şekil 1.2’de verilmiştir. Bu şekilde, A ve C karar verme birimleri üretim sınırında yer almakta ve teknik etkin olarak tanımlanmaktadır. G karar verme birimi ise,



A ile aynı çıktı düzeyini daha fazla girdi kullanarak gerçekleştirmektedir. Öte yandan, G karar verme birimi, C ile aynı miktarda girdi kullanmış olmasına karşın daha az çıktı üretmiştir. Bu nedenle, G'nin teknik olarak etkinsiz olduğu söylenebilir.

**Şekil 1.2.** Teknik Etkinlik ve Verimlilik



Kaynak: TARIM, Armağan (2001), “VZA-Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçümü Yaklaşımı”, Sayıştay Yayınları; s. 16

Bu üç gözlemin verimlilikleri, çıktı / girdi oranından hesaplanmakta, ve sonuçta, C'nin G ve A karar verme birimlerine kıyasla daha verimli olduğu, G'nin ise en verimsiz olduğu sonucuna varılmaktadır. A ve C karar verme birimleri teknik etkin olarak değerlendirilmelerine karşın, A, C'ye kıyasla daha verimsizdir.

G karar verme birimi C'ye doğru kayarak teknik etkinliğini ve verimliliğini artırabilir. Çünkü üretim sınırına yaklaşmakta ve çıktı / girdi oranı büyümektedir. A karar verme birimi ise C karar verme birimine doğru kayarak teknik etkinliğini korurken ölçekten kaynaklanan avantajla verimliliğini arttırabilir. Çünkü hala üretim sınırında bulunmakta ve çıktı / girdi oranı büyümektedir. Görelî olarak verimli olan E karar verme birimi en verimli ölçek büyüklüğüne sahiptir. E ile D karar verme birimleri karşılaştırıldığında, D karar verme birimi üretim sınırı üzerinde yer almadığı için teknik

olarak etkinsiz ve aynı zamanda verimsizdir. Çünkü aynı düzeyde girdi kullanarak daha az çıktı üretmekte, girdilerini iyi kullanmamaktadır.

Optimum ölçekte üretim yapmadaki başarı ölçek etkinliği olarak tanımlanmaktadır ve teknik etkinlik ile ölçek etkinliği birlikte VZA (Veri Zarflama Analizi)<sup>2</sup> etkinliğini (toplam etkinlik) oluşturur. Buna göre (Cingi ve Tarım, 2000, s. 3 );

$$\text{VZA Etkinliği} = \text{Teknik Etkinlik} * \text{Ölçek Etkinliği}$$

ile ifade edilir. Şekil 1.2'deki E ve D karar verme birimlerinin ölçek etkin oldukları, fakat bu ikisinden sadece E'nin teknik etkin, D'nin ise teknik etkinsiz olduğu; A, B, C ve F karar verme birimlerinin teknik etkin olmalarına karşın ölçek etkin olmadıkları; G karar verme biriminin ise ne ölçek etkin ne de teknik etkin olduğu söylenebilir.

B ve F karar verme birimleri ölçek açısından değerlendirildiklerinde, her ikisinin de ölçek etkinliğine sahip olmadıkları görülmektedir. B karar verme birimi teknik etkinliğini korumakla birlikte, ölçeğini büyüttüğü zaman verimliliğinin artacağı söylenebilir. Bu durum, ölçeğe göre artan getiri (Increasing Return to Scale – IRS) olarak adlandırılır. Ölçeğe göre artan getiri, girdi miktarındaki herhangi radyal (oransal)<sup>3</sup> bir artışın çıktı miktarında daha büyük bir radyal artışa neden olmasıdır (Yolalan, 1993; s. 13). F karar verme birimi ise, teknik etkinliğini koruyarak ölçeğini küçülttüğü zaman verimliliğinde artış gözlenecektir. Bu durum, ölçeğe göre azalan getiri (Decreasing veya Diminishing Return to Scale – DRS) olarak isimlendirilir. Ölçeğe göre azalan getiri, üretimde kullanılan girdi miktarı iki kat artmasına karşın üretilen çıktı miktarının bir kat artması durumunda söz konusu olur.

Üretim sınırında, ölçeğe göre artan, azalan ve sabit getiri aralıklarının birlikte bulunabileceğinin kabulü, ölçeğe göre değişken getiri (Variable Return to Scale – VRS) kavramıyla tanımlanmaktadır. Ölçeğe göre sabit getiri kavramı, girdi ve çıktı miktarında aynı oranda artışın söz konusu olduğu durumda kullanılır.

---

<sup>2</sup> Veri Zarflama Analizi, Data Envelopment Analysis-DEA olarak da adlandırılır.

<sup>3</sup> Radyal kelimesi ile, girdilerdeki her bir bileşen için aynı oranda girdi azalmasının, çıktılardaki bileşen için ise aynı oranda çıktı artışının varolduğu kabul edilir. Radyal uzaklık terimi ise, bir noktanın geometrik olarak orjine olan uzaklığı şeklinde tanımlanmaktadır (Korhonen, 2000, s. 2).

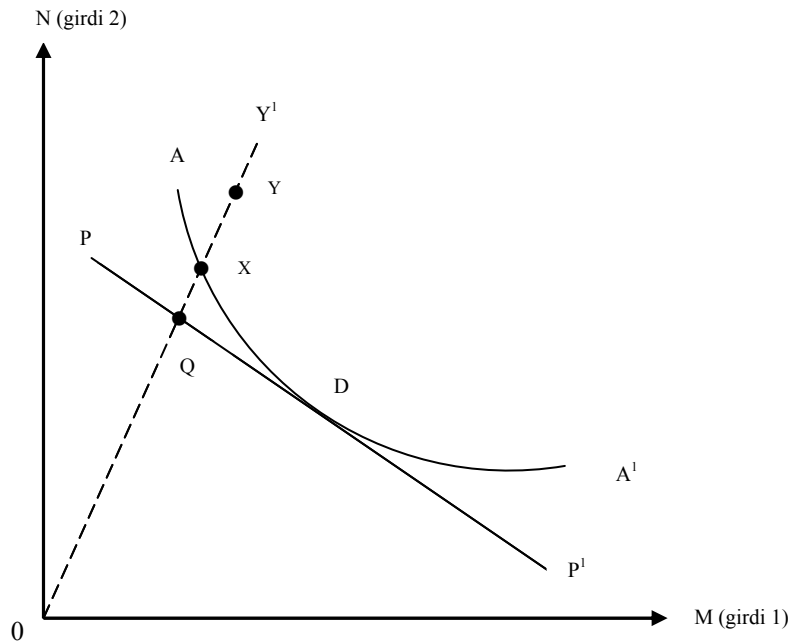
Bir diğ er temel etkinlik kavramı ise ekonomik etkinliktir. Ekonomik etkinlik, girdi (üretim için gerekli olan hammadde) fiyatlarının belli bir düzeyde, en düşük maliyete neden olacak girdi karışımını seçerek sağlanmaktadır.

#### 1.4.1. Etkinlik Sınırı

Üretim ya da hizmet sisteminin, kaynakları rasyonel kullanarak etkinliği arttırmak suretiyle üretimi ne kadar arttırabileceklerini bilmesi önemlidir. Etkinlik tanımı ile, etkin bir üretim fonksiyonunun bilindiği varsayımından hareketle, tam etkin bir işletmenin her hangi bir girdi setinden elde ettiği gelir kastedilir.

Farrell'in (1957) yaklaşımının temelini oluşturan ve teknik etkinlik ölçümünde kullanılan üretim fonksiyonunun bilindiğini varsayarak, etkinlik sınırı Şekil 1.3'de daha iyi açıklanabilir.

Şekil 1.3. Teknik Etkinlik Sınırı



Kaynak: TÖNGÜR, Levent (2001), “ Sağlık Bakanlığına Bağlı Hastanelerde Etkinlik Analizi; Veri Zarflama Analizine Ait Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Ün v. FBE, Ankara, s. 9

M ve N girdilerini kullanarak (g) çıktısını üreten bir işletmenin üretim fonksiyonu;

$$g = f(M, N)$$

eşitliği ile ifade edilir. Etkin üretim fonksiyonuna ait şekil 1.3 de AA<sup>1</sup> eğrisi ile gösterilen eş ürün eğrisi<sup>4</sup> üzerindeki X noktası, etkin bir işletmenin kullandığı faktör bileşimlerini gösterir. Y<sup>1</sup> doğrusu ise, bir birim ürün elde etmek için bir başka işletmenin kullanması gerektiği alternatif faktör bileşimlerini gösterir. Aynı dalda faaliyet gösteren Y işletmesi daha az etkin bir faaliyet göstermektedir. Çünkü Q işletmesi Y işletmesine oranla aynı seviyede mal ürettiği halde, her iki faktörden de (M ve N girdileri)  $\frac{OX}{OY}$  oranında daha az kullanmaktadır. Dolayısıyla  $\frac{OX}{OY}$  oranı, X işletmesinin teknik etkinlik göstergesi olarak kabul edilebilir. Bu oran 1'den küçük bir değer taşımaktadır. Potansiyel veya “maksimal” performans sınırı olarak tanımlanır. Performans iyileştikçe, etkinlik oranı 1'e yaklaşır. Bu nedenle, teknik etkinlik 0 ve 1 arasında değişmektedir. PP<sup>1</sup> doğrusu, eş maliyet doğrusunu göstermektedir.

$$Y = \frac{OQ}{OX}$$

oranı Y işletmesinin ekonomik etkinliğini ifade eder. Bu oran maliyeti minimize edecektir.

Ekonomik etkinlik, işletmenin optimal girdilerinin seçimindeki başarıları ölçerken, teknik etkinlik elde edilen verilerle maksimum çıktının elde edilmesindeki başarısını ölçmektedir. Toplam etkinlik (OE = 1.00), teknik etkinlik ve ölçek etkinliğini bir arada gerektirir.

Yani;

$$\text{Ölçek etkinliği (AE)} = \text{Teknik Etkinlik (TE)} = 1.0$$

olması durumunda, A ve A<sup>1</sup> eğrisi üzerinde optimal üretimi D belirlemektedir. D noktası X'e oranla daha az maliyetli olmaktadır.

#### 1.4.2. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri

Genel olarak etkinlik ölçümünde kullanılan yöntemleri üç ana başlık altında toplayabiliriz (Yolalan, 1993; s 4-5). Bu bölümde ölçüm yöntemleri detaya inilmeden genel olarak tanımlanmış ve Veri Zarflama Analizi'nin (VZA) bu yöntemler içindeki genel konumu ve diğer yöntemlerin birbirleriyle karşılaştırılması yapılmıştır.

<sup>4</sup> Değişik girdi miktarları ile elde edilebilecek aynı çıktı miktarını gösteren eğriye eş ürün eğrisi denir.

### **1.4.2.1. Oran Analizi**

Etkinlik ölçümünde kullanılan yöntemlerden en basit ve yaygın olanıdır. Oran analizleri oldukça az bilgiye gereksinim duydukları için yaygın ve genellikle bir girdi ve bir çıktı ile sınırlandırılmış yapılardan dolayı oldukça dar kapsamlıdır. Oranların kullanılmasındaki diğer bir kısıt da, bir şeylerle karşılaştırmaya ihtiyaç duymalarıdır. Örneğin oran ölçümünün yapıldığı işletmelerde karşılaştırmalar, ya sayısal değerlerle, ya kendi içeriğindekiyle ya da diğer işletmelerin benzer değerleriyle ilişkilendirilmektedir (Üte, 2002; s 33).

Oran analizi, fiili olarak gerçekleşen verilerin değerlendirilmesini yapar, yani geçmişe dayalı (ex post) bir değerlendirme yöntemidir (Karasoy, 2000; s 9).

Oran analizi sonucunda bulunan oranların bazıları, işletmenin son derece başarılı olduğu görünümünü verirken, bazıları da işletmenin son derece başarısız olduğu sonucunu vermektedir. Bu olumsuzluğun başlıca nedeni, oran analizinin tek boyutlu yapıya sahip olmasıdır. Çoklu girdi ve çoklu çıktısı olan üretim ya da hizmet sistemlerinde oran analizini kullanmak anlamlı olmamaktadır.

### **1.4.2.2. Parametrelî Yöntemler**

Bu yöntemlerde, verimlilik ölçümü gerçekleştirilecek olan endüstri dalına ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayımı yapılır ve bu fonksiyonun parametrelerinin belirlenmesine çalışılır. Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonuna ilişkin parametrelerin belirlenmesi bu tür yöntemlere örnek olarak gösterilebilir. Parametrelî yöntemlerde genel olarak regresyon analizleri ile tahmin yapılırken, üretim fonksiyonu çoğunlukla tek çıktı ile birçok girdiyi ilişkilendirerek tanımlanmaktadır. Regresyon analizi, birçok girdi ile çıktıyı içerebildiğinden oran analizinden daha üstün ve kapsamlıdır. Etkinlik analizinde, regresyon analizi, girdi düzeylerinin bir fonksiyonu olarak karar verme biriminin çıktı düzeyinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Regresyon analizi ile etkinlik ölçümü, regresyon doğrusuna göre yapılmaktadır. Regresyon doğrusunun üzerinde kalan noktalar etkin, doğru altında veya doğru üstünde kalan noktalar etkisiz olarak nitelendirilebilir (Cooper vd. , 2000, s. 23). Etkinlik ölçümünde regresyon analizinin bazı dezavantajları söz konusudur. Bunlardan biri, en iyi performansa göre etkinlik

analizi yerine ortalama performansa göre etkinlik analizi yapmaktadır. Diğer bir sakıncası ise, birden çok girdi değişkenine karşılık tek çıktının analizini yapmakta; çoklu girdi ve çoklu çıktı arasındaki ilişkiyi açıklamada yetersiz kalmaktadır.

### **1.4.2.3. Parametresiz Yöntemler**

Parametrelili yöntemlere bir alternatif olarak ortaya çıkan bu yöntemler genellikle matematiksel programlamayı çözüm tekniği olarak benimsemişlerdir. Parametresiz yöntemler, üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmezler. Bu nedenle daha esneklerdir.

Parametresiz etkinlik ölçütleri, girdi ve çıktı ölçüm birimlerinden bağımsızdırlar. Bu özellikleriyle de işletmenin değişik boyutlarının aynı anda ölçülebilmesine imkan sağlamaktadırlar. Bu ölçütler her bir karar verme birimi için en uygun amaç kümesini belirler. Parametresiz yöntemler, gözlem kümesi etkin olan ve olmayan şeklinde iki ana gruba ayrılmaktadır ve etkin olmayan birimlerin etkin hale dönüştürülmesinde, ne gibi önlemler alınmasına ilişkin önemli bilgiler üreterek kullanıcılara yol göstermektedir.

Bu yöntemler de bazı kısıtlar vardır. Bunların en önemlisi, parametresiz etkinlik ölçütlerinin veri tabanına karşı son derece duyarlı olmalarıdır. Bu nedenle, girdi ve çıktı verilerinin meydana gelebilecek hatalardan uzak tutulması, belirlenmiş girdi ve çıktı bileşenlerinin üretime dönüşümünü iyi bir şekilde temsil etmesi gerekmektedir. Veri zarflama analizi, karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacı ile kullanılan parametresiz bir etkinlik yöntemidir (Üte, 2002; s 34). VZA'nın regresyon analizinden en önemli farkı, regresyon analizinin ortalama göstermesine karşın, VZA'nın en iyi performansla ilgilenip, sınır doğrusundan sapmalarla bütün performansları değerlendirmesidir. Aşağıda özetle matematiksel programlama kökenli etkinlik ölçütleri olan parametresiz yöntemlerin güçlü ve zayıf yönlerine değinilecektir (Yolalan, 1993, s. 86-87).

#### **1.4.2.3.1. Parametresiz Etkinlik Ölçütlerinin Güçlü Yönleri**

- Parametresiz etkinlik ölçütleri birçok girdi ve birçok çıktılı üretim ortamlarında işletmenin değişik boyutlarını tek bir etkinlik ölçütüne indirgemeye olanak sağlar.

- Parametresiz etkinlik ölçütlerinin büyük bir çoğunluğu girdi ve çıktı ölçüm birimlerinden bağımsızdırlar.
- Parametresiz etkinlik ölçütleri üretim fonksiyonunun analitik yapısı hakkında herhangi bir önvarsayım gerektirmezler.
- Parametresiz etkinlik ölçütleri her bir karar verme birimi için görelî etkinliği hesaplarırken amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı ençoklar ve her bir karar verme birimi için en uygun çözüm kümesini belirler. Oysa parametrelî yöntemler, endüstri grubunun tümünü göz önüne alıp ortalama etkinliğe göre ölçüm yapmaktadırlar.
- Parametresiz etkinlik ölçütleri gözlem kümesini etkin olanlar ve olmayanlar olmak üzere iki ana gruba ayırırken, etkin olmayan her bir karar verme biriminin etkin hale dönüştürülebilmesi için ne gibi önlemler alınmasına ilişkin önemli bilgiler üretir.

#### **1.4.2.3.2. Parametresiz Etkinlik Ölçütlerinin Zayıf Yönleri**

- Parametresiz etkinlik ölçütleri, veri hatalarına karşı son derece duyarlıdırlar. Bu nedenle, girdi ve çıktı verilerinin olabilecek hatalardan arındırılmasına önem verilmelidir. Ayrıca seçilen girdi ve çıktı bileşenlerinin üretim dönüşümünü iyi bir şekilde temsil edemediği durumlarda etkinlik ölçümü başarısız olmaktadır.
- Parametresiz etkinlik ölçütleri belirli bir gözlem kümesinden hareketle görelî etkinliği ölçmektedirler. Gözlem kümesindeki aşırı derecede büyük ya da küçük girdi ve çıktı değerlerine sahip olan bazı gözlemler etkinlik sınırının oluşmasında problem yaratabilmektedirler.
- Parametresiz etkinlik ölçütleri, çok fazla sayıda karar değişkeninin (girdi ve çıktı ağırlıklarının her bir karar verme birimi açısından) hesaplanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, bu tip ölçütlerin serbestlik derecesi oldukça yüksektir. Bu da çok fazla sayıda parametrenin yorumlanması gereğini beraberinde getirmektedir.
- Parametresiz etkinlik ölçütleri, her ne kadar etkin olan ve etkin olmayan karar birimlerini birbirinden ayırıyorlarsa da, etkin olan ve etkinlik sınırını oluşturan karar birimlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında yetersiz kalmaktadırlar.

### 1.4.3. Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Her yöntemin birbirine göre üstün ya da zayıf yönleri vardır. Önemli olan ölçüm yapacağımız birime göre optimum sonucu verecek yöntemin belirlenmesidir. Bu toplam etkinlik ölçüm yöntemleri, genellikle dinamik ve bütünleşik bir yapıda kurulan ve çoğunlukla bilgisayara dayanan ölçüm yöntemleridir. Genel amaçlı, standart göstergelerin ve yöntemlerin geliştirilmesinin imkansız olmasından dolayı yöntemlerden herhangi birinin en ideal olduğunu söylemek de imkansızdır. Ancak, VZA yönteminin farklı yapıya sahip olduğu ve çok girdili – çok çıktılı ortamlar için en iyi sonuçlar verdiği, uygulama alanının çok geniş olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, parametresiz yöntemler hızlı bir teorik gelişim göstermişlerse de halen birçok zayıf yönleri bulunmaktadır. Mevcut zayıf yönlerinin giderilmesiyle parametresiz etkinlik ölçütleri, gelecekte daha yaygın ve daha etkin olarak kullanılabilir. Tablo 1.3’de etkinlik ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması yapılmaktadır.

**Tablo 1.3.** Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

<b>Karşılaştırma</b>	<b>YÖNTEM SINIFI</b>		
	<b>Oran Analizi</b>	<b>Parametrelili Yöntemler</b>	<b>Parametresiz Yöntemler</b>
<b>Çözüm Tekniği</b>	Oranlamalar	Regresyon	Matematiksel Programlama
<b>İçerik</b>	Tek Girdi/Tek Çıktı (Tek Boyutlu)	Çok Girdi/Tek Çıktı (Tek Boyutlu)	Çok Girdi/Çok Çıktı (Çok Boyutlu)
<b>Ön Hazırlık (Veri Temini)</b>	Basit	Basit (Ölçümü yapılacak birim analitik forma uygun olmalı)	Detaylı (Kullanılacak girdi ve çıktılara bağlı)
<b>Uygulama</b>	Kolay	Kolay	Kolay (Detaylı)
<b>Performans Ölçümüne Uygunluğu</b>	Kısıtlı	Kısıtlı	Geniş

Kaynak: ÜTE, Esin (2002), “ Veri Zarflama Analizi Tekniği ile Sağlık Sektörünün Operasyonel Etkinliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniv. SBE, Adana, s. 36



## 2. BÖLÜM: VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Birinci bölümde VZA da kullanılan temel kavramlar ele alınmış, performans, performans yönetimi, verim ve verimlilik, etkililik ve etkinlik kavramları genel olarak açıklanmış, etkinlik ölçüm yöntemlerine kısaca değinilmiş ve VZA'nın bu yöntemler içindeki yeri ve diğer yöntemlerle kıyaslanması yapılmıştır. Bu bölümde ise, VZA'nın tarihçesi, uygulama alanları, avantaj ve dezavantajları, uygulanabilmesi için gerekli olan adımlar, temel VZA modelleri ve uygulamadan örnekler incelenecektir.

VZA, birçok girdi ve çıktının gözlemlendiği, bu gözlenen girdi ve çıktıların tek bir toplam girdi ve çıktıya dönüştürülemeyeceği durumlarda üretim verimliliğini ölçmek için kullanılan bir model olarak tanımlanmaktadır. Özellikle birden fazla girdi ya da çıktının ağırlıklı girdi veya çıktı setine dönüştürülemediği durumlarda etkin bir yaklaşım olarak kabul görmüştür (Martin, 2003, s. 3; Ulucan, 2002, s. 1). Boussofiane vd.(1991)'ne göre VZA, birden çok ve farklı ölçeklerle ölçülmüş ya da farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıların karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar verme birimlerinin görece performansını ölçmeyi amaçlayan parametrik olmayan bir tekniktir. Diewert ve Parkan (1983) parametrik olmama terimini, ilgili üretim teknolojisi için sonlu sayıda parametresi olan ve fonksiyonel formu belirlenmiş (örneğin Cobb-Douglas fonksiyonel formu) bulunan bir fonksiyon sınıfına ait olma varsayımı yapılmadığı biçiminde açıklamıştır. Bu yaklaşımın bir başka özelliği ise, sınırın parçalı doğrusal olarak tanımlanmasıdır. Parametrik yöntemlerde, bunun tersine, sınır kıraksız olarak tanımlanmaktadır (Tarım, 2001, s. 45).

VZA'nın kullanılabilmesi için öncelikle aynı kararların uygulandığı ve benzer organizasyona sahip olan karar verme biriminin seçilmesi gerekmektedir. Karar verme biriminin etkinliğinin ölçülebilmesi için bu birimlere ait girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmelidir. VZA modelinin ayrıştırma yeteneğinin çok olabilmesi için girdi ve çıktı sayısının çok olması arzulanır. Bu nedenle mümkün olduğunca çok sayıda girdi ve çıktı elemanı seçilmelidir. Ancak; seçilen girdi ve çıktı elemanlarının her karar verme birimi için kullanılması gerekmektedir. Değerlendirmeye alınan karar verme birim sayısı, araştırmanın güvenilirliği açısından, seçilen girdi sayısı  $m$ , çıktı sayısı  $p$  olarak ifade edildiğinde  $m+p+1$  adet ya da girdi ve çıktı sayılarının toplamının en az 2 katı olmalıdır (Boussofiance vd., 1991, s. 7-8).

VZA'nın görelî etkinliği ölçme şekli iki aşamalı olarak, kısaca şu şekildedir (Yolalan, 1993, s. 27-28):

- 1) Herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten “en iyi” gözlemleri (ya da etkinlik sınırını oluşturan karar verme birimlerini) belirler.
- 2) Söz konusu sınırı “referans” olarak kabul edip, etkin olmayan karar verme birimlerinin bu sınıra olan uzaklıklarını (ya da etkinlik düzeylerini) “oransal” olarak ölçer.

VZA da esas olan **b** adet karar verme biriminin, **p** adet çıktıyı, **m** adet girdi kullanarak üretmesidir. Herhangi bir karar verme biriminin görelî etkinliği, ağırlıklandırılarak bir araya getirilen çıktılarını, yine ağırlıklandırılarak bir araya getirilen girdilerine oranlanarak elde edilir. Aynı işlem **n** adet benzer işi yapan karar verme birimi için de yapıldığında her birimin etkinliği ortaya çıkar. Ancak; her karar verme birimine kendi girdi – çıktı ağırlıklarını verme imkanı tanınsa, tüm birimler, muhtemelen en iyi oldukları çıktıların ağırlığını en yüksek verirler. Bu durumda; her problemde özel ağırlık setleri belirlemek gerekir ve genel bir yöntem bulunamaz. Diğer bir yol ise doğru ağırlık setini bulmaya çalışmaktan çok tüm birimlerin görelî etkinliklerini bulmaya çalışmaktır. VZA da tüm karar verme birimleri serbestçe ağırlıklarını verebilirler. Ancak; tüm birimlerin kendilerini etkin yapacak ağırlıkları seçerek taraflı olmalarının önüne geçmek için, probleme iki kısıt eklenir. İlk kısıta göre, karar verme birimleri ağırlıklarını öyle seçmelidirler ki, seçtikleri ağırlıklar kullanılarak diğer karar verme birimlerinin etkinliği ölçüldüğünde hiçbir karar verme biriminin etkinliği %100'ü (ya da 1'i) geçmemelidir. %100'ü geçen karar verme birimleri, etkin olmayan karar verme birimleri olarak tanımlanır. Etkin olmamak ise, VZA rasgele dalgalanma olmadığı varsayımına dayandığı için, öngörülen sınırdan sapmalar şeklinde ifade edilmektedir (Berger vd., 1993, s. 228). İkinci kısıta göre de hiçbir ağırlık negatif değeri taşımalıdır.

VZA yaklaşımı kullanıldığında, **b** adet karar verme biriminin görelî etkinliklerinin ölçülmesi problemi için, **n** adet kesirli doğrusal programlama modeli kurulmalı ve çözümlenmelidir. Her model kurulduğu organizasyonel karar verme birimi için 0 ile 1 arasında değışen bir etkinlik skoru üretir. VZA, en iyi gözlemi etkinlik sınırı

olarak kabul etmektedir. Bu belirlemenin ardından diğer gözlemler, bu en etkin gözleme göre değerlendirilir. Öte yandan, her modelin duali oluşturulup çözüldüğünde etkin olmayan birimlerin, hangi birimlere göre etkin olmadıkları ve etkin olmak için girdi ve çıktı düzeylerinde neler yapmaları gerektiği de elde edilir (Lang vd., 1995, s. 473; Ulucan, 2002, s. 4-5).

Bir karar verme birimi %100 etkinliğe, ancak şu durumlarda ulaşabilir:

1. Çıktıların hiçbiri
  - Girdilerden biri veya birden fazlası arttırılmadan ya da,
  - Diğer çıktılarından bazıları azaltılmadan arttırılamıyorsa
2. Girdilerden hiçbirisi
  - Çıktılardan bazıları azaltılmadan veya,
  - Girdilerden bazıları arttırılmadan azaltılamıyorsa.

VZA aynı zamanda, etkinlik ölçümleri için benchmark<sup>5</sup> işlevi de üstlenmektedir. Buradaki benchmark, örneklem içindeki etkin işletmelerin bir kombinasyonudur (Berg vd., 1993, s. 373).

Karsak ve İşcan (2000)'a göre VZA'nın getirdiği en önemli yeniliklerden biri, her karar verme birimindeki etkinsizlik miktarını ve kaynaklarını tanımlayabilmesidir. Bu özelliği ile yöntem, etkin olmayan birimlerde ne kadarlık bir girdi azaltma ve/veya çıktı miktarını arttırmak gerektiğine ilişkin olarak yöneticilere yol gösterebilir (Esenbel vd., 2002, s. 1). Ancak; tüm girdi ve çıktılar pozitif sayı olmak zorundadır ve boş bir girdi veya çıktı değeri tanımlanmamalıdır (Kuosamanen, 2003, s. 2). Yöntemin getirdiği en önemli özellik ise, birçok girdinin kullanılarak birçok çıktının elde edildiği ortamlarda, parametrik yöntemlerde olduğu gibi önceden belirlenmiş bir analitik üretim fonksiyonu varlığının öngörülmesine gereksinim duymadan ölçüm yapabilmesidir. Ayrıca; girdi ve çıktılar ölçüm birimlerinden bağımsızdırlar. Bu nedenle işletmenin değişik boyutlarının aynı zamanda ölçülebilmesi imkanı vardır (Yalçın vd., 2004, s. 530).

---

<sup>5</sup> Benchmark veya benchmarking, şirketin üstün performansa ulaşma yolunda en iyi ve en doğru yöntemleri arayışı ve uygulamasıdır (Camp, 1993, s. 27). Benchmark, başka birinin bir yönde sizden daha iyi olabileceği gerçeğini kabul etme mütevazılığını gösterip, onu nasıl yakalayıp geçebileceğimizi öğrenme ve deneme ustalığına sahip olmaktır (O'Dell, 1994, s. 63). Benchmark, aynı zamanda strateji geliştirmek ve işletmenin iş süreçlerindeki gerçek pozisyonunu saptayabilmek için stratejik plânlama sürecinde önemli bir sorumluluğudur (Watson, 1993, s. 12).

## 2.1. VZA'nın Tarihçesi

Veri zarflama analizi, İngilizce ifadesi ile "Data Envelopment Analysis", doğrusal programlama prensiplerine dayanan ve spesifik olarak karar verme biriminin görelî etkinliğini tahmin etmek için tasarlanmış olan parametresiz bir yöntemdir. VZA, ilk olarak, girdi ve çıktıları için piyasa fiyatları bulunmayan kamu kuruluşları, yani kâr amacı gütmeyen işletmelerde performansı ölçebilmek amacıyla geliştirilmiştir. Yöntem, klasik regresyon tekniğinin direkt olarak uygulanamadığı çoklu girdi ve çoklu çıktılar için üretim ilişkilerinde performans karşılaştırmalarında kullanılmaktadır (Yavuz, 2001, s. 15).

Üretim yönetimi/yönetim biliminde en sık kullanılan yöntem olarak ortaya çıkan VZA, 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından, Farrell'in (1957) sınır üretim fonksiyonu kavramına dayanılarak, kamu programlarına katkıda bulunan, kâr amacı gütmeyen kuruluşların teknik etkinliğini ölçmek amacıyla geliştirilmiştir (Korhonen, 2000, s. 148). 1978'de, W.W.Cooper'ın danışmanlığında Edwardo Rhodes'ın Cornege Mellon Üniversitesinde ki "Kent ve Kamu" konulu doktora tezi araştırmasına yardım etmek amacıyla okullar üzerinde ilk uygulama gerçekleştirilmiştir. Edwardo Rhodes bu çalışmasında "Program Follow Through"u değerlendirmiştir. Bu program dezavantajlı öğrenciler (çoğunlukla siyahlar ve Latin Amerikalı öğrenciler) için eğitim programıdır ve federal hükümetten destek sağlanarak ABD'deki kamu okullarına uygulanmıştır (Cooper vd., 1990, s. 4-5). Analiz, Program Follow Through'a katılmış ve katılmamış okul gruplarının performansını karşılaştırmayı içermektedir. Veri olarak, yapılan sosyal testlerin sonucundaki ölçümler alınmıştır.

Program Follow Trough için 11 tane çıktı ölçümü yapılmıştır ve bunlardan bazıları şunlardır;

1. Devletin Başarı Testleri ile ölçülmüş toplam okuma skoru
2. Devletin Başarı Testleri ile ölçülmüş toplam matematik skoru
3. Kendine güvenin bir ölçüm olarak belirlendiği "Coopersmith Kendine Güven Sayımı".

Buna karşın, 25 tane girdi ölçümü yapılmıştır ve bunlardan 5 tanesi ise şu şekildedir;

1. Anneler arasındaki yüksekokul diplomalı olanların yüzde ölçümlü olarak anne eğitimi seviyesi,
2. Önceden tertip edilen oran ölçüsüne göre bir aile üyesinin en yüksek mesleği,
3. Okula ziyaretlerin sayısını gösteren ebeveyn'e ait ziyaret çizelgesi,
4. Birlikte okuma ve benzeri gibi okulla ilgili konularda çocukla harcanan zaman verilerinden hesaplanan ebeveyn danışma cetveli,
5. Okuldaki öğretmen sayısı.

Burada toplam 70 tane okulun (karar verme biriminin) görelî etkinliğini, fiyatları göz ardı ederek, çoklu girdi ve çıktılarla tahmin etme arzusu, CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) formülasyonu olarak bilinen VZA oransal formülünü doğurmuş ve VZA'yı ilk duyuran çalışma olarak European Journal of Operations Research'de 1978 yılında yayınlanmıştır<sup>6</sup>.

CCR, tek bir "görsel" çıktı ile tek "görsel" girdinin oransal etkinlik ölçüsünü oluşturarak, Farrell'in (1957) tek çıktı/girdi teknik etkinlik ölçüsünden çoklu çıktı/girdi'yi oluşturmak için matematiksel programlamanın optimizasyon metodunu kullanmıştır.

Charnes, Cooper ve Rhodes yayınlamış oldukları orijinal makalelerinde, karar verme birimi kavramını ortaya atmaktadırlar. Bu terimle anlatılmak istenen, etkinliğin hesap edilebilmesi için haklarında bilgi toplanan ortak girdi ve çıktılara sahip olan organizasyondur. VZA terimi, Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından orijinal çalışmalarında, etkinlik ölçümüne ilişkin kendi yaklaşımlarını ifade ederken kullanılmıştır (Töngür, 2001, s. 15-16).

## **2.2. VZA'nın Uygulama Alanları**

VZA, girdi ve çıktı karmalarının ortak bir birim altında toplanmasına imkan sağlaması nedeni ile yönetim biliminde ve yöneylem araştırmasında çok geniş uygulama alanı bulmuştur. VZA'nın kullanılabileceği bazı konular şunlardır (Baysal, 1999, s. 69);

---

<sup>6</sup> VZA'nın tarihçesi ile ilgili ayrıntılı bilgiyi, Calhoun, 2003, s. 2; Cooper vd., 1990, s 11-14; Karasoy, 2000, s. 38-39'da bulabilirsiniz.

◆ Eş Grupların Kullanımı: VZA’da, her etkin olmayan birim için ona karşılık gelen bir küme etkin birim tanımlanır ve bu birimler etkin olmayan birimler ile eş grup oluştururlar. Eş gruptaki her birim etkin olmayan birimin girdi-çıkıtı yönlendirmesini alır ve etkin olmayan birimle aynı ağırlıkları kullanarak etkin hale gelir.

◆ Etkin Çalışma Uygulamalarının Belirlenmesi: İyi derecedeki çalışma uygulamalarının belirlenmesi ve dökümünün yapılması, sadece görelî etkin olmayan birimler için değil, aynı zamanda görelî etkin birimler içinde etkinliğin artırılmasına imkan sağlayabilir. Görelî etkin birimler, iyi derecedeki çalışma uygulamalarının kaynağıdır. Bununla beraber etkin birimler arasında bazıları diğerlerinden daha iyi örnektir.

◆ Hedef Belirleme: Pratikteki uygulamalarda sıklıkla görelî etkin olmayan birimlerin performanslarının iyileştirilmesinde rehber olmak üzere hedeflerin belirlenmesi arzu edilir. VZA ile girdi ve çıkıtı seviyelerinde hedefler belirlemek mümkündür.

◆ Etkin Stratejilerin Belirlenmesi: VZA kolaylıkla, birimlerin çalıştıkları politikaları ve programları karşılaştırmada kullanılabilir. Ayrıca modelin uygun çözümü ile yönetsel açıdan program etkinliklerini değerlendirme yapılabilir.

◆ Zaman Boyunca Etkinlik Değişimlerinin Gözlenmesi: VZA ile etkinliğı saptanmış bir firma daha sonraki dönemlerde etkinliğini yitirebilir ve referans olma özelliğini kaybedebilir.

◆ Kaynak Ataması: VZA, görelî etkin ve etkin olmayan birimleri belirlediğı gibi etkin olmayan birimler için kaynak koruma ve/veya çıkıtı arttırma potansiyelleri tahminlerini verir. Bunların ikisi de yöntemi, kaynakların birimlere atanması için uygun kılar. Görelî etkin ve etkin olmayan birimlerin belirlenmesi kaynakların prensipte hangi noktaya yönlendirilmeleri hakkında ilk işareti verir.

VZA tekniğı, okullar, sağık kuruluşları (hastaneler, klinikler, doktorlar), bankalar ve şubeleri, silahlı kuvvetler (asker alma, uçak bakımı vb.), mahkemeler, hapishaneler, belediyeler, marketler, spor, pazar araştırması, madencilik, tarım, organizasyon etkinlikleri, ulaştırma (denizyolu, feribot, anayol bakımı vb.) kamu idaresi

gibi pek çok farklı kuruluşların etkinliğini ölçmek için uygulanmaktadır (Beasley, 2000, s. 1).

Dünyada yaygınlaşan VZA uygulamalarına karşın, ülkemizdeki çalışmalar genellikle sağlık ve bankacılık alanlarında yoğunlaşmakta, ekonomi ve yöneylem kongrelerinde sunulan bildirimlerle sınırlı kalmaktadır.

Charnes vd.'ne göre (1995), VZA göreceli etkinlik sonuçları, Endüstri Mühendisleri, Yöneylem araştırması uzmanları ve yönetim bilimcilerin ilgisini şu özellikleri nedeni ile çekecektir:

1. Her karar verme biriminin karakterizasyonunu tek bir göreceli etkinlik değeri ile özetlemesi,
2. Etkin sınırın belirlenmesi sırasında en iyi karar verme biriminin belirlenmesi,
3. VZA ile elde edilen sonuçların, parametre katsayıları analizi ve artıkların incelenmesine dayalı istatistiksel yöntemlerin sonuçlarını irdeleme imkanlarını sağlaması (Töngür, 2001, s. 16).

Ancak son yıllarda geliştirilen bilgisayar destekli paket programlarının modelin uygulanmasını göreceli olarak kolaylaştırması nedeniyle yöntemin kullanılmasının yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

### **2.3. VZA'nın Avantaj ve Dezavantajları**

VZA, doğru şekilde kullanıldığı zaman çok etkin bir araçtır. VZA'yı etkin yapan avantajları şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Parametrik yöntemlerde olduğu gibi girdi ve çıktı arasında fonksiyonel bir bağıntıya ihtiyaç duymaz.
2. Homojen olan birimler kendi aralarında kıyaslanır (İnan, 2000, s. 86 ve 88).
3. Karar verme birimleri direkt olarak diğer bir karar verme birimi ile ya da bu birimlerin değişik kombinasyonları ile karşılaştırılabilir.
4. Çok sayıda girdi ve çıktıya sahip karar verme birimleri etkinlik ölçümünde kullanılabilir.
5. Girdi ve çıktı değerleri değişik birimlere sahip olabilir. Örneğin,  $X_1$ 'in birimi TL olabilirken,  $X_2$ 'nin birimi \$ olabilmektedir.

6. Etkin olmayan karar verme birimlerinin nasıl etkin duruma getirilebileceği hakkında önemli ipuçları verir (Karasoy, 2000, s. 109-110).

VZA'yı avantajlı kılan bu tür bazı özelliklerin yanında, dezavantajları da söz konusudur. Bu dezavantajlar şu şekilde özetlenebilir:

1. VZA, ekstrem nokta tekniği olarak değerlendirildiği için, ölçüm hatasına karşı çok duyarlıdır (Govindarajan, 2003, s. 5).

2. Karar birimlerinin performansını ölçmek açısından yeterli bir tekniktir. Ancak; bu değerlendirmenin mutlak etkinlik bazındaki yorumu ile ilgili ipucu vermez. Kısacası, mutlak bir etkinlik ölçütü yoktur.

3. Statik bir analiz şeklindedir, bir tek dönemdeki karar verme birimi verileri arasında bir kesit analizi yapar.

4. Her karar verme birimi için ayrı bir doğrusal programlama modelinin çözümü gerektiğinden, büyük boyutlu problemlerin VZA ile çözümü, hesaplama açısından zaman alıcı olabilir (Öztürk, 2003, s. 6).

5. Belirli bir gözlem kümesinden (örneklem) yola çıkarak görelî etkinliği ölçen VZA için gözlem kümesinde (örneklem) aşırı büyük veya küçük girdi-çıkıtı değerlerine sahip olan bazı gözlemler etkinlik sınırının oluşmasında problemlerin oluşmasına neden olabilir (Karasoy, 2000, s. 110).

6. Parametrik olmayan bir yöntem olan VZA, istatistiki hipotez testleri için çok uygun kabul edilmemektedir (İnan, 2000, s. 86).

7. Soyut ve kategorik bileşenlere karşı duyarlı değildir (örneğin, servis kalitesi) (Erken ve Emiral, 2002, s. 20).

#### **2.4. VZA'nın Uygulanabilmesi İçin Gerekli Olan Adımlar**

VZA'nın etkinlik karşılaştırması içeren bir çalışmada ölçüm metodu olarak kullanılması kararı, yöntemin amaçlanan çalışmaya uygunluk gösterip göstermediğinin saptanmasını gerektirir. Bunu belirlemek içinde uygulama aşamaları ve modelin gerekleri bilinmelidir.

Williams'a (2000, s. 182)'a göre VZA, aynı amaç ve nesnelere ile karar verme biriminin görelî etkinliklerinin ölçümünde kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir. Karşılaştırılacak karar verme birimlerinin bu karşılaştırmada esas alınacak



girdi ve çıktılarının belirlenmesi ve yapılacak seçimler çalışmanın ilk aşamasını oluşturmaktadır.

#### **2.4.1. Karar Verme Birimlerinin Seçilmesi**

VZA’ndeki ilk aşama, birbirleriyle karşılaştırmalı etkinlik ölçümü yapılacak olan karar verme biriminin seçimidir. Ahn (1987), üç seçim prensibi belirlemiştir (Yavuz, 2001, s. 48):

1. Her bir karar verme birimi kullandığı kaynaklar ve ürettiği çıktılarından sorumlu bir birim olarak tanımlanmış olmalıdır.
2. Etkinlik sınır tahminleme sonucunun anlamlı çıkabilmesi için örneklem de yer alan karar verme birim sayısı yeterince büyük olmalıdır.
3. Tüm birimler aynı “pazar şartları” kümesi altında çalışmalıdır (özellikle okullar, ordu birimleri, hastaneler gibi kâr amacı gütmeyen organizasyonların analizinde çok önemlidir).

Etkinlik sınırı belirlemede kullanılacak yüksek performanslı birimleri yakalama olasılığının artması için, birim sayısı da artma eğilimi göstermektedir. Büyük bir birim kümesi, küme içerisindeki girdiler ve çıktılar arasındaki tipik ilişkilerin daha kesin olarak belirlenmesine imkan sağlamaktadır. Ayrıca; birimlerin sayısı artıkça daha fazla sayıda faktörü incelemeye dahil etmek mümkündür. Genellikle burada kullanılan kural, karar verme birim sayısının, girdi ve çıktı sayılarının toplamının en az iki katı olmasıdır.

Bu birimlerin üretim teknolojisi açısından birbirlerine benzer olmaları, başka bir ifade ile, gözlem kümesinin “homojen” olması, elde edilecek sonuçların anlamlı olabilmesi açısından son derece önemlidir. Bir grubun homojen olması demek, o grubu oluşturan karar verme biriminin aynı girdi-çıkıtı karmalarına sahip olmaları ve dışsal etkenlerin birbirlerinden çok farklı olmaması anlamına gelir. Gözlem kümesinin içerdiği karar verme birim sayısının, belirli bir değerin üstünde olması ile türetilen etkinlik ölçütlerinin birbirlerinden farklı olması olanağı sağlanır. Aksi takdirde, herhangi bir çıktı / girdi oranında avantajlı olan karar verme birimi, tüm ağırlıkları kendi açısından maksimum yapar ve etkinlik sınırına ulaşır. Bu nedenle etkinlik ölçümünün anlamlı olabilmesi için gözlem kümesinin seçiminde çok titiz davranılması gerekmektedir (Yolalan, 1993, s. 65).

VZA’da, değerlendirme sürecine girecek karar verme birimlerinin sayısı, iki çeşit sınırlamadan etkilenmektedir:

1. Bireysel olarak birimleri belirleyen organizasyonel, fiziksel ve bölgesel sınırlamadır.
2. Karar birimlerinin etkinlik ölçümlerinde kullanılan zaman periyotlarıdır. Mevsimsel devirlere ya da denetleme dönemlerine denk gelen “doğal” zaman periyotları tercih edilmelidir. Bu periyotların uzunluğu ile ilgili olarak da uzun periyotların kendi içlerinde oluşabilecek önemli değişiklikleri, kısa periyotların da karar verme birimlerinin etkinlikleri hakkında tam bir fikir vermeyecekleri göz önünde bulundurulmalıdır (Üte, 2002, s. 48).

#### **2.4.2. Girdi ve Çıktı Kümelerinin Seçilmesi**

Girdi ve çıktılar, çalışmadaki karar verme biriminin karşılaştırmalarının temelini oluşturduğu için seçimleri oldukça önemlidir. Her ne kadar fonksiyonel bir varsayım bulunmasa da, üretim sürecine nedensel olarak bağlı girdi ve çıktılarının belirlenmesinde yarar vardır. Aynı karar verme birimi için farklı girdi ve çıktı grupları farklı etkinlik değerleri alabilir. Eğer; modelde önemli bir değişken göz ardı edilirse, dışarıda bırakılan bu değişkeni etkin kullanmakta olan karar verme birimlerinin etkinliği düşük çıkar. Ancak; modele çok fazla girdi ve çıktı eklenmesi bir çözüm değildir, çünkü sayı arttıkça VZA’nın ayrıştırma yeteneği düşmekte, karar verme birimi sayısının da artmasını gerektirmektedir.

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

VZA’da girdi ve çıktı sayılarını azaltabilmenin bir yolu, çiftli korelasyonlara bakmaktır. Eğer; iki girdi arasında mükemmel bir korelasyon mevcutsa, içlerinden biri, etkinlik değerlerinde değişime yol açmadan modelden çıkarılabilir. Çıktılar içinde aynı durum geçerlidir.

Eğer girdi ve çıktı çiftleri yüksek pozitif korelasyona sahip, fakat birbiri yerine kullanılabilir konumda değilse, yine de bir adedi modelden çıkarılabilir. Ancak; bu

durumda, etkinsiz birimlerden bazılarının etkinlik değeri düşer. Etkin birimler ise bu durumdan etkilenmez.

VZA’da girdi miktarları arttıkça çıktı miktarlarının da artacağı görüşü vardır. Bu konuda açıklık yoksa, girdi ile çıktılar arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek için klasik regresyon analizi kullanılabilir. (Yavuz, 2001, s. 49)

### **2.4.3. Verilerin Elde Edilebilirliği ve Güvenilirliği**

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

Verilerin toplanabilmesi kadar güvenilirlikleri de önemlidir. Doğru olmayan veriler, ait oldukları birimin etkinlik değerini etkilemelerinin yanında, görelî verimlilikleri nedeniyle tüm birimlerin etkinlik değerlerini tartışmalı hale getirir (Yavuz, 2001, s. 50).

### **2.4.4. Görelî Etkinliğin Ölçülmesi**

Karar verme birimleri ile girdi ve çıktılar belirlendikten sonra sıra uygulamanın etkinlik değerlerinin hesaplanması aşamasına gelir. Uygulamacı, incelediği konuyla ilgili olarak en uygun VZA modelini hesaplamada kullanır.

Doğrusal programların çözümünde bilgisayardan yararlanılmaktadır. Modelleri çözmek için doğrusal programlama paket programlarından herhangi biri kullanılabilir. Ancak; son yıllarda piyasaya sürülen ve Windows altında çalışabilen özel VZA programları da bulunmaktadır (Warwick Windows DEA, IDE, EMS, Frontier Analyst, BYU-DEA, Pioneer, SAS/DEA vb.). Bunların özellikle raporlama ve sunum olanakları açısından oldukça gelişmiş olduğu söylenebilir (Yavuz, 2001, s. 50).

### **2.4.5. Etkinlik Değerleri – Etkinlik Sınırı**

Charnes ve Cooper, VZA’daki etkinliğin tanımını yapmış ve değerlendirilecek her bir karar verme birimine uygulamıştır. Veri Zarflama Analizi başlığı altında da

incelemiş olduğumuz gibi herhangi bir karar verme birimi için %100 etkinlik, ancak aşağıdaki durumlarda söz konusudur:

- a. Hiçbir çıktısı aşağıdaki durumlar haricinde arttırılmaz
  - I. Bir ya da birden fazla girdisinin arttırılması veya
  - II. Diğer çıktılarından bazılarının azaltılması.
- b. Hiçbir girdisi aşağıdaki durumlar haricinde azaltılmaz
  - I. Çıktılardan bazılarının azaltılması veya
  - II. Diğer bazı girdilerinin arttırılması
- c. Herhangi bir karar verme birimi %100 görelî etkinliğe, yalnızca diğer ilgili karar verme birimleri herhangi bir girdi ya da çıktının kullanımında etkinsizliğe dair bir kanıt getirmiyorlarsa ulaşmış sayılır.

Hesaplamalar sonucunda her bir karar verme birimi için 0 ile 1 arasında etkinlik değeri hesaplanmış olur. Etkinlik skoru “1”e eşit olan birimler “en iyi gözlem” kümesini, aynı zamanda da etkinlik sınırını oluştururlar. Etkinlik değeri 1’den küçük olan karar verme birimleri ise görelî olarak etkinsizdir ve bu karar verme birimlerinin görelî etkinlik değerleri sınıra olan uzaklıklarını temsil eder (Yavuz, 2001, s. 50-51).

#### **2.4.6. Referans Grupları**

VZA yöntemi, etkin olmayan karar verme birimlerinin görelî olarak verimli birimlerin uyguladığı yönetsel ya da organizasyona dayalı yöntemleri uygulayarak aynı etkinlik seviyesine ulaşabileceklerini kabul etmektedir.

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

Referans olarak gösterilen karar verme birimlerinin ne kadar etkili olduğu, verimsiz karar verme birimlerine hangi yoğunluklarla referans gösterildiklerine bağlıdır. Bu amaçla, analizin bu bölümünde en iyi gözlemi oluşturan birimlerin kaç tane etkin olmayan birimin referans grubunda yer aldığı bir dökümü yapılarak yoğunluk araştırılabilir (Yavuz, 2001, s. 51-52).

#### **2.4.7. Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri İçin Hedef Belirlenmesi**

VZA yönteminin uygulanmasından elde edilen en büyük fayda, etkin olmayan karar verme birimlerine performanslarını iyileştirebilmeleri için, elde edilebilir hedefler konulmasıdır. Söz konusu hedefler, genel olarak, etkin olmayan karar verme birimlerinin referans kümesinde bulunan etkin birimlerin ağırlıklı ortalamasıdır.

Hesaplamalarla elde edilen sonuçlar, etkin birimlerin elde edilebilir bir teknoloji kullandıkları kabulünü içerdiğinden, etkinsiz birim için de ulaşılabilir oldukları kabul edilmektedir. Ancak; pratikte bu her zaman mümkün olmaz. Etkinsiz birimlerde fiziksel kısıtlar olabilir ya da kontrol edilemeyen girdiler olabilir. Hedeflere doğru girişilen iyileştirme çabaları sonuçsuz kalabilir (Yavuz, 2001, s. 53).

#### **2.4.8. Sonuçların Değerlendirilmesi**

Karar verme birimleri detaylı olarak incelendikten sonra, genel bir değerlendirmeye geçilir. Gözlem kümesine ait etkin olan ve olmayan karar verme birimleri için ortak bulgular araştırılır. Ayrıca, gözlem kümesini oluşturan karar verme birimlerinin ait olduğu endüstri dalının genel durumu hakkında değerlendirmeler yapılır (Yavuz, 2001, s. 53).

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

VZA, oklu girdiyi, çoklu çıktıya dönüştüren, karar verme birimleri olarak adlandırılan bir dizi aynı olgunun performansını değerlendirmeye yönelik parametrik olmayan bir yaklaşımdır (Cooper vd., 1990, s. 1). Performans lmne ilişkin ilk çalışmalar birim başına maliyet, birim başına kâr vb. gibi ölçülebilir oranlara dayalı olarak yapılmış ve çıktı / girdi şeklinde verilmiştir.

VZA, her bir girdi ve çıktı için ağırlıkların önceden belirlenmesine ya da girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiyi tahmin eden çeşitli fonksiyonel formlara (istatistiksel regresyon yaklaşımları) gerek duyulmadan çıktı / girdi verimlilik göstergesini hesaplar.

Çok sayıda değerkenin ve ilişkilerin bir arada değerlendirildiği, kullanıcı ile karar vericilere girdi ve çıktıların seçimi ya da çeşitli senaryoların değerlendirilmesi gibi

konularda işbirliği yapabilmeleri için olanak tanınması, VZA'nın kullanıcılara sunduğu imkanlar arasında sıralanabilir.

### 2.5.1. Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler

VZA'nın işleyişini daha basit şekilde görebilmek için Tablo 2.1'deki örneğe çıktı / girdi formülü uygulanabilir.

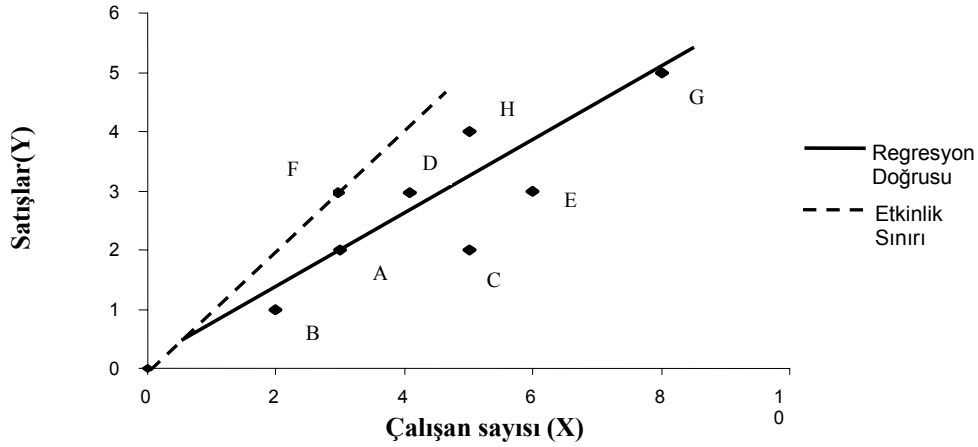
**Tablo 2.1.** Tek Girdi ve Tek Çıktı Durumu<sup>7</sup>

	BAYİLER							
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
<b>Çalışan Sayısı</b>	3	2	5	4	6	3	8	5
<b>Satış (100,000\$)</b>	2	1	2	3	3	3	5	4
<b>Satış/Çalışan sayısı</b>	0,667	0,5	0,4	0,75	0,5	1	0,625	0,8

Tablo 2.1'de girdi unsuru “çalışan sayısı”, çıktı unsuru ise “satış miktarı”dır. Bu veriler kapsamında tablonun en alt satırı çalışan başına yapılan satış miktarını göstermektedir. Bu ölçü dikkate alındığında en etkin bayi F, en az etkinliğe sahip bayi ise C olarak bulunmuştur. Bu durumu Şekil 2.1 ile açıklarsak; her noktayı orjine bağlayan doğrunun eğimi, çalışan başına yapılan satışa tekabül eder ve F noktası en yüksek eğimi verir. Bu doğru, “etkinlik sınırı” veya “verimlilik üst sınırı” olarak ifade edilir ve en az bir noktadan geçer. Diğer bütün noktalar doğrunun üzerinde veya altında kalır. Veri Zarflama Analizi ismi, verimlilik üst sınırının örneklem kümesindeki en az bir noktadan geçmesi ve diğer tüm noktaların bu sınırın üzerinde ya da altında yer alması özelliğinden gelir. Matematik literatüründe böyle bir sınırın bu noktaları “zarfladığı” söylenir (Aydemir, 2002, s. 48-49; Töngür, 2001, s. 12).

<sup>7</sup> AYDEMİR, Zeynep Canan (2002), “Bölgesel Rekabet Edilebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması”, Uzmanlık Tezi, DPT Yayın No: 2664'den değiştirilerek alınmıştır.

Şekil 2.1. Etkinlik Sınırı ve Regresyon Doğrusu



Bu veriler ışığında, istatistiksel regresyon analizi sonuçlarına göre  $\hat{Y} = 0,585 + 0,512 * X$  doğrusu elde edilir. Burada  $R^2 = 0.615$ ,  $r = 0.784$  olarak bulunmuş olup, satışlara ait varyansın %61,5'i çalışanlar tarafından açıklanmaktadır. Çalışanlarla satışlar arasındaki ilişki  $r = 0.784$  olmasından dolayı aralarında sıkı bir ilişki olduğu görülmektedir. Regresyon denklemindeki  $b_0 = 0,585$  değeri, XY koordinat sisteminde doğru denkleminin Y eksenini 0,585 noktasında kestiği noktadır.  $b_1 = 0,512$ , bağımsız değişkendeki (çalışanlar) bir birimlik artışa karşılık, bağımlı değişkende (satışlar) meydana gelecek değişimdir. Şekil 2.1'deki siyahla gösterilmiş doğru regresyon doğrusunu göstermektedir. Bu doğru, istatistikte b veri noktalarının ortasından geçer ve doğrunun üstünde kalan noktalar etkin, altındaki noktalar etkinsiz olarak nitelendirilir. Bu noktaların etkin veya etkin olmama derecesi, ortalama doğrudan sapma büyüklüğü hesaplanarak bulunabilir (Coopers vd., 2000, s. 35).

Regresyon yöntemi, en iyi bayi olarak F'yi belirtirken, diğer taraftan istatistiksel yaklaşımlar aracılığıyla F'yi diğer gözlemlerle ortalar ve ortalama doğru üzerindeki bayilerin etkinliğini belirtir. Bundan dolayı VZA ile regresyon analizi yöntemi ile yapılan istatistiksel yaklaşımlar arasında temel farklılıklar oluşur. Regresyon ortalama eğilimi veya ortalamayı gösterir. VZA ise, en iyi performansla ilgilenir ve sınır doğrusundan sapmalarla bütün performansları değerlendirir. VZA'da F noktası etkinlik sınırı üzerindedir ve etkin olmayan noktalara referans olmaktadır. Etkin olmayan noktalar sınır doğrusunun altındadır (Töngür, 2001, s. 12-15; Cooper, 2000, s. 35-36).

En iyi işyeri olan F ile diğer iş yerleri karşılaştırıldığında, diğer işyerlerinin verimsiz olduğu görülmektedir. F'ye göre diğer işyerlerinin verimliliği,

$$\frac{\text{Diğer İşyerlerinde Çalışan Başına Düşen Satış}}{\text{F İşyerinde Çalışan Başına Düşen Satış}} \leq 1$$

formülü ile belirlenebilir.

Bu işyerleri verimliliklerine göre sıralandığında:

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

Bu sıralama şu şekilde de açıklanabilir, en kötü olan C bayisi, F bayisinin  $0,4 \times \%100 = \%40$  verimliliğine sahiptir.

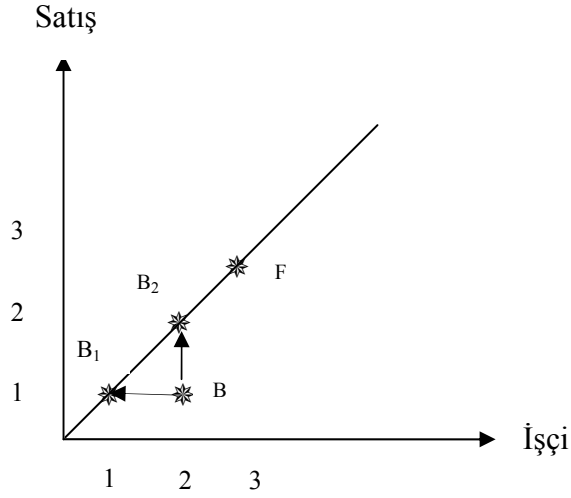
**Tablo 2.2.** Verimliliklerin Oransal İfadesi

Bayi	A	B	C	D	E	F	G	H
Verimlilik	0,667	0,5	0,4	0,75	0,5	1	0,625	0,8

Şimdi böyle bir problemi “verimsiz bayileri nasıl verimli hale getirebiliriz?” sorusuna cevap almak üzere inceleyelim. Örneğin, B bayisi çeşitli şekillerde iyileştirilebilir. Bir yöntem girdiyi (çalışan sayısı) (1,1) koordinatlarındaki B<sub>1</sub> seviyesine kadar azaltmak, diğer bir yöntem ise çıktıyı (satış) (2,2) koordinatlarındaki B<sub>2</sub> seviyesine yükseltmektir.



**Şekil 2.2.** Verimlilikte İyileştirme, Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistem Örneği



Yukarıda anlatılan örnekte, Tablo 2.1’de yer alan değer, girdi ve çıktı birimlerinden bağımsızdır. Örneğin, satışlar 1,000\$ cinsinden ifade edildiğinde, C’nin verimliliği,  $2/5 = 0,4$ ’den  $200/5 = 40,0$ ’a yükselecek ve bununla birlikte Tablo 2.2’nin gösterdiği karşılaştırmalı verimlilik  $4/10 = 0,4$ ’de sabit kalır. Bu demektir ki, “görece verimlilik” kavramı, birim seçiminden bağımsızdır.

### 2.5.2. İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler

Çoklu girdi ve çıktı analizi, 9 markete ait performans, girdi ve çıktıların listelendiği Tablo 2.3 ile incelenebilir. Girdi  $x_1$  çalışan sayısını (birim: 10), girdi  $x_2$  zemin genişliğini (birim:  $1000m^2$ ) ve çıktı  $y$  satışı (birim: 100.000\$) simgeler. “ölçeğe göre sabit getiri” varsayımı altında çıktılar bire indirgenmiş ve girdi değerleri birim çıktı üretebilmek üzere normalize edilmiştir.

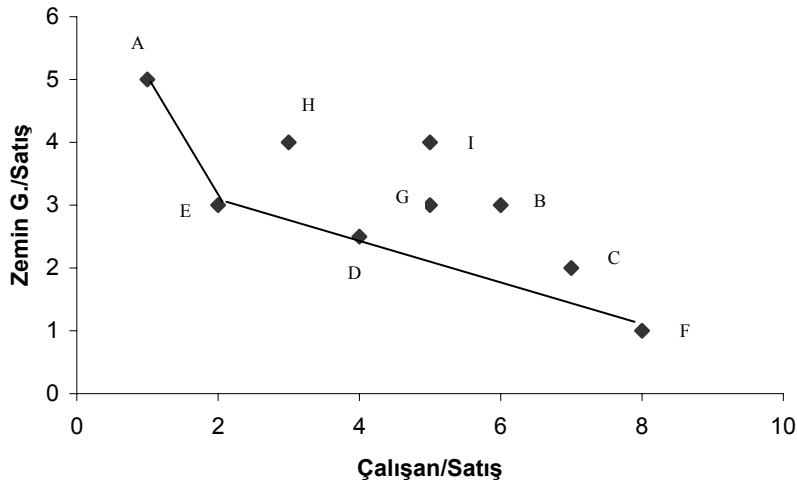
Ölçeğe göre sabit getiri kavramı, girdi miktarındaki bir birimlik artışa karşılık, çıktı miktarında görülen aynı orandaki artışa neden olmaktadır.

Şekil 2.3’te, x ve y eksenlerinde sırasıyla girdi ( $x_1$ ) / çıktı (y) ve girdi ( $x_2$ ) / çıktı (y) değerlerini göstermektedir.

**Tablo 2.3.** İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler

Mağaza		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Çalışan	$x_1$	1	6	7	4	2	8	5	3	5
Zemin geniş.	$x_2$	5	3	2	2,5	3	1	3	4	4
Satış	$y$	1	1	1	1	1	1	1	1	1

**Şekil 2.3.** İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemlerin Grafikselsel Gösterimi



Verimliliğe bu açıdan bakıldığında, bir birim çıktı üretirken girdileri en az kullanan marketleri daha verimli olarak nitelendirmek doğaldır. Bu sebeple A, E ve F noktalarının oluşturduğu parçalı çizgi verimlilik üst sınırını oluşturur. Verimlilik üst sınır çizgisiyle zarflanmış olan noktaların tamamı “Üretim İmkan Kümesi”ni oluşturmaktadır. Üretim imkan kümeleri (Production Possibility Sets), belirli bir üretim teknolojisi tarafından mümkün kılınan etkin ya da etkin olmayan tüm girdi-çıkıtı dönüşümlerini içerirler. Karşılaştırma yapabilmek için söz konusu karar verme birimlerinin üretim teknolojisi açısından birbirlerine benzer olmaları gerekmektedir. Üretim imkan kümesi içindeki herhangi bir noktanın koordinatlarının belirttiği miktarlarla (örneğin, A noktasının koordinatları (1,5)’dir) üretimin mümkün olduğu varsayılmaktadır.

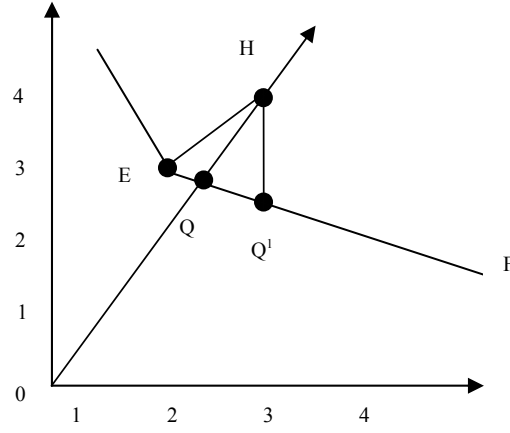
Sınır çizgisinde olmayan mağazaların verimlilikleri, sınır çizgisi üzerinde bulunan mağazalara dayanarak hesaplanabilir. Örneğin, H verimsizdir. H'nin verimsizliğini ölçmek için, orijin noktasından H noktasına bir çizgi çizilirse, ve bu çizgi, sınır çizgisini Q noktasında keserse, H'nin verimliliği öklidyen mesafe ölçümü kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$OQ / OH = \frac{\sqrt{2,2^2 + 2,8^2}}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = 0,712$$

Bu demektir ki, H'nin verimsizliği, E ve F'nin kombinasyonu kullanılarak değerlendirilebilir, çünkü Q noktası, E ve F'nin oluşturduğu çizginin üzerindedir. E ve F, H'nin "Referans Grubu" olarak adlandırılır. Referans grubu her verimsiz nokta için farklılık gösterebilir. E ve F mağazaları, bütün verimsiz mağazaların referans grubu içinde yer aldıklarından örneklem kümesinin temsilcileri olarak görülebilirler. A, verimli mağaza olmasına karşın, kendisine has özellikler taşımasından dolayı, gözlem grubunun genelinden uzak düşmüştür.

Yapılan bu analiz genişletilecek olursa (Şekil 2.4), H'nin etkin bir biçimde  $x_1$  girdisini 2,2'ye,  $x_2$  girdisini ise 2,8'e indirebilmesi halinde (Q'nin koordinatları) Q noktasına ulaşabileceği ve bu sayede verimliliğini artırabileceği söylenebilir. Bununla birlikte, EQ<sup>1</sup> üzerindeki herhangi bir başka nokta da, verimlilik iyileştirmesi hedef alınabilir. Q<sup>1</sup> noktasına  $x_2$ 'nin (zemin genişliği) azaltılmasıyla, E noktasına ise hem  $x_1$  (çalışan sayısı) hem de  $x_2$  girdisinin (zemin genişliği) azaltılması ile ulaşılabilir. Bir diğer iyileştirme olanağı ise girdilerin mevcut durumunu korumak ve çıktıları arttırmak yöntemiyle olabilir.

**Şekil 2.4.** Verimlilikte İyileştirme, İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistem Örneği



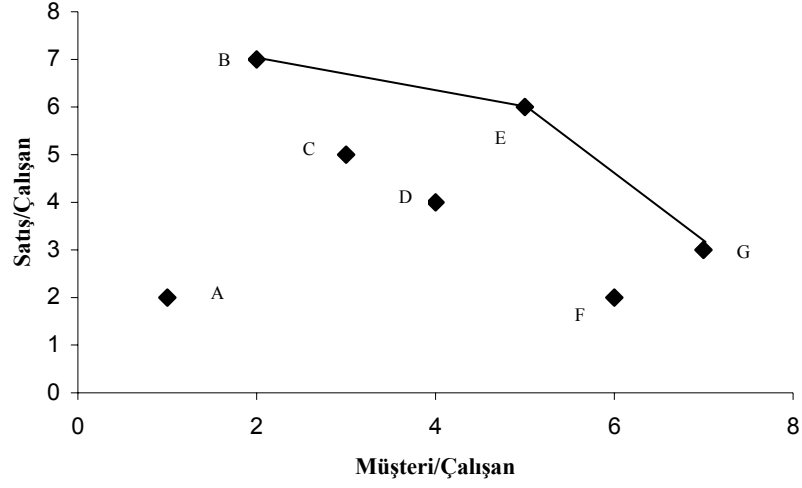
### 2.5.3. Bir Girdi ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemler

Tablo 2.4'de 7 mağaza için çalışan başına müşteri sayısını (birim=10) ve satışı (birim=100.000\$) göstermektedir. Anlatım kolaylığı sağlayabilmek amacıyla, sabit getirili ölçek varsayımı göz önünde bulundurularak çalışan sayısı 1'de tutulmuştur.

**Tablo 2.4.** Bir Girdi ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemler

Mağaza		A	B	C	D	E	F	G
Çalışan	x	1	1	1	1	1	1	1
Müşteri	$y_1$	1	2	3	4	5	6	7
Satış	$y_2$	2	7	5	4	6	2	3

**Şekil 2.5.** Bir Girdi ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemlerin Grafikselsel Gösterimi



Bu durumda verimlilik üst sınırı B, E ve G mağazalarından oluşmaktadır. Çünkü oranın büyük olması, daha verimli çalışıldığını göstermektedir. Şekil 2.5 ve 2.6'dan da görüleceği üzere, üretim imkan kümesi verimlilik üst sınır çizgisi ve eksenlerle sınırlanmış bölgedir. A, C, D ve F mağazaları verimsizdir ve verimsizlikleri sınır çizgisine göre hesaplanabilir. Örneğin D'nin verimliliği:

$$m(O,D) / m(O,Q) = \frac{\sqrt{4^2 + 4^2}}{\sqrt{(5,5)^2 + (5,25)^2}} = 0,75$$

(m = mesafe)

olarak hesaplanabilir.



A'nın performansındaki teknik verimsizlik:

$$m(O,A) / m(O,P) = 0,31$$

bu oranın tersi A'nın koordinatlarına uygulanacak olursa:

$$1 / (0,31) * (1 ; 2) = (3,23 ; 6,46) = P \text{ noktasının koordinatlarıdır.}$$

Bu şekilde miktarı değiştirilen çıktılarının birbirleriyle oranının  $3,23/6,46 = 1/2$  olarak aynı kalması normaldir. Girdinin miktarını ve çıktılarının birbirleriyle olan oranlarıyla değiştirmeden yapılan teknik verimsizlikteki bu iyileştirme, A'nın sahip olduğu tüm verimsizlikleri ortadan kaldırmamaktadır. P noktası, B noktası ile karşılaştırılacak olursa, halen daha, B noktasının birinci çıktı olan müşteri sayısında yetersiz kaldığı gözlemlenecektir. Bu demektir ki, müşteri sayısı çıktısı için, diğer çıktı olan satış miktarını azaltmadan, ya da girdi miktarı olan çalışan sayısını artırmadan iyileştirme yapılabilmesi söz konusudur. Böyle bir iyileştirme, çıktılarının birbirleriyle olan karışım oranlarını değiştirecektir. Özetle, A'nın performansında iki çeşit verimsizlik gözlemlenmiştir: teknik verimsizlik (dairesel ölçüt ile verilir) ve karışım verimsizliği (tüm teknik verimsizlik ortadan kaldırıldıktan sonra çıktıda sağlanabilecek ek iyileştirme).

#### **2.5.4. Sabit ve Değişken Ağırlıklar**

Yukarıda ele alınan örnekler verimlilik kavramının grafiksel olarak ortaya konulmasında faydalı olmakla birlikte, çoklu girdi ve çoklu çıktı yapısına sahip sistemler, farklı yöntemlerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu yöntemlerden günümüzde en çok uygulama alanı bulanı VZA' dır.

VZA, sonuçların hesaplanmasında değişken ağırlıklar kullanmaktadır. VZA'nde ağırlıklar, doğrudan veri setinin kendisinden türetilir ve böylelikle sabit ağırlık seçimindeki çok sayıda varsayım ve hesaplama kaçınılmış olunur. Daha da önemlisi, ağırlıklar, her karar verme birimine "en iyi" ağırlık kümesini verecek şekilde seçilir. Burada kullanılan "en iyi" terimi, her bir karar verme biriminin, her bir girdi ve çıktısına ağırlıklar atanırken, o karar verme biriminin çıktı/girdi oranının, diğer karar verme birimlerine göre maksimizasyonu anlamına gelmektedir.

“En iyi” kavramı, tüm sonuçlar için aşağıdaki şartlar altında geçerlidir:

1. Bütün veri ve ağırlıklar pozitif ya da sıfırdır.
2. Sonuçta ortaya çıkan oran 0 ile 1 aralığında olmak zorundadır.
3. Verimliliği maksimize edilen hedef birim için uygulanan tüm ağırlıklar, tüm birimlere uygulanmaktadır.

Bunun sonucunda, hedef birim, verimlilik hesaplaması sırasında elde edilen ağırlık kümesinden daha iyi bir ağırlık kümesi seçemez, çünkü elde edilen ağırlık kümesi, o birimin diğer birimlere göre verimliliğini maksimize ederken seçebileceği en iyi ağırlıklardan oluşmaktadır.

VZA ile, her bir karar verme birimi için verimsizliğin kaynak (teknik ve karışım verimsizliği) ve miktarları ölçülebilmekte ve bu verimsizlikleri kıyaslayabilmek için referans grupları belirlenebilmektedir (Aydemir, 2002, s. 46-59).

## **2.6. Temel VZA Modelleri**

VZA tek tek birimlerin performansları üzerinde daha ileri çalışmalar yapmak ve birimlerin nasıl daha etkin hale gelebileceklerini araştırmak için kullanılabilir.

VZA sonucunda, her etkin olmayan birim için ona karşılık gelen bir küme etkin birim tanımlar ve bu birimler, etkin olmayan birimler ile bir eş grup oluştururlar. VZA, girdi-çıkıtı ağırlıkları için serbest seçime imkan verir. Değerlendirilen her birim kendisini en iyi ortaya çıkaracak şekilde girdi ve çıktılarını vurgulayan ağırlıklandırma yapısını seçer. Eş gruptaki her birim etkin olmayan birimin girdi-çıkıtı yönlendirmesini ve etkin olmayan birimle aynı ağırlıkları kullanarak etkin hale gelir.

VZA ile girdi ve çıkıtı seviyelerinde hedefler belirlemek mümkündür. Aynı zamanda VZA, görelî etkin ve etkin olmayan birimleri belirlediği gibi, etkin olmayan birimler için kaynak koruma ve/veya çıkıtı arttırma potansiyellerine ilişkin tahminler verir.

VZA modelleri ile aynı girdi ve çıkıtıya sahip karar verme birimlerinin karşılaştırmalı ölçümü yapılabilir. Her bir karar verme birimi için model çözülür. VZA modellerinden elde edilen sonuçlardan biri her birim için verdiği görelî etkinlik ölçüsüdür. Doğrusal programlamanın sonucunda amaç fonksiyonu bire eşit ise “etkin”



olarak nitelendirilir. Amaç fonksiyonu bire eşit olmayan karar verme birimleri ise etkin olan karar verme birimlerine benzetilmeye çalışılır. Bu şekilde etkin olmayanlar etkin hale getirilir.

VZA metodu, girdiye ve çıktıya yönelik olarak iki yönlü kullanılabilir. Girdiye ve çıktıya yönelik modeller arasındaki fark, çıktıya yönelik modelde ağırlıklandırılmış çıktıya oranının enazlanmasının amaç fonksiyonunu oluşturmasıdır.

### 2.6.1. CCR Modeli

Bu model ilk kez 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından önerilmiştir. CCR modeli hem girdi hem de çıktı yönelimli olarak oluşturulabilir.

Bu modele göre sanal girdi ve çıktılar, bilinmeyen ağırlıklar ( $v_i$  ve  $u_r$ ) altında aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

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

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

CCR modelinde, ağırlıkların belirlenmesi çalışılırken,

Sanal çıktı

Sanal girdi

oranı maksimize edilmeye çalışılır. Optimal ağırlıklar bir karar vericiden diğerine değişebilir. Buradaki sanal kelimesi, ağırlıkların gözlemlenmiş değil türetilmiş olduğunu göstermektedir. Her karar verme birimine, ayrı ayrı en iyi ağırlıklar kümesi atanır. Bu ağırlıkların ekonomik bir anlamı olmayıp, değerlendirilecek karar verme biriminin etkinliğini maksimize eden sayılardır.

$KVB_1, KVB_2, \dots, KVB_b$  olmak üzere  $b$  adet karar verme birimi olsun. Bunların her biri için bazı ortak girdi ve çıktı verileri  $b$  adet karar verme birimi için aşağıdaki şekilde belirlenir:

1. Her bir girdi ve çıktı unsuru için sayısal veriler elde edilir ve bu veriler tüm karar verme birimleri için pozitiftir.
2. Girdi, çıktı ve karar verme birimlerinin seçimi, analizcinin ilgi alanı içerisinde ve görece verimliliği etkileyeceği düşünülen bir küme oluşturacak şekilde yapılmalıdır.

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

b adet karar verme biriminin girdi ve çıktı verilerinden oluşan bir örneklem kümesi içinde her bir KVB<sub>j</sub>'nin görece verimliliğini ölçmek için b adet optimizasyon modeli çözümlenmelidir. Verimliliği ölçülmek istenen her hangi bir KVB<sub>j</sub>'ye genel olarak KVB<sub>o</sub> diyelim. Bu durumda o, {1,2,...,b} kümesinin bir elemanıdır. Aşağıdaki kesirsel programlama modeli, girdi ağırlıkları (v<sub>i</sub>, i=1,...,m) ve çıktı ağırlıklarını (u<sub>r</sub>, r=1,...,s) değişken olarak alır ve ağırlıkları hesaplar:

(FP<sub>o</sub>) Amaç fonksiyonu;

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

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \dots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mo}} \leq 1 \quad (2.1)$$

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

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

Modeldeki kısıtlar, her bir karar verme birimi için sanal çıktının sanal girdiye oranının biri geçmemesi gerektiğini belirtir. Modelin amaç fonksiyonu, v<sub>i</sub> ve u<sub>r</sub> ağırlıklarını elde etmek ve KVB<sub>o</sub>'nun oranını maksimize etmektir. Kısıtlardan elde edilebilecek bir diğer önemli çıkarım, optimal amaç değeri θ\* 'ın en fazla bir değerini alabileceği ve bu modelde, varsayılan tüm girdi - çıktı ağırlıklarının negatif olmayan değerlere sahip olduğudur.

Yukarıdaki kesirsel programlama modeli (FP<sub>o</sub>) doğrusal programlama modeline (LP<sub>o</sub>) dönüştürülebilir. Bu modele aynı zamanda "Ağırlıklı VZA modeli" de denmektedir. Amaç fonksiyonunun paydası bire eşitlenerek kesirsel model doğrusal hale getirilebilir. Bu da payın (çıktıların ağırlıklı toplamlarının) maksimize edileceğini gösterir. Kesirsel programlama modelinin eşdeğeri olan doğrusal programlama modeli aşağıdaki gibidir:

(LP<sub>0</sub>) Amaç fonksiyonu;

$$\text{Max: } \theta = \mu_1 y_{1o} + \dots + \mu_s y_{so}$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\begin{aligned} v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo} &= 1 \\ \mu_1 y_{1j} + \dots + \mu_s y_{sj} &\leq v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj} \\ v_1, v_2, \dots, v_m &\geq 0 \\ \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s &\geq 0 \\ j &= 1, 2, \dots, b \\ i &= 1, 2, \dots, m \\ r &= 1, 2, \dots, s \end{aligned} \tag{2.2}$$

Burada;

$\mu$  : Çıktıya verilen ağırlık değerleri,

$v$  : Girdiye verilen ağırlık değerleridir.

(2.2) modelinde görüldüğü gibi, amaç fonksiyonunda, karar verme birimi için ağırlıklandırılmış çıktı maksimize edilmeye çalışılırken kısıtlardaki ağırlıklandırılmış girdi normalleştirilmiştir. Kısıttaki diğer eşitsizlik denklemi ise etkinlik sınırının vektörlerini  $(\mu, v)$  belirlemektedir.

LP<sub>0</sub>'ın optimal çözüm kümesi ( $v=v^*, u=u^*$ ) ve optimal amaç değeri  $\theta^*$  ise, aynı zamanda FP<sub>0</sub>'ın optimal çözüm kümesi ( $v=v^*, u=u^*$ ) ve amaç değeri de  $\theta^*$  olacaktır. Bu şekilde hesaplanan verimlilik değerleri, girdi ve çıktıların birimlerinden bağımsızdır<sup>8</sup>.

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

### **Tanım 1: CCR Verimliliği**

1. Eğer KVB<sub>0</sub> için  $\theta^*=1$  ve  $v^*, u^*>0$  olmak üzere en az bir optimal ( $v^*, u^*$ ) çözümü varsa KVB<sub>0</sub> verimlidir.
2. Değilse, KVB<sub>0</sub> verimli değildir.

<sup>8</sup> Literatürde bu konu "Birim Bağımsızlığı Teoremi" ile açıklanmaktadır.

Bu demektir ki CCR verimsizliği,  $LP_0$ 'ın her bir optimal çözümü için, ya  $\theta^* < 1$  olma durumunda, ya da  $\theta^* = 1$  ve  $(v^*, u^*)$  kümesinin en az bir elemanı sıfır iken gerçekleşmektedir.

### 2.6.1.1. Optimal Ağırlıkların Anlamı

$LP_0$ 'ın optimal çözüm kümesi olarak elde edilen  $(v^*, u^*)$ ,  $KVB_0$  için optimal girdi ve çıktı ağırlıklarını oluşturur. Bu değerlerin ışığı altında verimlilik ölçütü, aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\theta^* = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}} \quad (2.3)$$

(2.2) de varolan modeldeki kısıtlardan dolayı payda bir'dir ve bu nedenle;

$$\theta^* = \sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro} \quad (2.4)$$

olur. Daha önce de bahsedildiği gibi  $(v^*, u^*)$ , verimlilik ölçütünün maksimizasyonu anlamında  $KVB_0$  için en istenen, en uygun ağırlıklardır. Bu sebeple “i” girdi için optimal ağırlık değeri olan  $v_i^*$ , büyüklüğü ve “i” girdinin görece verimlilik açısından ne derece önemle değerlendirildiğini belirler. Sanal girdideki her bir  $v_i^* x_{io}$  ögesi incelendiğinde, bu ögenin bize “i” girdisinin görece önemini verdiği anlaşılır. Aynı şekilde, sanal çıktıdaki her bir  $u_r^* y_{ro}$  değerinin, “r” çıktısının  $\theta^*$  değeri içindeki görece katkısı için bir ölçüt oluşturduğu anlaşılabilir.

### 2.6.1.2. Girdiye Yönelik CCR Modeli ve Dual Formülasyon

(2.2) modelinin ek kullanım ve yorumuna imkan sağlayan bir diğer biçimi de dual modeldir. Bu model VZA'nın “Zarflama Modeli” olarak da adlandırılır. Bu modelin amaç fonksiyonunda, belirli bir çıktı düzeyi için etkinliği ölçülen  $KVB_0$ 'a ait girdilerin kesirsel olarak ne kadar azaltılacağı araştırılmaktadır. Kesirsel modeldeki girdinin azaltılması, tek başına etkinliği sağlamak için yeterli olmamaktadır. Dual modelde radyal olarak ölçülemeyen fakat azaltılması veya artırılması mümkün olan atıl girdi ve çıktı vektörünün hesaplanması mümkündür. Böylece; incelenen karar verme

birimlerinin hangi girdi ve/veya çıktısının ne oranda kullanılmadığını yani atıl bırakıldığı görülebilir. Aynı zamanda; bu model sayesinde referans kümesinin bulunması daha kolaydır ve daha kısa sürmektedir.

(LP<sub>0</sub>)'ın dual problem formülasyonu reel  $\theta$  ve negatif olmayan  $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)^T$  vektör değişkenleri için aşağıdaki şekildedir:

(DLP<sub>0</sub>) Amaç fonksiyonu;

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

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- &= \theta x_{i0} & i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= y_{r0} & r = 1, 2, \dots, s \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+ &\geq 0 & j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2.5)$$

Burada;

$\theta$  : Görelî etkinliği ölçülen KVB<sub>0</sub>'ın girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı,

$y_{r0}$  : KVB<sub>0</sub> tarafından üretilen r'inci çıktı,

$x_{i0}$  : KVB<sub>0</sub> tarafından kullanılan i'inci girdi,

$y_{rj}$  : KVB<sub>j</sub> tarafından üretilen r'inci çıktı,

$x_{ij}$  : KVB<sub>j</sub> tarafından kullanılan i'inci girdi,

$\lambda_j$  : KVB<sub>j</sub>'nin aldığı yoğunluk değeri,

$s_i^-$  : KVB<sub>0</sub>'ın i'inci girdisine ait atıl (aylak) değeri,

$s_r^+$  : KVB<sub>0</sub>'ın r'inci çıktısına ait atıl değeri,

$\varepsilon$  :  $10^{-6}$  düzeyinde kullanılan yeterince küçük bir değeri.

Problem  $\theta$ 'nın minimizasyonu olduğu için,  $\theta^*$  ile gösterilen  $\theta$ 'nın optimal değeri 1'den büyük olmayacaktır.  $\lambda$  değeri belirtilen kısıtlar doğrultusunda sıfırdan farklı olmaktadır.  $\lambda$ 'nın sıfırdan farklı olması,  $\theta$  değerinin sıfır'dan büyük olmasına sebep olur. Bütün bu çıkarımlar bir araya geldiğinde,  $\theta^*$  ve  $\varepsilon$ 'nin (0,1) olduğu

görülür. (DLP<sub>0</sub>) formülasyonunda, KVB<sub>0</sub>'ın çıktı seviyesinin en az  $y_{r0}$  olması garanti edilirken, girdi vektörü  $x_{i0}$ 'ın dairesel olarak mümkün olan en düşük seviyeye indirilmesine çalışılır. (DLP<sub>0</sub>)'ın bütün gerçekleşebilir  $(\theta, \lambda)$  değerleri için  $s^- \geq 0, s^+ \geq 0$ 'dır.  $\theta^* < 1$  olması durumunda,  $(X\lambda, Y\lambda)$  vektörünün,  $(\theta x_o, y_o)$  vektöründen daha üstün olacağı söylenilebilir. Bu özelliğin ışığı altında, “girdi fazlalığı”  $s^- \in R^m$  ve “çıktı eksikliği”  $s^+ \in R^s$  vektörleri tanımlanır.

KVB<sub>0</sub>'da gözlemlenebilecek olası girdi fazlalığı ve çıktı eksikliği için, aşağıdaki 2 aşamalı doğrusal programlama problemi çözülür:

### **Aşama I:**

(DLP<sub>0</sub>) çözülür. Optimal amaç değeri  $\theta^*$  olarak bulunur. Doğrusal programlamanın dualite teoremi gereği,  $\theta^*$  (LP<sub>0</sub>)'ın optimal amaç değerine eşittir ve aynı zamanda CCR verimliliğidir.  $\theta^*$ 'ın bu değeri aşağıdaki “Aşama II” problemine dahil edilir.

### **Aşama II:**

$\theta^*$ 'a ait bilginin ışığında ve  $(\lambda, s^-, s^+)$  değişkenler olarak kullanılarak aşağıdaki LP çözülür:

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Max: } w = es^- + es^+$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$s^- = \theta^* x_o - X\lambda \quad (2.6)$$

$$s^+ = Y\lambda - y_o$$

$$\lambda \geq 0$$

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

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

Aşama II'nin amacı  $\theta^*$ 'ı sabit tutarken girdideki fazlalıkların ve çıktıda eksikliklerin toplamını maksimize edecek bir çözüm bulmaktır (maksimizasyonun amacı en büyük iyileşme getiren çözümü bulabilmektir).

## **Tanım 2: CCR Verimliliği**

Yukarıda Aşama I ve Aşama II olarak verilen iki doğrusal programlama problemlerinin optimal çözüm kümesi olan  $(\theta^*, \lambda^*, s^{-*}, s^{+*}), \theta^* = 1$  durumunu sağlar ve girdide fazlalık ya da çıktıda eksiklik vermezse  $(s^- = 0, s^+ = 0)$ ,  $KVB_0$  CCR – verimli, aksi durumda ise CCR – verimsiz olarak adlandırılır, çünkü tam verimlilik için:

- i.  $\theta^* = 1$
- ii. Bütün serbest değişkenler (tüm aylaklar:  $s_i^{-*}, s_r^{+*} = 0$ )

şartları sağlanmak zorundadır.

## **Tanım 3: Zayıf CCR Verimliliği**

$KVB_0$ 'ın performansı,

- i.  $\theta^* = 1$
- ii. Bütün serbest değişkenler (tüm aylaklar:  $s_i^{-*}, s_r^{+*} \neq 0$ )

olduğu durumlarda zayıf etkinlik söz konusudur.

$(LP_0)$ 'daki  $v$  ve  $u$  vektörleri  $(DLP_0)$ 'daki kısıtlar için dual çarpandırılar. Bu durumda,  $(LP_0)$ 'ın optimal çözümü olan  $(v^*, u^*)$  ile  $(DLP_0)$ 'ın optimal çözümü olan  $(\lambda^*, s^{-*}, s^{+*})$  arasında aşağıdaki ilişki vardır:

$$v^* s^{-*} = 0 \text{ ve } u^* s^{+*} = 0$$

Bu ilişkinin anlamı şudur: Eğer  $v^*$  ya da  $u^*$ 'ın herhangi bir bileşeni pozitif ise, o bileşene karşılık gelen  $s^{-*}$  ya da  $s^{+*} = 0$  olmak zorundadır. Diğer taraftan, eğer  $s^{-*}$  ya da  $s^{+*}$ 'ın herhangi bir bileşeni pozitif ise, o bileşene karşılık gelen  $v^*$  ya da  $u^*, 0$  olmak zorundadır.

CCR verimliliği ve dualite teorisinden elde edilen çıkarımlar,  $KVB_0$  için aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- i. Eğer  $\theta^* < 1$  ise,  $KVB_0$  CCR – verimsizdir, çünkü  $(LP_0)$  ve  $(DLP_0)$  aynı optimal amaç değerine  $(\theta^*)$  sahiptir.

- ii. Eğer  $\theta^* = 1$  ve serbest değişkenlerin değeri sıfırdan farklı ise ( $s^{-*} \neq 0$ ,  $s^{+*} \neq 0$ ), pozitif serbest değişkenlere karşılık gelen  $v^*$  ve  $u^*$  değerleri 0'a eşit olmak zorundadır. Bu sebeple,  $KVB_0$ , CCR – verimsizdir.
- iii. Eğer  $\theta^* = 1$  ve serbest değişken değerleri sıfır ise,  $(LP_0)$ 'ın optimal çözüm kümesi  $(v^*, u^*)$  pozitiftir ve  $KVB_0$  CCR – verimlidir.

### 2.6.1.3. Referans Grubu ve Verimlilikte İyileştirme

Serbest değişken değerlerini maksimize eden Aşama I ve Aşama II prosedürlerinden elde edilen sonuçlar yardımıyla, verimsiz bir karar verme birimi için iyileştirmeye esas teşkil edecek referans grubu aşağıdaki şekilde oluşturulmaktadır:

$$E_0 = \{j \mid \lambda_j^* > 0\} \subseteq \{1, \dots, b\}$$

Bu durumda optimal çözüm aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\theta^* x_o = \sum_{j \in E_0} x_j \lambda_j^* + s^{-*}$$

$$y_o = \sum_{j \in E_0} y_j \lambda_j^* - s^{+*}$$

Bu denklemlerden de anlaşılacağı üzere,  $KVB_0$  için olan verimlilik, girdilerin dairesel olarak  $\theta^*$  oranında azaltılmasıyla ve girdi seviyesinin girdi fazlalıkları olan  $s^{-*}$  miktarı kadar daha düşürülmesiyle ulaşılabilir. Aynı şekilde, çıktı miktarlarının çıktı eksikliği olan  $s^{+*}$  miktarı kadar desteklenmesiyle verimliliğe ulaşılabilir. Kısaca söylemek gerekirse, verimsiz bir karar verme birimi için girdi ve çıktı seviyesindeki net ilerleme aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta x_o = x_o - (\theta^* x_o - s^{-*})$$

$$\Delta y_o = s^{+*}$$

Verimlilikte ilerleme formülasyonu<sup>9</sup> aşağıdaki şekilde belirlenmektedir:

$$x_o = x_o - \Delta x_o = (\theta^* x_o - s^{-*}) \leq x_o$$

$$y_o = y_o + \Delta y_o = y_o + s^{+*} \geq y_o$$

<sup>9</sup> Diğer adıyla CCR-projeksiyonu



Bu durumda iyileşme göstermiş girdi ve çıktı seviyesi  $(x_b, y_b)$  ile gösterilmektedir.  $(x_b, y_b)$  vektörü, KVB<sub>0</sub>'ı referans grubu olan E<sub>0</sub>'a projekte eder ve E<sub>0</sub> içerisindeki karar verme birimlerinin negatif olmayan tüm kombinasyonları verimlidir.

Girdiye yönelik CCR modelinin daha iyi anlaşılması için otomotiv sektöründe yapılmış bir uygulamayı (Yılmaz vd., 2002, s. 178-180) örnek olarak ele alalım. Bu çalışmada, Capital Dergisi tarafından Ağustos 2001'de yayınlanan "Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Devi" kitapçığındaki otomotiv sektöründe faaliyet gösteren ilk 9 firma analize alınmıştır. Modelde kullanılan girdi ve çıktı kümeleri aşağıdaki gibidir:

**Girdi Kümesi:**

- Net Aktif (Trilyon TL)
- Özsermaye (Trilyon TL)
- İşçi Sayısı (Adet)

**Çıktı Kümesi:**

- Ciro (Trilyon TL)
- Vergi Öncesi Kâr (Trilyon TL)
- İhracat (Milyon Dolar)

Söz konusu çalışmaya ilişkin olarak elde edilen veriler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 2.5.** Otomotiv Sektöründeki Firmalara İlişkin Girdi ve Çıktı Verileri

KVB (Firmalar)	ÇIKTILAR			GİRDİLER		
	Ciro (Trilyon TL)	Vergi Öncesi Kâr (Trilyon TL)	İhracat (Milyon \$)	Net Aktif (Trilyon TL)	Özsermaye (Trilyon TL)	İşçi Sayısı (Adet)
1-Oyak Renault	761	158	474	139	217	4.005
2-Ford Otosan	636	53	13	392	146	3.951
3-Tofaş	502	27	243	362	132	210
4-Mercedes B.	476	40	182	193	43	3.248
5-Hyundai	161	4	1	166	51	840
6-BMC	157	0,353	12	134	12	2.269
7-Karsan	122	9	24	50	24	863
8-Anad. Isuzu	109	14	18	64	31	677
9-Bosh Oto San.	99	18	146	137	66	2.224

Elde edilen verilere göre 1 no'lu karar verme birimi için üç girdili ve üç çıktılı modelin doğrusal programlama formunda ifadesi aşağıdaki gibi olmaktadır:

Amaç Fonksiyonu; Min  $\theta$

**Tablo 2.6.** Örneğe İlişkin Oluşturulmuş Kısıtlar

Girdi		A1	A2	A3	...	A9	$-\theta$		RHS
	1	139	392	362	...	137	139	$\leq$	0
2	217	146	132	...	66	217	$\leq$	0	
3	4005	3951	210	...	2224	4005	$\leq$	0	
Çıktı	1	761	636	502	...	99		$\geq$	761
	2	158	53	27	...	18		$\geq$	158
	3	474	13	243	...	146		$\geq$	474

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_9 \geq 0$  ve  $\theta \geq 0$  olmaktadır.

Benzer şekilde 2,3,4,...,9 no'lu karar verme birimleri içinde doğrusal programlama modelleri oluşturularak 9 ayrı doğrusal programlama modeli çözüme alınmış ve olurlu çözümler elde edilmiştir. Girdiye yönelik CCR modeli kullanılarak yapılan çözümleme sonucunda 9 karar verme birimi için bulunan etkinlik katsayıları Tablo 2.7.'de verilmiştir.

**Tablo 2.7.** Firmaların Etkinlik Katsayıları

Karar Verme Birimleri (Firmalar)	Etkinlik Ölçütü $\theta$
1-Oyak Renault	1,00
2-Ford Otosan	0,75
3-Tofaş	1,00
4-Mercedes Benz	1,00
5-Hyundai	0,60
6-BMC	0,99
7-Karsan	1,00
8-Anadolu Isuzu	0,75
9-Bosh Oto San.	0,80

Tablo 2.7 incelendiğinde, etkinlik ölçütü 0,99 olan BMC firmasını etkin olanların arasında sayarsak, 9 firmadan 4 tanesinin etkin olmadığı, beş firmanın ise etkin ve verimli çalıştığı ortaya çıkmıştır.

#### 2.6.1.4. Çıktıya Yönelik CCR Modeli

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

(FP<sub>0</sub>) Amaç fonksiyonu;

$$\text{Min: } KVB_0 = \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} \geq 1 \quad j = 0,1,2,\dots,b \quad (2.7)$$

$$u_r \geq \varepsilon \quad r = 1,2,3,\dots,s$$

$$v_i \geq \varepsilon \quad i = 1,2,3,\dots,m$$

biçimindedir. Burada:

- $v_i$  : KVB<sub>0</sub> tarafından i'inci girdiye verilen ağırlık,
- $u_r$  : KVB<sub>0</sub> tarafından r'inci çıktıya verilen ağırlık,
- $x_{io}$  : Etkinliği ölçülen KVB<sub>0</sub> tarafından kullanılan i'inci girdi,
- $y_{ro}$  : Etkinliği ölçülen KVB<sub>0</sub> tarafından üretilen r'inci çıktı,
- $x_{ij}$  : j'inci karar verme birimi tarafından kullanılan i'inci girdi,
- $y_{rj}$  : j'inci karar verme birimi tarafından üretilen r'inci çıktı,
- $\varepsilon$  :  $10^{-6}$  düzeyinde kullanılan yeterince küçük bir değer.

Çıktı odaklı bu modelde, amaç fonksiyonunun alacağı en küçük değer “bir”dir. Yaratılan kısıtlarda bu amacı yerine getirmektedir. Amaç fonksiyonunun bire eşit olması KVB<sub>0</sub>’ın verimli olduğunu gösterirken, birden büyük olması verimli olmadığını gösterecektir. Bu kesirsel program, doğrusal program haline dönüştürülebilir. Bu modelin amacı, belli bir çıktıyı daha az girdi kullanarak elde etmek olduğu için ağırlıklı çıktılar minimize edilmeye çalışılır.

(LP<sub>0</sub>) Amaç fonksiyonu;

$$\text{Min: } KVB_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\sum_{r=1}^s \eta_r y_{r0} = 1 \quad (2.8)$$

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

$$\eta_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

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

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

Bu modele göre etkinliği ölçülen KVB<sub>0</sub> etkin ise amaç fonksiyonunun değeri “1” olacaktır. Eğer göreceli etkinliği ölçülen KVB<sub>0</sub> etkin değilse, bu durumda amaç fonksiyonunun değeri 1’den büyük olacaktır.

Bu doğrusal programlamanın duali ise şu şekildedir:

(DLP<sub>0</sub>) Amaç fonksiyonu;

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

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\begin{aligned}
\sum_{j=1}^b x_{ij} \lambda_j + s_i^- &= x_{io} \\
\sum_{j=1}^b y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= \beta y_{ro} \\
\lambda_j &\geq 0 \\
i &= 1, 2, \dots, m \quad r = 1, 2, \dots, s \quad j = 1, 2, \dots, b
\end{aligned} \tag{2.9}$$

Burada:

- $\beta$  : KVB<sub>0</sub>'ın çıktılarının radyal olarak ne kadar artırılabilceğini belirleyen genişleme (etkinlik) katsayısıdır,
- $x_{io}$  : KVB<sub>0</sub> tarafından kullanılan i'inci girdi,
- $y_{ro}$  : KVB<sub>0</sub> tarafından üretilen r'inci çıktı,
- $x_{ij}$  : KVB<sub>j</sub> tarafından kullanılan i'inci girdi,
- $y_{rj}$  : KVB<sub>j</sub> tarafından üretilen r'inci çıktı,
- $\lambda_j$  : j'inci karar verme biriminin aldığı yoğunluk değeri,
- $s_i^-$  : KVB<sub>0</sub>'ın i'inci girdisine ait atıl değer,
- $s_r^+$  : KVB<sub>0</sub>'ın r'inci çıktısına ait atıl değer,
- $\varepsilon$  : Yeterince küçük pozitif bir sayı.

Bu modelde ( $\lambda, s^-, s^+$ ) dual değişkenlerdir.  $\beta$  ise radyal çıktı genişlemesini belirleyen katsayıdır.  $\beta$ 'nin alacağı sayısal değerler 1'e eşit ya da daha büyük olabilir.

Bu modelin amaç fonksiyonunda, kullanılan girdiler için etkinliği ölçülen KVB<sub>0</sub>'a ait çıktıların radyal olarak ne kadar azaltılabileceği araştırılmaktadır. Eğer söz konusu karar verme birimi etkin ise ( $\beta = 1$ ) çıktı vektöründe herhangi bir arttırma yapılamaz. Ancak KVB<sub>0</sub> etkin değilse etkinlik ölçütünü belirleyen  $\beta$  genişleme katsayısı 1'den büyük olur ve bu durum çıktı vektöründe arttırma yapılacağı anlamına gelmektedir.

Etkin olmayan bir karar verme birimi, çıktı vektörünü  $s^+$  kadar arttırmak ve girdi vektörünü de  $s^-$  kadar azaltmak şartı ile etkin hale dönüşebilir<sup>10</sup>.

Yukarıda teorik olarak anlatılmaya çalışılan çıktı yönlü CCR modellerinin sonuçlarının nasıl değerlendirileceğini görmek için, bankacılık sektöründe yapılmış bir uygulamayı (Bozdağ vd., 2004, s. 4-7) ele alalım.

Bu uygulamada etkinlik ölçümünün anlamlı olabilmesi için gerek ölçek, gerekse üretim süreci açısından birbirine benzer yapıdaki özel ve kamu bankaları seçilmiştir. Türkiye'deki özel ve kamu bankalarının 2000 yılına ait performans değerlendirmesinin VZA yardımıyla gerçekleştirilmesi amacıyla İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'na kote edilmiş 21 banka değerlendirmeye alınmıştır (Türkiye Bankalar Birliği, 2000). Değerlendirmeye alınan 21 bankaya ait 6 adet girdi ve 3 adet çıktı kullanılmıştır. Girdi ve çıktı kümeleri şu şekildedir:

***Girdi Kümesi:***

- Sermaye Standart Rasyosu
- Toplam Krediler / Toplam Aktifler
- Takipteki Krediler / Toplam Krediler
- Duran Aktifler / Toplam Aktifler
- Likit Aktifler / Toplam Aktifler
- Likit Aktifler / (Mevduat + Mevduat Dışı Kaynaklar)

***Çıktı Kümesi:***

- Net Dönem Kârı / Ortalama Toplam Aktifler
- Net Dönem Kârı / Ortalama Özkaynaklar
- Net Dönem Kârı / Ortalama Ödenmiş Sermaye

Elde edilen verilere göre 1 no'lu karar verme birimi için altı girdili ve üç çıktılı modelin doğrusal programlama formunda ifadesi aşağıdaki gibi olmaktadır:

Amaç Fonksiyonu;

$$\text{Maks KB} + 0,000001(S1+S2+S3+\dots+S9)$$

<sup>10</sup> CCR Modeli ile ilgili daha geniş bilgi Töngür, 2001, s. 21-30; Öztürk, 2003, s. 39-45; Aydemir, 2002, s. 65-73; Cooper vd. 1990, s. 8-13; Korhonen, 2000, s. 6-9; Martin, 2003, s. 4-5; Jablonsky vd., 2001, s. 1-3'den bulunabilir.

**Tablo 2.8.** Örneğe İlişkin Oluşturulmuş Kısıtlar

		<b>S</b>	<b>- KB</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>...</b>	<b>A21</b>		<b>RHS</b>
Girdi	1	S1		14,9	19,2	9,3	...	27	=	14,9
	2	S2		26,4	13,5	47,2	...	39,2	=	26,4
	3	S3		4,4	26	5,9	...	4,3	=	4,4
	4	S4		2,9	3,8	21,1	...	22,3	=	2,9
	5	S5		17,4	16,5	25,8	...	33,1	=	17,4
	6	S6		19,5	18,5	30,1	...	45,6	=	19,5
Çıktı	1	-S7	- 0,5	0,5	0,1	1,2	...	4,1	=	0
	2	-S8	-19,8	19,8	1,9	19,2	...	28,3	=	0
	3	-S9	-36	36	4	27,4	...	69,1	=	0

$$S1, S2, S3, \dots, S9 \geq 0 \quad A1, A2, A3, \dots, A21 \geq 0$$

S = Girdi ve çıktılara ait atıl değerlerdir.

VZA modelleri ile aynı girdi ve çıktıya sahip karar verme birimlerinin karşılaştırmalı ölçümü yapılabilir. Her bir karar verme birimi için model çözülür. Doğrusal programlama sonucunda amaç fonksiyonun bire eşit olması istenir. Amaç fonksiyonu bire eşit olmayan karar verme birimleri, etkin olan karar verme birimlerine benzetilmeye çalışılır. Bu şekilde etkin olmayanlar etkin hale getirilmeye çalışılmaktadır. Tüm karar verme birimleri için model çözülmüş ve elde edilen sonuçlardan faydalanılarak Tablo 2.9.'da ki etkinlik tablosu oluşturulmuştur.

**Tablo 2.9.** Firmaların Etkinlik Katsayıları

<b>Banka Kod Numarası (KVB)</b>	<b>Etkinlik Değeri</b>
1	1,2166
2	10,9574
3	2,0563
4	1
5	1
6	1,7352
7	1,8028
8	1
9	2,2887
10	46,2904
11	1
12	1
13	8,5021
14	1
15	4,7389
16	1
17	1
18	1,1131
19	6,1009
20	1,0427
21	1,1732

Tablo 2.9'daki çözüm sonuçlarına göre amaç fonksiyonu bire eşit olan 8 bankanın etkin ve verimli çalıştığı görülmektedir. Etkin olmayan bankaların yöneticilerine yol gösterilmesi amacıyla analize konu olan karar verme birimleri için potansiyel iyileştirme tabloları hazırlanmıştır. Örneğin, ilk karar verme birimine ilişkin olarak hazırlanan potansiyel iyileştirme tablosu şu şekilde verilmiştir:



**Tablo 2.10.** Potansiyel İyileştirme Tablosu

<b>Banka Kod Numarası (KVB)</b>	<b>Faktörler</b>	<b>Gerçekleşen</b>	<b>Hedef</b>	<b>Potansiyel İyileştirme (%)</b>	
<b>1</b>	<b>Girdi</b>	Sermaye Standart Rasyosu	14,9	7,3	- 51,14
		Topl.Krd./Topl. Aktifler	26,4	12,0	- 54,39
		Takipteki Krd./Topl.Krd.	4,4	2,8	- 36,42
		Duran Aktifler/Topl.Aktifler	2,9	2,9	0,00
		Likit Aktifler/Topl.Aktifler	17,4	16,2	- 6,87
		Likit Aktif./(Mvd.+Mvd.Dışı Kyn.)	19,5	19,5	0,00
	<b>Çıktı</b>	Net Dön.Kârı/Ort.Topl.Aktif	0,5	1,6	229,46
		Net Dön.Kârı/Ort.Özkaynak	19,8	24,1	21,66
		Net Dön.Kârı/Ort.Öden.Serm	36	43,8	21,66

### 2.6.2. BCC Modeli

Charnes ve diğerleri (1978) tarafından geliştirilen ve bir önceki bölümde ayrıntıları verilen CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında karar verme birimlerinin toplam etkinlik değerlerini hesaplamaktadır. BCC (Banker, Charnes, Cooper) modelinin CCR modelinden farklı bir yönü, BCC modelinin teknik etkinlik skorlarını (değerlerini) elde etmek istemesidir. BCC oransal formunun CCR modelinden farklı bir diğer yönü ise, girdi yönlü BCC modeline  $u_0$  değişkeninin ve dual modelde ise  $e\lambda = 1$  kısıtının eklenmesidir. Bu kısıt,  $\lambda_j \geq 0$  şartı ile birlikte, b adet karar verme biriminin çeşitli şekillerdeki kombinasyonlarının, içbükey bir verimlilik üst sınır çizgisi dahilinde gerçekleşebilmesini sağlamaktadır. BCC modelinde ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında karar verme birimlerinin oluşturduğu olası çözüm bölgesi konveks (dışbükey) bir yapı oluştururken, CCR modelinde sabit ölçek getirisi varsayımı ile konik bir yapı oluşmaktadır.

### 2.6.2.1. Girdiye Yönelik BCC Modeli

Girdiye yönelik BCC modelinin kesirsel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

(FP<sub>o</sub>) Amaç fonksiyonu;

$$\text{Max: } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} + u_o}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}$$

Aşağıdaki kısıtlar altında;

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

(2.10)

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

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

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

Girdi yönlü BCC kesirsel modeli doğrusal programlama modeline dönüştürülerek KVB<sub>o</sub>'ın ( $o=1,2,\dots,b$ ) etkinliği hesaplanabilir.

(LP<sub>o</sub>) Amaç fonksiyonu;

$$\text{Max: } \theta_o = \mu_1 y_{1o} + \dots + \mu_s y_{so} + u_o$$

Aşağıdaki kısıtlar altında;

$$v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo} = 1 \quad (2.11)$$

$$\mu_1 y_{1j} + \dots + \mu_s y_{sj} + u_o \leq v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$\mu_r \geq \varepsilon$$

$$j = 1,2,\dots,b \quad i = 1,2,\dots,m \quad r = 1,2,\dots,s$$

$\theta_o$ : skalar (ölçümsel) değer

$\theta$  (skalar) değişkeni, etkinliği daha iyi hale getirmek için  $KVB_0$ 'ın tüm girdilerine uygulanan orantılı azaltmalardır.

BCC doğrusal programlama modelinin dual formülasyonu ise aşağıdaki gibidir:

(DLPo) Amaç fonksiyonu;

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

Aşağıdaki kısıtlar altında;

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

$$\theta x_{io} - \sum_{j=1}^b x_{ij} \lambda_j - s_i^- = 0 \quad (2.12)$$

$$e \lambda = 1$$

$$\lambda_j \geq \varepsilon$$

$$s_i^- \geq \varepsilon$$

$$s_r^+ \geq \varepsilon$$

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

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

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

BCC doğrusal programlama modeli, CCR modelinde olduğu gibi iki aşamalı bir prosedür uygulanarak çözülebilir. Bu prosedür, ilk aşamada,  $\theta_0$ 'ın minimizasyonu, ikinci aşamada ise  $\theta_0$  değerini optimal amaç değeri olan  $\theta_0^*$ 'da tutarak, girdi fazlalıklarının ve çıktı eksikliklerinin maksimizasyonu şeklindedir.

#### **Tanım 4: (BCC Verimliliği)**

Eğer  $BCC_0$  modelinin optimal çözüm kümesi  $(\theta_0^*, \lambda^*, s^{-*}, s^{+*})$  ( $s^{-*}$  en fazla girdi fazlalığını,  $s^{+*}$  ise en fazla çıktı eksikliğini göstermektedir)  $\theta_0^* = 1$  ve  $(s^{-*} = 0, s^{+*} = 0)$  şartlarını sağlarsa, söz konusu olan  $KVB_0$  BCC modeline göre verimli, sağlamazsa verimsiz olarak nitelendirilecektir.

### **Tanım 5: (Referans Kümesi)**

BCC-verimsiz  $KVB_o$  için, referans kümesi ( $E_o$ ),  $\lambda^*$  optimal çözümü temel alınarak aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$E_o = \{j \mid \lambda_j^* > 0\} (j \in \{1, \dots, b\})$$

Birden fazla optimum çözümler varsa, referans grubunu oluşturan  $KVB_j$ 'lerin kombinasyonları ve  $KVB_o$  arasında aşağıdaki ilişki kurulabilir:

$$\begin{aligned} \theta_o^* x_o &= \sum_{j \in E_o} \lambda_j^* x_j + s^-^* \\ y_o &= \sum_{j \in E_o} \lambda_j^* y_j - s^+^* \end{aligned}$$

O halde,  $KVB_o$ 'da girdi ve çıktı miktarlarında iyileştirme yaparak verimliliğe ulaşabilmek için, BCC-projeksiyonu ( $(x_o, y_o)$  noktasının verimlilik sınırına olan projeksiyonu) denilen aşağıdaki dönüşüm kullanılabilir:

$$\begin{aligned} x_\delta &= \theta_o^* x_o - s^-^* \\ y_\delta &= y_o + s^+^* \end{aligned}$$

Bu projeksiyon sonucu elde edilen  $(x_\delta, y_\delta)$  noktasında, BCC-verimlidir.

### **2.6.2.2. Çıktıya Yönelik BCC Modeli**

Çıktıya yönelik modelin temel amacı, girdiye yönelik modelden çıkarılabilir. Bu modelde amaçlanan, verilen kaynak seviyelerini aşmadan çıktı üretimini maksimum hale getirmek amaçtır. Girdiye yönelik BCC modeli ve çıktıya yönelik BCC modeli arasındaki en önemli fark, doğrusal programlamanın orantısal çıktı artırımını gerçekleştirmek için  $\phi$  üzerinden maksimizasyonunun sağlanmasıdır. Çıktıya yönelik BCC modelinin kesirsel formülasyonu şu şekildedir:

(FP<sub>o</sub>) Amaç fonksiyonu;

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

Aşağıdaki kısıtlar altında; (2.13)

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + v_o}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} \geq 1$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$v_o$  = serbest işaretli değişken (pozitif, negatif ya da sıfır değeri alabilir)

$$r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

KVB<sub>o</sub>'ın ( $o=1, 2, \dots, b$ ) etkinliği, aşağıdaki çıktı yönlü BCC modelinin doğrusal programı ile çözülebilir;

(LPo) Amaç fonksiyonu;

$$\text{Min: } \phi_o = \eta_1 x_{1o} + \dots + \eta_m x_{mo} + v_o$$

Aşağıdaki kısıtlar altında;

$$u_1 y_{1o} + \dots + u_s y_{so} = 1 \tag{2.14}$$

$$\eta_1 x_{1j} + \dots + \eta_m x_{mj} + v_o \geq u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj}$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$\eta_i \geq \varepsilon$$

$v_o$  = serbest

BCC çıktı yönlü modelinin duali ise şu şekildedir;

(DLPo) Amaç fonksiyonu;

$$\text{Max: } \beta + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında;

$$\sum_{j=1}^b x_{rj} \theta_j + s_i^- = x_{io} \tag{2.15}$$

$$\beta y_{ro} - \sum_{j=1}^b y_{rj} \theta_j + s_r^+ = 0$$

$$e \lambda = 1$$

$$\theta_j \geq 0$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_r^+ \geq 0$$

$$\lambda > 0$$

$$j = 1, 2, \dots, b \quad i = 1, 2, \dots, m \quad r = 1, 2, \dots, s$$

biçimindedir. BCC modelinde bir karar verme birimi için referans kümesinin büyüklüğü  $m+s$ 'dir.

CCR modelleri ile toplam etkinlik hesaplanırken, BCC modelleri ile teknik etkinlik hesaplanmaktadır. Teknik olarak etkin olan bir karar verme biriminin ölçekten kaynaklanan bir etkinsizliği varsa, toplamda da etkin olamayacaktır<sup>11</sup>.

CCR ve BCC modelleri arasındaki farkı daha iyi ortaya koyabilmek amacıyla literatür taraması sonucu elde edilen bir örnek uygulamayı (Töngür, 2001, s. 44-52) ele alalım.

Sağlık sektöründe yapılmış olan bu araştırmada ölçek ve hizmet sistemi açısından birbirine benzer hastaneler incelemeye dahil edilmiştir. Bu nedenle çalışmada sadece Sağlık Bakanlığı'na bağlı devlet hastaneleri ele alınmıştır. Bu hastanelerin etkinliğini ölçmek için karar verme birimleri iller baz alınarak seçilmiştir. Kullanılan girdi ve çıktı kümeleri ise şu şekildedir:

***Girdi Kümesi:***

- Yatak Sayısı (Hastanedeki klinik hastalarının hizmetinde olan toplam yatak sayısı),
- Pratisyen Hekim,
- Uzman Hekim,
- Hemşire,
- Ebe,
- Diğer Sağlık Personeli (Hemşire Yardımcısı, Anestezi Teknisyeni, Laboratuvar Teknisyeni, Röntgen Teknisyeni vb gibi birden çok meslek grubundan oluşmaktadır),
- Döner Sermaye Giderleri (Döner sermaye bütçesinden yapılan harcamalar).

---

<sup>11</sup> BCC Modeli ile ilgili daha ayrıntılı bilgi Ulucan, 2002, s. 90-92; Üte, 2002, s. 58-60; Töngür, 2001, s. 36-42; Aydemir, 2002, s. 75-81; Cooper vd., 1990, s. 20-29; Haas vd., 2001, s. 8'den bulunabilir.

### ***Çıktı Kümesi:***

- Poliklinik Sayısı (Bir yıl içinde ayakta tedavi hizmeti gören hasta sayısı),
- Taburcu Sayısı (Bir yıl içinde hastanede yatarak tedavi olan hasta sayısı),
- Hasta Ölüm Oranı (Hastaların hastanede yattıkları süre içinde ölen hastaların toplam yatan hastalara oranı),
- Ameliyat Sayısı (Büyük, orta ve küçük çaplı ameliyat sayılarının toplamı),
- Doğum Sayısı (Bir yıl içinde hastanede doğum yapanların sayısı),
- Döner Sermaye Gelirleri .

Tanımlanan girdi ve çıktı değişkenlerinin 81 ile ait gözlem değerlerine ilişkin verileri Sağlık Bakanlığı 2000 Yılı İstatistik Yıllığı ve Yataklı Tedavi Kurumları İstatistik Yıllığından alınmıştır.

Problem çözümünde çıktı yönlü CCR modelinin duali ve ikinci aşamada BCC modelinin duali kullanılmış, EMS bilgisayar paket programından yararlanılmıştır.

7 girdi ve 6 çıktı ile yapılan hesaplamalar sonucunda 81 ile ait CCR ve BCC modeline göre teknik etkinlik sonuçları değerlendirilmiştir. 81 ilde 2000 yılı verilerine göre il başına ortalama 853 yatak düştüğü, 733.203 hastaya poliklinik hizmeti verilerek ayakta bakım ve tedavilerinin yapıldığı ayakta bakım hizmetleri il nüfusuna göre 89.250 ila 4.488.940 arasında oldukça geniş bir aralıkta dağılım gösterdiği ortaya çıkmıştır. Çıktı değişkenlerinden biri olan yatarak tedavi hizmeti alıp taburcu olan hastaların sayısı il başına ortalama 32.516, taburcu hasta sayısının ise 2.365 ile 193.117 arasında değişim gösterdiği bulunmuştur.

Ölüm oranı 0,0124 ile 0,3021 arasında dağılım göstermiş ve ortalama 0,043170 olarak gerçekleştiği, il başına ortalama olarak 8.793 ameliyatın gerçekleştiği ve 6.755 doğum olduğu gözlenmiştir.

Ayrıca illerin Sağlık Bakanlığı'na bağlı hastanelerinde 158 uzman hekim, 108 pratisyen hekim, 502 hemşire, 469 ebe ve eczacı, sağlık memuru, memur vb. gibi birden çok meslek grubunu içeren diğer sağlık personeli şeklinde ortalama olarak 415 kişinin çalıştığı ortaya çıkmıştır.

Hastanelerin finansal girdi ve çıktı değişkeni olarak kullanılan döner sermaye bütçesinin 2000 yılı içinde ortalama geliri 7.419.861.374.544 TL ve gideri ise 7.160.614.286.043 TL olduğu gözlenmiştir.

CCR ve BCC modeli ile elde edilen etkinlik skorlarına göre Sağlık Bakanlığı hastanelerinin büyük bir kısmının etkin çalışmadığı bulunmuştur.

**Tablo 2.11.** CCR ve BCC Etkinlik Analizine Göre Özet Tablo

	<b>CCR</b>	<b>BCC</b>
İl Sayısı (n)	81	81
Ortalama Skor	1,19609	1,13579
Maximum	1,59999	1,59199
Minimum	1,00000	1,00000
Etkin İl Sayısı	19	33
Etkin Olmayan İl Sayısı	62	48
Etkin İller (%)	23,45	40,74
Etkin Olmayan İller (%)	76,55	59,26

Çözülen modeller sonucunda, etkinlik sınırında yer alan karar verme birimlerinin değeri bire eşit olmaktadır. Etkin karar verme birimleri, kendi özelliklerine benzerlik gösteren ancak etkin olmayan karar verme biriminin referans kümesini oluşturmaktadır.



### 3. BÖLÜM: UYGULAMA

Bu bölümde, ikinci bölümde anlatılmış olan VZA yöntemine yönelik bir uygulama yer almaktadır. Uygulama, Celal Bayar Üniversitesi'ne bağlı 14 Meslek Yüksekokulu üzerinde yapılmıştır. Uygulamanın gerçekleştirilmesi için VZA'ya ilişkin girdiye yönelik CCR ve BCC modelleri oluşturulmuş ve modellerin çözümlerinde EMS<sup>12</sup> paket programı kullanılmıştır.

#### 3.1. Uygulamanın Amacı, Önemi ve Kapsamı

Bu uygulamanın amacı, bir performans ölçüm modeli olan VZA yöntemi kullanılarak Celal Bayar Üniversitesine bağlı 14 Meslek Yüksekokulunun göreceli etkinliğini ölçmektir.

Uygulama yöntemi olarak seçilen VZA, bütün karar verme birimlerinin etkinlik değerlerinin belirlenmesini sağlar. Bir karar verme birimi için belirlenen etkinlik değerinin bire eşit çıkması (ya da %100 çıkması) durumunda bu karar verme biriminin etkin olduğu yani girdi ve çıktıları optimum kullandığı söylenebilir. Etkinlik değeri bire eşit olmayan karar verme birimleri “etkinsiz” olarak nitelendirilmekte ve referans setini oluşturan etkin birimlere benzetilmeye çalışılmaktadır.

Martin (2003, s. 2-3), VZA yöntemi kullanılarak üniversitelerde etkinlik değerlendirilmesine yönelik aşağıdaki çalışmaların yapıldığını belirtmektedir :

- ◆ Rodhes ve Southwick (1986), Amerika'daki özel ve kamu üniversitelerinin etkinliğini ölçmüşlerdir.
- ◆ Kwimbere (1987), İngiltere de bulunan üniversitelerin mühendislik, matematik ve fizik bölümlerinden oluşan bir setin etkinlik analizini yapmıştır.
- ◆ Tomkins ve Green (1988), İngiltere' deki 20 üniversitenin mühendislik bölümlerinin etkinliğini ölçmüştür.
- ◆ Haris (1990), Avustralya da ki üniversitelerin ekonomi bölümlerinin araştırma performanslarını değerlendirmek üzere çalışmalar yapmıştır.
- ◆ Johnes ve Johnes (1993), 1984-1988 yılları arasında İngiltere'de ki çeşitli akademik birimlerin performanslarının değerlendirilmesini ele almıştır.

---

<sup>12</sup> <http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems/> (25.10.2004)

- ◆ Pina ve Torres (1995), İspanya’da ki kamu üniversitelerinin muhasebe bölümlerine ilişkin araştırma ve eğitim-öğretim faaliyetlerinde VZA kullanmıştır.
- ◆ Garcia Valderrama (1996), İspanya’daki Cadiz üniversitesi’nin akademik birimlerindeki araştırma faaliyetlerinin performansı üzerine odaklanmıştır.
- ◆ Melville ve Debasish (1998), 45 Kanada üniversitesi’nin görelî etkinliğini ölçmede VZA’dan yararlanmıştıır.

Yukarıda sıralanan çalışmalara benzer bir çalışma ülkemizde, İlker Öztürk (2003) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, Kocaeli Üniversitesi’ne bağlı mühendislik fakültelerinin performanslarının analiz edilmesi için VZA yöntemi kullanılmıştır.

Celal Bayar Üniversitesi Meslek Yüksekokullarının VZA yöntemi kullanılarak performanslarının ölçümü aşağıdaki aşamalarda gerçekleştirilmiştir:

- Aynı girdilerin kullanılıp, aynı çıktıların üretilebildiği benzer organizasyonların oluşturduğu karar verme birimlerinin seçilmesi,
- Karar verme birimlerinin etkinliğinin ölçülebilmesi için bu birimlere ilişkin uzmanlardan alınan ve onların verdiği bilgilerden derlenen girdi – çıktı değişkenlerinin belirlenmesi,
- VZA yönteminin uygulanması,
- Her bir karar verme biriminin etkinliğinin değerlendirilmesi ve referans kümelerinin oluşturulması,
- Etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin hale getirilebilmesi için önerilerde bulunulması,
- Her bir karar verme birimi için sonuçların yorumlanması.

### **3.2. Uygulama Yöntemi ve Modeli**

Uygulama yöntemi olarak VZA’nın seçilmesinin nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

- ◆ Her bir karar verme biriminin etkinlik değerlerinin belirlenmesini sağlar,
- ◆ Her bir karar verme birimindeki etkinsizlik miktarlarını ve kaynaklarını tanımlar, bu şekilde etkin olmayan karar verme birimlerinde ne kadarlık bir girdi

azaltımı ve/veya çıktı artırımının gerektiği konusunda uygulamacıya yol gösterir,

- ◆ Belirlenen girdi ve çıktıların ölçüm birimleri birbirinden farklı olabilir, böylece bir meslek yüksek okulunun değişik boyutlarını aynı anda ölçebiliriz,
- ◆ En etkin karar verme biriminin seçilmesini sağlar.

Bir karar verme biriminde etkinsizlik belirlendiğinde, VZA aynı çıktıların daha az girdi ile ya da aynı girdiler kullanılarak daha fazla çıktının üretilebileceğini göstermektedir. Ancak, fiziksel olmayan çıktı ve girdi ölçüleri, sonuçları zayıflatacaktır.

İstatistiksel bir yöntem, merkezi eğilim yaklaşımıyla üreticileri ortalama bir üreticiye göre değerlendirirken, VZA'nın yaptığı, her bir üreticiyi yalnız "en iyi" üreticilerle karşılaştırmaktadır. Daha anlaşılır bir ifade ile, böyle bir yöntemin dayandığı temel varsayım şu şekildedir: Eğer A üreticisi etkin bir şekilde  $x(A)$  birim girdi ile  $y(A)$  birim çıktıyı üretebiliyorsa, o zaman aynı işi yapan diğer üreticilerde aynı girdi miktarını kullanarak aynı çıktı miktarını üretebilmelidirler.

Aynı girdi ve çıktıya sahip karar verme birimlerinin karşılaştırmalı ölçümlerinin yapılması VZA modelleri ile mümkündür. Her bir karar verme birimi için model ayrıca çözümlenir. VZA modeli girdi ve çıktıya yönelik olmak üzere iki yönlüdür. Üniversite yönetiminin girdiler üzerinde daha rahat değişiklikler yapabileceği düşüncesiyle uygulamada girdiye yönelik CCR ve BCC modelleri ve bu modellerin doğrusal programlama formülasyonu kullanılmaktadır.

### **3.2.1. Girdiye Yönelik CCR Modeli ve Doğrusal Programlama Formülasyonu**

Bu modele aynı zamanda "Ağırlıklı VZA modeli" de denmektedir. Kesirsel programlama modelinin amaç fonksiyonunun paydası bir'e eşitlenerek model doğrusal hale getirilebilir. Bu da payın (çıktıların ağırlıklı toplamlarının) maksimize edileceğini gösterir. Kesirsel programlama modelinin eşdeğeri olan doğrusal programlama modeli aşağıdaki gibidir:

(LP<sub>0</sub>) Amaç fonksiyonu;

$$\text{Max: } \theta = \mu_1 y_{1o} + \dots + \mu_s y_{so}$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo} = 1$$

$$\mu_1 y_{1j} + \dots + \mu_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}$$

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

$$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s \geq 0$$

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

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

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

Burada;

$\mu$  : Çıktıya verilen ağırlık değerleri,

$v$  : Girdiye verilen ağırlık değerleridir.

Doğrusal programlama modelinde görüldüğü gibi, amaç fonksiyonunda, karar verme birimi için ağırlıklandırılmış çıktı maksimize edilmeye çalışılırken kısıtlardaki ağırlıklandırılmış girdi normalleştirilmiştir. Kısıttaki diğer eşitsizlik denklemi ise etkinlik sınırının vektörlerini ( $\mu, v$ ) belirlemektedir.

### 3.2.2. Girdiye Yönelik BCC Modeli ve Doğrusal Programlama Formülasyon

CCR modeli ölççeğe göre sabit getiri varsayımı altında karar verme birimlerinin toplam etkinlik değerlerini hesaplarken, BCC modeli değişken getiri varsayımı altında teknik etkinlik değerlerini elde etmektedir.

BCC doğrusal programlama modeli aşağıdaki gibidir:

(LPo) Amaç fonksiyonu;

$$\text{Max: } \theta_o = \mu_1 y_{1o} + \dots + \mu_s y_{so} + u_o$$

Aşağıdaki kısıtlar altında;

$$v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo} = 1$$

$$\mu_1 y_{1j} + \dots + \mu_s y_{sj} + u_o \leq v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$\mu_r \geq \varepsilon$$

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

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

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

$\theta_o$  : skalar (ölçümsel) değer

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

$\theta$  (skalar) değişkeni, etkinliği daha iyi hale getirmek için KVB<sub>o</sub>'ın tüm girdilerine uygulanan orantılı azaltmalardır.

### 3.2.3. Karar Verme Biriminin Seçilmesi

Karar verme birimleri, etkinlikleri göreceli olarak hesaplanacak birimlerdir. Yapılan uygulamada, Celal Bayar Üniversitesine bağlı Ahmetli, Akhisar, Alaşehir, Demirci, Gölarmara, Gördes, Köprübaşı, Kula, Sağlık Bilimleri, Salihli, Sarıgöl, Soma, Saruhanlı ve Turgutlu Meslek Yüksekokulu olmak üzere toplam 14 adet karar verme birimi ele alınmıştır.

### 3.2.4. Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi

VZA'nın ayrıştırma yeteneğinin iyi olabilmesi için, girdi ve çıktı sayısının çok olması arzulanır. Bu nedenle mümkün olduğunca çok sayıda girdi ve çıktı elemanı seçilmelidir. Ancak seçilen girdi ve çıktı elemanlarının tümünün her bir KVB için kullanılıyor olması gerekmektedir. Seçilen girdi sayısı  $m$ , çıktı sayısı da  $p$  ise; en az  $m+p+1$  adet karar verme birimine ihtiyaç vardır. Bir diğer kısıt ise, değerlendirmeye alınan karar verme birim sayısının,  $m+p$ 'nin en az iki katı olmasıdır (Bousofiance vd., 1991, s. 7-8).

Etkinlik analizinin anlamlı olabilmesi için ölçek ve eğitim hizmeti açısından birbirine benzer okullar incelemeye dahil edilmiştir. Bu nedenle çalışmada sadece Celal Bayar Üniversitesi bünyesinde yer alan Meslek Yüksekokulları ele alınmıştır. Meslek Yüksekokullarının etkinliğini ölçmek için belirlenen, verimliliği etkileyeceği düşünülen toplam girdi ve çıktı değişkenleri aşağıdaki gibidir:

#### Girdi Değişkenleri

1. Derslik sayısı,
2. İdari personel sayısı,
3. Kullanılan bilgisayar sayısı,
4. 2003-2004 öğretim yılında ki 2. sınıf toplam öğrenci sayısı,

5. Toplam okutulan ders sayısı,
6. Kadrolu öğretim elemanı sayısı,
7. 2547 sayılı kanununun 31. ve 40/A maddelerine göre görevlendirilen öğretim elemanı sayısı.

### **Çıktı Değişkenleri**

1. 2003-2004 öğretim yılında mezun olan toplam öğrenci sayısı,
2. 2003-2004 öğretim yılında mezun olan öğrencilerin genel başarı not ortalamaları,
3. Meslek Yüksekokulu bünyesindeki tüm kadrolu öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanları.

Değişkenlerin tümü 2003 – 2004 öğretim yılına ilişkin olup, ilk üç girdi ile altı ve yedinci girdiler, üniversite yönetiminin en etkin bir şekilde faaliyetine devam edebilmesinde kaynak tahsisi olarak nitelendirilebilecek iç girdilerdir. Bu girdiler bir dönemden diğerine yine üniversite yönetimince değiştirilebilirler. Diğer girdiler ise, üniversite yönetiminin etkisi altında olmayan dış girdilerdir.

Literatür taramasında VZA yönteminin üniversitelere bağlı fakültelerde yapıldığı tespit edilmişti. Bu uygulamada örneklerinde yukarıda belirtmiş olduğumuz girdi ve çıktı setlerinden bazı farklılıkların olduğu görülmüştür. Örneğin, girdi olarak, laboratuvar sayısı ve toplam öğrenci sayısı, çıktı olarak ise, toplam 4 yılda okulu bitiren öğrenci sayısı ile öğretim elemanlarının çıkarmış oldukları toplam yayın sayıları çözümde yer almaktaydı. Burada üzerinde önemle durulması gereken nokta incelenen kurumların MYO'lar olmasıdır. Çünkü her bir MYO'da farklı programlar olduğu gibi bu programlar için gerekli olan farklı laboratuvarlarda söz konusu olacaktır. Bir MYO' da ne kadar çok program olursa o kadar çok da öğrencinin olması beklenir. Laboratuvar sayısı ile toplam öğrenci sayısının bir MYO'nun etkinliğini ölçmede yeterli olamayacağı düşünülmüştür. Bu nedenle, bu iki veri yerine etkinliğin ölçümünü değiştirebileceği düşünülen “idari personel sayısı ile 2. sınıf toplam öğrenci sayıları”nın alınması uygun görülmüştür. Aynı şekilde okulu 2 yılda bitiren öğrenci sayısının etkinlik ölçümünü ne şekilde etkileyeceği tartışılır bir konudur. Bu veri yerine mezun olan öğrencilerin başarı not ortalamaları alınmıştır. Bir MYO' da öğretim görevlisinden beklenen asıl görev, ders vermesidir. Bu nedenle toplam yayın sayısı yerine öğretim

görevlilerinin niteliklerinin daha net ölçülebilmesi amacıyla, yapılan bu uygulamada öğretim elemanlarının son atamalarına ilişkin akademik etkinlik puanları alınmıştır.

Karar verme birimlerinin yukarıdaki girdi ve çıktı değişkenlerine ait değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Meslek Yüksekokullarına Ait Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Karar Verme Birimi <sup>13</sup> (KVB)	Girdiler							Çıktılar		
	Derslik sayısı	İdari Personel Sayısı	Kullanılan Bilgisayar sayısı	2. sınıf toplam öğrenci sayısı	Toplam okutulan ders sayısı	Kadrolu öğretim elemanı sayısı	Diğer öğretim elemanı sayısı (*)	Mezun olan toplam öğrenci sayısı	Öğrencilerin genel başarı not ortalaması (**)	Akademik etkinlik puanları (***)
1	6	6	48	110	126	14	11	56	66,12	135,50
2	9	5	29	144	76	6	10	84	81,50	94,11
3	16	11	31	178	307	22	9	159	75,00	202,86
4	4	6	10	120	68	4	12	44	75,00	96,50
5	4	2	15	15	38	2	7	8	64,84	100,88
6	3	7	6	87	72	5	6	54	65,00	61,00
7	9	4	35	365	84	9	12	198	60,10	113,22
8	5	3	11	120	128	4	20	20	65,00	82,17
9	3	3	7	52	66	9	20	47	69,51	145,39
10	15	3	9	53	75	3	5	15	65,23	110,25
11	4	2	8	50	75	6	5	48	65,00	60,53
12	11	5	20	231	262	5	58	101	68,47	148,00
13	12	19	45	336	473	22	35	260	64,02	79,17
14	20	7	30	815	460	15	114	340	68,42	59,33

(\*) 31. ve 40/A maddelerine göre görevlendirilen öğretim elemanı sayısı

(\*\*) Mezun olan öğrencilerin başarı not ortalamaları

(\*\*\*) Kadrolu öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanlarıdır.

<sup>13</sup> KVB'ler olarak belirlenen MYO'ların tez içerisinde isimlerinin verilmemesi uygun görülüş, bu nedenle de her bir MYO numaralarla kodlanmıştır.



### 3.3. CCR ve BCC Uygulama Modelleri ve İzdüşüm Noktaları

Tablo 3.1’de ayrıntılı bir şekilde gösterilmiş olan yedi girdi ve üç çıktı ele alınarak CCR-1 ve BCC-1 modellerinin etkinlik sonuçları Tablo 3.2.’de verilmiştir. Bu tabloda yalnızca %100 etkinliğe sahip olmayan MYO’ lar ele alınmıştır. Çünkü VZA, %100 etkinliğe sahip olan karar verme birimleri için herhangi bir iyileştirme önerisinde bulunmamaktadır.

Tablo 3.2.’de referans setlerinin yanında yer alan parantez içindeki değerler ağırlıkları göstermektedir. Etkinlik sınırına ulaşmak için kullanılan “öteleme katsayısı” olarak da nitelendirilir. Parantez dışındaki değerler ise referans olan karar verme birimini ifade etmektedir.

VZA’nın uygulanmasından elde edilen en önemli fayda, etkin olmayan karar verme birimlerine elde edilebilir hedefler konulmasıdır. Bu hedefler, etkin olmayan karar verme birimlerinin referans setlerinde yer alan etkin birimlerin ağırlıklı ortalamalarıdır.

**Tablo 3.2.** CCR-1 ve BCC-1 Modellerine Göre Etkinlik Analizi Sonuçları

KVB (Kod Numarası)	Etkinlik Değeri	Referans Seti	Girdi 1 (Aylak Kapasite)	Girdi 2 (Aylak Kapasite)	Girdi 3 (Aylak Kapasite)	Girdi 4 (Aylak Kapasite)	Girdi 5 (Aylak Kapasite)	Girdi 6 (Aylak Kapasite)	Girdi 7 (Aylak Kapasite)	Çıktı 1 (Aylak Kapasite)	Çıktı 2 (Aylak Kapasite)	Çıktı 3 (Aylak Kapasite)
<b>CCR-1 Modeli Sonucu*</b>												
8	95,72%	4 (0,21) 5 (0,33) 10 (0,08) 11 (0,35)	0	0	0	62,69	63,47	0	12,16	9,84	0	1,34
<b>BCC-1 Modeli Sonucu</b>												
8	97,20%	4 (0,00) 5 (0,42) 6 (0,16) 9 (0,00) 10 (0,09) 11 (0,33)	0	0	0	74,64	65,32	0	13,41	9,25	0	0

\* Diğer KVB'ler, %100 etkin oldukları için tabloda ayrıca gösterilmemiştir.

Etkin olmayan MYO'lara yol göstermesi amacıyla potansiyel iyileştirme tabloları aşağıdaki gibi oluşturulabilir.

**Tablo 3.3.** CCR-1 ve BCC-1 Modellerine Göre Etkin Bulunmayan MYO İçin Potansiyel İyileştirme Tablosu

MYO	Faktörler	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)	
8. (CCR-1 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	4,76	- 4,80
		İdari personel sayısı	3,00	2,86	- 4,67
		Kullanılan bilgisayar sayısı	11,00	10,57	- 3,91
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	120,00	38,39	-68,01
		Toplam ders sayısı	128,00	59,07	-53,85
		Kadrolu Öğretim Ele. sayısı	4,00	3,84	-4,00
		Sözleşmeli Öğr. Ele. sayısı	20,00	6,98	-65,10
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	20,00	29,88	49,40
		Mezun ögr. başarı not ort.	65,00	65,12	0,19
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	82,17	83,57	1,70
8. (BCC-1 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	4,83	-3,40
		İdari personel sayısı	3,00	2,89	-3,67
		Kullanılan bilgisayar sayısı	11,00	10,71	-2,64
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	120,00	41,49	-65,43
		Toplam ders sayısı	128,00	58,98	-53,92
		Kadrolu Öğretim Ele. sayısı	4,00	3,89	-2,75
		Sözleşmeli Öğr. Ele. sayısı	20,00	6,00	-70,00
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	20,00	29,19	45,95
		Mezun ögr. başarı not ort.	65,00	64,95	-0,08
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	82,17	82,03	-0,17

Sekizinci karar verme birimi olan MYO'nun Tablo 3.2.'de ki CCR-1 modeli sonucu incelenecek olursa 4. karar verme biriminin (0,21) katı, 5. karar verme biriminin (0,33) katı, 10. karar verme biriminin (0,08) katı ve 11. karar verme biriminin (0,35) katı alındığında kendisine bir izdüşüm noktası belirleyecek, bir başka ifade ile etkin sınıra ulaşacaktır.

$$= [ \{4; 6; 10; 120; 68; 4; 12\} * 0,21 \{44; 75; 96,5\} * 0,21 ] + [ \{4; 2; 15; 15; 38; 2; 7\} * 0,33 \{8; 64,84; 100,88\} * 0,33 ] + [ \{15; 3; 9; 53; 75; 3; 5\} * 0,08 \{15; 65,23; 110,25\} * 0,08 ] + [ \{4; 2; 8; 50; 75; 6; 5\} * 0,35 \{48; 65; 60,53\} * 0,35 ]$$

işleminin sonuçları 8. MYO'nun izdüşüm noktalarını verecektir.

$$= [ \{4,76; 2,86; 10,57; 38,39; 59,07; 3,84; 6,98 \} ], [ \{ 29,88; 65,12; 83,57 \} ]$$

### 3.3.1. Uygulama Modelleri, Teknik Etkinlik Sonuçları ve Sonuçların Yorumlanması

Verilerin analizi yapılırken EMS 1.3 (Efficiency Measurement System) paket programından yararlanılmıştır.

İlk aşamada model, uygulamaya konu olan girdi ve çıktılarla ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı altında, girdi yönlü CCR modeli kullanılarak çözülmüştür. İkinci aşamada ise, ölçeğe göre değişken getiri (VRS) varsayımı ile BCC modeli ile çözüm yapılmıştır.

Tablo 3.2.'den de anlaşılacağı üzere, girdiye yönelik CCR-1 modeli temel alındığında ortalama etkinlik skoru %99,68 olarak hesaplanır. MYO'ların %7,14'ü (n = 1) etkin olamamış, %92,86'sının (n = 13) etkin olduğu bulunmuştur.

BCC-1 modeli etkinlik analizi sonuçlarına göre ortalama etkinlik skoru %99,8 olarak hesaplanmıştır. MYO'ların %92,86'sı (n = 13) etkin bulunurken, %7,14'ü (n = 1) etkin bulunamamıştır. Bu sonuçlara göre, CCR-1 ve BCC-1 modellerinin etkinlik sonuçları arasında fark görülmemektedir. Burada CCR-1 ve BCC-1 modeli ile elde edilen etkinlik skorlarına göre Celal Bayar Üniversitesi bünyesinde yer alan MYO'ların oldukça büyük bir çoğunluğunun etkin çalıştığı söylenebilir.

CCR-1 ve BCC-1 modellerinin teknik etkinlik analizi sonuçlarına ilişkin özet, Tablo 3.4'de verilmektedir.

**Tablo 3.4.** CCR-1 ve BCC-1 Modelleri Teknik Etkinlik Analiz Sonuçlarının Özeti

	CCR	BCC
MYO Sayısı (n)	14,00	14,00
Ortalama Skor (%)	99,69	99,80
Maximum (%)	100,00	100,00
Minimum (%)	95,72	97,20
Etkin MYO Sayısı	13,00	13,00
Etkin Olmayan MYO Sayısı	1,00	1,00
Etkin MYO'larının Yüzdesi (%)	92,86	92,86
Etkin Olmayan MYO'larının Yüzdesi (%)	7,14	7,14

Tablo 3.2'den de görüldüğü gibi CCR-1 ve BCC-1 modelleri paralellik göstermiş ve 14 MYO' dan sadece 8. MYO hariç diğer 13 MYO' nun ölçek ve teknik etkinlik ile tam etkinliğe sahip oldukları görülmüştür.

Etkin olmayan karar verme birimlerinin etkinlik skorlarına bakıldığında, 1 (yani %100)'den küçük değerler aldığı görülmektedir. Bunun anlamı, karar verme birimlerinin etkinlik değerlerinin oranı kadar girdilerinin azaltılması gerektiğidir. 8 numaralı MYO ele alındığında CCR-1 modeline göre etkinlik değeri %95,72 olarak bulunmuştur. Bu durumda, 8. KVB olan MYO'nun etkinlik sınırına ulaşması için çıktıları sabit kalmak koşuluyla girdilerini %95,72 oranında azaltmalıdır.

Etkinlik analizi, karar verme birimleri arasında etkin olan ve olmayan ayrımı yaparken aynı zamanda girdi fazlalıklarını ve çıktı eksikliklerini de ortaya koymaktadır. Etkin olan MYO'larda girdi fazlalıkları ve çıktı eksiklikleri görülmemektedir. Bu husus yalnızca etkin olmayan karar verme birimlerine mahsus bir özelliktir. VZA ile girdilerin ne kadar azaltılacağı ve çıktıların ne kadar arttırılacağı hesaplanabilir.

Etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin hale dönüşebilmesi için, etkinlik sınırında yer alan ve etkin olmayan karar verme birimlerine benzer özelliklere sahip olan karar verme birimleri, referans kümelerini oluşturmaktadır. Referans kümelerini oluşturan karar verme birimlerinin etkinlik değerleri "1" (%100)'e eşittir.

Yapılan CCR-1 modeli etkinlik analizi sonucunda etkin olmayan MYO'ların %100 etkinliğe ulaşabilmesi için kendine örnek alacağı MYO'ları ve yapması gereken işlemler aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

İlk karar verme birimi olan 1 no'lu MYO'ya ilişkin olarak oluşturulan girdiye yönelik CCR-1 modelinin doğrusal programlama formundaki ifadesi, Tablo 3.5'de verilmiştir. Veriler doğrusal programlama formunda çözüldüğünde etkinlik sonucunun EMS programı ile paralellik gösterdiği ve "1"(%100) olduğu görülecektir. Modelde  $\mu$  ve  $\nu \geq 0$  olma şartı göz ardı edilmemelidir. Ayrıca;

Amaç Fonksiyonu :  $\text{Max } 56 \mu_1 + 66,12 \mu_2 + 135,5 \mu_3$

**Tablo 3.5.** 1 No'lu Karar Verme Birimi İçin Oluşturulan Doğrusal Programlama Formundaki VZA Modeli

KISITLAR	DEĞİŞKENLER												RHS
	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$	$v_7$			
1				6	6	48	110	126	14	11	=	1	
2	56	66,12	135,50	-6	-6	-48	-110	-126	-14	-11	$\leq$	0	
3	84	81,50	94,11	-9	-5	-29	-144	-76	-6	-10	$\leq$	0	
4	159	75,00	202,86	-16	-11	-31	-178	-307	-22	-9	$\leq$	0	
5	44	75,00	96,50	-4	-6	-10	-120	-68	-4	-12	$\leq$	0	
6	8	64,84	100,88	-4	-2	-15	-15	-38	-2	-7	$\leq$	0	
7	54	65,00	61,00	-3	-7	-6	-87	-72	-5	-6	$\leq$	0	
8	198	60,10	113,22	-9	-4	-35	-365	-84	-9	-12	$\leq$	0	
9	20	65,00	82,17	-5	-3	-11	-120	-128	-4	-20	$\leq$	0	
10	47	69,51	145,39	-3	-3	-7	-52	-66	-9	-20	$\leq$	0	
11	15	65,23	110,25	-15	-3	-9	-53	-75	-3	-5	$\leq$	0	
12	48	65,00	60,53	-4	-2	-8	-50	-75	-6	-5	$\leq$	0	
13	101	68,47	148,00	-11	-5	-20	-231	-262	-5	-58	$\leq$	0	
14	260	64,02	79,17	-12	-19	-45	-336	-473	-22	-35	$\leq$	0	
15	340	68,42	59,33	-20	-7	-30	-815	-460	-15	-114	$\leq$	0	

Tablo 3.2'ye göre, etkin çıkmayan sekizinci MYO, 0,21 ağırlık derecesi ile dördüncü, 0,33 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,08 ağırlık derecesi ile onuncu ve 0,35 ağırlık derecesi ile on birinci MYO'yu, izdüşüm noktalarının belirlenmesini sağlayan bu ağırlık derecelerine göre örnek almalıdır. %100 etkinliğe sahip olabilmesi için dördüncü girdi olan 2003-2004 öğretim yılındaki ikinci sınıf toplam öğrenci sayısını 62,69 kişi ya da beşinci girdi olan okutulan toplam ders sayısını 63,47, yedinci girdi olan sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 12,16 oranında azaltmalı; birinci çıktı olan 2003-2004 öğretim yılında mezun olan toplam öğrenci sayısı 9,84 ve üçüncü çıktı olan kadrolu öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanlarını 1,34 oranında arttırmalıdır.

Girdiye yönelik BCC-1 modeli etkinlik analizi sonucuna göre, %97,20 etkinliğe sahip olan 8. MYO, 0,42 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,16 ağırlık derecesi ile altıncı, 0,09 ağırlık derecesi ile onuncu ve 0,33 ağırlık derecesi ile on birinci MYO'yu örnek almalıdır. %100 etkinliğe sahip olabilmesi için dördüncü girdi olan 2003-2004 öğretim yılında ki 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 74,64, beşinci girdi olan okutulan toplam ders sayısını 65,32 ve yedinci girdi olan sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 13,41 oranında azaltmalı; birinci çıktı olan 2003-2004 öğretim yılında mezun olan toplam öğrenci sayısı 9,25 kişi oranında arttırmalıdır.

Çalışmanın ilk aşamalarında, girdi sayısı yedi, çıktı sayısı da üç olarak belirlenmiştir. Ancak; literatür taraması sonucu modele fazla girdi ve çıktı eklenmesi VZA'nın ayrıştırma yeteneğini düşürdüğü ve bu durumda karar verme birim sayısının artması gerektiği bulunmuştur. Bu nedenle, VZA çalışmasına ilave edilecek girdi ve çıktı sayısının olabildiğince küçük olması, çalışmada incelenen karar verme birimlerinin gerçekleştirdiği üretimi de doğru olarak yansıtması gerekmektedir. Bunun için de VZA'da girdi ve çıktı sayılarını azaltabilmenin yollarından biri olarak, çiftli korelasyonlara bakılması vurgulanmaktadır. Literatüre göre, eğer; iki girdi ya da iki çıktı arasında mükemmel bir korelasyon mevcutsa, içlerinden biri, etkinlik değerlerinde değişime yol açmadan modelden çıkartılabilir.

Yedi girdi ve üç çıktılı analiz sonucunda yapılan indirgemelerde temel alınan husus bir MYO'nun etkinlik ölçümünde öğrenci ve öğretim görevlisi niteliklerinin daha ön planda olmasıdır. Bu nedenle veri indirgemelerinin ayrı ayrı gösterilmesi uygun görülmüştür. Bu indirgemelerden birincisi "İdari personel sayısı" çıkartılarak

yapılmıştır. Sonuçta, MYO'larda yönetimle daha yoğun ilişki içinde olan idari personelin, eğitim-öğretimi aksatmayacak bir düzeni sağladığı varsayım olarak kabul edilmiştir.

İdari personel sayısı çıkartılarak yapılan girdiye yönelik CCR-2 ve BCC-2 modelleri etkinlik analizi sonucu Tablo 3.6.'da görülmektedir.



**Tablo 3.6.** CCR-2 ve BCC-2 Modelleri Girdiye Yönelik Etkinlik Analizi Sonuçları

KVB (Kod Numarası)	Etkinlik Değeri	Referans Seti	Girdi 1 (Aylak Kapasite)	Girdi 2 (Aylak Kapasite)	Girdi 3 (Aylak Kapasite)	Girdi 4 (Aylak Kapasite)	Girdi 5 (Aylak Kapasite)	Girdi 6 (Aylak Kapasite)	Çıktı 1 (Aylak Kapasite)	Çıktı 2 (Aylak Kapasite)	Çıktı 3 (Aylak Kapasite)
<b>CCR-2 Modeli Sonucu</b>											
1	99,42%	3 (0,01) 5 (0,78) 6 (0,89)	0	30,31	18,19	28,29	7,68	0	0	43,52	0
8	83,26%	4 (0,75) 5 (0,07) 10 (0,06)	0	0	5,47	48,29	0	6,81	14,56	0	4,27
<b>BCC-2 Modeli Sonucu</b>											
8	90,21%	4 (0,00) 5 (0,40) 6 (0,50) 10 (0,09) 12 (0,00)	0	0	52,97	56,63	0	11,64	11,98	0	0

**Tablo 3.7.** CCR-2 ve BCC-2 Modellerine Göre Etkin Bulunmayan MYO'lar için Potansiyel İyileştirme Tablosu

MYO	Faktörler	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)	
1. (CCR-2 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	6,00	5,95	-0,83
		Kullanılan bilgisayar sayısı	48,00	17,35	-63,85
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	110,00	90,91	-17,36
		Toplam ders sayısı	126,00	101,62	-19,35
		Kadrolu Öğretim Ele. sayısı	14,00	6,23	-55,50
		Sözleşmeli Öğr. Ele. sayısı	11,00	10,89	-1,00
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	56,00	55,89	-0,20
		Mezun ögr. başarı not ort.	66,12	109,18	65,12
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	135,50	135,01	-0,36
	8. (CCR-2 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	4,18
Kullanılan bilgisayar sayısı			11,00	9,09	-17,36
2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı			120,00	94,23	-21,48
Toplam ders sayısı			128,00	58,16	-54,56
Kadrolu Öğretim Ele. sayısı			4,00	3,32	-17,00
Sözleşmeli Öğr. Ele. sayısı			20,00	9,79	-51,05
Çıktı		2003-2004 mezun ögr. sayısı	20,00	36,44	82,20
		Mezun ögr. başarı not ort.	65,00	64,69	-0,48
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	82,17	83,07	1,10
8. (BCC-2 Modeline Göre)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	3,01	-39,80
		Kullanılan bilgisayar sayısı	11,00	9,81	-10,82
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	120,00	54,27	-54,78
		Toplam ders sayısı	128,00	57,95	-54,73
		Kadrolu Öğretim Ele. sayısı	4,00	3,27	-18,25
		Sözleşmeli Öğr. Ele. sayısı	20,00	6,25	-68,75
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	20,00	34,52	72,60
		Mezun ögr. başarı not ort.	65,00	64,29	-1,09
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	82,17	76,30	-7,14

Tablo 3.6.'dan da görüldüğü üzere girdiye yönelik CCR-2 modeli sonucunda 1 ve 8. karar verme birimleri etkinsiz çıkmaktadır. BCC modeline göre ise, yalnızca 8. karar verme biriminin etkinsiz olduğu görülmektedir. Etkin olmayan bu MYO'lar için iyileştirme tabloları 3.7'de verilmiştir.

Girdilerden yalnızca idari personel sayısı çıkartıldığında CCR-2 ve BCC-2 modellerinin etkinlik analizi sonuçlarında fark olduğu görülmektedir. CCR-2 ve BCC-2 modellerine ilişkin özet tablo 3.8'de verilmiştir.

**Tablo 3.8.** CCR-2 ve BCC-2 Modelleri Teknik Etkinlik Analiz Sonuçlarının Özet Tablosu

	CCR	BCC
MYO Sayısı (n)	14,00	14,00
Ortalama Skor (%)	98,76	99,30
Maximum (%)	100,00	100,00
Minimum (%)	83,26	90,21
Etkin MYO Sayısı	12,00	13,00
Etkin Olmayan MYO Sayısı	2,00	1,00
Etkin MYO'larının Yüzdesi (%)	85,72	92,86
Etkin Olmayan MYO'larının Yüzdesi (%)	14,28	7,14

Girdiye yönelik CCR-2 modeli etkinlik analizi sonucunda %99,42 etkinliğe sahip olan 1. MYO, 0,01 ağırlık derecesi ile üçüncü, 0,78 ağırlık derecesi ile beşinci ve 0,89 ağırlık derecesi ile altıncı MYO' u örnek almalıdır. %100 etkinliğe sahip olabilmesi için ikinci girdi olan kullanılan bilgisayar sayısını 30,31, üçüncü girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 18,19, dördüncü girdi olan toplam ders sayısını 28,29 ve beşinci girdi olan kadrolu öğretim elemanı sayısını 7,68 oranında azaltmalı; ikinci çıktı olan öğrencilerin genel başarı not ortalamalarını 43,52 oranında arttırmalıdır.

%83,26 etkinliğe sahip olan 8. MYO ise, 0,75 ağırlık derecesi ile dördüncü, 0,07 ağırlık derecesi ile beşinci ve 0,06 ağırlık derecesi ile onuncu MYO' u örnek almalıdır. %100 etkinliğe sahip olabilmesi için, üçüncü girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 5,47, dördüncü girdi olan toplam ders sayısını 48,29 ve altıncı girdi olan sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 6,81 oranında azaltmalı; birinci çıktı olan mezun olan toplam öğrenci sayısını 14,56 ve üçüncü çıktı olan öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanlarını 4,27 oranında arttırmalıdır.

BCC-2 modeline göre %90,21 etkinliğe sahip olan 8. MYO, 0,40 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,50 ağırlık derecesi ile altıncı ve 0,90 ağırlık derecesi ile onuncu MYO'ları örnek almalıdır. %100 etkinliğe ulaşabilmesi için ikinci girdi kullanılan bilgisayar sayısını 52,97, üçüncü girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 56,63 ve altıncı girdi olan sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 11,64 oranında azaltmalı; birinci çıktı, mezun olan toplam öğrenci sayısını 11,98 oranında ise arttırmalıdır.

Üzerinde önemle durulan bir diğer model ise “kullanılan toplam bilgisayar sayısı”nın çıkartılarak oluşturulduğu modeldir. Günümüzde bilgisayar kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Çoğu öğrenci kendi imkanları kapsamında bilgisayara

ulaşabilmekte ve 6nceki eğitim kurumlarında bilgisayar kullanımı 6ęretilmektedir. Modelde kullanılan bilgisayar sayısı idari, akademik ve 6ęrencilerin kullandığı toplam sayı olmasından dolayı eğitim-6ęretimi dolaylı olarak etkilediği d6ř6n6lm6ř ve modelden 6ıkarılması uygun g6r6lm6řt6r.

Kullanılan toplam bilgisayar sayısı 6ıkartılarak yapılan girdiye y6nelik CCR-3 ve BCC-3 modelleri Tablo 3.9.'da g6r6lmektedir.

**Tablo 3.9.** CCR-3 ve BCC-3 Modelleri Girdiye Yönelik Etkinlik Analizi Sonucu

KVB (Kod Numarası)	Etkinlik Değeri	Referans Seti	Girdi 1 (Aylak Kapasite)	Girdi 2 (Aylak Kapasite)	Girdi 3 (Aylak Kapasite)	Girdi 4 (Aylak Kapasite)	Girdi 5 (Aylak Kapasite)	Girdi 6 (Aylak Kapasite)	Çıktı 1 (Aylak Kapasite)	Çıktı 2 (Aylak Kapasite)	Çıktı 3 (Aylak Kapasite)
<b>CCR-3 Modeli Sonucu</b>											
8	78,33%	4 (0,09) 5 (0,67) 9 (0,03) 11 (0,20)	0	0	62,11	52,1	0	8,35	0	0	10,3
<b>BCC-3 Modeli Sonucu</b>											
8	78,42%	4 (0,00) 5 (0,71) 6 (0,06) 9 (0,01) 11 (0,21)	0	0	66,2	51,96	0	8,95	0	0	8,42

Tablo 3.9.'dan da görüldüğü gibi CCR-3 ve BCC-3 modellerine göre yalnızca 8. MYO etkinsiz bulunmuştur. Bu MYO için iyileştirme tabloları 3.10'da görülmektedir.

**Tablo 3.10.** CCR-3 ve BCC-3 Modellerine Göre Etkin Bulunmayan MYO'lar için Potansiyel İyileştirme Tablosu

MYO	Faktörler	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)	
8. (CCR-3 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	6,13	22,60
		İdari personel sayısı	3,00	2,57	-14,33
		2003-2004 2. sınıf top. öğr. sayısı	120,00	33,01	-72,49
		Toplam ders sayısı	128,00	48,56	-62,06
		Kadrolu Öğretim Ele. sayısı	4,00	2,57	-35,75
		Sözleşmeli Öğr. Ele. sayısı	20,00	7,37	-63,15
	Çıktı	2003-2004 mezun öğr. sayısı	20,00	13,73	-31,35
		Mezun öğr. başarı not ort.	65,00	65,33	0,51
		Öğr. Ele. akademik etkinlik puan.	82,17	102,69	24,97
	8. (BCC-3 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	3,89
İdari personel sayısı			3,00	2,29	-23,67
2003-2004 2. sınıf top. öğr. sayısı			120,00	26,89	-77,59
Toplam ders sayısı			128,00	47,71	-62,73
Kadrolu Öğretim Ele. sayısı			4,00	3,07	-23,25
Sözleşmeli Öğr. Ele. sayısı			20,00	6,58	-67,10
Çıktı		2003-2004 mezun öğr. sayısı	20,00	19,47	-2,65
		Mezun öğr. başarı not ort.	65,00	64,29	-1,09
		Öğr. Ele. akademik etkinlik puan.	82,17	89,45	8,86

Girdiye yönelik CCR-3 modeli etkinlik analizi sonucunda %78,33 etkinliğe sahip olan 8. MYO, 0,09 ağırlık derecesi ile dördüncü, 0,67 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,03 ağırlık derecesi ile dokuzuncu ve 0,20 ağırlık derecesi ile onuncu MYO' ları örnek almalıdır. Bu MYO' nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için üçüncü girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 62,11, dördüncü girdi olan toplam ders sayısını 52,1 ve altıncı girdi olan sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 8,35 oranında azaltmalı; üçüncü çıktı olan öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanlarını 10,3 oranında arttırmalıdır.

Girdiye yönelik BCC-3 modeli etkinlik analizi sonucunda %78,42 etkinliğe sahip olan 8. MYO 0,71 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,06 ağırlık derecesi ile altıncı, 0,01 ağırlık derecesi ile dokuzuncu ve 0,21 ağırlık derecesi ile on birinci MYO' u örnek almalıdır. 8. MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için, üçüncü girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 66,2, dördüncü girdi olan toplam ders sayısını 51,96, altıncı

girdi olan sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 8,95 oranında azaltmalı; üçüncü çıktı olan öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanlarını 8,42 oranında arttırmalıdır.

CCR-3 ve BCC-3 modellerine ilişkin özet tablo 3.11’de verilmiştir.

**Tablo 3.11.** CCR-3 ve BCC-3 Modelleri Teknik Etkinlik Analizi Sonuçlarının Özet Tablosu

	CCR	BCC
MYO Sayısı (n)	14,00	14,00
Ortalama Skor (%)	98,45	98,46
Maximum (%)	100,00	100,00
Minimum (%)	78,33	78,42
Etkin MYO Sayısı	13,00	13,00
Etkin Olmayan MYO Sayısı	1,00	1,00
Etkin MYO’larının Yüzdesi (%)	92,86	92,86
Etkin Olmayan MYO’larının Yüzdesi (%)	7,14	7,14

Üzerinde önemle durulan bir diğer model ise “toplam ders sayısı”nın çıkartılarak oluşturulduğu modeldir. Birçok MYO’da benzer programlar olduğu gibi benzer derslerin okutulduğu varsayıldığında MYO’ların performansında etkili olmadığı düşünülmüştür. Aynı zamanda bu varsayım kapsamında toplam ders sayısının girdi olarak ele alınması uygun görülmüştür. Aynı programlara sahip MYO’larda aynı derslerin okutulduğu varsayımı altında bir öğretim üyesine düşen ders sayısının 3 olması ya da 10 olması sonucunda etkinlik değerlerinde bir değişme olması beklenir. Bu nedenle de toplam ders sayısının çıktı olarak belirlenmesi uygun görülmüş ve model oluşturulduğunda 14 MYO’nun tamamının %100 etkin olduğu bulunmuştur. Bu nedenle model ayrıntılı olarak açıklanmamıştır.

Toplam ders sayısı çıkartılarak yapılan girdiye yönelik CCR-4 ve BCC-4 modelleri etkinlik analizi ise Tablo 3.12’de görülmektedir.

**Tablo 3.12.** CCR-4 ve BCC-4 Modelleri Girdiye Yönelik Etkinlik Analizi Sonucu

KVB (Kod Numarası)	Etkinlik Değeri	Referans Seti	Girdi 1 (Aylak Kapasite)	Girdi 2 (Aylak Kapasite)	Girdi 3 (Aylak Kapasite)	Girdi 4 (Aylak Kapasite)	Girdi 5 (Aylak Kapasite)	Girdi 6 (Aylak Kapasite)	Çıktı 1 (Aylak Kapasite)	Çıktı 2 (Aylak Kapasite)	Çıktı 3 (Aylak Kapasite)
<b>CCR-4 Modeli Sonucu</b>											
8	95,72%	4 (0,21) 5 (0,33) 10 (0,08) 11(0,35)	0	0	0	62,69	0	12,16	9,84	0	1,34
<b>BCC-4 Modeli Sonucu</b>											
8	97,20%	4 (0,00) 5 (0,42) 6 (0,16) 9 (0,00) 10 (0,09) 11 (0,33)	0	0	0	74,64	0	13,41	9,25	0	0



Toplam kullanılan bilgisayar sayısı ve toplam ders sayısının çıkartılması sonucu yapılan etkinlik analizi sonuçlarında bir fark görülmemiş ve sadece 8. MYO etkinsiz çıkmıştır. Bu MYO için toplam ders sayısının indirgenmesi sonucu oluşturulan CCR-4 ve BCC-4 modelleri iyileştirme tablosu 3.13’de görülmektedir.

**Tablo 3.13.** CCR-4 ve BCC-4 Modellerine Göre Etkin Bulunmayan MYO için Potansiyel İyileştirme Tablosu

MYO	Faktörler	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)	
8. (CCR-4 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	4,76	-4,80
		İdari personel sayısı	3,00	2,86	-4,67
		Kullanılan bilg. sayısı	11,00	10,57	-3,91
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	120,00	51,89	-56,76
		Kadrolu Öğretim Ele. sayısı	4,00	3,84	-4,00
		Sözleşmeli Öğr. Ele. sayısı	20,00	6,98	-65,10
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	20,00	25,88	29,40
		Mezun ögr. başarı not ort.	65,00	65,12	0,19
		Öğr. Ele. akademik etkinlik puan.	82,17	83,57	1,02
	8. (BCC-4 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	4,83
İdari personel sayısı			3,00	2,89	-3,67
Kullanılan bilg. sayısı			11,00	10,71	-2,64
2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı			120,00	41,49	-65,43
Kadrolu Öğretim Ele. sayısı			4,00	3,89	-2,75
Sözleşmeli Öğr. Ele. sayısı			20,00	6,00	-70,00
Çıktı		2003-2004 mezun ögr. sayısı	20,00	29,19	45,95
		Mezun ögr. başarı not ort.	65,00	64,95	-0,08
		Öğr. Ele. akademik etkinlik puan.	82,17	81,99	-0,22

Girdiye yönelik CCR-4 modeli etkinlik analizi sonucunda %95,72 etkinliğe sahip olan 8. MYO, 0,21 ağırlık derecesi ile dördüncü, 0,33 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,08 ağırlık derecesi ile onuncu ve 0,35 ağırlık derecesi ile on birinci MYO’ları örnek almalıdır. %100 etkinliğe sahip olabilmesi için, dördüncü girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 62,69 ve altıncı girdi olan sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 12,16 oranında azaltmalı; birinci çıktı olan mezun olan toplam öğrenci sayısını 9,84 ve üçüncü çıktı olan öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanlarını 1,34 oranında arttırmalıdır.

Girdiye yönelik BCC-4 modeli etkinlik analizi sonucunda ise, %97,20 etkinliğe sahip olan 8. MYO 0,42 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,16 ağırlık derecesi ile altıncı, 0,09 ağırlık derecesi ile onuncu ve 0,33 ağırlık derecesi ile on birinci MYO’u örnek

almalıdır. Bu MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için, dördüncü girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 74,64 ve altıncı girdi olan sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 13,41 oranında azaltmalı; birinci çıktı, mezun toplam öğrenci sayısını ise 9,25 oranında arttırmalıdır.

**Tablo 3.14.** CCR-4 ve BCC-4 Modelleri Teknik Etkinlik Analizi Sonuçlarının Özet Tablosu

	CCR	BCC
MYO Sayısı (n)	14,00	14,00
Ortalama Skor (%)	99,69	99,80
Maximum (%)	100,00	100,00
Minimum (%)	95,72	97,20
Etkin MYO Sayısı	13,00	13,00
Etkin Olmayan MYO Sayısı	1,00	1,00
Etkin MYO'larının Yüzdesi (%)	92,86	92,86
Etkin Olmayan MYO'larının Yüzdesi (%)	7,14	7,14

Üzerinde durulan bir diğer model ise “kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanları” sayısının toplanarak alındığı modeldir. Bir MYO’da kadrolu öğretim elemanının yanısıra eğitim-öğretime dışarıdan destek veren öğretim elemanları da mevcuttur. Bu durum görevlendirme ile ilgili teknik bir ayrıntı olup, dışarıdan destek veren bu kişiler okulun personeli gibi düşünülüp, modelin oluşturulması uygun görülmüştür. Kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanı sayısının toplamı alınarak yapılan girdiye yönelik CCR-5 ve BCC-5 modelleri etkinlik analizi sonucu Tablo 3.15’de yer almaktadır.

**Tablo 3.15.** CCR-5 ve BCC-5 Modelleri Etkinlik Analizi Sonucu

KVB (Kod Numarası)	Etkinlik Değeri	Referans Seti	Girdi 1 (Aylak Kapasite)	Girdi 2 (Aylak Kapasite)	Girdi 3 (Aylak Kapasite)	Girdi 4 (Aylak Kapasite)	Girdi 5 (Aylak Kapasite)	Girdi 6 (Aylak Kapasite)	Çıktı 1 (Aylak Kapasite)	Çıktı 2 (Aylak Kapasite)	Çıktı 3 (Aylak Kapasite)
<b>CCR-5 Modeli Sonucu</b>											
1	82,28%	5 (0,56) 7 (0,16) 9 (0,42)	0	1,92	22,56	1,67	41,27	0	0	8,89	0
2	99,69%	5 (0,61) 6 (0,08) 7 (0,31) 11 (0,27)	2,39	1,38	6,16	0	0	0	0	0	24,47
8	73,73%	5 (0,04) 9 (0,25) 11 (0,69)	0	0	0,18	40,4	24,52	2,55	25,15	0	0
12	74,95%	7 (0,21) 9 (0,83) 14 (0,06)	2,67	0	0	4,55	96,7	11,11	0	5,92	0
<b>BCC-5 Modeli Sonucu</b>											
1	81,63%	3 (0,03) 5 (0,12) 6 (0,37) 9 (0,08) 11 (0,25) 12 (0,15)	0	0,27	28,76	0	0,49	0	0	0	0
8	75,00%	5 (0,06) 9 (0,25) 11 (0,69)	0	0	0,06	41,7	25,58	2,63	25,23	1,12	2,12

**Tablo 3.16.** CCR-5 Modeline Göre Etkin Bulunmayan MYO'lar İçin Potansiyel İyileştirme Tabloları

MYO	Faktörler	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)	
1. (CCR-5 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	6,00	4,94	-17,67
		İdari personel sayısı	6,00	3,02	-49,67
		Kullanılan bilg. sayısı	48,00	16,94	-64,71
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	110,00	88,64	-19,42
		Toplam ders sayısı	126,00	62,44	-50,45
		Kadro ve söz. öğretim ele. sayısı	25,00	20,58	-17,68
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	56,00	55,90	-0,18
	Mezun ögr. başarı not ort.	66,12	75,12	13,62	
	Öğr. Ele. akademik etkinlik puan.	135,50	135,67	0,13	
2. (CCR-5 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	9,00	6,55	-27,22
		İdari personel sayısı	5,00	3,56	-28,80
		Kullanılan bilg. Sayısı	29,00	22,64	-21,93
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	144,00	142,76	-0,86
		Toplam ders sayısı	76,00	75,23	-1,01
		Kadro ve söz. öğretim ele. sayısı	16,00	15,85	-0,94
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	84,00	83,54	-0,55
	Mezun ögr. başarı not ort.	81,50	80,93	-0,70	
	Öğr. Ele. akademik etkinlik puan.	94,11	117,86	25,24	
8. (CCR-5 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	3,67	-26,60
		İdari personel sayısı	3,00	2,21	-26,33
		Kullanılan bilg. Sayısı	11,00	7,87	-28,46
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	120,00	48,10	-59,92
		Toplam ders sayısı	128,00	69,77	-45,49
		Kadro ve söz. öğretim ele. sayısı	24,00	15,20	-36,67
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	20,00	45,19	125,95
	Mezun ögr. başarı not ort.	65,00	64,82	-0,28	
	Öğr. Ele. akademik etkinlik puan.	82,17	82,16	-0,01	
12. (CCR-5 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	11,00	5,58	-49,27
		İdari personel sayısı	5,00	3,75	-25,00
		Kullanılan bilg. Sayısı	20,00	14,96	-25,20
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	231,00	168,71	-26,97
		Toplam ders sayısı	262,00	100,02	-61,82
		Kadro ve söz. öğretim ele. sayısı	63,00	36,22	-42,51
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	101,00	100,99	-0,01
	Mezun ögr. başarı not ort.	68,47	74,42	8,67	
	Öğr. Ele. akademik etkinlik puan.	148,00	148,01	0,01	

Tablo 3.15'den de görüldüğü gibi CCR-5 modeline göre 1., 2., 8. ve 12. MYO'lar, BCC-5 modeline göre ise 1. ve 8. MYO'lar etkisiz bulunmuştur. Bu MYO'lar için iyileştirmeler Tablo 3.16 ve Tablo 3.17'de görülmektedir.

**Tablo 3.17.** BCC-5 Modeline Göre Etkin Bulunmayan MYO'lar İçin Potansiyel İyileştirme Tabloları

MYO	Faktörler	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)	
1. (BCC-5 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	6,00	4,96	-17,33
		İdari personel sayısı	6,00	4,65	-22,50
		Kullanılan bilg. sayısı	48,00	10,51	-78,10
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	110,00	90,64	-17,60
		Toplam ders sayısı	126,00	103,74	-17,67
		Kadrolu ve söz. öğretim ele. sayısı	25,00	20,60	-17,60
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	56,00	56,62	1,11
		Mezun ögr. başarı not ort.	66,12	66,16	0,06
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan	135,50	89,73	-33,78
8. (BCC-5 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	3,75	-25,00
		İdari personel sayısı	3,00	2,25	-25,00
		Kullanılan bilg. sayısı	11,00	8,17	-25,73
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	120,00	48,40	-59,67
		Toplam ders sayısı	128,00	70,53	-44,90
		Kadrolu ve söz. öğretim ele. sayısı	24,00	15,38	-35,92
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	20,00	45,35	126,75
		Mezun ögr. başarı not ort.	65,00	66,12	1,72
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan	82,17	84,17	2,43

Girdiye yönelik CCR-5 modeli etkinlik analizi sonucunda %82,28 etkinliğe sahip olan 1. MYO, 0,56 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,16 ağırlık derecesi ile yedinci ve 0,42 ağırlık derecesi ile dokuzuncu MYO'larını örnek almalıdır. 1. MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için, ikinci girdi olan idari personel sayısını 1,92, üçüncü girdi olan kullanılan bilgisayar sayısını 22,56, dördüncü girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 1,67 ve beşinci girdi olan toplam ders sayısını 8,35 oranında azaltmalı; ikinci çıktı olan mezun öğrencilerin genel başarı not ortalamalarını 8,89 oranında arttırmalıdır.

%99,69 etkinliğe sahip olan 2. MYO, 0,61 ağırlık derecesi ile beşinci MYO, 0,08 ağırlık derecesi ile altıncı, 0,31 yedinci ve 0,27 ağırlık derecesi ile on birinci MYO'larını örnek almalıdır. %100 etkinliğe sahip olabilmesi için, birinci girdi olan derslik sayısını 2,39, ikinci girdi olan idari personel sayısını 1,38 ve üçüncü girdi olan kullanılan bilgisayar sayısını 6,16 oranında azaltmalı; üçüncü çıktı olan öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanlarını 24,47 oranında arttırmalıdır.

%73,73 etkinliğe sahip olan 8. MYO, 0,04 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,25 ağırlık derecesi ile dokuzuncu ve 0,69 ağırlık derecesi ile on birinci MYO'larını örnek

almalıdır. Bu MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için, üçüncü girdi olan kullanılan bilgisayar sayısını 0,18, dördüncü girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 40,4, beşinci girdi olan toplam ders sayısını 24,52 ve altıncı girdi olan kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 2,55 oranında azaltmalı; birinci çıktı, mezun olan toplam öğrenci sayısını ise 25,15 oranında arttırmalıdır.

%74,95 etkinliğe sahip olan 12. MYO ise, 0,21 ağırlık derecesi ile yedinci, 0,83 ağırlık derecesi ile dokuzuncu ve 0,06 ağırlık derecesi ile on dördüncü MYO'larını örnek almalıdır. %100 etkinliğe sahip olabilmesi için, birinci girdi olan derslik sayısını 2,67, dördüncü girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 4,55, beşinci girdi olan toplam ders sayısını 96,7 ve altıncı girdi olan kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 11,11 oranında azaltmalı; ikinci çıktı olan mezun öğrencilerin genel başarı not ortalamalarını ise 5,92 oranında arttırmalıdır.

Aynı veriler kapsamında girdiye yönelik BCC-5 modeli etkinlik analizi sonucunda %81,63 etkinliğe sahip olan 1. MYO, 0,03 ağırlık derecesi ile üçüncü, 0,12 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,37 ağırlık derecesi ile altıncı, 0,08 ağırlık derecesi ile dokuzuncu, 0,25 ağırlık derecesi ile on birinci ve 0,15 ağırlık derecesi ile on ikinci MYO'larını örnek almalıdır. %100 etkinliğe sahip olabilmesi için, ikinci girdi olan idari personel sayısını 0,27, üçüncü girdi olan kullanılan bilgisayar sayısını 28,76 ve altıncı girdi olan toplam kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 0,49 oranında azaltmalıdır.

Yine BCC-5 modeline göre %75,00 etkinliğe sahip olan 8. MYO ise, 0,06 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,25 ağırlık derecesi ile dokuzuncu ve 0,69 ağırlık derecesi ile on birinci MYO'larını örnek almalıdır. %100 etkinliğe sahip olabilmesi için, üçüncü girdi olan kullanılan bilgisayar sayısını 0,06, dördüncü girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 41,7, beşinci girdi olan toplam ders sayısını 25,58 ve altıncı girdi olan toplam kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 2,63 oranında azaltmalı; birinci çıktı olan mezun olan toplam öğrenci sayısını 25,23, ikinci çıktı olan mezun, öğrencilerin genel başarı not ortalamalarını 1,12, üçüncü çıktı olan öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanlarını 2,12 oranında arttırmalıdır.

**Tablo 3.18.** CCR-5 ve BCC-5 Modelleri Teknik Etkinlik Analizi Sonuçlarının Özet Tablosu

	CCR	BCC
MYO Sayısı (n)	14,00	14,00
Ortalama Skor (%)	95,05	96,90
Maximum (%)	100,00	100,00
Minimum (%)	73,73	75,00
Etkin MYO Sayısı	10,00	12,00
Etkin Olmayan MYO Sayısı	4,00	2,00
Etkin MYO'larının Yüzdesi (%)	71,44	85,72
Etkin Olmayan MYO'larının Yüzdesi (%)	28,56	14,28

Üzerinde durulan en son model ise “idari personel sayısı, toplam kullanılan bilgisayar sayısı ve toplam okutulan ders sayısı çıkartılıp, kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanlarının toplamlarının” alındığı modeldir. Bu şekilde girdi ve çıktı sayısı toplam altına indirgenmiş olmaktadır. Böylelikle VZA'nın literatürde tanımlanan “karar verme birim sayısı, girdi ve çıktı sayılarının toplamının iki katı olmalıdır” şartı yerine getirilmektedir.

Bu veriler kapsamında düzenlenen girdiye yönelik CCR-6 ve BCC-6 modelleri etkinlik analizinin sonucu Tablo 3.19'da yer almaktadır.

**Tablo 3.19.** CCR-6 ve BCC-6 Modelleri Etkinlik Analizi Sonucu

KVB (Kod Numarası)	Etkinlik Değeri	Referans Seti	Girdi 1 (Aylak Kapasite)	Girdi 2 (Aylak Kapasite)	Girdi 3 (Aylak Kapasite)	Çıktı 1 (Aylak Kapasite)	Çıktı 2 (Aylak Kapasite)	Çıktı 3 (Aylak Kapasite)
<b>CCR-6 Modeli Sonucu</b>								
1	82,28%	5 (0,56) 7 (0,16) 9 (0,42)	0	1,67	0	0	8,89	0
2	94,64%	6 (0,50) 7 (0,17) 10 (0,17) 11 (0,43)	1,28	0	0	0	0	0
4	93,59%	5 (0,31) 6 (0,66) 9 (0,17)	0	41,46	0	2,05	0	0
8	60,88%	5 (0,09) 6 (0,68) 9 (0,22)	0	1,46	0	27,56	0	0
12	54,76%	7 (0,07) 9 (0,73) 11 (0,43) 13 (0,12)	0	0	0	0	22,35	0
14	77,27%	7 (1,72)	0	3,01	63,62	0	34,78	135,09
<b>BCC-6 Modeli Sonucu</b>								
1	87,95%	3 (0,12) 5 (0,34) 7 (0,06) 9 (0,48)	0	24,23	0	0	1,95	0
8	61,54%	5 (0,08) 6 (0,71) 9 (0,22)	0	0	0	28,94	0,97	0,28
12	60,91%	3 (0,18) 7 (0,19) 9 (0,61) 13 (0,03)	0	0	9,78	0	0,12	0



**Tablo 3.20.** CCR-6 Modeline Göre Etkin Bulunmayan MYO'lar İçin Potansiyel İyileştirme Tablosu

MYO	Faktörler	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)	
1. (CCR-6 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	6,00	4,94	-17,67
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	110,00	88,64	-19,42
		Kadrolu ve söz. öğretim ele. sayısı	25,00	20,58	-17,68
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	56,00	55,90	-0,18
		Mezun ögr. başarı not ort.	66,12	75,12	13,61
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	135,50	135,67	0,13
2. (CCR-6 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	9,00	7,30	-18,89
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	144,00	136,06	-5,51
		Kadrolu ve söz. öğretim ele. sayısı	16,00	15,16	-5,25
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	84,00	83,85	-0,18
		Mezun ögr. başarı not ort.	81,50	81,76	0,32
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan	94,11	94,52	0,44
4. (CCR-6 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	4,00	3,73	-6,75
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	120,00	70,89	-40,93
		Kadrolu ve söz. öğretim ele. sayısı	16,00	14,98	-6,38
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	44,00	46,11	4,80
		Mezun ögr. başarı not ort.	75,00	74,82	-0,24
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan	96,50	96,25	-0,26
8. (CCR-6 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	4,11	-17,80
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	120,00	95,40	-20,50
		Kadrolu ve söz. öğretim ele. sayısı	24,00	22,12	-7,83
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	20,00	65,28	226,40
		Mezun ögr. başarı not ort.	65,00	88,98	36,89
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	82,17	120,77	46,98
12. (CCR-6 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	11,00	5,98	-45,64
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	231,00	125,33	-45,75
		Kadrolu ve söz. öğretim ele. sayısı	63,00	34,21	-45,70
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	101,00	100,01	-0,98
		Mezun ögr. başarı not ort.	68,47	90,58	32,29
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	148,00	149,60	1,08
14. (CCR-6 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	20,00	15,48	-22,60
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	815,00	627,80	-22,97
		Kadrolu ve söz. öğretim ele. sayısı	129,00	36,12	-72,00
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	340,00	340,56	0,17
		Mezun ögr. başarı not ort.	68,42	103,37	51,08
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	59,33	194,74	228,23

Girdiye yönelik CCR-6 modeli etkinlik analizi sonucunda %82,28 etkinliğe sahip olan 1. MYO, 0,56 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,16 ağırlık derecesi ile yedinci ve

0,42 ağırlık derecesi ile dokuzuncu MYO'larını örnek almalıdır. 1. MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için: ikinci girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 1,67 oranında azaltmalı; ikinci çıktı olan mezun öğrencilerin genel başarı not ortalamalarını ise 8,89 oranında arttırmalıdır.

%94,64 etkinliğe sahip olan 2. MYO, 0,50 ağırlık derecesi ile altıncı, 0,17 ağırlık derecesi ile yedinci, 0,17 ağırlık derecesi ile onuncu ve 0,43 ağırlık derecesi ile on birinci MYO'larını örnek almalıdır. Bu MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için: birinci girdi olan derslik sayısını 2,39 oranında azaltmalıdır.

%93,59 etkinliğe sahip olan 4. MYO, 0,31 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,66 ağırlık derecesi ile altıncı ve 0,17 ağırlık derecesi ile dokuzuncu MYO'larını örnek almalıdır. 4. MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için: ikinci girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 41,46 oranında azaltmalı; birinci çıktı, mezun olan toplam öğrenci sayısını 2,05 oranında ise arttırmalıdır.

%60,88 etkinliğe sahip olan 8. MYO, 0,09 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,83 ağırlık derecesi ile altıncı ve 0,22 ağırlık derecesi ile dokuzuncu MYO'larını örnek almalıdır. Bu MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için: ikinci girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 1,46 oranında azaltmalı; birinci çıktı, mezun olan toplam öğrenci sayısını 27,56 oranında arttırmalıdır.

%54,76 etkinliğe sahip olan 12. MYO, 0,07 ağırlık derecesi ile yedinci, 0,73 ağırlık derecesi ile dokuzuncu, 0,43 ağırlık derecesi ile on birinci ve 0,12 ağırlık derecesi ile on üçüncü MYO'larını örnek almalıdır. 12. MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için: ikini çıktı olan mezun olan öğrencilerin başarı not ortalamalarını 22,35 oranında arttırmalıdır.

%77,27 etkinliğe sahip olan 14. MYO ise, 1,72 ağırlık derecesi ile yedinci MYO' u örnek almalıdır. Bu MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için: ikinci girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 3,01 ve üçüncü girdi olan kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 63,62 oranında azaltmalı; ikinci çıktı, mezun olan öğrencilerin başarı not ortalamalarını 34,78 oranında ve üçüncü çıktı olan öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanlarını 135,09 oranında arttırmalıdır.

BCC-6 modeline göre etkinsiz bulunan MYO'lara ilişkin potansiyel iyileştirme tablosu Tablo 3.21'de yer almaktadır.

**Tablo 3.21.** BCC-6 Modeline Göre Etkin Bulunmayan MYO'lar İçin Potansiyel İyileştirme Tablosu

MYO	Faktörler	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)	
1. (BCC-6 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	6,00	5,26	-12,33
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	110,00	73,32	-33,35
		Kadrolu ve söz. öğretim ele. sayısı	25,00	21,96	-12,16
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	56,00	56,24	0,43
		Mezun ögr. başarı not ort.	66,12	68,03	2,89
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	135,50	135,22	-0,21
8. (BCC-6 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	5,00	3,11	-37,80
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	120,00	74,41	-37,99
		Kadrolu ve söz. öğretim ele. sayısı	24,00	14,91	-37,88
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	20,00	49,32	146,60
		Mezun ögr. başarı not ort.	65,00	66,63	2,51
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	82,17	83,37	1,46
12. (BCC-6 Modeli)	Girdi	Derslik sayısı	11,00	6,78	-38,36
		2003-2004 2. sınıf top. ögr. sayısı	231,00	143,19	-38,01
		Kadrolu ve söz. öğretim ele. sayısı	63,00	28,97	-54,49
	Çıktı	2003-2004 mezun ögr. sayısı	101,00	102,71	1,69
		Mezun ögr. başarı not ort.	68,47	69,24	1,13
		Ögr. Ele. akademik etkinlik puan.	148,00	149,10	0,74

Girdiye yönelik BCC modeli etkinlik analizi sonucunda, %87,95 etkinliğe sahip olan 1. MYO, 0,12 ağırlık derecesi ile üçüncü, 0,34 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,06 ağırlık derecesi ile yedinci ve 0,48 ağırlık derecesi ile dokuzuncu MYO'larını örnek almalıdır. 1. MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için: ikinci girdi olan 2. sınıf toplam öğrenci sayısını 24,23 oranında azaltmalı; ikinci çıktı, mezun olan öğrencilerin başarı not ortalamalarını 1,95 oranında arttırmalıdır.

%61,54 etkinliğe sahip olan 8. MYO, 0,08 ağırlık derecesi ile beşinci, 0,71 ağırlık derecesi ile altıncı ve 0,22 ağırlık derecesi ile dokuzuncu MYO'larını örnek almalıdır. Bu MYO'nun %100 etkinliğe sahip olabilmesi için: birinci çıktı, mezun olan toplam öğrenci sayısını 28,94, ikinci çıktı olan mezun olan öğrencilerin genel başarı not ortalamalarını 0,97 oranında ve üçüncü çıktı olan öğretim elemanlarının akademik etkinlik puanlarını 0,28 oranında arttırmalıdır.

%60,91 etkinliğe sahip olan 12. MYO ise, 0,18 ağırlık derecesi ile üçüncü, 0,19 ağırlık derecesi ile yedinci, 0,61 ağırlık derecesi ile dokuzuncu ve 0,03 ağırlık derecesi ile on üçüncü MYO'larını örnek almalıdır. 12. MYO'nun %100 etkinliğe sahip

olabilmesi için: üçüncü girdi kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanı sayısını 9,78 oranında azaltmalı; ikinci çıktı, mezun olan öğrencilerin başarı not ortalamalarını 0,12 oranında arttırmalıdır.

**Tablo 3.22.** CCR-6 ve BCC-6 Modelleri Teknik Etkinlik Analizi Sonuçlarının Özet Tablosu

	CCR	BCC
MYO Sayısı (n)	14,00	14,00
Ortalama Skor (%)	90,24	93,60
Maximum (%)	100,00	100,00
Minimum (%)	54,76	60,91
Etkin MYO Sayısı	8,00	11,00
Etkin Olmayan MYO Sayısı	6,00	3,00
Etkin MYO'larının Yüzdesi (%)	57,16	78,58
Etkin Olmayan MYO'larının Yüzdesi (%)	42,84	21,42

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, Celal Bayar Üniversitesi'ne bağlı meslek yüksekokullarının 2003-2004 eğitim ve öğretim yılına ait etkinlik ölçümünün VZA yardımıyla gerçekleştirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda 14 Meslek Yüksekokulu incelemeye alınmış ve etkinlik analizinin üniversite yönetimlerine kazandırılarak, kaynakların optimum kullanımında yararlı olacağı düşünülmüştür.

VZA, her bir karar verme biriminin diğerlerine göre göreceli etkinliğini ölçmeyi amaçlamaktadır. Böylelikle etkinliği düşük olan karar verme birimleri belirlenir ve bunların etkinliklerinin ne ölçüde artırılması gerektiğine ilişkin veriler elde edilir. Analiz etkin olmayan karar verme birimleri üzerinde yoğunlaşır. Eğer bir karar verme birimi etkin değilse, VZA bu birimin etkinliğini arttırabilmek için gerekli olan işlemleri etkin karar verme birimlerini onlara referans göstererek önerir. Bu bilgiler doğrultusunda, etkin olmayan karar verme birimlerinin hangi girdileri ne kadar fazla kullandığı, hangi çıktıları yetersiz kullandığı ve etkin olması için ne yapması gerektiği hakkında bilgi vermektedir.

Bu çalışma kapsamında, 2003 - 2004 eğitim - öğretim yılında göreceli olarak etkinliği düşük olan MYO'lar belirlenmiş ve bunların etkinliklerinin hangi girdi setlerini azaltıp hangi çıktı setlerinin artırılması gerektiğini gösteren veriler bulunmuştur.

**Tablo 3.23.** Tüm Modellerin Özet Tablosu

KVB	CCR-1 ve BCC-1 Modelleri Sonucu		CCR-2 ve BCC-2 Modelleri Sonucu		CCR-3 ve BCC-3 Modelleri Sonucu		CCR-4 ve BCC-4 Modelleri Sonucu		CCR-5 ve BCC-5 Modelleri Sonucu		CCR-6 ve BCC-6 Modelleri Sonucu	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
1	100,00%	100,00%	99,42%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	82,28%	81,63%	82,28%	87,95%
2	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	99,69%	100,00%	94,64%	100,00%
3	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
4	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	93,59%	100,00%
5	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
6	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
7	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
8	95,72%	97,20%	83,26%	90,21%	78,33%	78,42%	95,72%	97,20%	73,73%	75,00%	60,88%	61,54%
9	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
10	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
11	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
12	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	74,95%	100,00%	54,76%	60,91%
13	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
14	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	77,27%	100,00%

Tablo 3.23'den de görüldüğü üzere, yapılan altı analizden üçünde aynı sonuçlar elde edilmiştir. CCR-1 ve BCC-1 analiz yöntemi ile CCR-3 ve BCC-3 analiz sonucu ve CCR-4 ve BCC-4 analiz sonucunda yalnızca 8 . KVB ile ifade edilen MYO etkinsiz çıkmış, diğer 13 MYO %100 etkin bulunmuştur. Ancak, CCR-2 ile BCC-2, CCR-5 ile BCC-5 ve CCR-6 ve BCC-6 analiz sonuçlarında 8. MYO'nun yanında diğer bazı MYO'ların da etkinsiz bulunması, çıkarılan bu girdi ve çıktı setlerinin analiz sonucunu oldukça etkilediğini göstermektedir. VZA'da temel bir modelin olabileceğini söylemek oldukça güçtür. Bu analiz yönteminde amaç, ayrıştırma yeteneğinin iyi olması için olabildiğince çok girdi ve çıktı setlerinin belirlenmesidir. Bunun içinde iki kural vardır. Birincisi, girdi sayısına m, çıktı sayısına p dersek eğer,  $m+p+1$  adet karar verme biriminin olmasıdır. İkinci kurala göre ise,  $m+p$ 'nin en az 2 katı karar verme birim sayısı olmalıdır. CCR-1 ve BCC-1 modelimiz birinci kuralı yerine getirmektedir. Ancak, VZA'da bilinmesi gereken bir diğer nokta ise, modele girdi ve çıktı eklenmesinin VZA'nın ayrıştırma yeteneğini düşürdüğü ve bu durumda da karar verme birim sayısının artması gerektiğidir. Bu konu kapsamında alternatif modeller geliştirilmiş ve girdi sayıları azaltılıp yukarıda belirtilen “ $m+p$ 'nin en az iki katı” olma kuralı yerine getirilmeye çalışılmıştır.

İlk modelde 8. KVB olan MYO, CCR-1 modeline göre %95,72, BCC-1 modeline göre ise %97,20 oranında etkinliğe sahip olmuştur.

Alternatif modellerin birincisi olan CCR-2 analizi sonucunda, 1. MYO, %99,42 oranında etkin olmuş ve bu MYO'yu etkin olanların arasında sayabiliriz. 8. MYO ise %83,26 oranında etkinliğe sahip olduğu belirlenmiştir. BCC-2 modeline göre ise yalnızca 8. MYO, %90,21 oranında etkinliğe sahip olmuştur.

Diğer model olan 3. girdi “kullanılan bilgisayar sayısının” çıkarılması ile elde edilen analiz sonuçlarına göre; CCR-3 modeline göre 8. KVB olan MYO, %78,33, BCC-3 modeline göre ise %78,42 oranında etkin bulunmuştur.

5. girdi olan “toplam okutulan ders sayısının” çıkarılması sonucunda CCR-4 modeline göre 8. MYO, %95,72, BCC-4 modeline göre ise yine 8. MYO, %97,20 oranında etkin bulunmuştur.

6. ve 7. girdi olan kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanlarının birleştirilmesi ile elde edilen analiz sonucunda ise, etkinsiz bulunan MYO'ların sayısında artış

gözlenmektedir. CCR-5 modeline göre 1. MYO %82,28, 8. MYO %73,73, 12. MYO ise %74,95 oranında etkinsiz bulunmuştur. 2. MYO %99,69 oranında etkinliğe sahip olup etkin olanların arasında sayılabilir. BCC-5 modeline göre ise 1. MYO %81,63 ve 8. MYO %75,00 oranında etkinliğe sahiptir.

İdari personel sayısı, kullanılan bilgisayar sayısı ve toplam ders sayısının çıkartılıp, kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanlarının birlikte ele alındığı CCR-6 modeline göre 1. MYO %82,28, 2. MYO %94,64, 4. MYO %93,59, 8. MYO %60,88, 12. MYO %54,76 ve 14. MYO %77,27 oranında etkin bulunmuş olup, %100 etkinliğe sahip olan MYO'ların sayısı sekize inmiştir. BCC-6 modeline göre ise, 1. MYO %87,95, 8. MYO %61,54 ve 12. MYO %60,91 oranında etkinliğe sahip olmuştur.

Yapılan bu analizler sonucunda yukarıda belirtilen “m+p+1 sayıda karar verme birimi olmalıdır” kuralı temel alınır ise ilk uyguladığımız CCR-1 ve BCC-1 modelinin daha önemli olduğunu söyleyebiliriz. Ancak “m+p'nin en az 2 katı karar verme birimi olmalıdır” kuralını yerine getirmek istersek son model olan CCR-6 ve BCC-6 modelinin temel alınması gerektiğini belirtebiliriz.

CCR-1 ve BCC-1 model sonucunda sadece 8. KVB olan MYO etkinsiz, diğer 13 MYO ise %100 etkin bulunmuştur. Karar verme birim sayımızın 14 ile sınırlı olması ve VZA'nın ayrıştırma yeteneğinin artması için ilk belirlenen girdi ve çıktı setlerinde azaltmaya gidilmiş, alternatif modeller türetilmiştir. Yapılan tüm bu modellerin analizleri sonucunda ortalama %85,71 oranında MYO'ların etkin olduğunu söyleyebiliriz. Ancak, MYO'ların büyüklükleri ve buldukları ortama göre birbirlerinden farklı olabilecekleri dikkate alınmalıdır. Modele alınan girdi ve çıktı değerlerinin etkinlik sınırının belirlenmesinde kullanılması sonucu, modelin uç değerlere karşı duyarlı olacağı da gözden kaçırılmamalıdır.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre, en fazla 5. MYO referans olarak gösterilmiştir (19 defa). İkinci sırada 9. MYO ve üçüncü sırada ise 11. MYO yer almaktadır. MYO'ların etkinliklerinin ölçülmesinde girdi (kaynak) olarak belirlenmiş olan toplam öğrenci sayısı, okutulan toplam ders sayısı ile kadrolu ve sözleşmeli öğretim elemanı sayısının optimum olarak belirlenmediği tespit edilmiştir. Ayrıca, çıktı (üretim) olarak belirlenen mezun öğrenci sayısı ve mezun olan öğrencilerin başarı not ortalamalarının arttırılması gerekmektedir. Analizler sonucunda elde edilen bir diğer



bilgi ise, üçüncü, beşinci, altıncı, yedinci, dokuzuncu, onuncu, on birinci ve on üçüncü MYO'ların tam etkinliğe sahip olduğudur.

Yaklaşık son 25 yıldır birçok alanda kullanılan VZA'nın daha da yaygın olarak kullanılması sağlanmalıdır. Bu amaçla literatürden ayrı olarak bir üniversiteye bağlı MYO'lar bu çalışma ile incelemeye alınmıştır.

Üniversite ve meslek yüksekokulları bazında yapılacak bundan sonraki çalışmalarda, homojenliğin daha iyi sağlanması amacıyla farklı üniversitelere ait aynı programların mevcut olduğu meslek yüksekokullarının ele alınmasında fayda vardır.

Meslek yüksekokulları arasında etkinlik ölçümünün önemi anlaşılıp, bu modellerin yöneticiler tarafından uygulanabilmesi için, yeni veri tabanı sistemi oluşturulmalıdır. Bu sayede, sürekli denetimin; dolayısıyla potansiyel iyileştirmelerin ortaya konması sağlanacaktır.

## KAYNAKÇA

### KİTAPLAR

1. **AKAL, Zuhâl (2002)**, “İşletmelerde Performans Ölçme ve Denetimi”, MPM Yayınları, No: 473, Ankara
2. **BAŞ, İ.M., ARTAR, A. (1991)**, “İşletmelerde Verimlilik Denetimi Ölçme ve Değerlendirme Modelleri”, MPM Yayınları, Yayın No: 435, Ankara
3. **BAYSAL, M. Emin (1991)**, “Veri Zarflama Analizi ile Orta Öğretimde Performans Ölçümü”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, FBE, Ankara
4. **CİNGİ, Selçuk, TARIM, Armağan (2000)**, “Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü DEA-Malmquist TFB Endeksi Uygulaması”, Türkiye Bankalar Birliği Yayınları, İstanbul
5. **ERKMAN, Timur (1973)**, “Sağlık Hizmetlerinde Verimlilik Kavramı Üzerinde Deneme”, DPT Yayınları, Ankara
6. **KARASOY, Hilal (2000)**, “Veri Zarflama Analizi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, İstanbul
7. **ÖZTÜRK, İlker (2003)**, “Veri Zarflama Analizi”, Lisans Bitirme Çalışması, Kocaeli.
8. **PROKOPENKO, Joseph (2003)**, “Verimlilik Yönetimi Uygulamalı El Kitabı”, MPM Yayınları, No: 476, Ankara
9. **TARIM, Armağan (2001)**, “Veri Zarflama Analizi – Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçümü Yaklaşımı”, Sayıştay Yayınları, Ankara
10. **TÖNGÜR, Levent (2001)**, “Sağlık Bakanlığına Bağlı Hastanelerde Etkinlik Analizi: Veri Zarflama Analizine Ait Bir Uygulama”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, FBE, Ankara
11. **ÜTE, Esin (2002)**, “ Veri Zarflama Analizi Tekniği İle Sağlık Sektörünün Operasyonel Etkinliğinin Araştırılması”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, SBE, Adana

12. **YAVUZ İlknur (2003)**, “Verimlilik ve Etkinlik Ölçümüne Yeni Yaklaşımlar ve İllere Göre İmalat Sanayinde Etkinlik Karşılaştırmaları”, Ankara, MPM Yayınları, No: 667.
13. **YAVUZ İlknur (2001)**, “Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü (Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama)”, Ankara, MPM Yayınları, No:654.
14. **YOLALAN, Reha (1993)**, “İşletmelerarası Görelî Etkinlik Ölçümü”, MPM Yayınları, No: 483, Ankara

## MAKALELER

1. **AHN, T.S. (1987)**, “Efficiency Related Issues in Higher Education: A Data Envelopment Analysis Approach”, Pn.D. Thesis, The University of Texas at Austin
2. **AKTAŞ, Hüseyin, 2001**, “İşletme Performansının Ölçülmesinde Parametrik Olmayan Bir Yaklaşım: Veri Zarflama Analizi”, Celal Bayar Üniversitesi, İİBF Dergisi, C: 7, S: 1, s. 163-177
3. **ATAN, M., KARPAT, G. GÖKSEL, A. (2002)**, “Ankara’daki Anadolu Liselerinin Toplam Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi İle Saptanması” XI. Eğitim Bilimleri Kongresi, 23-26 Ekim 2002, Yakın Doğu Üniversitesi, Lefkoşe, KKTC
4. **BOUSOFIANCE, A., DYSON, R. RHODES, E. (1991)**, “Applied Data Envelopment Analysis” European Journal of Operational Research, Vol. 2, No. 6, s. 1-15
5. **BERGER, A.N., HUNTER, W.C., TIMME, S.G. (1993)**, “The Efficiency of Financial Institutions: A Review and Preview of Research Past, Present, and Future”, Journal of Banking and Finance, 17. North-Holland, s. 221-249
6. **CAMP, Robert C. (1993)**. “A Bible for Benchmarking by Xerox”, Financial Executive. Vol:49, 1994, July/August.
7. **CHARNES, A., COOPER, W. W., LEWIN, A. Y., SEIFORD, W., LAWRENCE, M. (1995)**, “Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application”, Kluwer Academic Publisher, Boston, s. 3-71

8. **COOPER, W., SEIFORD, L. M., TONE, K. (2000)**, “Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text With Models, Applications, References, and DEA-Solwer Software” Kluwer Academic Publishers, United States of America
9. **COOPER, W., SEIFORD, L. M., ZHU, J. (1990)**, “Data Envelopment Analysis-History, Models and Interpretations”, Journal of Econometrics, Vol.46, s. 1-39
10. **DIWERT, W., PARKAN, C. (1983)**, “Linear programing Tests of Regularity Conditions for Production Functions”, Quantitative Studies on Production and Price, Physica-Verlag, Vienna
11. **ERKEN, Nazım, EMİRAL, Fatih (2002)**, “Türk Bankacılık Sisteminde Etkinlik Analizi-Veri Zarflama Analizi Uygulaması-” Active Dergisi, s. 1-32
12. **FARRELL, M. J. (1957)**, “The Measurement of Productive Efficiency”, Journal of the Royal Statistical Society, Series A, 120, s. 253-290
13. **GÜRAN, Mehmet Cahit, CİNGİ, Selçuk (2002)**, “Devletin Ekonomik Müdahalelerinin Etkinliği”, Akdeniz Üniversitesi, İİBF Dergisi (3), s. 56-89
14. **HELFAND, M. Steven (2003)**, “Farm Size and the Determinants of Productive Efficiency in the Brazilian Center – West”, Paper Submitted 10/27/02 for Presentation at the 25th Intertaion Conference of the International Association of Agricultural Economist (IAAE) Durban, South Africa, August, s. 16-22
15. **İNAN, Alpan, (2000)**, “Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon Sürecinde Bankacılıkta Etkinlik”, Bankacılar Dergisi (34), s. 82-97
16. **JABLONSKY, J., FİALA, P., DESPOTİS, D., SİMİRLİS, Y. (2001)**, “Data Envelopment Analysis With Random Input and Outputs: Simulation Analysis”, MCDM Conference, Cairo, Egypt, s. 1-10
17. **KARSAK, E., İŞCAN, F., (2000)**, “Çimento Sektöründe Görelî Faaliyet Performanslarının Ağırlıklı Kısıtlamaları ve Çapraz Etkinlik Kullanılarak Veri Zarflama ile Analizi”, Endüstri Mühendisliği Dergisi, C. 11, S. 3, s. 2-10
18. **KORHONEN, Pekka (2000)**, “Searching the Efficient Frontier in Data Envelopment Analysis”, Helsinki School of Economics and Business Administration, Helsinki, Finland, s. 1-16

19. **KUOSMANEN, Timo (2003)**, “Modeling Blank Data Entries in Data Envelopment Analysis”, Wageningen University Department of Social Sciences, Wageningen, Netherlands
20. **LANG, P. , YOLALAN, R. , KETTANİ, O. , (1995)**, “Controlled Envelopment by Face Extension in DEA”, Journal of the Operation Research Society 46, s. 473 – 491
21. **MARTIN, Emilio, (2003)**, “An Application of the data Envelopment Analysis Methodology in the Performance Assesment of the Zaragoza University Departments”, Documento de Trabajo (DTECONZ) 2003-06, Facultad de Ciencias Economicas y Empresariales, Universidad de Zaragoza, s. 1-19
22. **O’DELL, Carla (1994)**. “Out of the Box Benchmarking”, Management Review Vol : 83.
23. **SINK, Ph. D., Scott, P.E., Tuttle, Ph. D. T. (1989)**, “Planning and Measurement in Your Organization of the Future”, Industrial Engineering and Management Pres, Georgia
24. **ULUCAN Aydın, 2002**, “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 57-2, s. 185-202
25. **YILMAZ, C., ÖZDİL, T., AKDOĞAN, G. (2002)**, “Seçilmiş İşketmelerin Toplam Etkinliklerinin Veri Zarflama Yöntemi ile Ölçülmesi”, Manas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, Sayı:4, s. 174-183, Bişkek
24. **WILLIMS, Anderson S. (2000)**, “Data Envelopment Analysis”, Introduction to Management Science, s. 182-191
25. **WATSON, Georgy H., (1993)**, “How Process Benchmarking Support Corporate Strategy”, Planning Review. Vol:21, January-February.

## **INTERNET**

1. **BEASLY, J.A. (2000)**, “Data Envelopment Analysis”, <http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jep/jep.html> (02.04.2004)

2. **BOZDAĞ, N., ALTAN, A. ATAN, M. (2004)**, “Toplam Etkinlik Ölçümü: Türkiye’deki Özel ve Kamu Bankalar İçin Bir Uygulama”, <http://idari.cu.edu.tr/sempozyum/bil54.html> (02.04.2004)
3. **CALHOUN, Joseph (2003)**, “Data Envelopment Analysis of Relative Efficiencies of Institutions of Higher Learnin”, [www.arches.uga.edu/~calhounj/personal/deasisagg.pdf](http://www.arches.uga.edu/~calhounj/personal/deasisagg.pdf) (23.11.2004)
4. **ESENBEL, M., ERKİN, M.O., ERDOĞAN, F.K. (2001)**, “Veri Zarflama Analizi ile Dokuma, Giyim Eşyası ve Deri Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Etkinliğinin Karşılaştırılması”, <http://www.analiz.com/egitim/gazi001.html> (12.08.2002)
5. **GOVINDARAJON, Rajashekar (2003)**, “Supplier Evaluation using Data Envelopment Analysis”, <http://www.east.asu.edu/ctas/dest/Projects/December2003/GovindarajanRajashekar.pdf> (12.02.2005)
6. **HAAS, D., KOCHER, M.G., SUTTER, M. (2001)**, “Measuring Efficiency of German Football Teams by Data Envelopment Analysis”, University of Innsbruck, Austria, <http://www.uibk.ac.at> (16.11.2004)
7. **T.C. Yüksek Öğretim Kurulu**, “Meslek Yüksekokullarının Bugünkü Durumu Ve Mesleki Ve Teknik Orta Öğretim Okullarından Meslek Yüksekokullarına Sınavsız Geçişin Değerlendirilmesi”, Ankara, Nisan 2004  
<http://www.yok.gov.tr/duyurular/raporlar/raporlar.htm> (15.03.2005)
8. **YALÇINER, K., ATAN, M., KAYACAN, M., BOZTOSUN, D. (2004)**, “İMKB 30 Endeksinde Etkinlik Analizi (Veri Zarflama Analizi-VZA) ile Hisse Senedi Seçimi”, I. Uluslararası Manas Üniversitesi Ekonomi Konferansı, Manas Üniversitesi, Bişkek / KIRGIZİSTAN, 23 - 24 Eylül 2004, s. 526-536  
<http://muratatan.info/academic/bulletin/20.pdf> (10.02.2005)
9. <http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems/> (25.10.2004)