

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE BİR UYGULAMA

İstatistikçi Özer DEPREN

**F.B.E. İstatistik Anabilim Dalı'nda
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. İbrahim DEMİR

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
GİRİŞ	1
1. TEMEL KAVRAMLAR	3
1.1 Performans	3
1.2 Performans Yönetimi	3
1.3 Verim ve Verimlilik	4
1.4 Etkililik ve Etkinlik	4
1.4.1 Teknik Etkinlik	5
1.4.2 Ölçek Etkinliği	5
1.5 Üretim İmkânları Kümesi	5
1.6 Etkinlik Sınırı	5
1.7 Tek Girdi ve Tek Çıktı Durumu	6
1.8 İki Girdi ve Tek Çıktı Durumu	7
1.9 Tek Girdi ve İki Çıktı Durumu	9
1.10 Çok Girdi ve Çok Çıktı Durumu	10
2. PERFORMANS ÖLÇÜMÜ ve PERFORMANS ÖLÇÜM MODELLERİ	11
2.1 Performans Ölçümü	11
2.1.1 Performans Ölçümünün Önemi	11
2.1.2 Performans Ölçümünün Nedenleri	12
2.1.3 Performans Ölçümünde Yapılan Hatalar	12
2.2 Performans Ölçüm Yöntemleri	13
2.2.1 Oran Analizi	13
2.2.2 Parametrelî Yöntemler	14
2.2.3 Parametresiz Yöntemler	14
2.3 Performans Ölçüm Modellerinin Karşılaştırılması	15
3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)	17
3.1 Tanım ve Kavramlar	17
3.2 VZA'nın Tarihçesi	18

3.3	Literatür Taraması	19
3.4	VZA'nın Amaçları ve Uygulama Alanları	22
3.5	VZA'nın Avantajları ve Dezavantajları.....	23
3.6	VZA'nın Uygulama Aşamaları.....	24
3.6.1	Karar Birimlerinin Seçilmesi.....	25
3.6.2	Girdi ve Çıktıların Seçilmesi	25
3.6.3	Verilere Ulaşma ve Veri Güvenilirliği	26
3.6.4	VZA Modelinin Belirlenmesi ve Etkinliğin Ölçülmesi.....	27
3.6.5	Etkinlik Değerleri	27
3.6.6	Referans Gruplarının Belirlenmesi	28
3.6.7	Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri İçin Stratejilerin Belirlenmesi.....	28
3.6.8	Sonuçların Yorumlanması	29
3.7	VZA Modelleri	29
3.7.1	CCR Modeli.....	30
3.7.1.1	Girdiye Yönelik CCR Modeli.....	30
3.7.1.1.1	Girdiye Yönelik Oransal CCR Modeli	31
3.7.1.1.2	Girdiye Yönelik Ağırlıklı CCR Modeli.....	32
3.7.1.1.3	Girdiye Yönelik Zarflama (Dual) CCR Modeli.....	33
3.7.1.2	Çıktıya Yönelik CCR Modeli	34
3.7.1.2.1	Çıktıya Yönelik Oransal CCR Modeli.....	34
3.7.1.2.2	Çıktıya Yönelik Ağırlıklı CCR Modeli	35
3.7.1.2.3	Çıktıya Yönelik CCR Zarflama Modeli	36
3.7.1.3	CCR Etkinliği	38
3.7.2	BCC Modeli.....	38
3.7.2.1	Girdiye Yönelik BCC Modeli.....	38
3.7.2.1.1	Girdiye Yönelik Ağırlıklı BCC Modeli.....	39
3.7.2.1.2	Girdiye Yönelik BCC Zarflama Modeli	40
3.7.2.2	Çıktıya Yönelik BCC Modeli	41
3.7.2.2.1	Çıktıya Yönelik Ağırlıklı BCC Modeli	41
3.7.2.2.2	Çıktıya Yönelik BCC Zarflama Modeli	42
3.7.2.3	BCC Etkinliği	44
3.7.3	Toplamsal Model (Additive Model).....	44
3.7.4	Boş Değişkenler Modeli (Slack Based Model)	46
3.7.5	Çarpımsal Model (Multiplication Model)	47
3.7.6	Ölçeğe Göre Getiri Modelleri.....	47
3.7.6.1	BCC Modelinin Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımı.....	49
3.7.6.2	CCR Modelinin Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımı.....	51
3.7.7	Karma (Hybrid) Model	53
3.7.8	Süper Etkinlik Modeli (Super Efficiency Model)	55
3.7.9	Güven Bölgesi Modeli/Yaklaşımı (Assurance Region Model/Approach)	57
3.7.10	Genelleştirilmiş Güven Bölgesi Modeli/Yaklaşımı (Assurance Region Global Model/Approach).....	58
3.7.11	İsteğe Bağlı Olmayan Değişkenler Modeli/Yaklaşımı (Non-Discretionary Model/Approach).....	59
3.7.12	Kategorik Değişken Modeli/Yaklaşımı (Categorical Variable Model/Approach).....	61
3.7.13	İstenmeyen Değişken Modeli/Yaklaşımı (Undesirable Input and Output Model /Approach)	62
3.7.14	Malmquist İndeksi	63
3.7.14.1	Catch-Up (İyileşme) Etkisi	63
3.7.14.2	Frontier-Shift (Yenilik) Etkisi	64

3.7.14.3	Malmquist İndeksi	65
3.7.15	Window(Pencere) Analizi	66
4.	VERİ ZARFLAMA ANALİZİ BİLGİSAYAR PROGRAMLARI	69
5.	UYGULAMA	73
5.1	Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (Programme For International Student Assessment, PISA)	73
5.2	Tüm Uygulamalar İçin Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi	75
5.3	2003 Yılı Türkiye'deki Okulların Etkinlik Ölçümü	79
5.3.1	Uygulamanın Kapsamı ve Yöntemi.....	80
5.3.2	Uygulama Kapsamında Seçilen Okullar.....	81
5.3.3	Girdiye Yönelik CCR Modeli Analizi.....	82
5.3.4	Çıktıya Yönelik CCR Modeli Analizi	83
5.3.5	Girdiye Yönelik BCC Modeli Analizi.....	83
5.3.6	Çıktıya Yönelik BCC Modeli Analizi	84
5.3.7	Toplamsal Model Analizi	84
5.3.8	Değerlendirme ve Öneriler	85
5.4	2003 ve 2006 Yılları Arasında Ülkeler Bazında Etkinlik Değişimi İncelemesi.....	88
5.4.1	Uygulamanın Kapsamı	89
5.4.2	Değerlendirme ve Öneriler	90
5.5	2003 ve 2006 Yılları Arasında Bölgeler Bazında Etkinlik Değişimi İncelemesi.....	93
5.5.1	Uygulamanın Kapsamı	93
5.5.2	Değerlendirme ve Öneriler	95
6.	SONUÇ.....	98
	KAYNAKLAR.....	103
	EKLER	107
EK 1:	Girdiye Yönelik CCR Modeli Sonuçları	107
EK 2:	Çıktıya yönelik CCR modeli sonucu	108
EK 3:	Girdiye yönelik BCC modeli sonucu.....	109
EK 4:	Çıktıya yönelik BCC modeli sonucu	110
EK 5:	Toplamsal model sonucu	111
EK 6:	Ölçeğe göre getiri	112
EK 7:	CCR modeli için mevcut ve olması gereken değerler	113
	ÖZGEÇMİŞ	117

SİMGE LİSTESİ

ζ_I	Kontrol edilebilir çıktıları içeren küme
G_I	Kontrol edilebilir girdileri içeren küme
E_k	Görelî Etkinlik Ölçütü
X_{ij}	j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi
X_{ik}	k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi
Y_{rj}	j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı
Y_{rk}	k karar birimi tarafından üretilen r. çıktı
z	çıktılar arasındaki değişebilirlik
α	Görelî etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı
β	Görelî etkinliği ölçülen k karar biriminin çıktılarının ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı
ε	Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001)
s_i^-	k. karar biriminin i. değerine ait atıl değer
s_r^-	k. karar biriminin i. değerine ait atıl değer
u_0	Ölçeğe göre getirinin yönü ile ilgili değişken
u_r	k. karar birimi tarafından r. çıktıya verilen ağırlık
v_i	k. karar birimi tarafından i. girdiye verilen ağırlık
λ_j	j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri
ρ_o	Ölçeğe göre getirinin yönüyle ilgili değişken
$(x_0y_0)^2$	2. Dönem Etkinlik sınırının etkinlik değeri
$(x_0y_0)^1$	1. Dönem Etkinlik sınırının etkinlik değeri

KISALTMA LİSTESİ

AP	Anderson ve Petersen
BCC	Banker, Charnes ve Cooper
CCR	Chares, Cooper ve Rhodes
CRS	Constant Return to Scale
DEA	Data Envelopment Analysis
DMU	Decision Making Unit
DRS	Decreasing Return to Scale
HISEI	Highest Occupational Status Of Parents
IRS	Increasing Return to Scale
KVB	Kara Verme Birimi
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MI	Malmquist Index
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PISA	Programme For International Student Assessment
RK	Referans Kümesi
VZA	Veri Zarflama Analizi

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Tek girdi tek çıktı durumu etkinlik sınırı.....6
Şekil 1.2	İki girdi tek çıktı durumu etkinlik sınırı8
Şekil 1.3	Etkinlik durumu9
Şekil 1.4	Tek girdi iki çıktı durumu etkinlik sınırı 10
Şekil 3.1	Modellerin tiplerine göre ayrımı..... 30
Şekil 3.2	Toplamsal model grafik gösterimi..... 46
Şekil 3.3	Ölçeğe göre getiri (Zhu, 2003)..... 48
Şekil 3.4	Ölçeğe göre getiri örneği (Zhu, 2003)..... 49
Şekil 3.5	Catch-Up etkisi için etkinlik sınırları (Cooper et al., 2004)..... 64
Şekil 4.1	Program kriterleri.....69
Şekil 4.2	Program çeşitleri.....70
Şekil 5.1	2003 ve 2006 yılları için çıktıya yönelik CCR modeli etkinlik değerleri.....91
Şekil 5.2	Teknik etkinlik, teknolojik etkinlik ve malmquist indeksi92
Şekil 5.3	Bölgeler bazında 2003 ve 2006 yılı etkinlik değerleri.....95

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1	Etkinlik ve etkililik5
Çizelge 1.2	Tek girdi ve tek çıktı durumu veri seti.....6
Çizelge 1.3	İki girdi ve tek çıktı durumu veri seti.....7
Çizelge 1.4	Tek girdi ve iki çıktı durumu veri seti9
Çizelge 2.1	Performans ölçüm yöntemleri karşılaştırması16
Çizelge 3.1	Window analizi tablosu.....67
Çizelge 4.1	Programlardaki modellerin karşılaştırılması.....70
Çizelge 4.2	Program özellikleri.....72
Çizelge 5.1	PISA çalışmalarına dahil edilen ülkeler.....74
Çizelge 5.2	Matematik başarı düzeyleri ve puan aralıkları.....77
Çizelge 5.3	Okuma başarısı düzeyleri ve puan aralıkları.....78
Çizelge 5.4	Fen bilimleri başarı düzeyleri ve puanları79
Çizelge 5.5	2003 Yılı Türkiye’deki okulların etkinlik uygulaması için seçilen girdi-çıkıtı değişkenleri80
Çizelge 5.6	Okul kodları ve isimleri81
Çizelge 5.7	İllere göre okul yüzdeleri85
Çizelge 5.8	Okul tiplerine göre dağılım.....86
Çizelge 5.9	CCR, BCC ve Toplamsal model etkin birim sayıları ve yüzdeleri.....87
Çizelge 5.10	Malmquist indeks uygulaması için seçilen girdi-çıkıtı değişkenleri.....89
Çizelge 5.11	Malmquist uygulamasına dahil edilen ülkeler90
Çizelge 5.12	Window analizi için seçilen girdi-çıkıtı değişkenleri93
Çizelge 5.13	Bölgeler ve bölgeler kapsamındaki iller94
Çizelge 5.14	Bölgeler bazında etkinlikteki yüzde değişim.....96

ÖNSÖZ

“Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama” konulu yüksek lisans tez çalışmam süresince her yanımda olan, beni maddi ve manevi destekleyen değerli aileme çok teşekkür ediyorum.

Bu çalışmamın hazırlanması aşamasında değerli bilgilerini aktarıp yardım ve desteğini esirgemeyen, çalışmalarımı titizlikle ele alıp inceleyen ve çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren kıymetli hocam ve tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. İbrahim DEMİR’e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Her zaman fikir ve önerilerine değer verdiğim, sürekli beni destekleyen YTÜ İstatistik Bölümü değerli hocalarıma da teşekkürü bir borç biliyorum.

Ayrıca yüksek lisans eğitimim süresince verdiği maddi destekten ötürü TÜBİTAK’a teşekkür ediyorum.

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE BİR UYGULAMA

Özer Depren
İstatistik, Yüksek Lisans Tezi

İşletmelerin performanslarının belirlenebilmesi gerek işletme yönetimi gerekse yatırımcılar açısından oldukça önemlidir. Ayrıca, işletmelerin farklı zaman periyotlarında farklı işletme şekillerinin etkinliğinin gözlemlenmesi de zorlu pazar koşullarında ayakta kalabilmenin anahtarlarından biri haline gelmiştir. Bu nedenle işletmeler için etkinlik ve performans kavramları çok önemlidir.

Veri Zarflama Analizi, farklı ölçekle ölçülmüş birden fazla girdi ve çıktının karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar verme birimlerinin görelî performanslarını ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir. Veri zarflama analizi uygulamasının ve yorumlamasının diğer tekniklere göre nispeten daha kolay olması, detaylı analiz yapmaya imkân vermesi ve parametrik testlerin uygulanması için gerekli katı varsayımlarının olmaması sebebiyle literatürde oldukça geniş bir yere sahiptir. Ülkemizde okulların performanslarını ölçmek için parametrik olmayan bir yöntem olan VZA kullanılmıştır. VZA kullanmamızın sebebi ise eğitim sisteminin öğretmen başına düşen öğrenci sayısı, ortalama sınıf ve okul büyüklüğü gibi birden çok girdinin ve bu girdilerin kullanımı sonucu elde edilen matematik, fen bilimleri ve okuma puanları gibi birden çok çıktının var olduğu bir yapıya sahip olmasıdır. Bu amaçla, öğrencilerin matematik, fen bilimleri ve okuma konularındaki genel bilgi ve becerilerini, güncel hayatta karşılaştıkları problemleri çözebilme yeteneğini ve bu bilgi ve becerilerini günlük hayattaki olaylarla ilişkilendirebilme becerisini ölçen uluslararası öğrenci değerlendirme programı verileri kullanılmıştır.

Birimlerin performansı, veri zarflama analizinde yaygın olarak kullanılan temel modellerin yanı sıra ileri düzey modeller yardımıyla karşılaştırılmıştır. Çalışmada üç temel konu ele alınmıştır. İlki 2003 yılında Türkiye’deki orta öğretim kurumlarının birbirlerine göre görelî etkinliğinin karşılaştırılması, ikincisi Ülkelerin 2003 ve 2006 yıllarındaki ortaöğretim etkinliğinin gelişiminin incelenmesi, üçüncü ise Türkiye’de bölgeler bazında ortaöğretimin 2003 ve 2006 yıllarındaki gelişiminin incelenmesidir.

Anahtar Kelimeler: Ortaöğretim Başarısı, Performans Analizi, Veri Zarflama Analizi, Window Analizi.

JÜRİ:

1. Yrd. Doç. Dr., İbrahim Demir
2. Prof. Dr., Şahamet Bülbül
3. Yrd. Doç. Dr., Doğan Yıldız

Kabul tarihi: 30.06.2008
Sayfa Sayısı: 128

DATA ENVELOPMENT ANALYSIS AND AN APPLICATION

Özer Depren
Statistics, M.S. Thesis

Assessing performance of companies is very important for not only management of the companies but also investors. Besides, observing the efficiency of different types of management system at different times is the key point for companies to survive in highly competitive market. Because of these reasons, efficiency and performance are the most important terms for a company.

DEA is based on a linear programming technique and DEA aims to assess the relative performances of decision making units when there are multiple inputs and outputs which are measured on different scale in benchmarking progress. DEA is widely used in the literature due to its ease of use and interpretation compared to other methods, its ability to analyze in detail and having no strict assumption for parametric tests. DEA which is one of the non-parametric technique was used to assess the efficiency of secondary schools in our country. The reason of using DEA is the existence of multiple inputs such as student teacher ratio, average school and class size, and multiple outputs such as mathematics, science and reading scores, in educational system. Programme for International Student Assessment (PISA), which measures student's skills and knowledge in mathematics, science and reading, ability to solve real life problems and ability to relate real life problems with their knowledge and skills, data is used in this analysis.

Decision making units were compared using not only basic models but also advance models of DEA. Three basic topics were studied. First topic was measuring the efficiency of secondary schools in Turkey in 2003 using DEA. Second topic was to compare the efficiency of secondary schools in 25 countries between 2003 and 2006. Last topic was to compare the efficiency of secondary schools in regions of Turkey between 2003 and 2006.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Performance Analysis, Secondary School Achievement, Window Anlysis.

JÜRİ:

1. Yrd. Doç. Dr.,İbrahim Demir
2. Prof. Dr., Şahamet Bülbül
3. Yrd. Doç. Dr., Doğan Yıldız

Kabul tarihi: 30.06.2008

Sayfa Sayısı: 128

GİRİŞ

Zaman zaman “Sınır Analizi” olarak adlandırılan Veri Zarflama Analizi (VZA) ilk kez 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından ortaya konulmuştur. VZA organizasyonlarda karar birimlerinin göreceli etkinliğini değerlendirmede kullanılacak bir performans ölçüm tekniğidir (Üte, 2002). Bu matematiksel programlama tekniği Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilmiş olmasına rağmen karşılaştırmalı verimliliğin temel kavramlarını ilk tanıtan Farrell’dir (Oral, 1992).

Bu çalışmada, bir toplumun geleceğini oluşturan gençlerin geleceğine yön veren, hizmet sektöründe yer alan ve kar amacı gütmeyen ortaöğretim kurumlarının performansını test etmek amacıyla veri zarflama analizi (VZA) kullanılmıştır. Birimlerin performansı, veri zarflama analizinde yaygın olarak kullanılan temel modellerin yanı sıra ileri düzey modeller yardımıyla karşılaştırılmıştır. Çalışmada üç temel konu ele alınmıştır. İlki Türkiye’deki ortaöğretim kurumlarının birbirlerine göre göreceli etkinliğinin karşılaştırılması, ikincisi Ülkelerin 2003 ve 2006 yıllarındaki ortaöğretim etkinliğinin gelişiminin incelenmesi, üçüncü ise Türkiye’de bölgeler bazında ortaöğretimin 2003 ve 2006 yıllarındaki gelişiminin incelenmesidir. Çoklu girdi ve çoklu çıktılarının varlığı, ortaöğretim kurumlarının kaynak kullanımı ve çıktı kalitesindeki etkinliğinin araştırılması VZA’nın tercih edilmesinde önemli bir etken olmuştur.

Bu çalışmanın birinci bölümünde konunun daha iyi anlaşılabilmesi adına Veri Zarflama Analizinde kullanılan temel kavramlar anlatılmıştır. Bu kavramlar Performans, Performans Yönetimi, Verim ve Verimlilik, Etkililik ve Etkinlik, Üretim İmkânları Kümesi ve Etkinlik Sınırıdır. Ayrıca Tek girdi-tek çıktı, iki girdi-tek çıktı, tek girdi-iki çıktı ve çok girdi-çok çıktı olduğu durumlarda etkinlik ve verimliliğin nasıl bulunabileceği anlatılarak VZA’ya kısa bir giriş yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümde performans ölçümünün önemi ve performans ölçüm modellerinden bahsedilmiştir. Performans ölçüm modellerinden oran analizi, parametrelili yöntemler ve parametresiz yöntemler anlatılarak karşılaştırmaları yapılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde Veri Zarflama Analizinin tanımı, tarihçesi, kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları, uygulama aşamaları, temel ve ileri düzey modeller detaylarıyla anlatılmıştır. Temel ve İleri düzey modellerden CCR, BCC, Toplamsal Model, Çarpımsal Model, Süper Etkinlik Modeli, Ölçeğe Göre Getiri Modeli, Karma Model ve Boş Değişkenler Modeli incelenmiştir. Değişkenlerin özelliklerine göre ise Güven Bölgesi Yaklaşımı, Genelleştirilmiş Güven Bölgesi Yaklaşımı, Kategorik Değişken Yaklaşımı, İstenmeyen Değişken Yaklaşımı ve İsteğe Bağlı Olmayan Değişken Yaklaşımı incelenmiştir. Zamana göre değişimin analizinde ise Window Analizi ve Malmquist İndeksi ele alınmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde VZA ile ilgili bilgisayar programları, bir programdaki kilit özellikler, programların içerdikleri modeller ve birbirlerine göre üstünlükleri incelenmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde uygulamaya yer verilmiştir. Uygulama ise üç farklı bölümden oluşmaktadır ve her bölüm farklı modeller için farklı veri setleri kullanılmıştır. Fakat uygulamanın üç bölümünde de amaç ortaöğretim başarısını ölçmektir. İlk olarak 2003 yılı için Türkiye’deki okulların etkinliğini ölçmede CCR, BCC ve Toplamsal Modelden, ikinci olarak ülkeler arası başarı etkinliğinin 2003 ve 2006 yılları arasındaki değişimini gözlemlemek adına Malmquist İndeksinden ve üçüncü olarak Türkiye’de bölgeler bazında etkinliğin 2003 ve 2006 yılları arasında değişimini gözlemlemek adına Window Analizinden faydalanılmıştır. Böylece üçüncü bölümde incelenen çoğu model uygulanmış ve yorumlanmıştır.

Çalışmanın altıncı ve son bölümünde ise modellerin özetleri ve hangi modelin ne zaman kullanılması gerektiği, uygulamada elde edilen sonuçların yorumu ve öneriler bulunmaktadır.

1. TEMEL KAVRAMLAR

Rekabetin çok fazla olduğu günümüz pazar koşullarında işletmelerin varlığını uzun süre devam ettirmesi açısından içsel kaynaklarını etkin olarak kullanması çok büyük önem taşımaktadır. İşletmelerin, maliyetleri azaltmak, karı arttırmak ve etkin üretim yapmak olan temel hedeflerine ulaşmaları için planlama ve kontrol süreçlerinin birbirleriyle uyumlu ve doğru bir şekilde yürütülmesi gerekir ki bu da işletmenin etkin çalışmasını sağlamada en büyük etkidir.

İşletmelerde, çıktılar ve girdiler doğru bir şekilde tanımlanıp aralarındaki ilişkiler doğru kurulduğunda, verimlilik düzeyini ölçmede başarılı olunacak ve işletmenin etkin üretim düzeyine geçmesi sağlanacaktır.

Bu bölümde açıklanacak temel kavramlar şunlardır;

1. Performans
2. Performans Yönetimi
3. Verim ve Verimlilik
4. Etkililik ve Etkinlik
5. Üretim İmkânları Kümesi
6. Etkinlik Sınırı
7. Tek Girdi ve Tek Çıktı Durumunda Etkinlik
8. İki Girdi ve Tek Çıktı Durumunda Etkinlik
9. Tek Girdi ve İki Çıktı Durumunda Etkinlik
10. Çok Girdi ve Çok Çıktı Durumunda Etkinlik

1.1 Performans

Performans, genel anlamda, amaçlı ve planlanmış bir etkinlik sonucunda elde edilenin, nicel (Miktar) ya da nitel (Kalite) olarak tanımlanmasıdır. Başka bir ifade ile bir işi yapan bireyin, bir grubun ya da bir teşebbüsün o işte amaçlanan hedefe yönelik olarak, nereye varabildiğinin, neyi sağlayabildiğinin nicel ve nitel olarak anlatılmasıdır (Karasoy, 2000).

1.2 Performans Yönetimi

“Verimlilik Yönetimi”, “Yönetim Kontrol Sistemi” olarak da adlandırılan performans yönetimi, 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 (Akal, 2002).

1.3 Verim ve Verimlilik

İşletmenin kaynakları ile ilgili bir kavram olan verim, yapılanların en iyi ve doğru biçimde, en düşük kaynak tüketimi, en düşük maliyet ve en az kayıp ile gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğidir. Verim (1.1)'deki gibi ölçülmektedir (Akal, 2002);

$$V = \frac{TBK}{TK} \times 100 \quad (1.1)$$

(1.1)'de, "V" verimi, "TBK" tüketilmesi beklenen kaynakları yani yararlı girdileri ve "TK" ise tüketilen kaynakları göstermektedir.

Verimlilik ise,

$$\text{VERİMLİLİK} = \frac{\text{ÇIKTI}}{\text{GİRDİ}} \quad (1.2)$$

şeklindedir ve (1.2)'deki "Çıktı" bir üretim ya da hizmet sürecinin belli bir dönem sonunda üretilen ürün veya hizmeti, "Girdi" ise bu üretimi gerçekleştirmek amacıyla kullanılan üretim kaynaklarını göstermektedir.

1.4 Etkililik ve Etkinlik

Etkililik, elde edilen çıktıların planlanan çıktılara ne derece yakın olduğunu gösteren bir kavramdır ve (1.3)'deki gibi ifade edilir.

$$\text{ETKİLİLİK} = \frac{\text{GERÇEKLEŞEN ÇIKTI}}{\text{PLANLANAN ÇIKTI}} \quad (1.3)$$

Etkinlik ise mevcut girdiyi kullanarak en fazla çıktıyı üretmek olarak yorumlamaktadır;

$$\text{ETKİNLİK} = \frac{\text{FİİLİ MİKTAR}}{\text{STANDART MİKTAR}} \quad (1.4)$$

Etkinlik oranının 1 olması istenir. Bu oranın 1 olması demek karar verme biriminin etkin olduğunu yani diğer karar verme birimlerine göre daha performanslı olduğu söylenir ve "**Etkin Karar Verme Birimi**" olarak adlandırılır.

Etkinlik ve etkililik ile ilgili Çizelge 1.1 konuyu özetlemektedir.

Çizelge 1.1 Etkinlik ve etkililik (Baş ve Artar, 1991)

ETKİLİLİK	KAYNAKLARIN KULLANIMI (ETKİNLİK)	
	KÖTÜ	İYİ
YÜKSEK	Etkili fakat etkin değil, bazı kaynaklar boşa gidiyor.	Hem etkili hem etkin, kaynaklar iyi kullanılıyor, performansı yüksek
DÜŞÜK	Ne etkili ne etkin, hem hedeflere ulaşamıyor hem de kaynaklar boşa gidiyor.	Etkin fakat etkili değil, kaynak kullanımı iyi fakat hedeflere ulaşamıyor.

1.4.1 Teknik Etkinlik

Üretim, girdilerin çıktılarına dönüştürülme sürecidir. Bu sürecin etkin olabilmesi mevcut teknoloji ve teknolojik değişme çerçevesinde, belirli bir girdi birleşiminin kullanılarak maksimum çıktının elde edilmesine veya belirli bir çıktı bileşiminin en az girdi kullanılarak üretilmesine bağlıdır. Teknik etkinlik girdi birleşiminin en verimli şekilde kullanılarak mümkün olan maksimum çıktıyı üretme başarısıdır.

1.4.2 Ölçek Etkinliği

Teknik etkinliğin yanı sıra bir başka performans ölçüm kriteri olarak, en verimli ölçek büyüklüğüne yakınlık alınmaktadır. Bu kavram ölçek etkinliği olarak adlandırılmaktadır. Bir üretim sürecinde girdiler belli bir miktar arttırıldığında çıktı seviyesindeki artış girdilerdeki artış oranından fazla ise **ölçeğe göre artan getiri**, çıktılardaki artış girdilerdeki artıştan az ise **ölçeğe göre azalan getiri** ve son olarak çıktılardaki artış miktarı ile girdilerdeki artış miktarı aynı olduğunda **ölçeğe göre sabit getiriden** bahsedilir.

1.5 Üretim İmkânları Kümesi

Üretim sürecinde kullanılan girdi sayısı m ve üretilen çıktı sayısı p olmak üzere, üretim imkânları kümesi tüm mümkün girdilerin ve karşılık gelen tüm mümkün çıktıların kümesi olarak tanımlanır. Böylelikle üretim imkânları kümesi tüm k karar birimi için tüm mümkün girdi-çıktı bileşimlerinin kümesidir.

1.6 Etkinlik Sınırı

Etkinlik sınırı, en iyi performansı temsil eden ve girdi ve çıktıların en verimli şekilde birbirine dönüştüren veri kümesindeki ünitelerden oluşan sınırdır. Sınırı belirleyen üniteler %100

verimliliğe sahiptir. Sınırdan olmayan herhangi bir ünite %100 verimliliğin altında bir verimliliğe sahiptir.

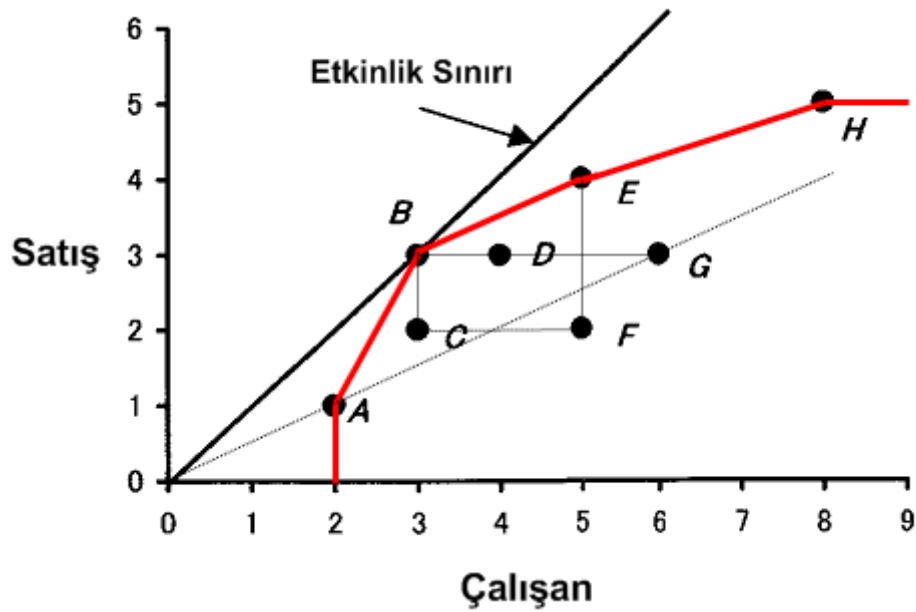
1.7 Tek Girdi ve Tek Çıktı Durumu

Bir örnek ile açıklayacak olursak, 8 adet mağazamız olduğunu düşünelim ve bu firmaların isimleri A, B, C, D, E, F, G ve H olsun (Cooper et al., 2007).

Çizelge 1.2 Tek girdi ve tek çıktı durumu veri seti

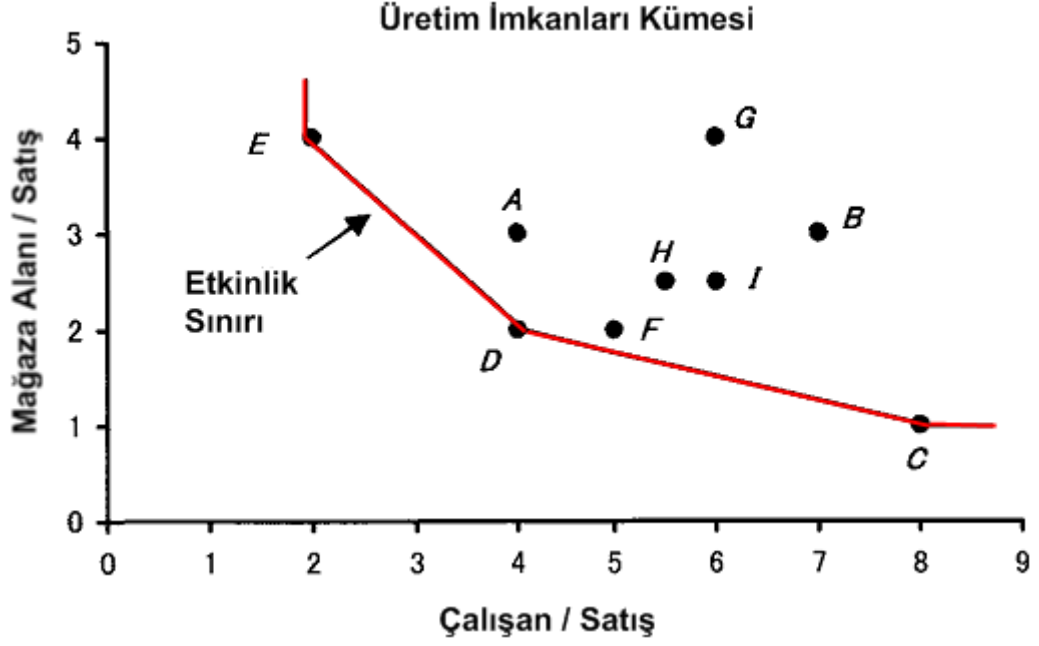
Mağaza	Tip	A	B	C	D	E	F	G	H
Çalışan	Girdi	2	3	3	4	5	5	6	8
Satış (100.000\$)	Çıktı	1	3	2	3	4	2	3	5
Satış/Çalışan	-	0,5	1	0,667	0,75	0,8	0,4	0,5	0,625

Çizelge 1.2'deki son satır çalışan başına satışları göstermektedir. Yukarıdaki tanımlamamıza baktığımızda bu verimliliği bize verecektir fakat aynı zamanda genel kullanımda etkinlik olarak da tanımlanabilmektedir. Bu son satıra baktığımızda yukarıda da açıkladığımız üzere en etkin karar verme birimi B ($\text{Satış} / \text{Çalışan} = 1$) iken etkinlik düzeyi en düşük olan karar verme birimi ise F'dir. Çizelge 1.2'yi, satışlar y eksenine ve çalışanlar x eksenine gelecek şekilde bir grafikte gösterirsek;



Şekil 1.1 Tek girdi tek çıktı durumu etkinlik sınırı

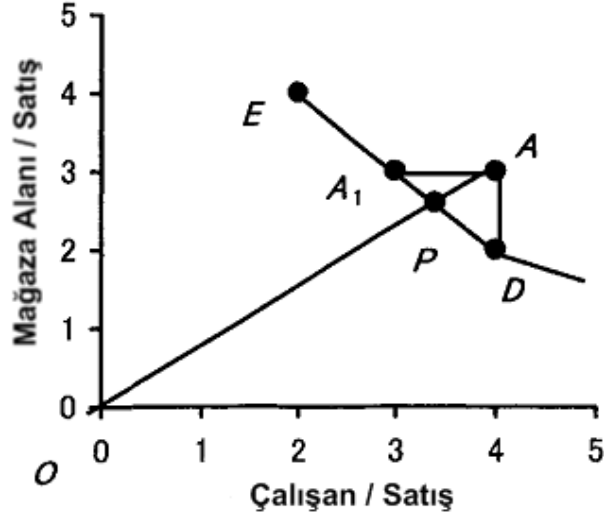
Çizelge 1.3’de de görüldüğü üzere 9 adet mağaza olduğunu, girdi olarak çalışan sayısı ve mağaza alanı, çıktı olarak ta satışlar belirlenmiştir. Burada çıktıların hepsi sabit getiri varsayımı sebebiyle 1 olarak alınmıştır. Böylece girdiler 1 birimlik satışın getirisi olarak normalize edilmiştir. Çizelge 1.3 “Girdi 1 / Çıktı” x ekseninde ve “Girdi 2 / Çıktı” da y ekseninde olmak üzere Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 İki girdi tek çıktı durumu etkinlik sınırı

Her karar verme birimi eşit miktarda çıktı ürettiğine göre en az girdi kullanan karar verme birimi en etkin karar verme birimi olacaktır. Bu sebepten dolayı üretim imkânları kümesinin şekli Şekil 1.2’deki gibi olmuştur. Buradaki durumda karar verme birimi ne kadar orijine yakın olursa etkinliği de o kadar yüksek olacaktır.

Örneğin A karar verme birimi etkin değildir ($d(OP) / d(OA) = 0,8571$). Çünkü O’dan A’ya bir doğru çizdiğimizde bu doğru üretim imkânları kümesini P noktasında kesmektedir. Bunun anlamı da;



Şekil 1.3 Etkinlik durumu

P Üretim imkânları kümesi üzerinde olduğundan P noktasındaki karar verme birimi etkin olacaktır bu sebeple A noktası etkin değildir. P noktası da E ve D noktasının kombinasyonu olarak ifade edilebileceğinden E ve D noktaları A noktasının referans kümesi olarak isimlendirilir. Bu referans kümeleri her karar verme birimi için farklı olabilir (Örneğin Şekil 1.2’de B karar verme biriminin referans kümesi C ve D’dir). Burada A karar verme biriminin etkin ve verimli olabilmesi için kendisini D’ye yakınlaştırması gerekmektedir. Bunu da A karar verme birimi, diğer girdisini ve çıktısını sabit tutmak koşulu ile Mağaza Alanının azaltılmasıyla elde edebilir.

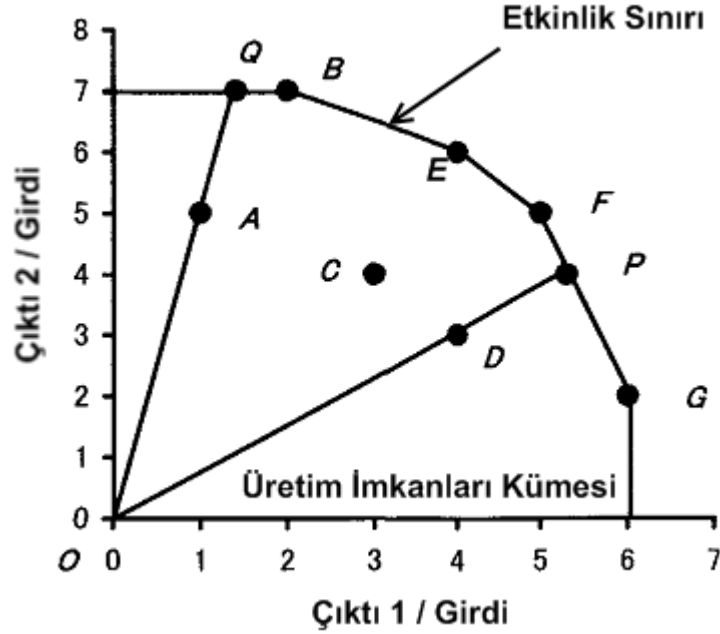
1.9 Tek Girdi ve İki Çıktı Durumu

Veri setimiz Çizelge 1.4’teki gibi olsun (Cooper et al., 2007);

Çizelge 1.4 Tek girdi ve iki çıktı durumu veri seti

Mağaza	Tip	A	B	C	D	E	F	G
Çalışan	Girdi	1	1	1	1	1	1	1
Müşteri (x10)	Çıktı 1	1	2	3	4	4	5	6
Satış (100.000\$)	Çıktı 2	5	7	4	3	6	5	2

Daha önce yaptığımız gibi “Çıktı 2 / Girdi” y eksenine ve “Çıktı 1 / Girdi” de x eksenine yerleştirilip grafikte gösterdiğimizde Şekil 1.4’teki gibi bir üretim imkânları kümesi ve etkinlik sınırı elde ederiz.



Şekil 1.4 Tek girdi iki çıktı durumu etkinlik sınırı

Burada A, C ve D mağazaları etkin olmayan mağazalardır. A, C ve D’nin etkinliği Etkinlik Sınırı referans alınarak değerlendirilebilir ki bu da şu şekilde yapılmaktadır;

Örneğin D karar verme birimi için etkinlik: $d(OD) / d(OP) = 0,75$ ’dir. D karar verme biriminin etkin olabilmesi için P noktasına (16/3, 4) gelmesi gerekir. Bunun sebebi bir önceki konuda anlatılanla aynıdır. D’nin referans kümesi F ve G’dir.

1.10 Çok Girdi ve Çok Çıktı Durumu

Bu gibi durumlarda Veri Zarflama Analizinin(VZA) de temelini oluşturan Lineer Programlama kullanmak gerektiğinden ilerleyen konularda VZA ile birlikte detaylı olarak anlatılacaktır.

2. PERFORMANS ÖLÇÜMÜ ve PERFORMANS ÖLÇÜM MODELLERİ

2.1 Performans Ölçümü

Performans ölçümü; ürünlerin, hizmetlerin veya işlemlerin yerine getirilmesinde, görevlerin nasıl gerçekleştiğinin bir program dâhilinde tarafsız olarak ölçülmesi yöntemidir.

21.yüzyıla girerken organizasyonların mükemmeli arayış çabaları bütün hızıyla devam etmekte, gerek organizasyon yapılarında gerekse yönetim metotlarında hızlı değişimler gözlemlenmektedir. Bu hızlı değişime ayak uydurabilmek, rekabet ortamında ayakta kalabilmek, stratejileri tanımlayabilmek ve organizasyonların gelecekte nerede olabileceklerini anlama konularında, performans ölçümü ve değerlendirmesi, tüm organizasyonlarda önem kazanmıştır (Berk vd., 2004).

2.1.1 Performans Ölçümünün Önemi

Sağlıklı bir performans ölçümü, program faaliyetlerinin arzulanan sonuçları ne derece yerine getirdiği hakkında bir değerlendirme yapmaya imkân verir (Aral, 2001). Genel anlamda performans ölçümü; faaliyetin / eylemin etkinliğini ve etkililiğini belirleme süreci olarak tanımlanır. Performans ölçüm sistemi ise, faaliyetin etkinliğini ve etkililiğini belirlemek için kullanılan ölçüler kümesidir (Tangen, 2003).

Performans ölçümü ve denetimi bir işletmede aşağıdaki soruları yanıtlamayı amaçlamaktadır (Songur, 1995):

- İşler / hizmetler ne kadar iyi yapılıyor?
- İşler / hizmetler nasıl daha iyi yapılabilir?
- Beklenen sonuçlara ne düzeyde ulaşılmıştır?
- Gerçekleştirilen işlerin amaçlara katkısı olmuş mudur?
- Bu işlerin örgüt performansına etkisi nedir?
- Hedef ve stratejilere uygunluk sağlanmış mıdır?
- Temel ilkelerden sapma var mıdır?
- Doğru yönde iyiye doğru mu gidiliyor?
- Hizmetler onlardan yararlananların gereksinimlerini nasıl daha iyi karşılar?
- Sağlanan hizmetler, toplumun kurumdan beklediği performansla tutarlı mıdır?

Performans ölçüm ve denetim sistemlerinin arzulanan amaçları gerçekleştirebilmesi için uygun ölçütlerin seçimi de oldukça önemlidir. Bu ölçütlerin seçimindeki temel etmenleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Kenger, 2001):

- 1) İşletmenin stratejik hedefleri,
- 2) Stratejik hedef ve amaçlara yönelik olarak belirlenen anahtar performans alanları,
- 3) Performans ölçümlerinde öncelik alan performans boyutları,
- 4) Performans ölçüm sisteminin uygulanacağı analiz birimlerinin yapı ve nitelikleri,
- 5) Belli bir yaklaşım modellerini savunan seçilmiş performans ölçüm modelleri,
- 6) Performans ölçüm ve denetim sistemlerinin hedeflediği kullanıcılar grubu.

Sonuç olarak, performans bilgisine kurum içi ve dışı amaçlar bakımından ihtiyaç duyulur. Bu türden bilginin zamanında elde edilebilirliği, performansın nasıl geliştirileceği hakkında, bilgiye dayalı kararların alınmasını sağlar (Özeren ve Aral, 2002).

2.1.2 Performans Ölçümünün Nedenleri

Performans ölçümleri, faaliyetlerin amaçlar ve hedefler aracılığıyla izlenmesini, bunların ölçülmesini ve gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğini ortaya koymak bakımından gereklidir (Aral, 2001). Performans ölçümlerinin temel nedenleri aşağıda sıralanmıştır (Özeren ve Aral, 2002):

- Hedeflerin ne ölçüde başarıldığını belirlemek,
- Sürekli gelişim sürecini gözlemlemek ve denetlemek,
- Birey, takım ve işletme performansının nasıl geliştirileceğine yardımcı olmak,
- Yapılmakta olan işlerin doğru yapıp yapılmadığını izlemek ve değerlendirmek,
- Değişimi yönetmek ve değişikliklere uyum göstermek,
- Hesap verme sorumluluğunu kurumsallaştırmak,
- Mal ve hizmetlerin tedarikini geliştirmek.

2.1.3 Performans Ölçümünde Yapılan Hatalar

Performansın değerlendirilmesinde hangi tür bilgiye ihtiyaç duyulacağına karar verilirken, bilginin toplanma amacına ve performans bilgisinin içeriği hakkındaki kararlara odaklanmak önem taşır. Performans ölçülerinin belirlenmesinde yaygın biçimde yapılan hatalar şunlardır:

- Çok fazla sayıda ölçü belirlemek,
- Her bir çıktı için yalnızca tek bir ölçüden yararlanmak suretiyle çıktı performansını ölçmek,
- Yalnızca, kolaylıkla ölçülen sayısal verilere, etrafta hemen bulunabilecek ölçülerden elde edilen tipik verilere yoğunlaşmak.

Mevcut verilerden, mümkün olduğunca yararlanılmasına rağmen, bunların kritik edilmeden kullanılması, muhtemelen, performans ölçülerinin uygun performans boyutlarına odaklanamamasına, sağlıklı olmamasına ve açıklama gücüne sahip olmamasına neden olabilir.

2.2 Performans Ölçüm Yöntemleri

Performans çok geniş bir kavram olduğu için, performans ölçümünde de etkinlik ve / veya verimlilik ölçüm yöntemlerinden yararlanılması gerekmektedir. İşletmelerin, performans ölçümlerine ilişkin yaptıkları çalışmalarda izledikleri analiz yöntemleri genel olarak; “**Oran Analizi**”, “**Parametrik Yöntemler**” ve “**Parametrik Olmayan Yöntemler**” şeklinde üç başlık altında toplanmaktadır (Yolalan, 1993).

2.2.1 Oran Analizi

Örgütsel performansın ölçümünde kullanılan yöntemlerden en basiti ve belki de en yaygını, oran analizidir. Tek girdi ve çıktı ile sınırlı olan bu analiz yönteminin, hala yaygın bir yöntem olarak kullanılmasının nedeni, oldukça kolay bir yöntem olması ve çok az bilgiye ihtiyaç duymasıdır (Gülcü vd., 2004). Tek girdinin tek çıktıya oranı olarak tanımlanan oran analizi (ratio analysis) yaklaşımında her bir oran, performansla ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne alırken diğer boyutları göz ardı etmektedir.

Oranlarla yapılan değerlendirmelerin bir başka zayıf yönü de; mutlaka bir şeylerle karşılaştırmaya gereksinim duymalarıdır. Örneğin, oranla performans ölçümü yapılan bir örgütteki sayısal sonuçlar ya kendi içerisindekilerle ya da diğer örgütlerin benzer değerleri ile ilişkilendirilirler (Yeşilyurt ve Alan, 2003). Bazı oranlar işletmenin son derece başarılı olduğu görünümünü verirken, bazıları da işletmenin son derece başarısız olduğu sonucunu gösterebilmektedir. Bu nedenle bu yöntemde değişik oranların en anlamlı bir şekilde ağırlıklandırılarak tek bir ölçütün türetilmesine fazlasıyla gereksinim duyulmaktadır (Güçlü, 1999).

Oran analizinde ölçek olarak oran ölçeği (ratio scala) kullanılır. Oran ölçeğinde başlangıç noktası sabit olmakla beraber ölçek üzerindeki noktalar birbirinin katı olarak ifade edilebilirler. Bu nedenle bu ölçekle ölçülmüş verilere tüm matematiksel işlemler uygulanabilir. Ağırlık, uzunluk, miktar, kişi sayısı, v.s. belirten değişkenler oran ölçeğinde ifade edilirler (Gülcü vd., 2004).

Oran analizi, genel, performans ölçümünde birçok yetersizlikleri olmasına karşın tek girdili ve tek çıktılı durumlar için basitliği ve sadeliği nedeniyle en uygun değerlendirme yöntemi olarak görülebilir. Ancak oran analizindeki oranlama, göreceli de olsa en iyiye göre değil, var olan değerlerin birbirine bölümüyle elde edilir. Bu ise; bir performans iyileştirmesine yönelik bir teknik değil, yalnızca bir durum belirlemesidir (Yeşilyurt, 2004).

2.2.2 Parametrel 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.

Parametrik yöntemlerle verimlilik ölçümünde, genel olarak regresyon teknikleri ile tahmin yapılmaktadır. Regresyon analizi sonucunda bulunan üretim fonksiyonunda ise, çoğunlukla bir tek çıktı ile birçok girdi ilişkilendirilerek tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, üretim fonksiyonu parametrik olarak bulunmaktadır. Kullanılan yaklaşımların başında ise, en küçük kareler yöntemi gelmektedir. Parametrik olarak tanımlanan ve üretim sürecinin incelendiği endüstrinin tümü için geçerli olduğu düşünülen üretim fonksiyonu yardımıyla, bir üretim biriminin kullandığı girdi miktarları bilindiğinde elde edilecek çıktı miktarı öngörülebilmektedir. Gözlenen çıktının, regresyon analizi sonucunda bulunan üretim fonksiyonunun öngördüğü çıktıdan fazla olması durumunda, üretim biriminin verimliliğinin beklenenden yüksek olduğu, aksi halde verimsiz olduğu yorumu yapılmaktadır (Gözü, 2003).

Regresyon analizinde en büyük sorun ortalama ilişkilerin yani merkezi eğilimin tahmininde en küçük kareler yönteminin (Fiili gözlemlerin doğrusal sapmalarının kareleri toplamının en küçük kılınması) kullanılmasının doğurduğu sonuçlardır (Uysal, 2003).

2.2.3 Parametresiz Yöntemler

Literatürde belli bir analitik formun varlığını varsayıp katsayı tahmini yapan parametrik yöntemlerin yanı sıra parametrik olmayan ve doğrusal programlama kökenli etkinlik sınırına (efficiency frontier) uzaklığı ölçen yöntemler de bulunmaktadır (Mercan ve Yolalan, 2000).

Parametrel yöntemlere bir alternatif olarak ortaya çıkan parametresiz (non-parametric) yöntemler, genel olarak matematiksel programlamayı çözüm tekniği olarak benimsemişlerdir. Bu tür yöntemler, üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmezler. Bu özelliklerinden dolayı parametrel yöntemlere göre daha esneklerdir. Ayrıca

birçok girdili ve çıktılı üretim ortamlarında performans ölçümü için oldukça uygun bir yapıya sahiptirler (Gülcü vd., 2004).

Etkin sınırdan sapmaları etkinsizlik olarak değerlendiren parametrik olmayan yöntemler, çok girdi ve çok çıktı bulunan bir üretim sürecini bütün olarak ele alabilmektedir. Parametrik olmayan yöntemlerin, farklı ölçü birimlerindeki üretim faktörlerini ortak bir paydada buluşturmak için ihtiyaç duyulan ağırlıklandırma işlemini ortadan kaldırması, bu yöntemlerin, diğer yöntemlerden üstünlüğünü sağlayan bir diğer özelliktir. Bu özelliklerine ek olarak, parametrik olmayan yöntemlerin göreceli etkinlik ölçümlerinde çok yaygın kullanılmasının temel nedenleri arasında farklı uzmanlıkları olan, fakat aynı ürünleri üreten veya servisleri sunan karar birimlerinin özelliklerini dikkate alması, üretim ekonomisinin teorik çevresiyle uyum içinde olması, etkinlik skorunu oluşturan etkinlik bileşenlerini belirleyebilmesi sayılabilir (Gözü, 2003).

2.3 Performans Ölçüm Modellerinin Karşılaştırılması

Modellerin birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri vardır. Her model kendi içinde tutarlı olduğu halde ölçümü yapılan birim için anlamsız olabilmektedir. Burada asıl üzerinde durulması gereken konu ölçülmek istenen duruma karşı en uygun modelin seçilmesidir.

Oran analizi, genel, performans ölçümünde birçok yetersizlikleri olmasına karşın tek girdili ve tek çıktılı durumlar için basitliği ve sadeliği nedeniyle en uygun değerlendirme yöntemi olarak görülebilir. Ancak oran analizindeki oranlama, göreceli de olsa en iyiye göre değil, var olan değerlerin birbirine bölümüyle elde edilir. Bu ise; bir performans iyileştirmesine yönelik bir teknik değil, yalnızca bir durum belirlemesidir.

Parametrelili yöntemler ise etkinliği ölçülecek olan birimin üretim fonksiyonunun analitik yapıya sahip olduğu varsayılarak bu fonksiyonun parametreleri belirlenmeye çalışılır. Parametrelili yöntemlerle etkinlik ölçümünde genel olarak regresyon teknikleri ile tahmin yapılırken, burada da üretim fonksiyonu çoğunlukla bir tek çıktı ile birçok girdiyi ilişkilendirerek tanımlanmaktadır.

Parametresiz yöntemler ise matematik programlamayı çözüm tekniği olarak kabul eder. Bu yöntemler, üretim fonksiyonu ardında herhangi analitik formun varlığını ön görmezler. Çok girdili ve çok çıktılı üretim ortamlarında performans ölçümü yapabilmek için uygun yapıya sahiptirler.

Çizelge 2.1’de karşılaştırma yapabilmek adına her üç yöntemde kullanılan çeşitli analiz tekniklerinden birer örnek verilmiştir.

Çizelge 2.1 Performans ölçüm yöntemleri karşılaştırması (Üte, 2002)

Yöntem Sınıfı			
Karşılaştırma Ölçütleri	Oran Analizi	Parametrel Yöntemler	Parametresiz Yöntemler
Çözüm Tekniği	Oranlamalar	Regresyon	Matematiksel Programlama
İçerik	Tek Girdi/Tek Çıktı (Tek Boyutlu)	Çok Girdi/Tek Çıktı (Tek Boyutlu)	Çok Girdi/Çok Çıktı (Çok Boyutlu)
Ön Hazırlık (Veri Temini)	Basit	Basit (Ölçüm yapılacak birim analitik forma uygun olmalı)	Detaylı (Kullanılacak girdi ve çıktılarına bağlı)
Uygulama	Kolay	Kolay	Detaylı (Kolay)
Performans Ölçümüne Uygunluğu	Kısıtlı	Kısıtlı	Geniş

3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)

3.1 Tanım ve Kavramlar

Veri Zarflama Analizi, farklı ölçekle ölçülmüş birden fazla girdi ve çıktının karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar verme birimlerinin göreceli performanslarını ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir.

İngilizce literatürdeki adı “Data Envelopment Analysis (DEA)” olan Veri Zarflama Analizi, doğrusal programlama teorisinin prensiplerine dayanan ve literatürdeki adı “Decision Making Units (DMU)” olan karar verme birimlerinin (KVB) göreceli verimliliğini tahmin etmek amacıyla tasarlanmış olan parametrik olmayan bir yöntemdir. VZA’ da “Karar Verme Birimi” teriminin anlamı, bazı girdileri bazı çıktılara dönüştürmekten sorumlu işletme ya da ekonomik kuruluşlardır. Bu tanım içerisine şirketler, organizasyonlar, şirket içi departmanlar, ülkeler vb. girebilir.

Benzer KVB’lerin gözlenen girdi ve çıktıları esas alınarak göreceli teknik etkinliklerin değerlendirilmesi VZA’nın temelini oluşturur. Burada KVB’lerin karşılaştırma sürecinde üretim fonksiyonunun yapısı çok önemlidir. Çünkü VZA, gözlenen KVB’lerin girdi ve çıktı miktarlarına göre, en iyi üretim bileşimini baz alarak bir sınır tespit eder ve herhangi bir KVB’nin verimliliğini bu sınıra olan uzaklığına göre göreceli olarak analiz eder.

Çok çıktı ve çok girdi olmadığı durumlarda (girdi ve çıktı miktarlarının ikiden az olduğu durumlar) KVB’lerin etkinliğinin hesaplanması oldukça kolay olmasına rağmen çoklu girdi ve çıktı bulunan sistemlerde girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkilerin formüle edilip matematiksel işlemler yapmak ancak doğrusal programlama ile gerçekleştirilebilir. Doğrusal programlama problemi olarak ifade edilebilen bir problemde gerçekleşmesi arzu edilen amacın açık ve ölçülebilir bir şekilde bir doğrusal fonksiyon olarak tanımlanması, bu amacın gerçekleşme derecesini kısıtlayan sınırlı kaynakların sınırlılık derecelerinin bilinmesi ve doğrusal eşitlik ya da eşitsizlik olarak ifade edilmesi gerekmektedir.

VZA, herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten “en iyi” gözlemleri, diğer bir ifadeyle etkinlik sınırını oluşturan KVB’leri belirler. Söz konusu sınırı “referans” olarak kabul edip, etkin olmayan KVB’lerin bu sınıra olan etkinlik düzeylerini radyal olarak ölçer. VZA çoklu girdi ve çıktı değişkenlerinin bir doğrusal programlama modelinde kullanılarak her bir gözlem için bir tek etkinlik skorunun elde edilmesini sağlar.

VZA'nın literatürde yer edinmesini takiben, yöntemin temel kavram ve prensipleri modelin çeşitlenmesini getirmiş, CCR oran modeli, BCC ölçeğe göre getiri modeli, toplamalı model ve çarpımsal model olmak üzere 4 ana model geliştirilmiş ve kullanılmıştır.

VZA, her bir karar verme biriminin görel verimliliğini, gözlemlenen girdi ve çıktılarından, ağırlıklı çıktıların ağırlıklı girdilere oranını hesaplayarak belirler. Her bir KVB'ye ait her bir girdi ve çıktı için, bir optimizasyon prensibi çerçevesinde (simpleks metodu tekrarlanarak) ağırlıklar seçilir.

Tüm birimlerin kendilerini etkin yapacak ağırlıkları seçerek taraflı olmalarının önüne geçmek için, probleme iki kısıt eklenmiştir. Bu kısıtlardan ilkinde göre KVB'ler ağırlıklarını öyle seçmelidirler ki, seçtikleri ağırlıklar kullanılarak diğer KVB'nin etkinliği ölçüldüğünde hiçbir KVB'nin etkinliği %100'ü geçmemelidir. İkincisine göre de, hiç bir ağırlık negatif değer taşımamalıdır. Bu kısıtlar sonucu, ağırlıklarını serbestçe seçebilen karar verme birimleri, aslında aynı optimal ağırlık setini seçmektedirler.

VZA yaklaşımının performans ölçmede elde ettiği sonuçlar şunlardır:

1. Etkin karar verme birimleri
2. Etkin olmayan karar verme birimleri
3. Etkin olmayan karar verme birimleri tarafından kullanılan fazla kaynak miktarları
4. Etkin olmayan karar verme birimlerinin şu anki girdi düzeyleri ile üretmeleri gereken çıktı düzeyleri
5. Etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin referans setini oluşturan birimler

3.2 VZA'nın Tarihçesi

1978 yılında ortaya konulan Veri Zarflama Analizi organizasyonlarda karar birimlerinin görel etkinliğini değerlendirmede kullanılan bir performans ölçüm tekniğidir. Bu teknik Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilmiş ve daha sonrasında da birçok kişi tarafından kullanımı geliştirilmiştir.

Veri Zarflama Analizi'nin hikâyesi Carnegie Mellon Üniversitesinin Şehir ve Halk İlişkileri okulunda Edwardo Rhodes'in doktora tezi ile başlar. W.W. Cooper danışmanlığı altında Edwardo Rhodes, federal hükümetin desteğiyle Amerika'da devlet okullarına devam eden (çoğunlukla siyah ve İspanyol) dezavantajlı öğrenciler için olan Program Follow Through eğitim programını değerlendiriyordu. Program Follow Through'a katılan ve katılmayan eşleştirilmiş bir takım okul gruplarının performansını karşılaştırmayı içermekteydi (Charnes et al., 1994). Burada 70 tane okulun görel teknik verimliliğini fiyatları göz ardı ederek çoklu

girdi ve çıktılarıyla tahmin etme arzusu, CCR (Chares, Cooper, Rhodes) formülasyonu olarak bilinen VZA oransal formülünü doğurmuş ve VZA'yı ilk duyuran çalışma olarak European Journal of Opertions Research'de yayınlanmıştır. Bu CCR formülü ölçeğe göre sabit getiri durumunu varsaymaktaydı (Uysal, 2003).

İlk önceleri ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında sadece teknik etkinliğin ölçümünde kullanılan Veri Zarflama Analizi yaklaşımı daha sonra yapılan bazı değişikliklerle; Banker, Charnes ve Cooper (BCC) (1984), tarafından ölçek etkinliğinin ölçülmesinde de kullanılmaya başlanmıştır. BCC, ayrıca ölçek getirisi ve teknik etkinliğin tahmini için CCR'in lineer programlama formülasyonunda bir değişikliği öngörmüşlerdir. Banker (1984) daha çok verimli ölçek kavramını geliştirmiş ve CCR doğrusal programlama formülünün, ölçek getirisinin tahmini için nasıl kullanılabileceğini göstermiştir (Besen, 1994)

Son yıllarda önemli teorik ve pratik ilerlemeler kaydeden DEA günümüzde veri analizlerinde kullanılan çok yönlü ve etkili bir araç haline gelmiştir (Akdoğan, 2001).

3.3 Literatür Taraması

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda Veri Zarflama Analizi şu alt gruplarda toplanmıştır,

1. Banka şubesi performans ölçümü uygulamaları
2. Okul etkinliğinin ölçülmesine ilişkin çalışmalar
3. Üniversite etkinliğinin ölçülmesine ilişkin çalışmalar
4. Hastane etkinliğinin ölçülmesine ilişkin çalışmalar
5. Havaalanı etkinliğinin ölçülmesine ilişkin çalışmalar
6. Kamu alanındaki bazı uygulamaları
7. Sağlık hizmetlerinin etkinliğinin ölçülmesi konusundaki çalışmalar
8. Tarım alanında yapılan çalışmalar
9. Posta servisi etkinliğinin ölçülmesine ilişkin çalışmalar
10. Taşımacılık konusunda yapılan çalışmalar
11. Hapishane etkinliğinin ölçülmesine ilişkin çalışmalar
12. Eczacılık alanında yapılan çalışmalar
13. Madencilik alanında yapılan çalışmalar
14. Elektrik kullanımı ile ilgili çalışmalar
15. Restoran etkinliğinin ölçülmesine ilişkin çalışmalar

VZA ile ilgili ilk çalışma 1978’de Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından kamu kuruluşlarının teknik verimliliğini ölçmek ve karşılaştırmak için geliştirilmiştir. Ülkemizde de VZA kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır ve bu çalışmaların örnekleri şunlardır;

1998 yılında Şahin tarafından Sağlık Bakanlığı bünyesinde döner sermaye ile faaliyet gösteren 383 adet hastaneye ait veriler ile iller bazında sağlık hizmetleri etkinliğini karşılaştırmıştır (Şahin, 1998).

2000 yılında S. Tarım, H. I. Dener ve A. Tarım çalışmalarında 1997 Nisan-Ekim dönemi için VZA kullanılarak Antalya yöresindeki dört ve beş yıldızlı otellerin etkinlik değerlemesine yönelik bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmada, 10 tanesi beş yıldızlı 11 tanesi dört yıldızlı toplam 21 otel incelenmiştir. Sonuç olarak Antalya yöresinde faaliyet gösteren dört yıldızlı otellerin müşteri memnuniyeti sağlamada görece olarak beş yıldızlı otellerden daha başarılı olduğu ortaya çıkmıştır (Tarım vd., 2000).

Çingi ve Tarım 2000 yılında yapmış oldukları araştırmalarında 1989–1990 yılları arası toplam 21 ticari bankanın, 4’ü devlet, 17’si özel olmak üzere, VZA yöntemi ile bankaların görece etkinliğini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonunda, her yıl etkinlik sıralamasının değişken nitelikte olduğu belirlenmiştir. Ancak özel sektöre ait bankaların araştırmaya konu olan dönemde görece olarak kamu bankalarından daha etkin oldukları saptanmıştır. Bunun nedeninin ölçek etkinliğindeki farklılaşmadan kaynaklandığı sonucuna varmışlardır (Çingi ve Tarım, 2000).

2000 yılında Mercan ve Yolalan tarafından yapılan araştırmalarda, VZA tekniği kullanarak Türk bankacılık sektörünün performans ile ölçek ve mülkiyet yapıları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırma, Türk bankacılık sektörünün bir bütün olarak 1993’e kadar performansının arttığı ve daha sonra belirgin olarak gerilediği bulunmuştur. Ayrıca görece olarak büyük ölçekli bankaların daha iyi bir performans sergiledikleri görülmüştür (Mercan ve Yolalan, 2000).

2000 yılında Ulucan tarafından yapılan çalışmada İMKB’de işlem gören ve 1998 yılı sonu itibari ile 225 şirketin etkinliği incelemiştir. Ayrıca daha Ulucan gıda sektöründe faaliyet gösteren 25 firmayı incelemiş ve bunlardan 5 tanesini görece olarak etkin bulmuştur (Ulucan, 2000).

2006 yılında Sevil ve Yalama tarafından yapılan çalışmada portföy oluşturma yöntemlerine alternatif bir model olarak Veri Zarflama Analizi yöntemini kullanmıştır. İstanbul Menkul Kıymetler borsasına kote finansal sektördeki tüm hisse senetlerinin etkinliği Veri Zarflama

Analizi yöntemine göre 2002–2005 dönemlerine ilişkin ölçülmüşlerdir ve bu etkinlik skorlarına göre portföye varlık dağılımı yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda Veri Zarflama Analizi kullanılarak oluşturulan portföyün getirisi ile piyasa getirisi (İMKB–30, İMKB–50, İMKB–100) karşılaştırılmıştır ve Veri Zarflama analizi yöntemine göre oluşturulan portföyün getirisi piyasa getirisinin üzerinde oluştuğunu vurgulamışlardır (Sevil ve Yalama, 2006).

2007 yılında Demir, Bilen ve Büyüklü tarafından yapılan çalışmada, Dünya Sağlık Örgütü verileri kullanılarak ülkelerin sağlık kaynaklarını kullanmadaki etkinlikleri veri zarflama analizi kullanılarak ölçülmüştür. Sağlık kaynaklarını kullanmada etkin olan ve olmayan ülkeler belirlenmiştir. Etkin olmayan ülkelerin etkin olan ülkeleri kıyas alarak ne biçimde sağlık kaynaklarını kullanma politikalarını düzenleyecekleri incelenmiştir. Bu analiz sonucunda analize dâhil olan 155 ülkeden 140'ı etkin çıkmıştır. Etkin ülkelerden ise 57 tanesi kıyas ülke olarak tespit edilmiştir. Türkiye ise etkin ülkelerin içerisinde olup kıyas ülkelerin içerisinde yer almamaktadır (Demir, Bilen ve Büyüklü, 2007).

Uluslararası literatür incelendiğinde ise performans ölçümünde VZA'nın oldukça yaygın olarak kullanılan bir teknik olduğu görülmüştür.

Tanja Kirjavainen ve Heikki A. Loikkanen (1998), Finlandiya'daki orta öğretim okullarının etkinliğini VZA ve Tobit Model ile incelemişlerdir. VZA için ortalama etkinlik değeri 82-84 arasında iken ebeveyn eğitim düzeyinin modele girdi olarak eklenmesi sonucu ortalama etkinlik değerini 91 dolaylarına çıkardığını göstermiştir. Ayrıca devlet okullarının özel okullara göre daha etkin olduğunu gözlemlemiştir.

Steve Bradley, Geraint Johnes ve Jim Millington (2001), 1993 ve 1998 yılları arasında İngiltere'deki tüm ortaöğretim kurumlarının etkinliğini incelemişlerdir. Bu çalışmada ilk önce VZA kullanarak etkinlik analizi yapılmış, daha sonra temelde verimliliği etkileyen değişkenleri araştırmak için model kurmuştur ve yıllar bazında incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, okullar arası rekabet ne kadar büyükse etkinlik değerlerinin de o kadar büyük çıktığı, ayrıca rekabetin yıllar bazında değişiklik göstermesi nedeniyle etkinlikte çok büyük rol oynadığını belirlemişlerdir.

Gian Paolo Barbetta ve Gilberto Turati (2003), İtalya'daki özel ve devlet okulları dahil toplam 479 okulu kullanarak ülkedeki okul etkinliğini incelemişlerdir. Bu inceleme sırasında regresyon analizi, veri zarflama analizi ve stokastik sınır (frontier) analizini kullanmışlardır. Bu çalışmada özel okulların devlet okullarına göre daha etkin oldukları, yabancı ve özrürlü öğrencilerin etkinliği negatif etkilediği ve okul etkinliğinde okulun büyüklüğünün oldukça önemli olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır.

Antonio Alfonso ve Miguel St. Aubyn (2005), çoğu OECD ülkesi olan 25 ülkede PISA sonuçlarını kullanarak eğitim sisteminin etkinliğini incelemişlerdir. Bu çalışmada hem Veri Zarflama Analizi hem de Tobit Modeli kullanılarak etkinliğin büyük çoğunlukla kişi başına düşen gayri safi milli hâsıla ve yetişkin eğitim düzeyine bağlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

3.4 VZA'nın Amaçları ve Uygulama Alanları

VZA verimli verimsiz ayırımının yanı sıra her bir karar birimine ilişkin tam verimlilik için hangi girdi değişkeninden ne miktarda azaltma ve hangi çıktı değişkeninden ne miktarda artış yapılması gerektiğine ilişkin örgütsel amaçların planlama ve kontrolü için yönetsel veri sağlayan bir araç olduğu kadar (Şahin, 1998) aşağıda belirtilen amaçlara yönelik olarak da uygulanabilir (Uygur, 2002);

1. Karşılaştırılan birimlerin her biri için girdi-çıktı boyutlarından herhangi birinde göreceli etkinsizliğin kaynaklarının ve miktarlarının belirlenmesi,
2. Etkinliğe göre birimlerin sınıflandırılması,
3. Karşılaştırılan birimlerin yönetimlerinin değerlendirilmesi,
4. Birimlerin kontrolleri dışındaki program ve politikaların verimliliklerini değerlendirmek ve program etkinsizliği ile yönetsel etkinsizliği ayırt etmek,
5. Değerlendirme altındaki birimler için kaynakların yeniden atanması amacıyla niceliksel bir temel oluşturulması. Bu yeniden atama politikalarının genel amacı, sınırlı kaynakları, istenilen çıktıları üretmekte daha etkin kullanılabilecek birimler arasında değişmektedir.
6. Birimler arasındaki karşılaştırılan ile doğrudan doğruya ilişkili olmayan amaçlar için etkin birimlerin ya da etkin girdi-çıktı ilişkilerinin belirlenmesi,
7. Spesifik girdi-çıktı ilişkileri için yürürlükte standartların gerçekleşen performansla göre incelenmesi ve gözden geçirilmesi,
8. Önceki çalışmalardaki sonuçların karşılaştırılması.

Veri Zarflama Analizinin kullanılabileceği bazı konular ise şunlardır (Baysal, 1999):

Eş Grupların Kullanımı: VZA, her etkin olmayan birim için ona karşılık gelen bir etkin birim kümesi tanımlar ve bu birimler etkin olmayan birimler ile eş grup oluştururlar. Eş gruptaki her birim etkin olmayan birimin girdi-çıktı yönlendirmesini alır ve etkin olmayan birimle aynı ağırlıkları kullanarak etkin duruma gelir.

Etkin Çalışma Uygulamalarının Belirlenmesi: İyi çalışma uygulamalarının belirlenmesi ve dökümünün yapılması sadece göreceli etkin olmayan birimler için değil, aynı zamanda göreceli

etkin birimler içinde etkinliğin artırılmasına imkân sağlayabilir. Göreli etkin birimler, iyi çalışma uygulamalarının kaynağıdır. Bununla beraber etkin birimler arasında bazıları diğerlerinden daha iyi örnektir.

Hedef Belirleme: Uygulamalarda sıklıkla göreli etkin olmayan birimlerin performanslarının iyileştirilmesinde rehber olmak üzere hedeflerin belirlenmesi arzu edilir. VZA ile girdi ve çıktı düzeylerinde hedefler belirlemek olanaklıdır.

Etkin Stratejilerin Belirlenmesi: VZA, kolaylıkla birimlerin içinde çalıştıkları politikaları ve programları karşılaştırmada kullanılabilir. Ayrıca modelin uygun çözümü ile yönetsel ve program etkinliklerini değerlendirebilir.

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

Kaynak Ataması: VZA, göreli etkin ve etkin olmayan birimleri belirlediği gibi etkin olmayan birimler için kaynak koruma ya da çıktı artırma potansiyelleri için öngörüler verir. Göreceli etkin ve etkin olmayan birimlerin belirlenmesi, kaynakların prensipte hangi yönde transfer edilmeleri konusunda ilk işareti verir. Ardından her bir birimde kaynak koruma ve çıktı artırma ya/ya da girdi azaltma potansiyellerinin bilinmesi ve böylece herhangi bir operasyonun düzeyi için bilgi verir.

3.5 VZA'nın Avantajları 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).
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 alabilirken, X_2 'nin birimi \$ olabilmektedir.
6. Etkin olmayan karar verme birimlerinin nasıl etkin duruma getirilebileceği hakkında önemli ipuçları verir.

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

1. VZA, uç nokta tekniği olarak değerlendirildiği için, ölçüm hatasına karşı çok duyarlıdır (Govindarajan, 2003).
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 farklı bir doğrusal programlama modelinin çözümü gerekmektedir ve bu sebeple büyük boyutlu problemlerin VZA ile çözümü, hesaplama açısından oldukça zaman alabilir. Fakat günümüzde artık bilgisayar programları sayesinde bu sorun ortadan kaldırılmıştır.
5. Belirli bir gözlem kümesinden (örneklem) yola çıkarak görelî etkinliğı ölçen VZA için gözlem kümesinde (örneklem) aşırı büyük veya küçük girdi-çıktı değerlerine sahip olan bazı gözlemler etkinlik sınırının oluşmasında problemlerin oluşmasına neden olabilir (Karasoy, 2000).
6. Parametrik olmayan bir yöntem olan VZA, istatistikî hipotez testleri için çok uygun kabul edilmemektedir (İnan, 2000).
7. Soyut ve kategorik bileşenlere karşı duyarlı değildir (örneğin, servis kalitesi) (Erkan ve Emiral, 2002).

3.6 VZA'nın Uygulama Aşamaları

VZA'da analiz aşamaları aşağıdaki gibidir:

1. Karar Birimlerinin Seçilmesi
2. Girdi ve Çıktıların Seçilmesi
3. Verilere Ulaşma ve Veri Güvenilirliği
4. VZA Modelinin Belirlenmesi ve Etkinliğin Ölçülmesi
5. Etkinlik Değerleri
6. Referans Gruplarının Belirlenmesi
7. Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri İçin Stratejilerin Belirlenmesi
8. Sonuçların Yorumlanması

3.6.1 Karar Birimlerinin Seçilmesi

VZA, gözlemlenen girdi ve çıktı değerlerinden hareketle örneklemede yer alan karar verme birimlerinin etkinlik değerlerini ölçtüğünden dolayı, ilk yapılması gereken işlem amaca yönelik doğru ve uygun karar verme birimlerini seçmektir.

Analize konu olacak karar birimlerinin aynı hedefe yönelik benzer işlevleri görmesi, aynı pazar şartlarında çalışması ve gruptaki bütün birimlerin verimliliklerini nitelendiren etmenlerin, yoğunluk ve büyüklüklerindeki farklılıklar hariç aynı olması şartları aranır (Özyiğit, 2000).

Ahn (1987), iki seçim prensibi belirlemiştir:

1. Her bir KVB, kullandığı kaynaklar ve ürettiği çıktılarından sorumlu bir birim olarak tanımlanmış olmalıdır;
2. Etkinlik sınır tahmini sonucunun anlamlı çıkabilmesi için örneklemede yer alan karar birimi sayısı yeterince büyük olmalıdır. Karar birimlerinin birbirlerine, yaptıkları üretim açısından yeterince benzer olmaları gereklidir (Ahn, 1987).

VZA ile verimlilikleri ölçülüp karşılaştırılacak olan KVB'nin sayısının, anlamlı ve doğru sonuçlar elde edilebilmesi bakımından belirli bir değerin üzerinde olması gerekmektedir (Baş ve Artar, 1991). Vassiloglou ile Giokas (1990), VZA ile verimliliklerin sağlıklı olarak ölçülebilmesi için gerekli karar birimi sayısının girdi ve çıktı toplamının en az üç katı olması gerektiğini Bowlin (1999) ise her bir girdi ve çıktı başına en az üç karar biriminin seçilmesi gerektiğini söyleyerek aynı görüşü savunmuşlardır. Norman ve Stoker (1991), kullanılacak girdi-çıktı sayısının çokluğuna bağlı olmakla birlikte, deneyimlere dayanarak bu sayının en az 20 olması gerektiği üzerinde durmaktadır. Boussofiane (1991) de, girdi sayısı m , çıktı sayısı s ise en az $m+s+1$ tane karar biriminin araştırma sonuçlarının güvenilirliği açısından gerekli bir kısıt olduğunu belirtmiştir. Diğer yandan Boussofiane (1991)'nin değerlendirmeye alınan KVB sayısının, değişken sayısının en az iki katı olması gerektiği yönünde de görüşü mevcuttur.

3.6.2 Girdi ve Çıktıların Seçilmesi

VZA'da görelî etkinliği ölçerken girdi ve çıktıları kullanması nedeniyle bu aşama analizimizin temelini oluşturmaktadır. Herhangi bir varsayımı olmamasına rağmen karar verme birimlerine göre süreci en iyi tanımlayan girdi ve çıktıların seçilmesi hayati önem taşımaktadır.

VZA oluşturulurken hangi birimlerin çıktı ve hangi birimlerin girdi olduğunun belirlenmesi oldukça önemlidir. Çıktılar karar verme birimlerinin çalışmaları sonucundaki elde ettikleri değer, girdiler ise bu çıktıları oluştururken sahip oldukları spesifik özellikleridir. Bu sebepten girdi ve çıktıların seçimi amaca yönelik olarak değişebilmektedir.

Aynı karar verme birimi için farklı girdi-çıkıtı grupları birimin etkinliğinin değişmesine sebep olabilir. Eğer modelde önemli bir değişken göz ardı edilir ise o değişkeni fazlaca kullanan birim etkin çıkmayabilir veya tam tersi bir durum söz konusu olabilir. Modelimizi kurarken girdi odaklı veya çıktı odaklı olup olmaması da birimlerin etkinlik değerleri üzerinde etkili olacaktır ki bu sebeple girdi ve çıktıların amaca yönelik seçilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde çalışmanın güvenilirliği düşük olacaktır.

Modele çok fazla girdi ve çıktı eklenmesinin VZA'nın ayrıştırma yeteneğini düşürdüğü gözlenmiştir. Ayrıca girdi ve çıktı sayılarının artışı karar birimlerinin sayısında da artış gerektirmektedir (Sherman, 1984).

Eğer girdi ve çıktı çiftleri yüksek pozitif korelasyona sahipse, değişkenlerden biri modelden çıkarılabilir. Ancak bu durumda verimsiz birimlerden bazılarının etkinlik değeri düşecektir. Verimli birimler ise bu durumdan etkilenmez.

Uygulamada hangi girdi-çıkıtı kombinasyonunun üretim teknolojisini en iyi şekilde temsil ettiği çeşitli VZA senaryoları denenerek bulunabilir (Yolalan, 1983).

VZA'de girdiler ve çıktıların farklı birimlerle ifade edilebilmesi, bu yöntemin en belirgin özelliklerindendir. Girdiler ve çıktılar, “oransal girdi ve çıktı” ile “nicel ölçülmüş girdi ve çıktı” şeklinde gruplandırılabilir (Kıllı, 2004). Bilânçolardan elde edilen oran değişkenler ile para birimleri cinsinden değerlerin oranı birinci gruba, adet, TL, saat, ton vb. ise ikinci gruba örnek gösterilebilir.

3.6.3 Verilere Ulaşma ve Veri Güvenilirliği

VZA'da girdi ve çıktılar tanımlandıktan sonra bu verilere ulaşma aşamasına gelinir. Eğer herhangi bir karar verme birimi için bu verilere ulaşılamıyorsa veya verilerin güvenilir olup olmadığından şüpheleniliyorsa o karar verme birimi ya analizden çıkarılır ya da başka girdi-çıkıtı değişkenleri belirlenmeye çalışılır. Fakat VZA'nın yapısı gereği bir karar verme birimi analizden çıkarılırsa diğer karar verme birimlerinin göreceli etkinlik değerleri değişecektir. Bu sebeple en başta veri güvenliğinin ve kalitesinin yüksek olduğu girdilerin ve çıktıların belirlenmesi analizin güvenilirliği açısından çok büyük önem taşımaktadır.

3.6.4 VZA Modelinin Belirlenmesi ve Etkinliğin Ölçülmesi

Karar verme birimleri ve girdi-çıkıtı değişkenleri belirlendikten sonra sıra göreceli etkinliği ölçme aşamasına gelir. Bunun için araştırmacı uygulamasına en uygun VZA modelini seçerek analize devam eder.

VZA’da modeller girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere iki grupta toplanır. Girdi yönlü model, en etkin şekilde, en fazla çıktıyı elde etmek için kullanılabilecek en uygun girdi bileşimini oluşturmaya çalışır. Yani, belirli bir çıktı düzeyini ölçmek için etkinliği ölçülen karar birimine ait girdilerin ne kadar azaltılabileceği araştırılmaktadır. Çıktı yönlü model ise, belirli bir girdi bileşimini kullanarak, en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini araştıran modellerdir.

VZA’nın temeli doğrusal programlama olduğu için analizinde doğrusal programlama çözümlerinde kullanılan LINDO, QSB, STORM gibi programlar kullanılabildiği gibi, EMS, IDEAS, DEAP, ETAKS, Warwick-Windows-VZA, PIONEER gibi Windows altında çalışan programlar, raporlama ve sunum olanaklarının geniş olması sebebiyle daha çok tercih edilmektedir.

3.6.5 Etkinlik Değerleri

Charnes ve Cooper, herhangi bir karar verme birimi için %100 etkinliğin ancak aşağıdaki durumlarda söz konusu olacağını belirtmişlerdir (Kaygın, 2006):

- a) Hiçbir çıktısı aşağıdaki durumlar haricinde artırılmaz.
 - i) Bir ya da birden fazla girdisinin artırılması veya
 - ii) Diğer çıktılarından bazılarının azaltılması.
 - b) Hiçbir girdisi aşağıdaki durumlar haricinde azaltılamaz.
 - i) Çıktılardan bazılarının azaltılması veya
 - ii) Diğer bazı girdilerinin artırılması.
 - c) Herhangi bir KVB % 100 göreceli verimliliğe yalnızca, diğer ilgili karar birimleri herhangi bir girdi ya da çıktının kullanımında verimsizliğe dair bir kanıt getirmiyorlarsa ulaşmış sayılır.
- Böylece her bir karar birimi için 0 ve 1 arasında bir etkinlik değeri hesaplanmış olur. Etkinlik skoru 1'e eşit olan birimler "en iyi gözlem" kümesini, aynı zamanda da etkinlik sınırını oluştururlar. Tanımsal olarak, sınır üzerindeki herhangi bir nokta bir girdi kümesini çıktı kümesine dönüştürebilmek için elde edilebilir bir tekniği temsil eder. Etkinlik değeri 1'den

küçük olan karar birimleri ise göreceli olarak verimsizdir ve bu karar birimlerinin göreceli etkinlik değerleri sınıra olan uzaklıklarını temsil eder. En iyi gözlem kümesini oluşturan karar birimlerinin etkinlik değerleri 1 olduğuna göre, göreceli olarak verimsiz karar birimlerinin birden sapması göreceli verimsizlik ölçüsünü verecektir. Karşılaştırmanın bundan sonraki bölümü birimler üzerinde detay analizidir.

3.6.6 Referans Gruplarının Belirlenmesi

VZA analizinde etkin ve etkin olmayan karar verme birimleri belirlenirken tüm karar verme birimleri birbirleriyle kıyaslanarak sonuca varıldığı için etkin olmayan birimler kendilerini etkin birimlere benzetme yoluna giderler. Çünkü ancak bu şekilde etkin olabilirler. İşte kendilerini benzetmeye çalıştıkları bu etkin karar verme birimlerinin oluşturduğu kümeye referans kümesi denir. Etkin olmayan bir karar verme birimi değişik kombinasyonlarla kendisini etkin hale getirebildiği için bu konuda herhangi bir sınırlama yoktur.

Bir referans grubunda bulunan karar verme biriminin referans gücü, bu birimin toplam referans kümesi içindeki etkin olmayan birimlere ne kadar fazla sayıda referans olarak gösterildiğidir. Bu şekilde en iyi gözlemi oluşturan birimlerin kaç tane etkin olmayan birimin referans grubunda yer aldığının bir dökümü yapılarak yoğunluk araştırılabilir.

Burada dikkat edilmesi gereken husus, bu yoğunluğun, gözlem grubunda yer alan birimlerin performans dağılımlarıyla yakın ilişkili olduğudur. Birimler bir bölgede yoğunlaşıyorsa, etkin olmayan birimlerin referans gruplarının aynı birimlerden oluşması doğaldır. Ve genelde gözlem grubunun grafik üzerinde homojen bir dağılımı olmadığı sürece, elde edilen bilginin çok fazla ağırlığı olduğu söylenemeyebilir (Çekin, 1999).

3.6.7 Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri İçin Stratejilerin Belirlenmesi

VZA'daki karşılaştırma, gözlem kümesinde yer alan karar birimlerinin benzerliklerinden hareket eder, böylece etkin olmayan birimler stratejilerini daha net bir şekilde belirleyebilirler. Yöntemin uygulanmasından elde edilen en büyük fayda da bu stratejilerin belirlenmesidir. Söz konusu stratejilerdeki ana hedef, genel olarak, etkin olmayan KVB'nin referans kümesinde bulunan etkin birimlerin ağırlıklı ortalamasıdır.

Hesaplamalarla elde edilen sonuçlar, etkin birimlerin elde edilebilir bir teknoloji kullandıkları kabulünü içerdiğinden, etkin olmayan birim için de ulaşılabilir kabul edilmektedir. Ancak pratikte bu her zaman mümkün olmaz. Etkin olmayan birimlerde fiziksel kısıtlar olabilir, ya

da kontrol edilemeyen girdiler olabilir. Hedeflere doğru girilen iyileştirme çabaları sonuçsuz kalabilir.

3.6.8 Sonuçların Yorumlanması

Karar verme birimleri detaylı olarak incelendikten sonra, her bir karar verme birimi için bütün girdi ve çıktıların dikkate alındığı genel bir değerlendirmeye geçilir. Tahmini etkinlik sınırının ait olduğu üretim organizasyonuna yönelik yorumlar yapılabilir.

3.7 VZA Modelleri

Modelleri anlatmaya başlamadan önce, yapmak istediğimiz şeyleri kısaca özetleyelim. Veri setinde x_i 'ler girdileri ve v_i 'ler girdi ağırlıklarını, y_i 'ler çıktıları ve u_i 'lerde çıktı ağırlıklarını göstermek üzere,

Sanal (virtual) girdi: $v_1x_{10} + \dots + v_mx_{m0}$

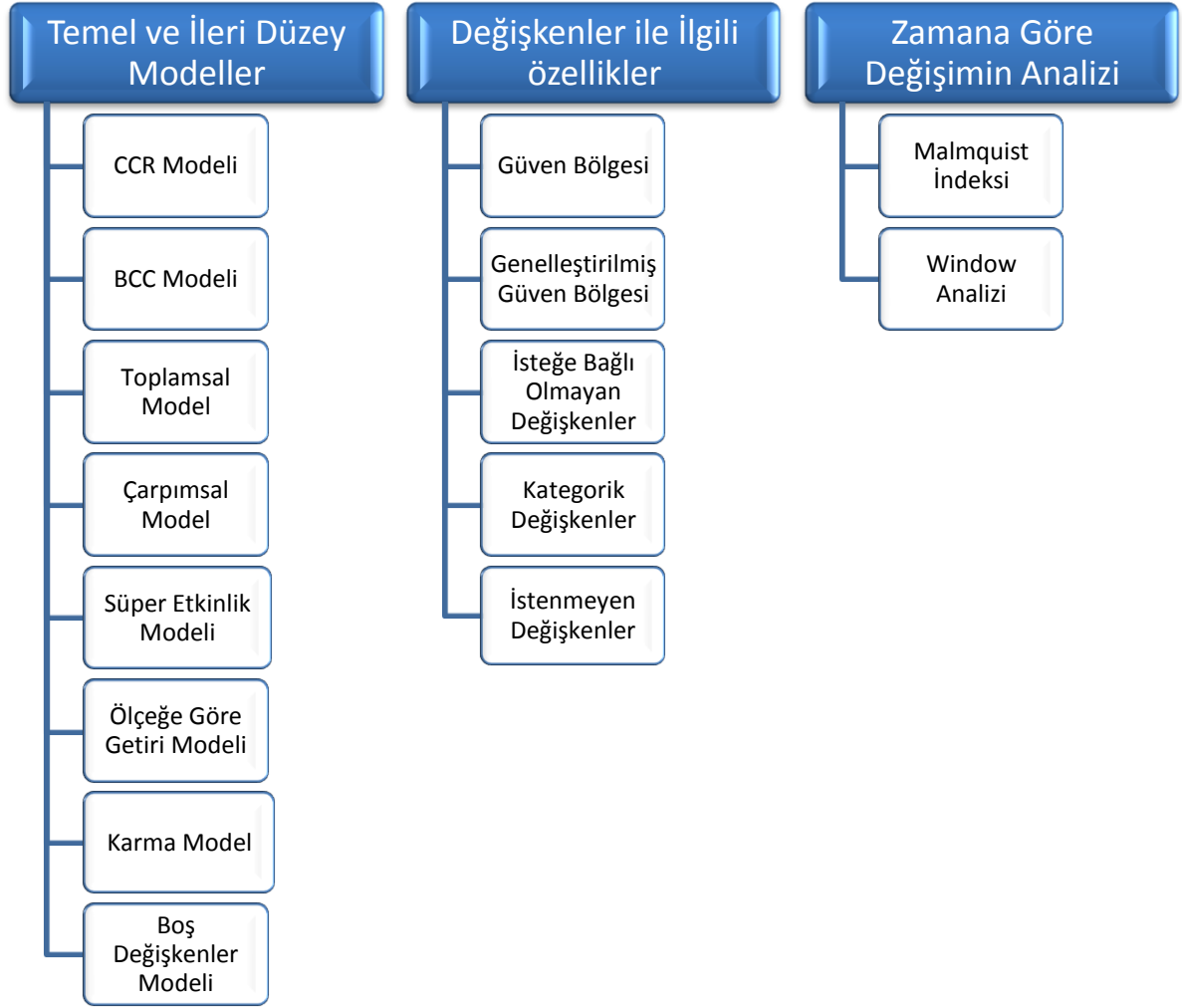
Sanal (virtual) çıktı: $u_1y_{10} + \dots + u_sy_{s0}$ (3.1)

şeklindedir. Bu durumda, lineer programlama kullanılarak **Sanal Çıktı / Sanal Girdi** oranını maksimum kılacak ağırlıkları belirlenmeye çalışılır.

Karar Verme Biriminin girdi ve çıktıları şu ortak özellikleri taşır:

1. Her girdi ve çıktı sayısal bir değer içermelidir ve toplamaları pozitif olmalıdır.
2. Prensip olarak küçük girdi ve büyük çıktı miktarları tercih edilir.
3. Girdi ve çıktı birimleri birbirleriyle uyumlu olmak zorunda değildir. Birimler kişi sayısı, para birimi vs. olabilir.
4. Seçilen girdiler ve çıktılar Karar Verme Biriminin performansını tam anlamıyla gösterebilmelidir.

Anlatılan modelleri Temel ve İleri Düzey Modeller, Değişkenler İle İlgili Özellikler ve Zamana Göre Değişimin Analizi olarak üç grupta toplamak mümkündür. Şekil 3.1'de bu ayırım verilmiştir.



Şekil 3.1 Modellerin tiplerine göre ayrımı

3.7.1 CCR Modeli

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında geliştirilen CCR modeli girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere iki farklı şekilde yorumlanmaktadır. Bu yöntem temel olarak:

1. Toplam etkinlik hakkında genel bir değerlendirme yapmaktadır.
2. Kaynakları belirleyerek böylelikle yetersiz olanları tahmin etmektedir.

3.7.1.1 Girdiye Yönelik CCR Modeli

Belli bir çıktı bileşimini en etkin bir şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştıran girdiye yönelik CCR modelleri aşağıda incelenecektir.

3.7.1.1.1 Girdiye Yönelik Oransal CCR Modeli

Bu model veri zarflama analizinin temelini oluşturmakta olup ağırlıklı ve zarflama modelleri bu modelin eksik yönlerini gidermek için bu modeli esas alarak geliştirilmiş modellerdir.

Buna göre matematiksel formülasyon (3.2)'deki gibidir.(Formülasyonların tamamında p çıktı sayısını, m ise girdi sayısını göstermektedir.)

$$E_k = \text{Max} \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) / \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right)$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) / \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) \leq 1$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon \quad (3.2)$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

Burada;

u_r : k. karar birimi tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. karar birimi tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

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

(3.2)'deki modelin çözülmesi sonucu elde edilen değerler göreceli etkinlik ölçüleridir ve oranın 1 olması durumunda analizi yapılan KVB'nin etkin olduğu, 1'den küçük olması durumunda da etkin olmadığını söyleyebiliriz. Fakat bu modelle ilgili en büyük problem doğrusal bir program olmaması sonucu çözümünün oldukça zor olmasıdır.

3.7.1.1.2 Girdiye Yönelik Ağırlıklı CCR Modeli

Hesaplamalarda kolaylık sağlamak amacıyla oransal veri zarflama modelinin doğrusal programlamaya dönüştürülmüş şeklidir. Doğrusal programlamada amaç fonksiyonunun paydalı şekilde olması mümkün olmadığından amaç fonksiyonunun paydası 1'e eşitlenmekte ve bu eşitlik modele kısıt olarak yazılmaktadır.

$$E_k = \text{Max} \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right)$$

$$\left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) = 1$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) \leq 0$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

(3.3)

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

Burada;

u_r : k. karar birimi tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. karar birimi tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

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

Oransal modeldeki gibi model sonucunda bulunan etkinlik ölçütlerinin değerinin 1 olması halinde üzerinde çalışılan KVB'nin etkin olduğu, 1'den küçük olması halinde ise etkin olmadığını söyleyebiliriz.

Etkin olmayan KVB'leri etkin hale getirebilmek için referans kümesinde bulunan KVB'ne ya da karar birimleri ile oluşan kuramsal birime benzetmek gerekmektedir.

3.7.1.1.3 Girdiye Yönelik Zarflama (Dual) CCR Modeli

Zarflama modelinde incelenen karar birimlerinin hangi girdi ve/veya çıktısının ne oranda kullanılmadığını yani atıl bırakıldığını görebiliriz. Ayrıca bu yöntemde ağırlıklı yöntemle göre referans kümesinin bulunması daha kolaydır. Zarflama Modeli bir önceki modelin dualidir.

Matematiksel formülasyon (3.4)'deki gibidir.

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

$$\left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{ik} \right) = 0$$

$$\left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - Y_{rk} \right) = 0$$

$$\lambda_j \geq 0 \tag{3.4}$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_r^+ \geq 0$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

Burada,

α : Görelî etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzüleme katsayısı,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

s_i^- : k. karar biriminin i. Değerine ait atıl değer

s_r^+ : k. karar biriminin r. Değerine ait atıl değer

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

Eğer söz konusu karar birimi etkin ise görelî etkinlik ölçütü E_k 1'e eşit olur ve Girdi-Çıktı vektörlerinde herhangi bir değişiklik yapılmaz ($\alpha = 1$, $s^- = 0$, $s^+ = 0$). Ayrıca, kendi referans kümesindeki (RK) yine kendisi bulunur ve λ_k 1'e eşit olur. Eğer ölçülen karar birimi etkin değilse etkinlik ölçütünü belirleyen α büzülme katsayısı 1 den küçük olur.

Etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde bulunan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim (3.5)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$X^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \right) \quad Y^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} \lambda_j \right) \quad (3.5)$$

Kuramsal birim zarflama modelinin çözüm kümesindeki diğer değişkenlerden yararlanılarak daha başka şekilde de hesaplanabilir:

$$X^{KB} = \alpha X^K - s_i^- \quad Y^{KB} = Y^K + s_r^+ \quad (3.6)$$

3.7.1.2 Çıktıya Yönelik CCR Modeli

Belirli bir girdi bileşimiyle en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğinin araştırılmasında kullanılan CCR Modeli ağırlıklandırılmış girdilerin ağırlıklandırılmış çıktılara oranının minimum kılınması şeklinde özetlenebilir.

Çıktıya yönelik CCR Modelleri de girdiye yönelik CCR Modelleri gibi üç grupta incelenebilir.

3.7.1.2.1 Çıktıya Yönelik Oransal CCR Modeli

Ağırlıklı Girdi/Ağırlıklı Çıktı oranının minimize edilmeye çalışılması aslında Girdiye yönelik oransal CCR Modelinin tam tersidir. Girdiye yönelik modelin tersi düşünüldüğünde formülasyon (3.7)'deki gibi olmaktadır.

$$E_k = \text{Min} \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) / \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right)$$

$$\left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) / \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) \geq 1$$

$$u_r \geq \varepsilon \quad (3.7)$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

Burada;

u_r : k. karar birimi tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. karar birimi tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

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

Amaç fonksiyonu E_k 'nin alacağı en küçük değer 1'dir ve bu değer 1'e eşit olması halinde k karar biriminin etkin olduğu, 1'den büyük olması halinde de k karar biriminin etkin olmadığı sonucuna varabiliriz.

3.7.1.2.2 Çıktıya Yönelik Ağırlıklı CCR Modeli

Çıktıya Yönelik Ağırlıklı CCR Modeli oransal modelin doğrusal program haline getirilmiş formudur ve formülasyonu (3.8)'deki gibidir.

$$E_k = \text{Min} \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right)$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) = 1$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) \leq 0$$

$$u_r \geq \varepsilon \quad (3.8)$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

Burada;

u_r : k. karar birimi tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. karar birimi tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

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

Aynı oransal modeldeki gibi burada da amaç fonksiyonu E_k 'nin alacağı en küçük değer 1'dir ve bu değer 1'e eşit olması halinde k karar verme biriminin etkin olduğu, 1'den büyük olması halinde de k karar verme biriminin etkin olmadığı sonucuna varılır. Girdiye yönelik CCR modelinde olduğu gibi bu modelde de etkin olmayan karar birimleri için referans kümelerinin bulunması oldukça zaman alıcıdır. Bu sebeple zarflama (Ağırlıklı CCR modelinin Dual problemi) modeli geliştirilmiştir.

3.7.1.2.3 Çıktıya Yönelik CCR Zarflama Modeli

Bu modelde aynı girdiye yönelik modelde olduğu gibi çıktıya yönelik ağırlıklı VZA modelinin duali alınarak elde edilir. Bu model yardımıyla etkin olmayan karar birimlerinin hangi girdi ve çıktıları atıl bıraktığını ve etkin hale gelebilmek için referans almaları gereken karar birimlerini kolayca bulabiliriz.

Matematiksel formülasyon (3.9)'daki gibidir.

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

$$\left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - X_{ik} \right) = 0$$

$$\left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_i^+ - \beta Y_{rk} \right) = 0$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (3.9)$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_i^+ \geq 0$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

Burada,

β : Göreli etkinliği ölçülen k karar biriminin çıktılarının ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

s_i^- : k. karar biriminin i. Değerine ait atıl değer

s_r^+ : k. karar biriminin r. Değerine ait atıl değer

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

Eğer incelenen karar birimi etkin ise göreli etkinlik ölçütü 'Ek 1'e eşit olacaktır, etkin olmayan karar birimlerinin etkinlik değeri ise 1'den büyük olacaktır. Ayrıca, etkin olan karar birimlerinin referans kümesinde (RK) yine kendileri bulunur. Eğer ölçülen karar birimi etkin değilse etkinlik ölçütünü belirleyen Beta genişleme katsayısı 1'den büyük olur. Bu durum, çıktı vektöründe radyal olarak arttırma yapılabileceği anlamına gelmektedir. Etkin olmayan

karar biriminin referans kümesinde yer alan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim girdiye yönelik VZA modeline benzer olarak (3.10)'daki gibi hesaplanabilir.

$$X^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \right) \quad Y^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} \lambda_j \right) \quad (3.10)$$

Kuramsal birim zarflama modelinin çözüm kümesindeki diğer değişkenlerden yararlanılarak daha başka şekilde de hesaplanabilir:

$$X^{KB} = X^K - s_i^- \quad Y^{KB} = \beta Y^K + s_i^+ \quad (3.11)$$

3.7.1.3 CCR Etkinliği

1. CCR probleminin optimal sonucu eğer 1 ise karar birimi CCR-verimli olarak tanımlanmaktadır. Aksi takdirde karar birimi verimsizdir.
2. Dual problemde optimal çözümde aşağıdaki koşullar sağlanırsa karar birimi verimlidir aksi takdirde verimsizdir.

a-) $\alpha = 1$ ise

b-) Slack değişkenlerinin (s_i^- ve s_i^+) hepsi 0'a eşitse yani,

Etkin olmayan bir karar verme birimi için referans kümesi RK (3.12)'deki gibi tanımlanmaktadır.

$$RK = \{j \mid \lambda_j^* > 0\} \quad (j \in \{1, \dots, n\}) \quad (3.12)$$

3.7.2 BCC Modeli

BCC Modeli aynı CCR Modeli gibi girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olarak iki farklı şekilde yorumlanmaktadır. Girdiye yönelik BCC Modeli, girdilerin oransal azalması boyunca, sınır doğrusunda maksimum hareketi, çıktıya yönelik BCC Modeli ise çıktıların oransal artırımı ile sınır doğrusunda maksimum hareketi amaçlamaktadır.

3.7.2.1 Girdiye Yönelik 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 $\lambda = 1$ kısıtının eklenmesidir. Bu kısıt, λ_j

≥ 0 şartı ile birlikte, b adet karar verme biriminin çeşitli şekillerdeki kombinasyonlarının, içbükey bir verimlilik üst sınır çizgisi dâhilinde 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.

3.7.2.1.1 Girdiye Yönelik Ağırlıklı BCC Modeli

Ağırlıklı modelin duali alınarak (3.13)'deki matematiksel formülasyon elde edilir;

$$\begin{aligned}
 E_k &= \text{Min } \alpha - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- \right) - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p s_r^+ \right) \\
 \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{ik} \right) &= 0 \\
 \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - Y_{rk} \right) &= 0 \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\
 \lambda_j &\geq 0 \\
 s_i^- &\geq 0 \\
 s_i^+ &\geq 0 \\
 j &= 1, \dots, n \\
 r &= 1, \dots, p \\
 i &= 1, \dots, m
 \end{aligned} \tag{3.13}$$

Burada,

α : Görelî etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzölme katsayısı,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

s_i^- : k. karar biriminin i. Değerine ait atıl değer

s_r^+ : k. karar biriminin r. Değerine ait atıl değer

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

Bu modelin çözülmesi sonucunda eğer söz konusu karar birimi etkin ise göreceli etkinlik ölçütü E_k 1'e eşit olur ve girdi ve çıktı vektörlerinde herhangi bir değişiklik yapılmaz. ($\alpha=1$, $s^-=0$, $s^+=0$). Ayrıca, kendi referans kümesinde (RK) yine kendisi bulunur ve λ_k 1'e eşit olur. Eğer ölçülen karar birimi etkin değilse etkinlik ölçütünün belirleyen α büzülme katsayısı 1'den küçük olur. Bu durum, girdi vektöründe radyal olarak azaltma yapılabileceği anlamına gelmektedir.

3.7.2.1.2 Girdiye Yönelik BCC Zarflama Modeli

Matematiksel formu (3.14)'deki gibidir.

$$E_k = \text{Max} \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) - u_0$$

$$\left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) = 1$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) - u_0 \leq 0$$

$$u_r \geq \varepsilon \tag{3.14}$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

$$u_0 : \text{Kısıtsız}$$

Burada;

u_r : k. karar birimi tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. karar birimi tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

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

u_0 : Ölçeğe göre getirinin yönü ile ilgili değişken olarak tanımlanmaktadır.

CCR Modeline oldukça benzeyen BCC Modelinde görüldüğü üzere tek fark u_0 bulunmasıdır. Bu modelin çözümü sonrasında amaç fonksiyonumuz olan E_k 1'e eşit olursa analiz edilen karar biriminin etkin olduğunu söyleyebiliriz. Bu değer 1'den küçük olduğu durumlarda ise o karar biriminin etkin olmadığını ve bu problemin dualini kullanarak etkin olmayan karar birimleri için referans kümesini hesaplayabiliriz.

Etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde bulunan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim CCR modelinde olduğu gibi (3.15)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} X^{KB} &= \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \right) & Y^{KB} &= \left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} \lambda_j \right) \\ X^{KB} &= \alpha X^K - s_i^- & Y^{KB} &= Y^K + s_i^+ \end{aligned} \quad (3.15)$$

3.7.2.2 Çıktıya Yönelik BCC Modeli

Amaç çıktıya yönelik CCR modellerindeki gibidir; yani belli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceği araştırılmaktadır.

3.7.2.2.1 Çıktıya Yönelik Ağırlıklı BCC Modeli

$$\begin{aligned} E_k &= \text{Max } \beta + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- \right) + \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p s_r^+ \right) \\ \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- + X_{ik} \right) &= 0 & i &= 1, \dots, m \\ \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_i^+ - \beta Y_{rk} \right) &= 0 & r &= 1, \dots, p \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \end{aligned} \quad (3.16)$$

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

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_i^+ \geq 0$$

Burada;

β : Göreli etkinliği ölçülen k karar verme biriminin girdilerinin ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

s_i^- : k. karar biriminin i. Değerine ait atıl değer

s_r^+ : k. karar biriminin r. Değerine ait atıl değer

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

Eğer incelenen karar birimi etkin ise göreli etkinlik ölçütü 'Ek 1'e eşit olacaktır, etkin olmayan karar birimlerinin etkinlik değeri ise 1'den büyük olacaktır. Ayrıca, etkin olan karar birimlerinin referans kümesinde (RK) yine kendileri bulunur. Eğer ölçülen karar birimi etkin değilse etkinlik ölçütünün belirleyen β genişleme katsayısı 1'den büyük olur. Bu durum, çıktı vektöründe radyal olarak arttırma yapılabileceği anlamına gelmektedir.

3.7.2.2.2 Çıktıya Yönelik BCC Zarflama Modeli

Çıktıya yönelik BCC modellerinin matematiksel formülasyonu (3.17)'deki gibidir:

$$E_k = \text{Min} \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) - \rho_0$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) = 1$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) + \rho_0 \leq 0$$

$$u_r \geq \varepsilon \quad (3.17)$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

$$\rho_0: \text{Kısıtsız}$$

Burada;

u_r : k karar birimi tarafından r'nci çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k karar birimi tarafından i'nci girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k karar birimi tarafından üretilen r'nci çıktı,

X_{ik} : k karar birimi tarafından kul anılan i'nci girdi,

Y_{rj} : j'nci karar birimi tarafından üretilen r'nci çıktı,

X_{ij} : j'nci karar birimi tarafından kul anılan i'nci girdi,

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

ρ_0 : Ölçeğe göre getirinin yönüyle ilgili değişken olarak tanımlanmıştır.

Bu program için de amaç fonksiyonunda E_k 'nın alacağı en küçük değer 1'dir. E_k 'nın 1'e eşit olması, k karar biriminin etkin olduğu anlamına gelirken 1'den büyük olması da etkin olmadığını göstermektedir. Daha önce anlatılan ağırlıklı modellerde olduğu gibi bu modelde de etkin olmayan karar birimleri için referans kümelerinin bulunması oldukça zaman alıcıdır. Bu nedenle modelin duali alınarak zarflama modeli geliştirilmiştir.

Etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde yer alan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim çıktıya yönelik CCR modeline benzer olarak (3.18)'deki gibi hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} X^{KB} &= \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \right) & Y^{KB} &= \left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} \lambda_j \right) \\ X^{KB} &= X^K - s_i^- & Y^{KB} &= \beta Y^K + s_i^+ \end{aligned} \quad (3.18)$$

Girdiye yönelik BCC ve çıktıya yönelik BCC modellerinde zarflama yüzeyi aynıdır ancak etkin olmayan karar verme birimlerinin zarflama yüzeyi üzerinde alınan izdüşüm noktaları farklıdır.

CCR modelinde etkin olarak belirlenen bir karar verme birimi BCC modeline göre de etkin olarak belirlenmektedir, fakat tam tersi her zaman için doğru değildir.

3.7.2.3 BCC Etkinliği

BCC modelinde etkinlik aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır;

1. BCC probleminin en uygun sonucu eğer 1 ise KVB BCC-verimli olarak tanımlanmaktadır. Aksi takdirde karar verme birimi verimsizdir.

2. Dual problemde optimal çözümde aşağıdaki koşullar sağlanırsa karar verme birimi verimlidir aksi takdirde verimsizdir.

- $\alpha = 1$ ise
- Boş (Slack) değişkenlerinin hepsi sıfıra eşitse yani;

Konvekslik kısıtının dual problemde varlığı BCC modeli sonucu elde edilen üretim olanak kümesinin konveks bir kabuk şeklinde olmasını sağlar.

Etkin olmayan bir karar verme birimi için referans kümesi Referans Kümesi (RK) (3.19)'daki gibi tanımlanmaktadır.

$$RK = \{j | \lambda_j^* > 0\} \quad (j \in \{1, \dots, n\}) \quad (3.19)$$

3.7.3 Toplamsal Model (Additive Model)

Daha önce anlatılan modellerde (CCR ve BCC) girdi veya çıktı yönelimli arasında karar vermenin gerekli olduğunu belirtmiştik. Fakat *Toplamsal Model*'de her iki yönelim tek bir modelde kombine edilmiştir, yani bu modelde eş zamanlı olarak hem girdilerin ne kadar azaltılması gerektiği hem de çıktıların ne kadar arttırılması gerektiği hesaplanabilmektedir. Birçok Toplamsal Model tipi vardır fakat burada anlatılacak modelin formülasyonu (3.20)'deki gibidir. (Formülasyon ölçeğe göre değişken getiri varsayımı ile anlatılacak ve ilerde bu varsayıma detaylı olarak değinilecektir):

$$Max \ z = \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+$$

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

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

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3.20)$$

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

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

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

Burada;

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

λ_j : j. Karar biriminin aldığı yoğunluk değeri

s_i^- : k. karar biriminin i. değerine ait atıl değer

s_r^+ : k. karar biriminin r. değerine ait atıl değer

Bu model BCC zarflama modeline benzemektedir. Toplamsal Modelin CCR modeline benzetmek için ise yukarıdaki formülasyondan $\sum \lambda_j$ şartı çıkarılır. Bu model ile BCC modeli arasındaki fark β (Görelî etkinliği ölçülen k karar verme biriminin girdilerinin ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı)'nın modelden çıkarılması ve etkinsizliklerin bütün boş değerlerde (s_i^-, s_i^+) yakalanmasıdır. Yani etkinlik test edilirken bakılacak yer aslında bu boş (s_i^-, s_i^+) değerlerdir.

Toplamsal Modelin Dual Problemi ise,

$$\text{Min } w = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + u_0 \geq 0$$

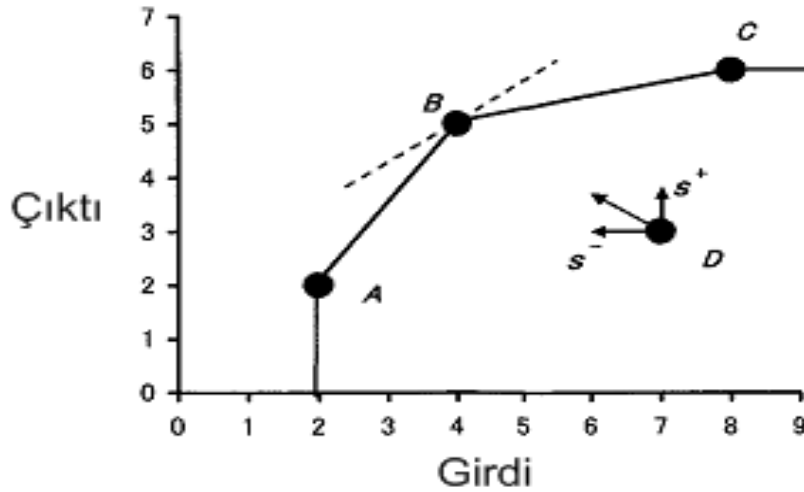
$$i = 1, 2, \dots, m \quad (3.21)$$

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

$$u, v \geq 0$$

u_0 Kısıtsız.

şeklindedir. Şekil 3.2’de dört adet karar verme birimi (A, B, C ve D) ve her karar verme birimine ait tek girdi ve tek çıktı vardır. Görüldüğü üzere bu modelin üretim imkânları eğrisi BCC Modelindekiyle aynı yapıdadır ve etkinlik sınırını $\overline{AB}$ ve $\overline{BC}$ doğruları oluşturmuştur. D karar verme birimi ise etkin değildir. Bu birimi etkin kılmak için yapılması gereken yer değiştirme ise oklar yardımıyla gösterilmiştir (s_i^- , s_i^+). Grafikte de kesikli çizgi ile gösterildiği üzere s_i^- ve s_i^+ ’nin maksimum değeri B noktasında oluşmaktadır. Bir karar verme biriminin etkinlik sınırına ne kadar yakın olursa o birimi o kadar etkin kılmakta olduğunu önceki modellerde belirtilmişti ki bu tanım Toplamsal Model için de geçerlidir. Şimdi en uygun çözümün s_i^{-*} ve s_i^{+*} da oluştuğunu varsayalım. Yapılan tanımdan hareketle ve grafikten de görüleceği üzere Toplamsal Modelde bir karar verme biriminin etkin olması sadece ve sadece $s_i^{-*} = 0$ ve $s_i^{+*} = 0$ koşulunun sağlanması ile gerçekleşir.



Şekil 3.2 Toplamsal model grafik gösterimi

3.7.4 Boş Değişkenler Modeli (Slack Based Model)

Boş (aylak) değişkenler modeli 1995-96 yıllarında Ali, Lerne, Seiford ve Thrall tarafından Toplamsal Modelin geliştirilmesiyle ortaya çıkarılmış bir modeldir. Aynı toplamsal modeldeki gibi eş zamanlı olarak girdilerin ne kadar azaltılması ve çıktıların ne kadar artırılması gerektiğini gösteren bir modeldir. Toplamsal modelden farkı ise bazı önsel bilgiler

yardımlı vs. ile boş değişkenlerin ağırlıklandırılmasına dayanmaktadır. Formülasyonu (Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı ile),

$$Max z = \sum_{i=1}^m w_i^- s_i^- + \sum_{r=1}^s w_r^+ s_r^+$$

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

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

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3.22)$$

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

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

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

şeklindedir. Tanımlamalarda Toplamsal Modelden farklı olarak w_i^- ve w_r^+ vardır ki bunlar da boş değişkenlerin ağırlıklarını göstermektedir. Bir karar verme biriminin etkin olabilmesi ancak ve ancak z'nin sıfır olması ile mümkün olmaktadır çünkü formülasyonda s_i^- i. girdideki fazlalığı ve s_r^+ da r. çıktıdaki eksikliği göstermektedir.

3.7.5 Çarpımsal Model (Multiplication Model)

Daha önce tartışılan modeller girdi ve çıktıların bir toplamsal kombinasyonunu şart koşmaktadırlar. Çarpımsal modelde ise diğer modeller gibi toplamsal bir kombinasyon yerine çarpımsal bir form sunulmaktadır. Diğer bir ifade ile bu modelin diğer modellerden temel farkı sanal çıktı ve sanal girdilerin toplamsal değil de çarpımsal olarak biçimlendirilmesidir. Yani, eşitliklerdeki toplam işaretinin ($\sum$), çarpım işareti ($\prod$) ile yer değiştirmiş şeklidir. Çıktı ve girdilerin Y ve X vektörleri logaritmik yapıdadır. Toplamsal modele benzer şekilde, çarpımsal model de etkinsizlikleri sadece boş değerler (s_i^-, s_i^+) vasıtasıyla belirler ve herhangi bir yoğunluk veya orantılı değişken göz önüne alınmaz.

3.7.6 Ölçeğe Göre Getiri Modelleri

Ölçeğe göre getiri tanımlarını tekrar hatırlayacak olursak: Bir üretim sürecinde girdiler belli bir miktar arttırıldığında çıktı seviyesindeki artış girdilerdeki artış oranından fazla ise **ölçeğe**

artan getiri bölümü, çıktı yönelimli probleme göre ise H' yani azalan getiri bölümü olacaktır. Bu sebepten ötürü BCC girdi yönelimli ve çıktı yönelimli modelleri farklı görüntü noktaları vermektedir ve bu da ölçeğe göre getirinin nasıl olduğunu belirtmektedir.

Girdiye yönelik BCC Modeli için ölçeğe göre getiri durumunu incelerken şu üç koşula bakılır;

- Tüm optimal çözümler için, sadece ve sadece $u_0^* < 0$ ise ölçeğe göre artan getiriden,
- Tüm optimal çözümler için, sadece ve sadece $u_0^* > 0$ ise ölçeğe göre azalan getiriden,
- En az bir optimal çözüm için, sadece ve sadece $u_0^* = 0$ ise ölçeğe göre sabit getiriden söz edilir.

Yukarıda anlatılan modele göre tüm optimal çözümlerin incelenmesi oldukça zahmetlidir. Bu sebeple 1992’de Banker ve Thrall tüm optimal çözümleri araştırma gerekliliğinden kaçınmak için bir yol geliştirmiştir. Buna rağmen 1996’da Banker, Bardhan ve Cooper’ın geliştirdiği yaklaşım kullanılmaktadır. Çünkü Banker ve Thall yaklaşımında var olan sonsuz çözüm olasılığı sorunu bu yaklaşımda yoktur (Cooper et al., 2004).

1996’daki Banker, Bardhan ve Cooper’ın geliştirdiği yaklaşımın formülü (3.24)’deki gibidir;

En uygun çözümün $u_0^* < 0$ da oluştuğu varsayılmıştır.

$$\text{Max } \hat{u}_0$$

$$\left(\sum_{i=1}^m v_i \hat{X}_{i0} \right) = 1$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) - \hat{u}_0 \leq 0$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r \hat{Y}_{r0} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i \hat{X}_{i0} \right) - \hat{u}_0 \leq 0$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r \hat{Y}_{r0} \right) - \hat{u}_0 = 1 \tag{3.24}$$

$$u_r \geq 0$$

$$v_i \geq 0$$

$$\hat{u}_0 \leq 0$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

(3.24)'deki modelin girdiye yönelik BCC Modelinden farkı görüldüğü üzere $\sum_{r=1}^p u_r \hat{Y}_{r0} - \hat{u}_0 = 1$ ve $\hat{u}_0 \leq 0$ bölümleridir. Bu durumlardan birincisi birimin etkinlik sınırında olmasını sağlar, ikincisi ise en uygun değerin $\hat{u}_0 = 0$ olduğunda sağlanıp sağlanmadığını anlamamızı sağlar. Buradan hareketle $\hat{u}_0$ değerine göre ölçeğe göre getirinin yönünü belirleyebiliriz.

3.7.6.2 CCR Modelinin Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımı

Literatürde CCR Modeli ölçeğe göre sabit getiri modeli olarak anılmaktadır. Bu teknik olarak doğru olsa da eksik tanımlanmıştır. Çünkü CCR Modeli ölçeğe göre getirinin yönünü de hesaplayabilmektedir. Bu modelin ölçeğin yönünü de gösteren formülasyonu,

$$\begin{aligned} \text{Min } \alpha - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- \right) - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p s_r^+ \right) \\ \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{i0} \right) &= 0 \\ \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - Y_{r0} \right) &= 0 \\ \lambda_j &\geq 0 \end{aligned} \tag{3.25}$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_i^+ \geq 0$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

şeklindedir.

Modele dikkatli bakıldığında bu modelin BCC Modeline oldukça benzediğini görülmektedir. Farklılık $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ kısıtının olmamasıdır. Bu modelde de tüm noktaları etkinlik sınırı üstüne taşımak için bir önceki modelde kullanılan formülasyon kullanılır:

$$\begin{aligned} \hat{x}_{i0} &= \theta_0^* x_{i0} - s_i^{-*} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j^* & i=1, \dots, m \\ \hat{y}_{r0} &= y_{r0} + s_r^{+*} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j^* & r=1, \dots, s \end{aligned} \tag{3.26}$$

Ölçeğe göre getirinin karakterini belirlemek için ise 1996 yılında Banker ve Thall'ın geliştirdiği şu özellikler kullanılır:

- Eğer herhangi alternatif optimum çözüm için $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* = 1$ sağlanıyorsa ölçeğe göre sabit getiriden,
- Eğer tüm alternatif optimum çözümler için $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* > 1$ sağlanıyorsa ölçeğe göre azalan getiriden,
- Eğer tüm alternatif optimum çözümler için $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* < 1$ sağlanıyorsa ölçeğe göre artan getiriden söz edilir.

Bir önceki modelde olduğu gibi bu modelde de Banker, Chang ve Cooper tüm alternatif optimum çözümlerin araştırılmasının zahmetli olmasından dolayı (3.27)'deki modeli geliştirmişlerdir (Cooper et al., 2004) (Optimum çözümlerin $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* < 1$ koşulunda sağlandığını varsayalım).

$$\text{Max} \sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m \hat{s}_i^- \right) + \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p \hat{s}_r^+ \right)$$

$$\left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \hat{\lambda}_j + \hat{s}_i^- - \alpha X_{i0} \right) = 0$$

$$\left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \hat{\lambda}_j - \hat{s}_r^+ - Y_{r0} \right) = 0$$

$$\sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j \leq 1 \tag{3.27}$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_i^+ \geq 0$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

3.7.7 Karma (Hybrid) Model

Veri Zarflama Analizinde **radyal** ve **radyal-olmayan** olarak isimlendirilen iki çeşit etkinlik ölçüm yaklaşımı vardır. Dört adet girdi olduğunu (x_1, x_2, x_3, x_4) ve bu girdilerden x_1 ve x_2 'nin radyal, diğerlerinin ise radyal olmadığını varsayalım. Bu, x_3 ve x_4 'ün radyal olamayan değişime bağlı olması anlamına gelirken, x_1 ve x_2 'nin $(\alpha x_1, \alpha x_2)$ ve $(\alpha > 0)$ gibi oransal bir değişime bağlı olması demektir. İşte bu farklılık etkinlik ölçüm değeri üzerinde etkiye sebep olmaktadır. Eğer girdide $(\alpha x_1, \alpha x_2)$ oransal bir azalma mevcut değil $(\alpha < 1)$ ise radyal girdi bölümü etkin olacaktır ki bu da en azından gözlemlenen çıktı miktarı kadar çıktı sağlanacağı anlamına gelmektedir. Eğer girdide (x_4, x_3) bir azalma söz konusu değilse radyal-olmayan bölüm etkin olacaktır ki bu da en azından gözlemlenen çıktı miktarı kadar çıktı sağlanacağı anlamına gelmektedir. Bu sebepten ötürü çıktı bölümü radyal ve radyal olamayan olarak iki bölüme ayrılabilir.

CCR ve BCC Modellerinde radyal yaklaşım kullanılmaktadır fakat bu modellerin eksikliği radyal olmayan girdi ve çıktıların varlığını göz ardı etmeleridir.

Gözlenen girdi ve çıktı matrisleri sırasıyla $X \in R_+^{m \times n}$ ve $Y \in R_+^{s \times n}$ olsun. Girdi matrisi radyal ve radyal olmayan olarak iki kısma ayrılabilir, $X^R \in R_+^{m_1 \times n}$ radyal kısım ve $X^{NR} \in R_+^{m_2 \times n}$ de radyal olmayan kısmı göstermektedir ve $m_1 + m_2 = m$ 'dir. Bu durumda X matrisi (3.28)'deki gibidir.

$$X = \begin{pmatrix} X^R \\ X^{NR} \end{pmatrix} \quad (3.28)$$

Aynı şekilde çıktı matrisi Y 'de radyal ve radyal olmayan olarak iki kısma ayrılırsa, $Y^R \in R_+^{s_1 \times n}$ radyal kısmı ve $Y^{NR} \in R_+^{s_2 \times n}$ de radyal olmayan kısmı göstermektedir ve $s_1 + s_2 = s$ 'dir. Bu durumda Y matrisi (3.29)'daki gibi gösterilebilir.

$$Y = \begin{pmatrix} Y^R \\ Y^{NR} \end{pmatrix} \quad (3.29)$$

Lamda(λ) R^n 'de negatif olmayan bir vektörü göstermek üzere, $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ olsun.

Belirli bir karar verme birimi $(x_0, y_0) = (x_0^R, x_0^{NR}, y_0^R, y_0^{NR},)$ için,

$$\theta x_0^R = X^R \lambda + s^{R-}$$

$$x_0^{NR} = X^{NR} \lambda + s^{NR-}$$

$$\phi y_0^R = Y^R \lambda - s^{R+} \quad (3.30)$$

$$y_0^{NR} = Y^{NR} \lambda - s^{NR+}$$

$$\lambda, s^{NR-}, s^{R-}, s^{NR+} \text{ ve } s^{R+} \geq 0$$

$$\theta \leq 1$$

$\emptyset \geq 1$ şeklindedir.

$s^{NR-} \in R^{m_2}$, $s^{R-} \in R^{m_1}$ vektörleri sırasıyla radyal olmayan ve radyal girdilerdeki fazlalığı göstermektedir. $s^{NR+} \in R^{s_2}$, $s^{R+} \in R^{s_1}$ vektörleri ise sırasıyla radyal olmayan ve radyal çıktılardaki eksikliği göstermektedir. Bu vektörler aylak değişkenler (slacks) olarak adlandırılır.

Yukarıdaki tanımlamalardan yola çıkarak $\theta = 1$, $\emptyset = 1$, $\lambda_0 = 1$, $\lambda_j = 0$ ve tüm aylak değişkenlerinin değeri sıfır olmak şartıyla bir ρ indeksi,

$$\rho = \text{Min} \frac{1 - \frac{m_1}{m}(1-\theta) - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m_2} s_i^{NR-} / x_{i0}^{NR}}{1 + \frac{s_1}{s}(\emptyset - 1) + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^{s_2} s_i^{NR+} / y_{r0}^{NR}} \quad (3.31)$$

şeklinde oluşturulsun. Görüldüğü üzere ρ direk olarak s^{R+} ve s^{R-} ye bağlı değildir.

Bu durumda Karma Modelin oransal hali (3.32)'deki gibi olacaktır.

$$(\text{Hybrid}) \quad \rho^* = \text{Min} \frac{1 - \frac{m_1}{m}(1-\theta) - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m_2} s_i^{NR-} / x_{i0}^{NR}}{1 + \frac{s_1}{s}(\emptyset - 1) + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^{s_2} s_i^{NR+} / y_{r0}^{NR}} \quad (3.32)$$

$$\theta x_0^R \geq X^R \lambda$$

$$x_0^{NR} = X^{NR} \lambda + s^{NR-} \quad (3.33)$$

$$\emptyset y_0^R \leq Y^R \lambda$$

$$y_0^{NR} = Y^{NR} \lambda - s^{NR+}$$

(3.33)'de λ , s^{NR-} ve $s^{NR+} \geq 0$, $\theta \leq 1$ ve $\emptyset \geq 1$ kısıtları vardır ve bu modelin etkin olmasının tek şartı ancak ve ancak $\rho = 1$ koşulunda gerçekleşecektir. Kesrili problemi lineer problem haline getirmek içinse 1962'de Charnes ve Cooper'ın dönüşüm tekniği uygulanabilir. Bu teknikte ρ^* 'ın paydası 1'e eşitlenip bir kısıt olarak modele eklenir.

Daha önce de söylenildiği üzere girdi ve çıktılar radyal ve radyal olmayan olarak ikiye bölünmüştür. Bu bölümlerin etkinliği de ayrı ayrı bulunabilmektedir. Bu işleme de etkinliğin ayrıştırılması adı verilmektedir.

- Radyal girdi verimsizliği : $\alpha_1 = \frac{m_1}{m}(1 - \theta^*)$
- Radyal olmayan girdi verimsizliği : $\alpha_2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m_2} s_i^{NR-} / x_{i0}^{NR}$
- Radyal çıktı verimsizliği : $\beta_1 = \frac{s_1}{s}(\emptyset^* - 1)$
- Radyal olmayan çıktı verimsizliği : $\beta_2 = \frac{1}{s} \sum_{r=1}^{s_2} s_i^{NR+} / y_{r0}^{NR}$

Girdi ve çıktı verimsizliği ise,

- Girdi Verimsizliği : $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$
- Çıktı Verimsizliği : $\beta = \beta_1 + \beta_2$

şeklinde hesaplanmaktadır.

3.7.8 Süper Etkinlik Modeli (Super Efficiency Model)

Veri Zarflama Analizindeki temel modellerde (CCR ve BCC) etkin birimlerin etkinlik değerleri 1 olarak bulunurken, etkin olmayan birimlerin ise modelin yönelimine göre 1'den küçük (Girdi yönelimli) veya 1'den büyük (Çıktı yönelimli) değerler bulunmaktadır. Bu yöntem sadece etkin olan ve olmayan karar verme birimlerini göstermektedir yani birimlerin sıralanması ile ilgili herhangi bir bilgi vermemektedir. Bu sebepten dolayı Anderson ve Petersen (AP Yöntemi) süper etkinlik yöntemi geliştirilmiştir (Cooper et al., 2007). Bu yöntem, etkin karar verme birimlerinin diğer tüm birimlerle birlikte karşılaştırması ve sıralanması üzerine kurulan ilk sıralama yöntemidir.

AP yönteminde, incelenen karar verme birimi diğer tüm birimlerin doğrusal birleşimleriyle karşılaştırılmaktadır. Bu nedenle incelenen KVB referans kümeden çıkartılmaktadır. Böylece etkin karar verme birimleri etkinliğini korurken, etkin birimlerin girdilerinde maksimum artış oranı elde edilmektedir. Bu durumda incelenmek üzere referans kümeden çıkartılan etkin bir karar verme biriminin girdi vektörünün artması olasıdır. Sıralama sonucuna göre AP modelinde en yüksek skor değerine sahip olan karar verme birimi birinci sırada, en düşük skor değerine sahip olan KVB ise sonuncu sırada yer almaktadır. Bu şekilde bütün Karar verme birimleri, büyükten küçüğe doğru süper etkinlik skor değerine göre sıralanmaktadır (Aslankaraoğlu, 2006).

Girdiye yönelik CCR Modeli için Süper etkinlik modeli formülasyonu (3.34)'deki gibidir.

$$E_k = \text{Min } \alpha - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p s_r^+ \right)$$

$$\left(\sum_{j=1, \neq 0}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{ik} \right) = 0$$

$$\left(\sum_{j=1, \neq 0}^n Y_{rj} \lambda_j - s_i^+ - Y_{rk} \right) = 0$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (3.34)$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_i^+ \geq 0$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

Burada,

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

Y_{rk} : k karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k karar birimi tarafından kul anılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kul anılan i. girdi,

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

s_i^- : k karar biriminin i. değerine ait atıl değer

s_r^+ : k karar biriminin r. değerine ait atıl değer

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

Süper etkinlik modelinde analiz yapılırken şu iki özellik hayati önem taşımaktadır;

- CCR Modelinde etkin olmayan bir karar verme birimi AP Modelinde de etkin olmayan bir birim olarak bulunacaktır ve skor değeri değişmeyecektir. Fakat CCR Modelinde etkin olan bir karar verme birimi AP Modelinde 1'den büyük bir etkinlik skoruna sahip olacaktır.
- Ayrıca aynı çıktı miktarlarını üreten karar verme birimleri arasında göreli olarak en düşük girdiye sahip olan birim en yüksek süper etkinlik değerine sahip olacaktır.

İşte bu özelliklerden dolayı karar verme birimleri sıralanabilmektedir.

3.7.9 Güven Bölgesi Modeli/Yaklaşımı (Assurance Region Model/Approach)

Veri Zarflama Analizinde etkin olmayan karar birimlerinin optimal ağırlıklarında (u_i^*, v_j^*) sıfırlar ile karşılaşırız. Bu sebeple bu karar verme birimini diğer karar verme birimleriyle karşılaştırmak sorun yaratmaktadır. Ayrıca bazı girdilerin bazı sınırlar arasında olması gerekliliği gibi performansı etkileyecek kavramların daha net bir şekilde anlaşılması ve doğru sonuçlar vermesi açısından bu sınırlama Veri Zarflama Analizinde çok büyük öneme sahiptir. Birimden birime ağırlıklardaki büyük değişimlerden dolayı bu sorun ile oldukça sık karşılaşılmaktadır ve bu sebeple ağırlıkları belirli sınırlar arasında tutmak koşuluyla bu sorun ortadan kaldırılmak istenmiştir. Örneğin modelde iki girdi olduğunu düşünelim (girdi 1 ve girdi 2) o zaman (3.35)'deki gibi bir sınırlama getirilebilir,

$$L_{1,2} \leq \frac{v_2}{v_1} \leq U_{1,2} \quad (3.35)$$

Burada $L_{1,2}$, v_2/v_1 oranının alt sınırını ve $U_{1,2}$ de üst sınırını göstermektedir. Böylece oran belirli bir alanda sınırlanmaktadır. Kullanılan tüm girdi veya çıktıları sınırlandırabiliriz:

$$l_{1,i}v_1 \leq v_i \leq u_{1,i}v_1 \quad (i=2,\dots,m)$$

$$L_{1,r}u_1 \leq u_r \leq U_{1,r}u_1 \quad (r=2,\dots,s) \quad (3.36)$$

Böylece, örneğin iki çıktı tek girdili bir çıktıya yönelik CCR modelinde bu şekilde bir kısıtlama kullanıldığında, bir karar verme birimi için formülasyon (3.37)'deki gibi değişecektir.

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

$$\left(\sum_{j=1}^n X_{ij}\lambda_j + s_i^- - X_{ik} \right) = 0$$

$$\left(\sum_{j=1}^n Y_{rj}\lambda_j - s_i^+ - \beta Y_{rk} + u_r z \right) = 0$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (3.37)$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_i^+ \geq 0$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

Z kısıtsız

Burada,

β : Göreli etkinliği ölçülen k karar biriminin çıktılarının ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı,

Y_{rk} : k karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k karar birimi tarafından kul anılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kul anılan i . girdi,

λ_j : j . karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

S_i^- : k karar biriminin i . değerine ait atıl değer

S_r^+ : k karar biriminin r . değerine ait atıl değer

z : çıktılar arasındaki değişebilirlik

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

3.7.10 Genelleştirilmiş Güven Bölgesi Modeli/Yaklaşımı (Assurance Region Global Model/Approach)

Kısıtlamalar sadece ağırlıklarda değil sanal girdi ve sanal çıktılarda da yapılabilir. Sanal girdiler ve çıktılar bir karar verme biriminin etkinlik değerini, verilen bir girdi veya çıktı değişkeni yardımıyla belirleyen normalleştirilmiş ağırlıklar olarak görülebilir. Sanal girdi/sanal çıktı ilk olarak 1990'da Wong ve Beasley tarafından çalışılmıştır (Cooper et al., 2004).

Örneğin (3.38)'deki gibi bir kısıtlama kullanılabilir,

$$\phi_r \leq \frac{u_r y_{rj}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} \leq \varphi_r \quad r = 1, \dots, s \quad (3.38)$$

Buradaki formül bize r . girdinin tüm girdiler toplamına oranını göstermektedir. Benzer şekilde girdiler de sınırlandırılabilir. Ayrıca sanal girdi ve çıktılardaki kısıtlamalar (3.39)'daki gibi yapılabilir,

$$\phi_r \leq \frac{u_r \sum_{j=1}^n y_{rj}/n}{\sum_{r=1}^s u_r (\sum_{j=1}^n y_{rj}/n)} \leq \phi_r \quad r = 1, \dots, s \quad (3.39)$$

(3.38)'deki eşitlik, karar verme biriminin değerini verirken (3.39)'daki eşitlik ise ortalama karar verme birimi değerini vermektedir.

Kısaca kısıtlamaları uzman görüşleri veya değişkenlerin doğası gereği yapmak zorunda kalabiliriz ve bu durumda hem ağırlıklar hem de sanal girdiler (çıktılar) sınırlandırılıp modele bir kısıt olarak eklenebilir.

3.7.11 İsteğe Bağlı Olmayan Değişkenler Modeli/Yaklaşımı (Non-Discretionary Model/Approach)

Daha önce ifade edilen modellerin hepsinde tüm değişkenlerin (girdilerin ve çıktılarının) isteğe bağlı olarak değiştirilebildiği, yani karar verme birimi yönetimi tarafından kontrol edilebildiği varsayılmıştır. Bu durumda etkin olmayan bir karar verme biriminin etkin hale gelebilmesi için gerekli tüm kriterler kontrol edilebilir olmaktadır.

Kontrol edilemeyen veya isteğe bağlı olmayan değişkenlere aşağıdaki örnekler verilebilir:

- Hava durumu (Havanın yağmurlu olup olmaması)
- Farklı çiftliklerdeki toprak karakteri
- Bir restoran zincirinin kendi dalındaki rakiplerinin sayısı
- İşsizlik oranı
- Bir grubun azınlık olup olmaması

Yukarıda anlatılanlara örnek olarak Banker ve Morey'in fast-food restoran zinciri analizi örnek verilebilir. Bu çalışmada 60 adet restoranın her birinde 3 çıktı ve 6 girdi kullanılmaktadır. Çıktıların hepsi kontrol edilebilir olan kahvaltı, öğlen ve akşam yemeği satışlarıdır. Girdilerden ise sadece stok harcamaları ve işçi harcamaları isteğe bağlıdır, diğer dört girdi (dükkânın yaşı, şehir dışı/şehir içi mevkisi, park kapasitesi ve reklam düzeyi) ise karar verme birimi yöneticisi kontrolü dışındadır.

Bu tip değişkenlerin olduğu modellerde kilit nokta “Zorunlu bir girdi değişkeninin hangi oranda azaltılacağı karar verme birimi yöneticisi için önemli değildir” cümlesidir.

Unutulmaması gereken bir diğer nokta da kontrol edilemeyen değişkenlerin bazı ufak değişikliklerle tüm modellerde kullanılabilmesidir.

Girdiye yönelik BCC Modeli için formülasyon (3.40)'daki gibidir.

$$E_k = \text{Min } \alpha - \varepsilon \left(\sum_{i \in G_1} s_i^- \right) - \varepsilon \left(\sum_{r \in \zeta_1} s_r^+ \right)$$

$$\left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{ik} \right) = 0$$

$$\left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - Y_{rk} \right) = 0$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3.40)$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_i^+ \geq 0$$

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

$$r = 1, \dots, p$$

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

Burada,

α : Görelî etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzölme katsayısı,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

s_i^- : k. karar biriminin i. değeriine ait atıl değeri

s_r^+ : k. karar biriminin r. değeriine ait atıl değeri

G_1 : Kontrol edilebilir girdileri içeren küme

ζ_1 : Kontrol edilebilir çıktıları içeren küme

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

Bu modelin Girdiye Yönelik BCC Modelinden ayrıldığı nokta amaç fonksiyonundaki farklılıktır. Etkinlik ölçüsü hesaplanırken zorunlu girdi fazlalıkları ve çıktı boş değişkenleri amaç fonksiyonundan ihmal edilirler. Çünkü bunlar karar verme birimi yöneticisi tarafından kontrol edilememektedir. Diğer modellerde de bu işleme benzer şekilde kontrol edilemeyen değişkenler kullanılabilir.

3.7.12 Kategorik Değişken Modeli/Yaklaşımı (Categorical Variable Model/Approach)

Önceki modellerde tüm girdilerin ve çıktıların aynı kategoride olduğu varsayılmıştır. Örneğin bazı restoranlar arabaya servise sahipken bazı restoranlar sahip olmayabilir ya da özetle bir karar verme biriminin belirli bir özelliğinin var olup olmaması gibi durumlarda kategorik değişkenlerin kullanımı devreye girer ve bu durum klasik Veri Zarflama Analizinde sorun yaratır. Bu tip problemler Banker ve Morey tarafından 1986 yılında irdelenmiştir (Cooper et al., 2007).

Bir girdi değişkeninin L ($1, 2, \dots, L$) seviyelerinden biri olabildiği kabul edildiğinde, bu L değerleri karar verme birimlerinin kümesini etkin olarak kategorilere ayırır. Özel olarak, karar verme birimlerinin kümesi $D = \{1, 2, \dots, n\} = D_1 \cup D_2 \dots \cup D_L$ 'dir. Burada $D_k = \{i \mid i \in D \text{ ve girdi değeri } k \text{ 'dır}\}$ ve $D_j \cap D_k = \emptyset, j \neq k$ şeklindedir. Bir karar verme birimi, kendisinde ve bütün önceki kategorilerde bulunan birimler tarafından belirlenmiş zarflama yüzeyine bağlı olarak değerlendirildiğinde, (3.41)'deki model spesifikasyonu, $\bigcup_{k=1}^L D_k$ 'daki birimlere göre değerlendirilecek bir karar verme birimi KVB $\in D_k, k \in \{1, \dots, L\}$ 'yi ele alır. (3.41)'deki formülasyon Toplamsal Model (Ölçeğe göre değişken getiri) içindir,

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

$$\sum_{j \in \bigcup_{f=1}^k D_f} Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - Y_{r0} = 0$$

$$\sum_{j \in \bigcup_{f=1}^k D_f} X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \theta X_{i0} = 0$$

$$\sum_{j \in \bigcup_{f=1}^k D_f} \lambda_j = 1 \quad (3.41)$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \text{ ve } j \in \bigcup_{f=1}^k D_f \text{ dir.}$$

Burada,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{ij} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

S_i^- : k. karar biriminin i. değerine ait atıl değer

S_r^+ : k. karar biriminin r. değerine ait atıl değeri göstermektedir.

Böylece (3.41)'deki lineer programlama problemine göre, tüm $I \in D_1$ birimleri D_1 'deki birimlere göre, tüm $I \in D_2$ birimleri $D_1 \cup D_2$ 'deki birimlere göre, tüm $I \in D_c$ birimleri $\bigcup_{k=1}^c D_k$ 'daki birimlere göre ve tüm $I \in D_L$ birimleri $\bigcup_{k=1}^L D_k$ kümesine göre değerlendirilir. Açıklama Toplamsal Modele göre olsa da kategorik değişkenlerin herhangi bir Veri Zarflama Modeline aynı tarzda kolayca dâhil edilebildiği unutulmamalıdır.

3.7.13 İstenmeyen Değişken Modeli/Yaklaşımı (Undesirable Input and Output Model/Approach)

Bir modelde istenmeyen girdiler ve çıktılar bulunabilir. Örneğin bir fabrikada üretimdeki hasarlı ürünlerin sayısı veya bir hastanedeki ölüm sayıları istenmeyen çıktılara örnek verilebilir. Bu durumda bu çıktıların minimize edilmesi etkinliği maksimize edecektir.

Veri zarflama analizinde daha önce ifade edilen yönelimli modellerde her zaman amaç çıktı yönelimli modeller için girdiler sabit olmak koşuluyla çıktılarda artış sağlamak, girdi yönelimli modellerde ise çıktı düzeyleri sabit olmak koşuluyla girdileri azaltmaktır. Fakat modelde istenmeyen girdiler veya çıktıların var olması bazı sorunlara ve mantık hatalarına sebep olmaktadır. Örneğin yukarıda verilen örnekte yani eğer modelde bir fabrikada üretimdeki hasarlı ürünlerin sayısı çıktı olarak kullanıldıysa, analiz sonucunda bu değişkenin artırılması gerektiği (hatta ne kadar artırılacağı bile bulunabilir) gibi zıt bir sonuç ile karşı karşıya kalınır. Bu durumda bu model gerçek üretim etkinliğini yansıtmayacaktır.

İşte bu gibi durumlardan kurtulmanın en kolay yolu, o istenmeyen değişkene monoton azalan dönüşümü uygulamaktır. Yani eğer değişken y_j ise bu değişkeni modelde $1/y_j$ olarak

kullanmak sorunu çözecektir (Holger Scheel, 2001). Ayrıca bu dönüşüm konvekslik özelliğini de koruduğu için modelin temel varsayımlarında da herhangi bir sorun yaratmaz.

3.7.14 Malmquist İndeksi

Malmquist verimlilik indeksi ilk önce 1953'te Sten Malmquist tarafından ortaya çıkarılmış ve daha sonra birçok kişi tarafından üzerinde çalışılmış ve geliştirilmiştir (Cooper et al., 2007). Bu indeks bir karar verme biriminin toplam faktör verimliliğindeki büyümeyi iki zaman periyodu boyunca izlemek için kullanılmaktadır. Bu büyümenin iki elemanı vardır ve bunlar "Catch-Up" ve "Frontier-Shift" olarak adlandırılmaktadır. Frontier Shift terimi iki zaman periyodu arasında karar verme biriminin etrafındaki etkinlik sınırındaki değişimi ifade ederken, Catch-Up terimi ise bir karar verme biriminin teknik etkinliğindeki değişmeyi ifade eder.

N tane karar verme birimi olduğunu ve her birimin 1. ve 2. Periyot için $x_j \in R^m$ vektörüyle gösterilen m tane girdiye ve $y_j \in R^q$ ile gösterilen q tane çıktıya sahip olduğunu varsayalım ($j = 1, \dots, n$). Ayrıca $x_j > 0$, $y_j > 0 \forall j$ ve karar birimleri (KVB_k) için ($k = 1, \dots, n$) $(x_k, y_k)^1$ birinci periyot, $(x_k, y_k)^2$ ise ikinci periyot değerlerini göstermektedir. Üretim imkânları kümesi,

$$(X, Y)^t = \{(x, y) \mid x \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j^t, 0 \leq y \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j^t, L \leq e\lambda \leq U, \lambda \geq 0\} \quad (3.42)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada e tüm elemanları bir olan bir satır vektörünü, $\lambda \in R^n$ 'de yoğunluk vektörünü, L ve U ise sırasıyla alt ve üst sınırları göstermektedir. L ve U sınırları CCR veya ölçeğe göre sabit getiri (CRS) modellerinde $(0, \infty)$ arasında, BCC Modelinde $(1, 1)$ arasında, ölçeğe göre artan getiri (IRS) modelinde $(1, \infty)$ arasında ve ölçeğe göre azalan getiri modelinde de $(1, \infty)$ arasında sınırlandırılmıştır. Üretim imkânları kümesi $(X, Y)^t$, bazı girdiler ve çıktılarda azalma olmaksızın artırılması mümkün olmayan $(x, y) \in (X, Y)^t$ sınır çizgisi ile sınırlandırılmıştır.

3.7.14.1 Catch-Up (İyileşme) Etkisi

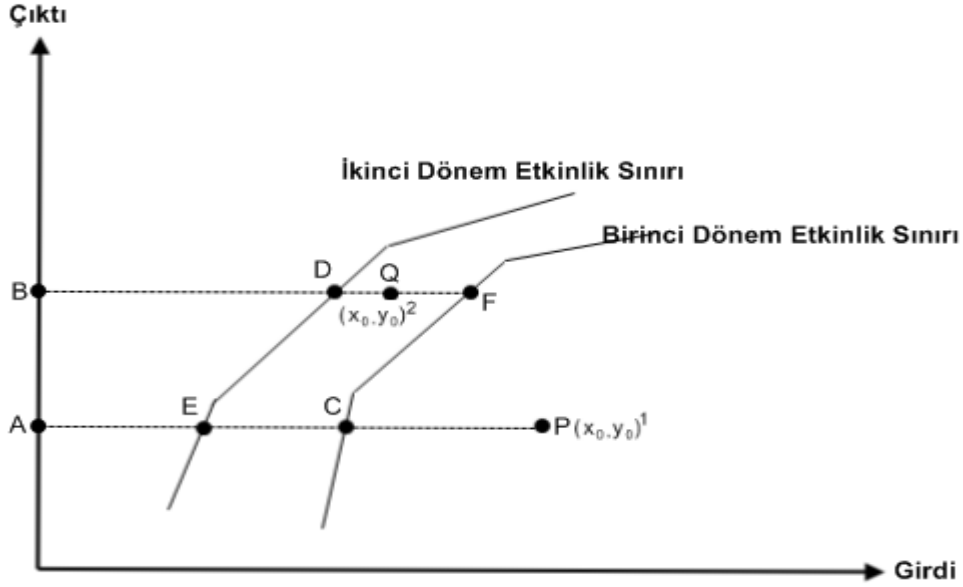
Catch-Up etkisi (3.43)'deki formül ile hesaplanmaktadır,

$$CatchUp \text{ Etkisi} = \frac{(x_0 y_0)^2}{(x_0 y_0)^1} \quad (3.43)$$

$(x_0 y_0)^2$: 2.Dönem Etkinlik sınırının etkinlik değeri

$(x_0 y_0)^1$: 1.Dönem Etkinlik sınırının etkinlik değeri

Yukarıdaki formül uygun veri zarflama analizi yöntemi ile kullanılabilir. Bu durum tek girdi ve tek çıktı için Şekil 3.5'deki gibi açıklanabilir.



Şekil 3.5 Catch-Up etkisi için etkinlik sınırları (Cooper et al., 2004)

Catch-Up Etkisi girdiye yönelik bir modelde (3.44)'deki gibi hesaplanır.

$$CatchUp = \frac{BD/BQ}{AC/AP} \quad (3.44)$$

Catch-Up oranı bize 3 türlü bilgi vermektedir bunlar:

1. Catch-Up > 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde etkinlik bazında bir artıştan söz edilmektedir.
2. Catch-Up = 1 ise etkinlikte dönemler arası herhangi bir değişiklik meydana gelmemiştir.
3. Catch-Up < 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde etkinlik bazında bir azalma söz konusudur.

3.7.14.2 Frontier-Shift (Yenilik) Etkisi

Catch-Up terimine ek olarak etkinlik değişimini tam olarak belirleyebilmek için Frontier-Shift etkisinin de hesaba katılması gerekmektedir. Şekil 3.5 yardımıyla bu durum açıklanabilir;

Birinci dönem etkinlik sınırında bulunan C noktasından ikinci dönem etkinlik sınırında bulunan E noktasına hareket edildiğinde, $(x_0, y_0)^1$ deki frontier-shift etkisi (3.45)'deki gibi hesaplanır;

$$\varphi_1 = \frac{AC}{AE} \quad (3.45)$$

Bu oran aslında (3.46)'daki oran ile aynıdır;

$$\varphi_1 = \frac{AC/AP}{AE/AP} = \frac{(x_0 y_0)^1}{(x_0 y_0)^2} \quad (3.46)$$

Benzer şekilde $(x_0, y_0)^2$ 'nin frontier-shift etkisi de,

$$\varphi_2 = \frac{BF/BQ}{BD/BQ} = \frac{(x_0 y_0)^1}{(x_0 y_0)^2} \quad (3.47)$$

formülü ile hesaplanır.

Son olarak φ_1 ve φ_2 'nin geometrik ortalaması alınarak frontier-shift etkisi hesaplanabilir;

$$\varphi = \sqrt{\varphi_1 \varphi_2} \quad (3.48)$$

Sonuç olarak frontier-shift etkisi,

1. Frontier-Shift > 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde teknolojik değişim bazında bir artıştan söz edilmektedir.
2. Frontier-Shift = 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde teknolojik değişim bazında herhangi bir değişimden söz edilmemektedir.
3. Frontier-Shift < 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde teknolojik değişim bazında bir azalıştan söz edilmektedir.

bilgilerini vermektedir.

3.7.14.3 Malmquist İndeksi

Malmquist indeksi (MI) frontier-shift ve catch-up etkilerinin çarpımı sonucu hesaplanmaktadır.

$$MI = CatchUp \times FrontierShift \quad (3.49)$$

Sonuç olarak,

1. MI > 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde Toplam Faktör Verimliliğinde bir artıştan söz edebiliriz.
2. MI = 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde Toplam Faktör Verimliliğinde herhangi bir değişikliğin olmadığını söyleyebiliriz.
3. MI < 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde Toplam Faktör Verimliliğinde bir azalıştan söz edebiliriz.

Bu üç yöntemin formülasyonlarını (3.50), (3.51) ve (3.52)'deki gibi göstermek mümkündür;

Catch-Up için,

$$C = \frac{\delta^2((x_0, y_0)^2)}{\delta^1((x_0, y_0)^1)} \quad (3.50)$$

Frontier-Shift için,

$$F = \left[\frac{\delta^1((x_0, y_0)^1)}{\delta^2((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\delta^1((x_0, y_0)^2)}{\delta^2((x_0, y_0)^2)} \right]^{1/2} \quad (3.51)$$

Malmquist İndeksi için ise,

$$MI = \left[\frac{\delta^1((x_0, y_0)^2)}{\delta^1((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\delta^2((x_0, y_0)^2)}{\delta^2((x_0, y_0)^1)} \right]^{1/2} \quad (3.52)$$

3.7.15 Window(Pencere) Analizi

Window Analizi 1985 yılında Charnes, Clark, Cooper ve Golany tarafından geliştirilen zamana bağımlı bir VZA tekniğidir ve karar verme birimlerinin belirli bir süre zarfında etkinlik değerlerinin nasıl değiştiğini ölçmek için kullanılmaktadır. Bu analizde bir karar verme birimi için belirlenen her bir zaman biriminde ölçülen değerler sanki farklı bir karar verme birimi gibi ele alınmaktadır. Analizde karar verme birimi sayısı, süre (kaç sene boyunca takip edilecek vs.) ve pencere büyüklüğü (window size) kavramları kullanılmaktadır. Bu kavramları Çizelge 3.1 yardımı ile anlatılırsa;

Çizelge 3.1 üzerinde mavi ile gösterilen kısım karar verme birimi sayısını göstermektedir (10 adet), kırmızı ile gösterilen kısım süre zarfını göstermektedir (8 dönem) ve sarı ile gösterilen kısım ise pencere boyutunu (4 adet) göstermektedir. Pencere boyutu seçimi araştırmacıya kalmıştır herhangi bir zorlayıcı koşul yoktur.

Q1 sütunundaki rakamlar karar verme birimlerinin Q1 dönemindeki etkinlik değerlerini göstermektedir. Q2 sütunundaki değerler ise karar verme birimlerinin hem Q1 dönemi verileri hem de Q2 dönemindeki verilerinin toplam olarak sanki farklı karar verme birimleriymiş gibi analiz edilmesiyle elde edilen etkinlik değerlerini göstermektedir. Pencere büyüklüğü 4 olarak seçildiğinden dolayı Q5 döneminde artık Q1 dönemi, Q6 döneminde de Q1 ve Q2 dönemi verileri kullanılmamaktadır. Yani kısaca bir dönemde bir karar verme birimi için en fazla 4 adet dönem sanki farklı karar verme birimiymiş gibi birlikte kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1'de, örneğin A1 karar verme birimi için 5 ayrı dönem incelenebilir. Bu ilk 4 dönem için (Q1, Q2, Q3 ve Q4) etkinlik değerleri sırasıyla 0.83, 1.00, 0.95 ve 1.00'dir. Bu

yorum ikinci 4 dönem (Q2, Q3, Q4 ve Q5) için ise etkinlik değerleri sırasıyla 1.00, 0.95, 1.00 ve 1.00 olarak yapılmaktadır. Diğer yorumlamalar da benzer şekilde yapılarak bu 8 dönem için etkinlik değerlerin nasıl değiştiği gözlemlenebilir.

Çizelge 3.1 Window analizi tablosu (Cooper et al., 2007)

Askeri Birlik	Etkinlik Değerleri								Ortalama	Varyans	Kolon Farklı	Toplam Fark
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8				
1A	0.83	1.00	0.95	1.00					0.99	0.03	0.05	0.17
		1.00	0.95	1.00	1.00							
			1.00	1.00	1.00	1.00						
				1.00	1.00	1.00	1.00					
					1.00	1.00	1.00	1.00				
1B	0.71	1.00	0.91	0.89					0.92	0.21	0.11	0.29
		1.00	0.91	0.89	0.77							
			1.00	1.00	0.76	1.00						
				1.00	0.75	1.00	1.00					
					0.80	1.00	1.00	1.00				
1C	0.72	1.00	0.86	1.00					0.93	0.21	0.26	0.28
		1.00	0.87	1.00	0.74							
			0.87	1.00	0.74	1.00						
				1.00	1.00	1.00	1.00					
					0.80	1.00	1.00	1.00				
1D	0.73	1.00	1.00	1.00					0.99	0.07	0.00	0.27
		1.00	1.00	1.00	1.00							
			1.00	1.00	1.00	1.00						
				1.00	1.00	1.00	1.00					
					1.00	1.00	1.00	1.00				
1E	0.69	1.00	0.83	1.00					0.88	0.17	0.17	0.31
		0.83	0.83	1.00	0.77							
			0.83	1.00	0.79	0.93						
				1.00	0.77	0.95	0.83					
					0.82	0.88	0.88	1.00				
1F	1.00	1.00	1.00	1.00					0.99	0.04	0.20	0.20
		1.00	1.00	1.00	1.00							
			1.00	1.00	1.00	1.00						
				1.00	1.00	1.00	1.00					
					0.80	1.00	1.00	1.00				
1G	0.65	0.73	0.68	0.77					0.79	0.32	0.32	0.35
		0.73	0.68	0.77	0.68							
			0.68	0.77	0.68	0.72						
				0.76	0.74	0.75	1.00					
					1.00	1.00	1.00	1.00				
1H	0.82	1.00	1.00	1.00					0.90	0.32	0.29	0.30
		1.00	1.00	1.00	0.71							
			1.00	1.00	0.71	0.70						
				1.00	1.00	0.72	0.72					
					0.79	0.81	1.00	1.00				

1I	1.00	1.00	1.00	1.00					0.99	0.02	0.14	0.14
		1.00	1.00	1.00	1.00							
			0.86	1.00	1.00	1.00						
				1.00	1.00	1.00	1.00					
					1.00	1.00	1.00	1.00				
1K	0.81	1.00	1.00	1.00					0.86	0.37	0.11	0.33
		1.00	1.00	1.00	0.73							
			1.00	1.00	0.73	0.67						
				1.00	0.85	0.67	0.67					
					0.67	0.67	0.67	0.67				

4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ BİLGİSAYAR PROGRAMLARI

Veri Zarflama Analizi doğası gereği bünyesinde birçok model bulundurmaktadır ve bu modellerin çözümü kâğıt kalem ile oldukça zor ve zaman alıcıdır. Bu sebeple bilgisayar programlarına ihtiyaç doğmuştur. Fakat piyasada birçok farklı program ve birçok farklı sürüm mevcuttur. Bu durumda kullanıcıların hangi programı neden seçmesi gerektiği önemli bir sorun haline gelmektedir. İşte bu yüzden bu bölümde mevcut Veri Zarflama Analizi programlarının içerikleri ve özellikleri incelenecektir.

Her programın kendine özgü özellikleri vardır ve genel olarak bir programı seçerken değerlendirilen kriterler Şekil 4.1'deki gibi gruplandırılabilir;

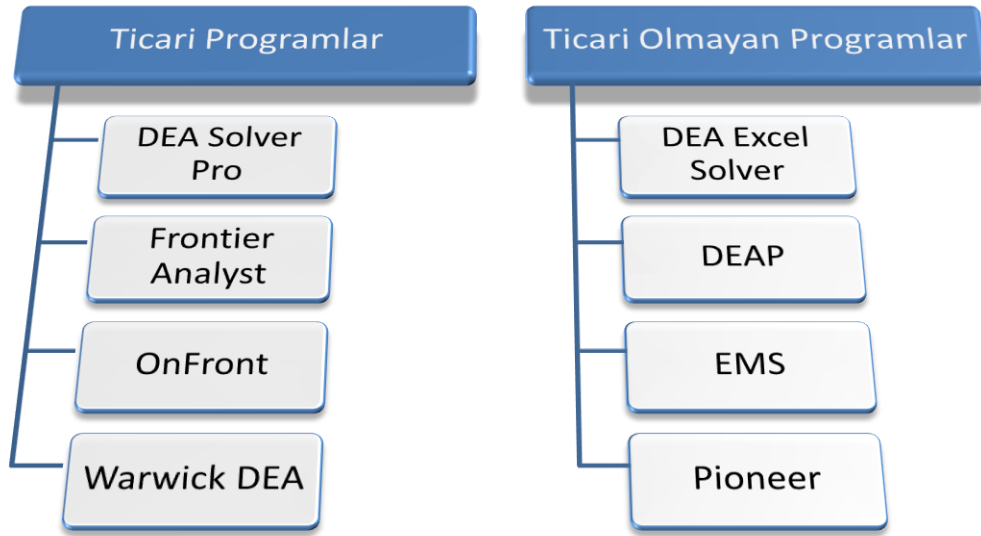


Şekil 4.1 Program kriterleri

Bilindiği üzere bir VZA programının model çeşitliliği, kullanım kolaylığı, raporlama performansı, destek ve doküman yeterliliği, analiz süresi ve hızı son kullanıcı için oldukça önemli özelliklerdir. Çünkü programın karşılaşılan problemlerin en basitinden en kompleksine kadar tüm durumlar için son kullanıcıya yeterli cevap verebilmesi Şekil 4.1'de belirtilen özelliklerin programda mevcut olmasına bağlıdır.

Bilindiği üzere kullanılan değişken tipinden (nominal, ordinal, oransal) değişkenin davranışına (ölçeğe göre getiri, kısıtlama vs.) kadar birçok özellik model seçiminde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca önsel bilgiye sahip olmak ya da belirli değişkenlerin belirli aralıklarda bulunma zorunluluğu gibi durumlar da model tercihlerini etkilemektedir. İşte bu sebeplerden

dolayı değişkene göre farklı model tipi ve özelliklerin kullanılması model sayısını arttırmaktadır. Bu yüzden kullanılacak programın oldukça fazla model çözümü verebilmesi çok önemlidir. Kısaca bir program ne kadar fazla modeli bünyesinde barındırıyorsa o kadar avantajlıdır diyebiliriz.



Şekil 4.2 Program çeşitleri

Genelde tüm programlar temel VZA Modellerini (CCR ve BCC) çözebilmektedir fakat programlar arasında ticari olanlar ve ticari olmayanlar da bulunmaktadır. Bu da tercihleri etkilemektedir. Bu ayrımlar ve özellikler Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Programlardaki modellerin karşılaştırılması (Barr, 2004)

		DEA Solver Pro	Frontier Analyst	OnFront	Warwick DEA	DEA Excel Solver	DEAP	EMS	Pioneer
		v4.0	v3.1.5	v2.02	v1.0	v1.0	v2.1	v1.3.0	v2.0
		SAITECH	Banxia	EMQC	Warwick	Zhu	Colleti	Scheel	Barr,
Modeller									
1	CCR/CRS	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
2	BBC/VRS	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
3	NIRS, NDRS, GRS	Var	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var	Var
4	Toplamsal Model	Var	Yok	Yok	Var	Var	Yok	Var	Yok
5	Malmquist İndeksi	Var	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Yok
6	Konveks Olmayan	Var	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Var	Yok
7	Radyal Olmayan	Var	Yok	Yok	Var	Var	Yok	Yok	Yok
9	İstenmeyen	Yok	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
11	FDH	Var	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Var	Var

12	Maliyet Etkinliği	Var	Yok	Var	Yok	Var	Var	Yok	Yok
13	Gelir Etkinliği	Var	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
14	Kar (Gelir/Maliyet)	Var	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
15	Karma Model	Var	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok	Yok
16	Kapasite Yararlanma	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
17	Değişken	Yok	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
18	Sabit Karşılaştırmalı	Yok	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
19	Minimum Etkinlik	Yok	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
20	Değer Zinciri	Yok	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok
22	Yeni Maliyet, Gelir,	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
24	Ölçek Esnekliği	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Özellikler									
1	Yönelim Kontrolü	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
2	Window Analizi	Var	Var	Var	Yok	Yok	Yok	Var	Yok
3	Ağırlık Kısıtlama	Var	Var	Yok	Var	Yok	Yok	Var	Var
4	Süper Etkinlik	Var	Yok	Yok	Var	Var	Yok	Var	Var
5	Kontrol Edilemeyen	Var	Var	Yok	Var	Var	Yok	Var	Yok
6	Kategorik Değişkenler	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
7	Değişken Önceliği	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok	Yok
8	Hassasiyet Analizi	Yok	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok

Bir modeldeki anahtar özellikler ise, kısıtlamalı modellerin kullanımı, zamana göre karşılaştırmaların yapılması (Window Analizi, Malmquist İndeksi vs.) ve süper etkinlik gibi özellikleri taşıyıp taşıyamamasıdır. Bu ayrımlar da Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

Bunların haricinde, bir programın kullanıcı ara yüzü ise kullanım kolaylığını, menüleri ve komutların kolaylığını içermektedir. Bu özellikler de son kullanıcı için oldukça önemli özelliklerdir.

Programın uygun olduğu işletim sistemi de diğer bileşenler kadar hayati öneme sahip olmasa da bazı durumlarda program tercihinde önemli rol oynamaktadır.

Raporlama bir programın en can alıcı noktalarından biridir. Çünkü program ne kadar detaylı rapor hazırlayabiliyorsa o kadar açıklayıcı olmaktadır ve kullanıcıyı o kadar az yormaktadır. Bunun için standart raporlardan çok isteğe bağlı raporların kolaylıkla hazırlanması yani programın rapor bölümlünün esnek olması program tercihinde kilit noktalardan biridir.

Dokümantasyon ve satış sonrası teknik destek kullanıcılar için firma itibarı açısından oldukça önemli kriterlerdir ve tercihlerde büyük rol oynamaktadırlar.

Çizelge 4.2 Program özellikleri (Barr, 2004)

		Ticari Yazılımlar				Ticari Olmayan Yazılımlar			
		DEA Solver Pro	Frontier Analyst	OnFront	Warwick DEA	DEA Excel Solver	DEAP	EMS	Pioneer
		v4.0	v3.1.5	v2.02	v1.0	v1.0	v2.1	v1.3.0	v2.0
		SAITECH	Banxia Software	EMQC	Warwick Univ.	Zhu	Colleti	Scheel	Barr, McLoud
Platform ve İşlevsellik									
1	Platform	Windows	Windows	Windows	Windows	Windows	Dos	Windows	Dos, Windows
2	Girdi Dosya Tipi	Spreadsheet	txt, SPSS, Spreadsheet,	txt, Manual	txt	Excel	txt	txt, Spreadsheet	txt
3	Çıktı Dosya Tipi	Spreadsheet	txt, PDF, Spreadsheet, HTML	txt	txt	preadsheet	txt	txt	txt
Kullanıcı Ara yüzü									
1	Grafiksel Kullanıcı Arayüzü	Excel	Var	Var	Var	Excel	Yok	Var	Yok
2	Format	Excel	Var	Var	Var	Excel	Yok	Yok	Yok
3	Edit	Excel	Var	Var	Var	Excel	Yok	Yok	Yok
4	Filtreleme	Excel	Var	Var	Var	Excel	Yok	Yok	Yok
5	Veri ve Sonuç Sıralama	Excel	Var	Var	Var	Excel	Yok	Yok	Yok
Raporlama									
1	Standart Rapor Sayısı	12	5	9	5	3	8	2	3
2	İsteğe Bağlı Rapor	Excel	Var	Yok	Kısıtlı	Excel	Yok	Yok	Yok
3	Standart Grafik Sayısı	4	12	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
4	İsteğe Göre Grafik	Excel	Kısıtlı	Var	Yok	Excel	Yok	Yok	Yok
5	Etkinlik Değeri Raporu	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
6	Hedeflenen Değerler	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Yok	Var
7	Optimal Ağırlıklar	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
8	Referans Seti	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
9	Boş Değişkenler	Var	Var	Yok	Var	Var	Yok	Yok	Var

5. UYGULAMA

Bir toplumun geleceğini oluşturan gençlerin bilgi düzeyleri o toplumun gelişmişlik düzeyini belirlerken aynı zamanda gelecek için gelişmiş ve kültürlü bir toplumun temellerini de oluşturmaktadır. İşte bu sebeple eğitim kurumlarının etkinliğinin ölçülmesi toplum açısından oldukça önemli bir hal almaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin ortaöğretim başarısını kendi içinde ve OECD ülkeleri arasında karşılaştırmak amacıyla farklı modeller ve farklı veri setleri kullanılmıştır. İlk olarak 2003 yılı için Türkiye'deki okulların etkinliğini ölçmede CCR, BCC ve Toplamsal Modelden, ikinci olarak ülkeler arası etkinliğin 2003 ve 2006 yılları arasındaki değişimini gözlemlemek adına Malmquist İndeksinden ve üçüncü olarak Türkiye'de bölgeler bazında etkinliğin 2003 ve 2006 yılları arasında değişimini gözlemlemek adına Window Analizinden faydalanılmıştır. Böylece üçüncü bölümde anlatılan çoğu model uygulanmış ve yorumlanmış olacaktır. Bu analizler yapılırken EMS paket programından faydalanılmıştır.

5.1 Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (Programme For International Student Assessment, PISA)

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü OECD'nin bir eğitim projesi olan PISA, OECD Eğitim Direktörlüğü'ne bağlı PISA Yönetim Kurulu tarafından yürütülmektedir. Projede kullanılan testlerin ve anketlerin geliştirilmesi, analizlerinin yapılması ve uluslararası raporun hazırlanması işlemleri PISA Yönetim Kurulu gözetiminde belirlenen bir konsorsiyum tarafından yapılmaktadır. PISA'nın ulusal düzeyde çeviri ve uyarlama işlemlerinin yapılması, projenin uygulanması, analizlerinin yapılması ve ulusal raporun hazırlanması işlemleri ise projeye katılan her ülkede belirlenen ulusal merkezler tarafından yapılmaktadır (MEB, 2006).

PISA, önde gelen endüstrileşmiş ülkelerdeki 15 yaş dolayındaki çocukların kazandıkları bilgi ve beceriler üzerinde 3'er yıllık aralarla yapılan bir çalışmadır. 2003 yılında uygulanan çalışmanın ana amacı matematik başarısını ölçmek ve 2006 yılında uygulanan çalışmanın ana amacı da fen bilimleri başarısını ölçmek olmasına rağmen bu çalışmaların her ikisi de genel başarı düzeyini ölçmekte de kullanılmaktadır.

PISA çalışmaları genel olarak şu sorulara cevap aramaktadır:

1. 15 yaş dolayındaki öğrenciler karşılaştıkları güncel sorunların üstesinden gelebiliyorlar mı?
2. Günlük yaşamda karşılaştıkları okuma materyallerini ne ölçüde anlayabiliyorlar?
3. Okulda öğrendikleri matematik ve fen bilimleri bilgilerini gerçek yaşama ne ölçüde uygulayabiliyorlar?

4. Öğrenme şekli, motivasyon, öğretmen ilişkileri vs. gibi faktörler başarıda ne derece etkilidir?

PISA 4 temel alanda başarı ölçümü yapmaktadır; Matematik (Geometri, Cebir, Aritmetik, Olasılık), Okuma, Fen Bilimleri ve Problem Çözme. Bu 4 farklı alandaki başarı sonucunda ülkelerin genel başarıları veya her alandaki başarıları ayrı ayrı hesaplanabilmektedir. Yani özetle PISA projesi, Matematik, Fen Bilimleri ve Okuma Becerileri konu alanları ve öğrencilerin motivasyonları, kendileri hakkındaki görüşleri, öğrenme biçimleri, okul ortamları ve aileleri ile ilgili veriler toplanarak *öğrencinin bilgi ve potansiyelini geliştirip, topluma daha etkili bir şekilde katılmasını ve katkıda bulunmasını sağlamak için yazılı kaynakları bulma, kullanma ve değerlendirme* yapabilme yeteneğini ölçmeyi amaçlar.

PISA Projelerinde ülkelerdeki okulların ve öğrencilerin seçiminde öncelikle tabakalandırma işlemi yapılmakta daha sonra okullar ve öğrenciler OECD tarafından tesadüfi yöntemle seçilmektedir. Örneğin ülkemizde, 2006 yılında yapılan son uygulamada, coğrafi bölgelere göre tabakalandırma yapılmış, bu bölgelerdeki okullaşma yüzdesine göre kayıtlı 15 yaş grubu öğrencisi bulunan ve projeye katılacak okul sayısı belirlenmiş, tesadüfi olarak okullar seçildikten sonra bu okullarda kayıtlı tüm 15 yaş grubu öğrenciler arasından her bir okul için 35 öğrenci yine tesadüfi yöntemle belirlenmiştir.

Çalışmalar hem OECD'ye üye hem de OECD'ye üye olmayan oldukça fazla ülke kullanılarak uygulamaya konulmuştur. Örneğin 2003 yılındaki çalışmada 41 ülke çalışmaya dâhil edilmişken 2006 yılında çalışmaya dâhil edilen ülke sayısı 57'ye yükseltilmiştir. Bu ülkeler Çizelge 5.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 5.1 PISA çalışmalarına dahil edilen ülkeler

PISA 2003 Ülkeleri			PISA 2006 Ülkeleri			
Almanya	İspanya	Polonya	Almanya	Fransa	Katar	Rusya
Amerika	İsveç	Portekiz	Amerika	Hırvatista	Kırgızistan	Slovakya
Avustralya	İsviçre	Rusya	Arjantin	Hollanda	Kolombiya	Slovenya
Avusturya	İtalya	Slovakya	Avustralya	Hong	Kore	Suriye
Belçika	İzlanda	Tayland	Avusturya	İngiltere	Letonya	Şili
Brezilya	Japonya	Tunus	Azerbaycan	İrlanda	Lihtenştayn	Tayland
Çek	Kanada	Türkiye	Belçika	İspanya	Litvanya	Tunus
Danimarka	Kore	Uruguay	Brezilya	İsrail	Lüksemburg	Türkiye
Endonezya	Letonya	Yeni Zelanda	Bulgaristan	İsveç	Macao	Uruguay
Finlandiya	Lihtenştayn	Yugoslavya	Çek Cumhuriyeti	İsviçre	Macaristan	Ürdün
Fransa	Lüksemburg	Yunanistan	Çin	İtalya	Meksika	Yeni
Hollanda	Macao		Danimarka	İzlanda	Norveç	Yunanistan

Hong Kong	Macaristan	Endonezya	Japonya	Polonya
İngiltere	Meksika	Estonya	Kanada	Portekiz
İrlanda	Norveç	Finlandiya	Karadağ	Romanya

5.2 Tüm Uygulamalar İçin Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada kullanılan veriler PISA 2003 ve 2006 çalışmalarından alınmış ve düzenlenmiştir (MEB, 2003). Girdi ve çıktı değişkenleri belirlenirken genel kabul görmüş değişkenlerden yararlanılmıştır.

Seçilen Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin kapsamı ve neden seçildikleri aşağıda daha detaylı olarak açıklanmıştır.

Girdi Değişkenleri

1.Öğretmen Başına Ortalama Öğrenci Sayısı: Öğrenci/Öğretmen oranı bir öğretmen başına düşen öğrenci sayısını vermektedir ve bu oran bir okulun etkin olabilmesi için analiz edilmesi gereken kriterlerden biri olup, bu oranın düşük olması beklenmektedir. Bir öğretmen başına düşen öğrenci oranının yüksek olması aynı zamanda sınıfların kalabalık olması ile yakından ilgilidir ve bu durumda öğretmen öğrenci ilişkisi zayıflayacak eğitimin kalitesi düşecektir. Sonuç olarak bu oran etkinlikle negatif ilişkilidir ve grafiği ters U şeklindedir.

2.Matematik Öğretmeni Başına Ortalama Öğrenci Sayısı: Matematik öğretmeni başına düşen öğrenci sayısı da okulun matematik etkinliğini ölçmekte oldukça etkili bir rol oynamaktadır. Bir önceki değişken için söylediğimiz tüm gerekçeler bu değişken için de geçerlidir.

3.Bir Sınıftaki Ortalama Öğrenci Sayısı: Bu değişken ise bir önceki değişkenler gibi okulların etkinliğinde büyük rol oynamaktadır çünkü bir sınıfta ne kadar az öğrenci olursa o sınıfta iletişim ve öğretmen desteği o kadar fazla olacaktır. Az öğrenci olan sınıfta öğretmenin performansı yüksek olacak ve doğal olarak öğrencinin performansı da yüksek olacaktır. Bu durum ise okulun genel etkinliğini arttıracaktır. Sonuç olarak bir sınıftaki ortalama öğrenci sayısı ile okul etkinliği negatif ilişkilidir.

4.Sınıf Tekrarı Yapan Ortalama Öğrenci Sayısı: Kabaca bir okulda (Lise) sınıf tekrarı yapan öğrenci sayısı ne kadar az ise o okulda başarı o kadar yüksektir denilebilir. Elbette tek başına bu sayı belirleyici bir kriter değildir fakat okulun etkinliğinde önemli bir kriterdir. Sonuç olarak bu değişken de diğer değişkenler gibi etkinlikle negatif ilişkilidir.

5.Zayıf Öğretmen ve Öğrenci İlişkisi Puanı: Bu puan her bir öğrenci için, öğrenci anketindeki 5 farklı soruya verilen cevaplar göz önüne alınarak hesaplanmıştır ve okul ortalaması alınarak

okul puanları belirlenmiştir. Hesaplama yapılırken “Kesinlikle Katılmıyorum” cevabı 1, diğer cevaplar 0 olarak kodlanmış ve okul bazında ortalaması alınmıştır. Bu değişken de okul etkinliği ile negatif ilişkilidir çünkü öğretmen öğrenci ilişkisi zayıf olan bir okulda önceki değişkenlerde de belirtilen sebeplerden dolayı okul etkinliği düşük olacaktır.

6.Kız Öğrenci Oranı: Türkiye şartlarında özellikle ülkemizin doğusunda kız öğrencilerin eğitim düzeyi düşüktür ve her geçen gün kız öğrencilerin okula gitmesi için oldukça büyük çabalar sarf edilmektedir. Ayrıca kız ve erkek öğrencilerin başarıları arasındaki fark göz önüne alındığında bir okuldaki kız ve erkek oranları başarıda önemli rol oynamaktadır. Fakat bu durum, öğrenci oranını korumak adına herhangi bir cinsiyetteki öğrenciyi okula almamak anlamına gelmemelidir. Bu değişken sadece bir fikir vermesi adına ve başarıda oranların ne derece etkili olduğunu bulmak adına kullanılmıştır.

7.HISEI (Highest occupational status of parents) : Her bir öğrenci için en yüksek ebeveyn mesleki durumunu göstermektedir. Bu indeks hesaplanırken temel 3 değişken kullanılmıştır: Anne ve babanın mesleği, meslekteki pozisyonu ve meslek kategorisi. Bu 3 değişken için verilen bilgilerden hareketle International Standard Classification of Occupation (ISCO 1988) standardı kullanılmıştır ve daha sonra International Socio-Economic Index Of Occupation Index’e göre bir indeks hesabı yapıp puanlar elde edilmiştir ve her okul için ortalama alınmıştır. Bu değişken modelde kontrol edilemez bir girdi olarak tanımlanmıştır. Bilindiği üzere Türkiye şartlarında bir öğrencinin sosyal, ekonomik ve kültürel konumu doğal olarak okuldaki başarısını etkiler ve bu değişken karar verme birimi yöneticisi tarafından kontrol edilemeyen bir girdidir.

8.Okul Büyüklüğü: Okul büyüklüğü, bir okuldaki kız ve erkek öğrencilerin toplam sayısını ifade etmektedir. Gereğinden kalabalık bir okulun veya etkin okulların büyüklüğü göz önüne alındığında okul büyüklüğü bir okulun başarısında önemli rol oynamaktadır.

Çıktı Değişkenleri

1.Matematik Başarı Puanı : Bir öğrencinin matematik performansı matematiğin 4 alanında ölçülmüştür ve bu 4 alan Uzay ve Şekil (Geometri), Değişme ve İlişkiler (Cebir), Sayı (Aritmetik) ve Belirsizlik (Olasılık)’tır. Testlerde öğrencilere gerçek yaşamlarında karşıabilecekleri tarzda 85 farklı problem hazırlanmıştır. Genellikle bir yazı veya şema ile ifade edilen bir matematiksel durum ile ilgili olarak birkaç sorunun cevaplanması istenmiştir. Matematik puanları öğrencinin bilgi ve becerisine göre bazı düzeylere ayrılmaktadır. Bu düzeyler Çizelge 5.2’de gösterilmiştir. Belirli düzeylere gelebilen öğrenciler belirli

karakteristik özelliklere ve kabiliyetlere sahiptir. Kısaca hangi düzeyde neler yapabildikleri ve puan aralıkları aşağıdaki gibi açıklanabilir (MEB, 2005).

Çizelge 5.2 Matematik başarı düzeyleri ve puan aralıkları

Düzy	Puan Aralığı	
	Minimum	Maksimum
0	-	357.77
1	358.78	420.07
2	420.08	482.38
3	482.39	544.68
4	544.69	606.99
5	607.00	669.30
6	669.31	-

Düzy 1: Sorunun açıkça belirtildiğı, çözüm için gerekli tüm bilgilerin verildiğı soruları yanıtlayabilirler. Kısaca bu düzeydeki bir öğrenci, açık olan ve tek bir uyarıcıyı takip etmekle yapılabilen işlemleri gerçekleştirebilmektedir.

Düzy 2: Bu düzeydeki öğrenciler temel algoritmaları, formülleri ve işlem yollarını kullanabilirler. Doğrudan çıkarım yapabilir fakat görülenin ötesinde yorumlar yapamamaktadırlar.

Düzy 3: Bu düzeydeki öğrenciler, ardışık karar verme dâhil olmak üzere açıkça belirtilmiş işlemleri yapabilmektedirler. Ayrıca sonuçların yorumunu ve muhakemesini anlatan kısa raporlar hazırlayabilirler.

Düzy 4: Bu düzeydeki öğrenciler kendi yorumlarına, görüşlerine ve hareketlerine dayalı açıklama ve görüşler kurgulayabilir ve bunları başkalarına anlatabilirler.

Düzy 5: Bu düzeye erişmiş öğrenciler karmaşık durumlarla ilgili modeller geliştirip kullanabilir, çeşitli stratejiler geliştirerek konu ile ilgili açıklamaları ve yorumları başkalarına anlatabilirler.

Düzy 6: Bu düzeydeki öğrenciler ise, kendi araştırmaları ve modelleme çalışmalarından elde ettikleri bilgilere dayanarak karmaşık problemleri çözebilir, genelleme yapabilir ve gerçek hayatla ilişkilendirebilirler.

Her bir düzey kendinden daha alttaki düzey veya düzeylerin özelliklerini de kapsamaktadır.

2.Okuma Başarı Puanı : Bu aşamada öğrenciler hem düz yazılar ve listelerden hemde grafikler ve şemalardan yararlanarak her bir metin ile ilgili belirlenen bilgiyi elde etme, yorumlama ve değerlendirme yapmaktadırlar. Bu puanlar öğrencinin okuma yeterliliğı vardır

veya yoktur sonucuna ulaşmamızı sağlamaz, okuma yeterliliğinde de aynı matematik başarısındaki gibi seviyeler vardır ve bu seviyeler Çizelge 5.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3 Okuma başarısı düzeyleri ve puan aralıkları

Düzy	Puan Aralığı	
	Minimum	Maksimum
0	-	357
1	358	420
2	421	482
3	483	544
4	545	606
5	607	-

Düzy 1 : Bu seviyedeki bir öğrenci, metinlerde ve grafiklerde açıkça belirtilmiş bilgileri ve metindeki bilgi ile yaygınca bilinen günlük bilgi arasında basit bir bağlantı kurabilme kabiliyetine sahiptir.

Düzy 2 : Bu seviyedeki bir öğrenci bir metindeki ana düşüneyi belirleme, ilişkileri anlama ve düşük düzeyli çıkarsamalarda bulunabilme kabiliyetinin yanısıra metin dışındaki bilgilerle metin arasında bağlantılar kurarak yorumlama kabiliyeti de kazanmıştır.

Düzy 3 : Bu seviyedeki bir öğrenci ana düşüneyi belirleme adına birkaç metni birlikte inceleme ve birleştirebilme, karşılaştırma yapabilme kabiliyetini kazanmıştır. Ayrıca bu öğrenci güncel hayatla ilişkiler kurarak karşılaştırma yapabilme ve metni en ince ayrıntılarına kadar anlayabilme yeteneği kazanmıştır.

Düzy 4 : Bu seviyedeki öğrenci, bir metindeki hangi bilgilerin verilen görev (Soru) için uygun olduğunu belirlemek, metin hakkında hipotez kurmak ve metni eleştirel bir gözle değerlendirmenin yanında uzun ve anlaşılması güç metinleri anlayabilme kabiliyeti kazanmıştır.

Düzy 5 : Bu seviyedeki bir öğrenci ise metin içerisine saklanmış bilgileri ortaya çıkarma, metni tam olarak anlayıp yorumlayabilme, metni eleştirel gözle değerlendirip hipotezler yaratabilme ve karmaşık metinleri tam anlamıyla anlayabilme kabiliyetlerini kazanmıştır.

Her bir düzey kendinden daha alttaki düzey veya düzeylerin özelliklerini de kapsamaktadır.

3.Fen Bilimler Başarı Puanı : Bu aşamada asıl vurgulanan nokta bilimsel bilgi ve becerilerin gerçek yaşam durumlarında kullanılabilmesidir. Bu amaçla öğrencilerden bilimsel olay ve olguları tanımlama, bilimsel araştıma ve incelemeleri anlama gibi bazı bilgi ve becerilerini

kullanmalarını istemişlerdir. Pisa 2003'ün asıl amacı matematik başarısını ölçmek olduğundan fen bilimleri ve okuma başarıları için genel bir puan elde edilmiştir yani detaylı olarak değerlendirilen bölüm okuma veya fen bilimleri değil matematik başarısıdır. Fen bilimleri başarı puanları da kabaca seviyelere ayrılmıştır ve bu seviyeler Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.4 Fen bilimleri başarı düzeyleri ve puanları

Düzy	Puan Aralığı (Ortalama Olarak)
1	690
2	550
3	400

Düzy 1 : Bu seviyedeki öğrenciler basit bilimsel olguları anlayabilir, sonuç çıkarma ve çıkarılan sonuçları değerlendirmede ise yaygınca bilinen bilimsel bilgileri kullanabilirler.

Düzy 2 : Bu seviyedeki bir öğrenci bir bilimsel araştırmada ele alınması gereken ayrıntıları belirleme, sonuca ulaşma ve ulaşılan sonuç hakkında yorum yapma kabiliyetini kazanmışlardır.

Düzy 3 : Bu seviyedeki öğrenciler ise kavramsal modelleri kurabilir, yorumlayabilir veya başka bir model hakkında eleştiride bulunabilirler. Kısaca bir araştırmayı başından sonuna kadar yürütebilir, analiz edilebilir ve yorumlayabilirler.

5.3 2003 Yılı Türkiye'deki Okulların Etkinlik Ölçümü

Türkiye'nin Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programındaki (PISA 2003) düşük performansı ülkemiz için çok büyük bir hayal kırıklığına sebep olmuştur. Matematik, okuma ve fen bilimlerindeki bu düşük performansın sebebini araştırmak amacıyla bu uygulamada, Veri Zarflama Analizi kullanarak Türkiye'deki liselerin performansı ölçülmüştür. Örneklem Türkiye'deki Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programına katılan okullardan oluşmaktadır. Bu verileri kullanarak eğitimde etkin olan ve olmayan okullar belirlenmiştir. Ayrıca etkin olmayan okulların etkin hale gelebilmesi için izlemeleri gereken stratejiler belirlenmiştir. Bu uygulama için CCR, BCC ve Toplamsal Model formlarından yararlanılmıştır.

İncelenen çalışmalar sonucunda bu çalışma için Çizelge 5.5'deki değişkenlerin seçilmesine karar verilmiştir.

Çizelge 5.5 2003 Yılı Türkiye’deki okulların etkinlik uygulaması için seçilen girdi-çıkıtı değişkenleri

Girdi Değişkenleri	Çıkıtı Değişkenleri
Öğretmen Başına Ortalama Öğrenci Sayısı	Matematik Başarı Puanı
Matematik Öğretmeni Başına Ortalama Öğrenci Sayısı	Okuma Başarı Puanı
Bir Sınıftaki Ortalama Öğrenci Sayısı	Fen Bilimler Başarı Puanı
Sınıf Tekrarı Yapan Ortalama Öğrenci Sayısı	
Zayıf Öğretmen Ve Öğrenci İlişkisi Puanı	
Kız Öğrenci Oranı	
Kontrol Edilemez Girdi Değişkeni	
HISEI (Highest occupational status of parents)	

5.3.1 Uygulamanın Kapsamı ve Yöntemi

Çoklu girdi ve çıktıya sahip sistemlerde performans değerlendirilmesi için VZA kullanılmaktadır. VZA yaklaşımının performans ölçmede elde ettiği sonuçlar şunlardır:

1. Etkin okulların belirlenmesi
2. Etkin olmayan okulların belirlenmesi
3. Etkin olmayan okullar tarafından kullanılan fazla kaynak miktarlarının tespiti
4. Etkin olmayan okullar için mevcut girdi düzeyleri ile üretmeleri gereken çıktı düzeylerinin tespiti
5. Etkin olmayan okulların etkin referans setini oluşturan okulların belirlenmesi,

bu çalışmada cevabı aranan soruları oluşturmaktadır.

5.3.2 Uygulama Kapsamında Seçilen Okullar

Uygulama kapsamında seçilen okul kodları ve isimleri Çizelge 5.6’da belirtilmiştir.

Çizelge 5.6 Okul kodları ve isimleri

Okul ID	Okul Adı	Okul ID	Okul Adı
3	Özel Kadıköy I Lis	82	Hakkâri Yüksekova Lis.
5	Samsun Ayvacık Çok Prog. Lis	83	Osmaniye Merkez RH Anadolu Kız Mes. Lis.
6	Niğde Merkez Anadolu Öğr Lis	84	İstanbul Pendik TB Lis.
8	Konya Meram ZÖ Lis	87	Afyon Çay Çok Prog Lis.
10	Muğla Yatağan Lis.	88	Balıkesir İH Lis.
12	Afyon Dinar İH Lis.	89	İstanbul Sarıyer ŞÜ Anadolu Mes Lis.
14	İstanbul Kadıköy PFS Lis.	91	Gaziantep İslahiye İS Lis
15	Trabzon YomraT Lis.	101	Osmaniye Merkez A Lis.
16	İstanbul Kadıköy NC Lis.	102	Denizli Çardak Çok Prog Lis.
22	Karabük Merkez KC Lis	103	Malatya Merkez F Lis
23	Sakarya Akyazı ŞYHİS Lis.	104	İzmir Menemen Anadolu Lis.
24	İstanbul Kartal Tic Mes. Lis.	106	Kırklareli Lüleburgaz Anadolu Tic. Mes. Lis.
25	Mardin Mazıdağı Çok Prog. Lis.	109	Manisa Akhisar Lis.
26	Adana Seyhan İS Kız Mes Lis.	110	İstanbul Kağıthane İH Lis.
29	Sakarya Adapazarı S Anadolu Tek. Lis.	112	İstanbul Özel AR Lis
32	Aydın Kuşadası Anadolu Tek Lis.	113	İstanbul Kadıköy GARE Lis.
35	Malatya Merkez B Lis	117	Çankırı A Çok Prog Lis.
36	Ankara E Lis.	119	İstanbul Maltepe Lis.
39	Kastamonu Merkez OŞG Lis.	120	Eskişehir Merkez YE Anadolu Tek Lis.
41	Erzurum Merkez ZG Lis.	122	Giresun Bulancak İ H Lis.
42	Balıkesir MH Lis.	124	İstanbul Üsküdar HAS Anadolu Lis
44	Denizli Çal Lis.	128	Kırklareli Merkez A Lis.
46	Ankara Altındağ ZH Kız Mes. Lis.	130	İçel Mersin A Anadolu Tek ve End Mes Lis.
49	Antalya HMMB Anadolu Lis.	131	Ankara Yenimahalle Polis Koleji
52	Trabzon Of M İÖO	133	İstanbul Bakırköy YKB Lis.
53	Aydın C Lisesi	134	Manisa Turgutlu HK Fen. Lis.
54	Kahramanmaraş Merkez KÇ Anadolu Lis.	136	Kilis Merkez HMK Anadolu Lis
57	İzmir Bergama Lis.	137	Edirne Uzun köprü MAD Tic Mes Lis.
59	Van Merkez A Lis.	139	Kocaeli İzmit Lis
60	Karabük Merkez Anadolu İHL	141	Kayseri Melikgazi Anadolu Tek Lis.
61	Ankara Çankaya Özel Y Lis.	142	Niğde Bor ŞNP.Lis
62	Eskişehir Merkez YE Lis.	143	Çorum Merkez M Lis.
63	Trabzon Merkez T Lis.	144	Konya Meram Anadolu Tic. Mes Lis
66	İstanbul Küçükçekmece İA Anadolu Tek. ve End.Mes Lis.	145	İzmir Konak EİNS Lis.
69	Ankara Mamak NM Lis.	147	Gaziantep ŞKHSK End. Mes ve Anadolu Tek Lis.
70	İzmir Konak İ Tic Mes Lis	148	Çankırı Merkez Anadolu Tek Lis.
71	Erzurum Merkez Anadolu İ H Lis.	149	İzmir Buca Ş Lis.
72	İstanbul Üsküdar EP Tic Mes. Lis.	152	Ankara Yenimahalle YKB Lis.
74	Zonguldak Merkez Anadolu Tek Lis.	153	Muğla Milas Anadolu Mes Lis.
75	Afyon Dinar Lis.		

Dünya ülkelerine ait eğitim verileri kullanılarak yapılan çalışmalarda ülkelere ilişkin verilerin tam olarak bulunamaması nedeni ile ya ülkelerin ya da değişkenlerin analizden çıkarıldıkları veya kayıp verilerin başka yılların verileri kullanılarak ortadan kaldırıldığı görülmektedir. Bu çalışmada da bu gibi sorunların üstesinden gelinmesi için literatürdeki çeşitli uygulamalara başvurulmuştur. Buna rağmen, PISA 2003'te Türkiye bazında mevcut 159 okul, seçtiğimiz girdi ve çıktı değişkenlerinde bazı eksik değerlerin (missing values) silinmesinin sonucunda 79 okula indirgenmiştir.

5.3.3 Girdiye Yönelik CCR Modeli Analizi

Belli bir çıktı bileşimini en etkin bir şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştıran girdiye yönelik CCR modeli için sonuçlar EK 1'de yer almaktadır.

Girdiye yönelik CCR modeline göre toplamda 13 okulun etkin olarak karşımıza çıktığı görülmektedir ve bu okullar, Özel Kadıköy Lisesi, Afyon Dinar İH Lisesi, İstanbul Şişli M. Lisesi, Malatya Merkez B. Lisesi, Ankara Erkek Lisesi, Trabzon Of M. İÖÖ, Afyon Çay Çok Prog. Lise, Balıkesir İH Lisesi, Kırklareli Lüleburgaz Anadolu Tic. Mes. Lisesi, İstanbul Özel AR-EL Lisesi, Eskişehir Merkez YE Anadolu Tek. Lisesi, Ankara Yenimahalle Polis Koleji ve Manisa Turgutlu H.K. Fen Lisesi olup EK 1'deki tabloda yeşil renk ile gösterilmiştir. Bu okullar dışında kalan diğer okulların etkinlik değerleri göreceli olarak etkin okullara göre belirlenmekte ve etkin olmayan okullar olarak adlandırılmaktadır. EK 1'deki tablonun benchmark kolonunda ise etkin okullar için kaç defa referans olarak gösterildiği, etkin olmayan okullar için ise hangi etkin okulları ne derece referans olarak alabilecekleri gösterilmektedir. Bu durumda Ankara Yenimahalle Polis Koleji en fazla referans gösterilen (57) okulken, Ankara Erkek Lis. Ve Trabzon Of M. İÖÖ okulları etkin olduğu halde referans gösterilecek kadar iyi değildir (Referans gösterilme sayısı sıfırdır). Yapılabilecek potansiyel iyileştirmelere baktığımızda örneğin etkinlik değeri %93.53 olan Niğde Merkez Anadolu Öğretmen Lisesi referans kümesinde Afyon Dinar İH Lisesi (0.014), Balıkesir İH Lisesi (0.539), İstanbul Özel AR-EL Lisesi (0.125) ve Manisa Turgutlu H.K. Fen Lisesi (0.5) bulunmaktadır ve parantez içindeki değerler λ 'ları göstermektedir. Buradan hareketle Niğde Merkez Anadolu Öğr. Lisesi için yapılabilecek iyileştirmeler; Matematik Öğretmeni Başına Öğrenci Oranında 35.326, Zayıf Öğretmen Öğrenci İlişkisinde de 0.032'lik bir azaltma yapılarak çıktılarda Matematik Başarı Puanında 16,7 ve Fen Bilimleri Başarı Puanında 19.453 puanlık bir artırım sonucunda etkin hale geleceğini söyleyebiliriz. Diğer bir değişle girdilerdeki bu iyileştirmeler çıktılarda 16.7 ve 19.453 puanlık iyileştirmeleri sağlayacak ve

Niğde Merkez Anadolu Öğr. Lisesi etkin hale gelecektir denilebilir. Diğer okullar için de benzer şekilde yorumlar yapılabilir.

5.3.4 Çıktıya Yönelik CCR Modeli Analizi

Belirli bir girdi bileşimiyle en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğinin araştırılmasında kullanılan CCR Modeli sonuçları EK 2’de gösterilmektedir.

Girdiye yönelik modelde etkin olan birimler çıktıya yönelik modelde de etkindir ve ayrıca girdiye yönelik modelde etkin olmayan birimler çıktıya yönelik modelde de etkin değildir. Aradaki farklılık referans kümeleri ve potansiyel iyileştirme oranlarındadır. EK 2’deki tablonun benchmark kolonuna baktığımızda en fazla referans olarak gösterilen (50) okulun Balıkesir İH Lisesi olduğu, en az referans olarak gösterilen (0) okulların ise Aydın Kuşadası Anadolu Tek. Lisesi ve Trabzon Of M. İÖO okulları olduğu görülmektedir.

Bu durumda örneğin Niğde Merkez Anadolu Öğr. Lisesi için referans kümesinde Afyon Dinar İH Lisesi (0.035), Balıkesir İH Lisesi (0.725), İstanbul Özel AR-EL Lisesi (0.014) ve Manisa Turgutlu H.K. Fen. Lisesi (0.537) okulları bulunmaktadır ve parantez içindeki değerler λ ’ları göstermektedir. Bu bileşimlerin sonucunda Niğde Merkez Anadolu Öğr. Lisesi için Matematik Başarı Puanı için 10.995 puan ve Fen Bilimleri Başarı Puanı için 20.981 puan artırılması ve girdilerde ise Matematik Öğretmeni Başına Öğrenci Oranında 39.308 ve Zayıf Öğretmen Öğrenci İlişkisinde de 0.031’lik bir azaltma yapıldığında bu okul etkin hale gelecektir. Diğer bir değişle sözü geçen çıktılarda 10.995 ve 20.981 puanlık artırımlar yapabilmek için sözü geçen girdilerde 39.308 ve 0.031’lik azaltmalar yapılmalıdır. Diğer etkin olmayan okullar için de benzer şekilde yorumlamalar yapılabilir.

5.3.5 Girdiye Yönelik BCC Modeli Analizi

Ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan BCC modeli için minimum girdi ile maksimum çıktı sağlanmasını amaçlayan girdiye yönelik BCC Modelinin sonuçları EK 3’de gösterilmektedir.

Girdiye yönelik BCC modeli sonuçlarına göre, toplam 79 okuldan 24’ünün etkin olduğu görülmektedir ve bu okullar Özel Kadıköy Lisesi, Niğde Merkez Anadolu Öğr. Lisesi, Afyon Dinar İH Lisesi, Sakarya Adapazarı S. Anadolu Tek. Lisesi, Aydın Kuşadası Anadolu Tek. Lisesi, Malatya Merkez B. Lisesi, Ankara Erkek Lisesi, Trabzon Of M. İÖO, Eskişehir Merkez YE Lisesi, İstanbul Küçükçekmece İ.A. Anadolu Tek. ve End. Mes Lisesi, Zonguldak Merkez Anadolu Tek. Lisesi, Afyon Çay Çok Prog. Lisesi, Balıkesir İH Lisesi, Denizli

Çardak Çok Prog. Lise, Kırklareli Lüleburgaz Anadolu Tic. Mes. Lisesi, İstanbul Özel AR-EL Lisesi, Eskişehir Merkez Y.E. Anadolu Tek. Lisesi, Kırklareli Merkez A. Lisesi, İçel Mersin A. Anadolu Tek. ve End. Mes. Lisesi, Ankara Yenimahalle Polis Koleji, Manisa Turgutlu H.K. Fen Lisesi, Kayseri Melikgazi Anadolu Tek. Lisesi, Çankırı Merkez Anadolu Tek. Lisesi ve Muğla Milas Anadolu Mes Lisesi'dir. Diğer okulların etkinlik değerleri bu etkin okullara göre belirlenmektedir. EK 3'deki tablonun benchmark kolonunda ise etkin okullar için etkin olmayan okullara kaç defa referans olarak gösterildiği yer almaktadır. Aynı kolonda etkin olmayan okullar için ise etkin hale gelebilmek için referans setinin nasıl olduğu gösterilmektedir. Bu durumda en fazla referans olarak gösterilen(50) okul Balıkesir İH Lisesidir. Örneğin etkinlik değeri %88,3 olan Samsun Ayvacık Çok Prog. Lisesi için referans kümesinde Özel Kadıköy Lisesi (0.100), Afyon Dinar İH Lisesi (0.018), Balıkesir İH Lisesi (0.698) ve Denizli Çardak Çok Prog. Lisesinin (0.185) var olduğu görülmektedir ve parantez içindeki değerler λ 'ları göstermektedir. Bu bilgilerden hareketle Samsun Ayvacık Çok Prog. Lisesi etkin hale gelebilmesi için Öğretmen Başına Ortalama Öğrenci Oranında 5.45, Matematik Öğretmeni Başına Ortalama Öğrenci Oranında 75.605, Sınıf Tekrarı Yapan Öğrenci Sayısında 4.15 birimlik azaltmalar yaparak ve HISEI değişkeninin de 4.796 birim daha az olabilmesi halinde, çıktı değişkenlerinde de Okuma Başarı Puanında 10.423 ve Fen Bilimleri Başarı Puanında 8.8 puanlık artırım olması gerekmektedir. Yani diğer bir değişle eğer sözü edilen girdilerde bu azaltmalar yapıldığı takdirde sözü edilen çıktılarda 10.423 ve 8.8 puanlık artmalar yaşanacak ve birim etkin hale gelecektir denilebilir. Benzer yorumlar diğer okullar için de yapılabilir.

5.3.6 Çıktıya Yönelik BCC Modeli Analizi

Ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan, belirli bir girdi bileşimiyle en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğinin araştırılmasında kullanılan BCC Modeli sonuçları EK 4'te gösterilmektedir ve yorumları benzer şekilde yapılabilir.

5.3.7 Toplamsal Model Analizi

Toplamsal Model'de her iki yönelim tek bir modelde kombine edilmiştir, yani bu modelde eş zamanlı olarak hem girdilerin ne kadar azaltılması gerektiği hem de çıktıların ne kadar artırılması gerektiği hesaplanabilmektedir. Bu modelin sonuçları EK 5'de gösterilmiştir.

Toplamsal model sonuçlarına göre toplam 79 okuldan 13'ünün etkin olduğu görülmektedir ve bu okullar Özel Kadıköy Lisesi, Afyon Dinar İH Lisesi, Aydın Kuşadası Anadolu Tek. Lisesi, Malatya Merkez B. Lisesi, Ankara Erkek Lisesi, Trabzon Of M. İÖÖ, Afyon Çay Çok Prog.

Lise, Balıkesir İH Lisesi, Kırklareli Lüleburgaz Anadolu Tic. Mes. Lisesi, İstanbul Özel AR-EL Lisesi, Eskişehir Merkez Y.E. Anadolu Tek. Lisesi, Ankara Yenimahalle Polis Koleji ve Manisa Turgutlu HK Fen Lisesi'dir. Diğer okulların etkinlik değerleri bu etkin okullara göre belirlenmektedir. EK 5'deki tablonun benchmark kolonunda ise etkin okullar için etkin olmayan okullara kaf defa referans olarak gösterildiği yer almaktadır. Aynı kolonda etkin olmayan okullar için ise etkin hale gelebilmek için referans setinin nasıl olduğu gösterilmektedir. Bu durumda en fazla referans olarak gösterilen (66) okul Manisa Turgutlu HK Fen Lisesi'dir. Örneğin etkinlik değeri %164.17 olan Samsun Ayvacık Çok Prog. Lisesi için referans kümesinde sadece Manisa Turgutlu HK Fen Lisesi (0.552) var olduğu görülmektedir ve parantez içindeki değer λ 'yı göstermektedir. Bu bilgilerden hareketle Samsun Ayvacık Çok Prog. Lisesi etkin hale gelebilmesi için Sınıftaki Ortalama Öğrenci Sayısının 3.45, Kız Öğrenci Oranının 0.202, Öğretmen Başına Ortalama Öğrenci Oranında 9.9, Matematik Öğretmeni Başına Ortalama Öğrenci Oranında 143.502, Sınıf Tekrarı Yapan Öğrenci Sayısında 7, Zayıf Öğretmen Öğrenci İlişkisi Puanında 0.024 birimlik azaltmalar yaparak ve HISEI değişkeninin de 3.39 birim daha az olabilmesi halinde, çıktı değişkenlerinde de Okuma Başarı Puanında 43.778 ve Fen Bilimleri Başarı Puanında 11.443 puanlık artırım yapılması olması gerekmektedir. Benzer yorumlar diğer okullar için de yapılabilir.

5.3.8 Değerlendirme ve Öneriler

Bu çalışmada VZA literatüründe oldukça geniş yer bulan okul etkinliği konusuna değinilmiştir. Daha önceki yorumlarda da söylendiği üzere girdi fazlalıkları veya çıktı eksiklikleri referans kümelerindeki birimler yardımıyla yerine göre azaltılabilir ve artırılabilir. Bu doğrultuda etkin olmayan okullar etkin bir hale getirilebilir ve bunun sonucu olarak ülkemizin geleceği olan gençlerimizin daha bilinçli, kültürlü ve eğitilmiş olması sağlanabilir. Yorumlamalar genel bir fikir vermesi adına CCR Modeli için yapılmıştır ve benzer şekilde diğer modeller için de yapılabilir.

Çalışmada okulların illere göre dağılım yüzdesi Çizelge 5.7'de belirtilmiştir.

Çizelge 5.7 İllere göre okul yüzdeleri

İl	Yüzde	İl	Yüzde
Adana	%1.3	Kastamonu	%1.3
Afyon	%3.8	Kayseri	%1.3
Ankara	%7.5	Kırklareli	%2.5
Antalya	%1.3	Kocaeli	%1.3
Aydın	%2.5	Konya	%2.5

Balıkesir	%2.5	Malatya	%2.5
Çankırı	%2.5	Manisa	%2.5
Çorum	%1.3	Mardin	%1.3
Denizli	%2.5	Mersin	%1.3
Edirne	%1.3	Muğla	%2.5
Erzurum	%2.5	Niğde	%2.5
Eskişehir	%2.5	Osmaniye	%2.5
Gaziantep	%3.8	Sakarya	%2.5
Giresun	%1.3	Samsun	%1.3
Hakkari	%1.3	Trabzon	%3.8
İstanbul	%17.7	Van	%1.3
İzmir	%6.2	Zonguldak	%3.8
K.Maraş	%1.3		

Çizelge 5.7'ye göre en fazla okul İstanbul'dan, daha sonra Ankara ve İzmir'den seçilmiştir. CCR Modeline göre etkin okulların oranının en fazla olduğu iller %15.4 ($2/13 \times 100$) ile İstanbul, Afyon ve Ankara'dır. Etkin okullara baktığımızda İstanbul'dan seçilen 14 okuldan 2'si, Afyon'dan seçilen 3 okuldan 2'si, Ankara'dan seçilen 6 okuldan 2'si, Aydıncan'dan seçilen 2 okuldan 1'i, Malatya'dan seçilen 2 okuldan 1'i, Trabzon'dan seçilen 3 okuldan 1'i, Balıkesir'den seçilen 1 okul, Kırklareli'nden seçilen 2 okuldan 1'i, Eskişehir'den seçilen 2 okuldan 1'i ve Manisa'dan seçilen 2 okuldan 1'i etkin olarak belirlenmiştir.

Çalışmada okulların okul tiplerine göre dağılımı Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8 Okul tiplerine göre dağılım

Okul Tipleri	Yüzde
Anadolu Lisesi	%15.2
Çok Prog. Lise	%6.3
Düz Lise	%41.8
Fen Lisesi	%2.5
İmam Hatip Lisesi	%5.1
Meslek Lisesi	%24.1
Özel Lise	%3.8
Polis Koleji	%1.3

Çizelge 5.8'e göre çalışmada dağılımı en fazla olan okul tipi düz lise daha sonra Meslek Lisesi ve Anadolu lisesidir. CCR modeli için etkin okullar arasında yüzdesi en fazla olan okullar %23.1 ($3/13 \times 100$) ile Meslek liseleri ve düz liselerdir. Genel anlamda baktığımızda ise çalışmadaki toplam 3 özel liseden 2'si, 4 İmam Hatip lisesinden 2'si, 19 Meslek lisesinden 3'ü, 33 Düz liseden 3'ü, 5 Çok programlı liseden 1'i, mevcut 1 Polis koleji ve 2 Fen lisesinden 1'i etkin olarak belirlenmiştir.

Çalışmada hem girdiye hem de çıktıya yönelik olmak üzere CCR ve BCC Modellerinden ve Toplamsal Modelden faydalanılmıştır. Girdi yönelimli modeller için sonuçlar Çizelge 5.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 CCR, BCC ve Toplamsal model etkin birim sayıları ve yüzdeleri

CCR Modeli		BCC Modeli		Toplamsal Model	
Etkin Birim Sayısı	13	Etkin Birim Sayısı	24	Etkin Birim Sayısı	13
Etkin Olmayan Birim Sayısı	66	Etkin Olmayan Birim Sayısı	55	Etkin Olmayan Birim Sayısı	66
Etkin Birimlerin Yüzdesi	19,6	Etkin Birimlerin Yüzdesi	43,6	Etkin Birimlerin Yüzdesi	19,6
Etkin Olmayan Birimlerin Yüzdesi	80,4	Etkin Olmayan Birimlerin Yüzdesi	56,4	Etkin Olmayan Birimlerin Yüzdesi	80,4
Ortalama Etkinlik Değeri	66,2	Ortalama Etkinlik Değeri	75,5	Ortalama Etkinlik Değeri	156,5

Çizelge 5.9’da da görüldüğü üzere CCR Modeli için etkin birim sayısı 13 (%19,6) iken BCC Modeli için bu sayı 24 (%43,6) ve Toplamsal Model için ise 13 (%19,6) olarak hesaplanmıştır. Ortalama etkinlik değerlerine baktığımızda da CCR Modeli için ortalama %66,2 iken BCC Modelinde %75,5 ve Toplamsal Model için %156,5 olarak bulunmuştur. BCC Modelinde daha fazla birimin etkin olduğu ve daha iyimser bir yaklaşım olduğu düşünülebilir. Bunun asıl sebebi ise BCC Modelinin daha esnek ve ölçeğe göre sabit getiri yerine ölçeğe göre değişken getiri kullanması ile verimliliğin artmasına neden olmasıdır.

Çalışmada göze çarpan en önemli nokta, etkin olmayan okullar için genellikle sınıflardaki ortalama öğrenci sayısı, bir öğretmen başına ortalama öğrenci sayısı ve matematik öğretmeni başına ortalama öğrenci sayısı girdilerinin genellikle azaltılması gerektiğidir. Fakat etkinlik için her okulun farklı düzeylerde ve farklı değişkenlerde azaltma ya da artırma yapması gerektiği görülmüştür. Bu sonucun çıkması elbette beklenen bir şeydir çünkü sınıfların kalabalık olması ve öğretmenlerin ilgilenebileceği öğrenci sayısı çocukların başarısında çok büyük rol oynadığı kaçınılmaz bir gerçektir.

BCC Modelinin CCR Modelinden farkının ölçeğe göre getiri olduğu daha önce de belirtilmiştir ve girdiye yönelik model için ölçeğe göre getiri her bir okul için EK 6’da verilmiştir. Buradan hareketle 79 okuldan 13’ü (%16) ölçeğe göre sabit, 7’si (%9) ölçeğe göre azalan ve 59’u (%75) da ölçeğe göre artan getiriye sahip olduğu görülmüştür. Okulların %75 gibi büyük bir çoğunluğu ölçeğe göre artan getiriye sahiptir. Ölçeğe göre artan getiriye sahip okulların gelişmeye (çıktıları artırmaya) daha yatkın okullar olduğu, azalan getiriye sahip

okulların ise gelişmeye daha az yatkın olduğu sonucuna varılabilir. Bu sebeple ülkemizdeki eğitim seviyesinin iyileştirilmesinin hızlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Etkin olmayan okulların etkin hale gelebilmesi için izleyecekleri stratejiler yani mevcut değerler ve olması gereken değerler sadece girdiye yönelik CCR Modeli için EK 8’de gösterilmiştir. Tüm diğer modeller için eksiklikler ve fazlalıkların nasıl hesaplandığı ve etkin olabilmesi için miktarlarının olması gereken değerler çalışmanın 4. bölümünde anlatıldığı için örnek olması adına sadece girdiye yönelik CCR Modelinin mevcut ve olması gereken değerleri EK 7’de verilmiştir. Benzer şekilde diğer modeller için de hesaplama yapılabilir.

Sonuç olarak, etkin olmayan okulların genelinde sınıflardaki ortalama öğrenci sayısının azaltılması, öğretmenlerin üzerine düşen yükün hafifletilmesi adına, bir öğretmen başına düşen öğrenci sayısı ve matematik öğretmeni başına düşen öğrenci sayısında azaltmaya gidilmesi gerekmektedir. Bu durum aynı zamanda Türkiye’deki öğretmen açığını da gözler önüne sermektedir. Ayrıca en başarılı okul tiplerinde birinci sırada Polis Koleji, ikinci sırada özel liseler üçüncü sırada ise imam hatip ve fen liseleri gelmektedir. Çalışmada 1 adet polis koleji olması bir genelleme yapmamızı engellemektedir. Fakat kabaca sözü edilen tiplerdeki okulların eğitim öğretiminin örnek alınması sonucu daha etkin bir düzeyde eğitimi garanti edecektir.

5.4 2003 ve 2006 Yılları Arasında Ülkeler Bazında Etkinlik Değişimi İncelemesi

Uygulamanın bu bölümünün amacı, Uluslararası öğrenci değerlendirme programına katılan ülkelerin 2003 ve 2006 yılları arasında etkinliklerinin değişimini ve Türkiye’nin diğer ülkelere göre durumunu detaylı olarak incelemektir.

Türkiye 2004 yılında, Avrupa Birliği’nin eğitim hedeflerini yerine getirmek amacıyla müfredat programında çeşitli reformlar uygulamaya koymuştur. Türk eğitim sistemindeki 2004 yılında yapılan reformlar şunlardır:

1. 73 okul türünün 5’e indirilmesi
2. Zorunlu eğitimin 12 yıla çıkarılarak liselerin zorunlu eğitime dâhil edilmesi
3. Anadolu liseleri sınavının zorunlu olması
4. Meslek liselerine yönlendirilen öğrenciler Avrupa Birliği ülkelerindeki gibi bilgi ve becerilerine göre çeşitli programlar seçmeleri.

Ayrıca 2005-2006 öğretim yılında yapılan değişiklikler ise aşağıdaki gibidir:

1. Anadolu liselerinin hazırlık sınıfı kaldırılmıştır.

2. Liseler dört yıla çıkarılmıştır.
3. Anadolu liseleri ve yabancı dil ağırlıklı liseler birleştirilmiştir.

Bu uygulama ile uygulanan reformların ne derece başarılı olduğu veya başarılı olmasına 3 yılın yeterli olup olmadığı sorularına yanıt aranacaktır.

5.4.1 Uygulamanın Kapsamı

Bu çalışmadaki veriler PISA 2003 ve PISA 2006 çalışmalarından alınarak düzenlenmiş ve analize uygun hale getirilmiştir (www.pisa.oecd.org). Bu veri seti düzenlenirken PISA 2003 ve PISA 2006 çalışmalarına katılan ülkeler kullanılmıştır. Ortak ülkeler belirlendikten sonra okul başarısını en iyi şekilde ifade edebilecek değişkenler gerek literatür taraması gerekse diğer eğitim ile ilgili etkinlik ölçümü çalışmaları yardımıyla seçilmiştir. Seçilen değişkenler ve seçilme nedenleri Çizelge 5.10’da belirtilmiştir.

Çizelge 5.10 Malmquist indeks uygulaması için seçilen girdi-çıkı değişkenleri

Kontrol Edilebilir Girdi Değişkenleri
<u>1.Okul Büyüklüğü:</u> Okul büyüklüğü bir okuldaki kız ve erkek öğrencilerin toplamını göstermektedir. Bu değişken hem sınıfların kalabalık olması hem de öğretmen başına düşen öğrenci sayısı ile ilgili olduğu için bir okulun başarısında önemli bir faktör olmaktadır. <u>2.Öğretmen Başına Ortalama Öğrenci Sayısı:</u> Öğrenci/Öğretmen oranı bize bir öğretmen başına düşen öğrenci sayısını vermektedir ve mantıklı olarak bu oran bir okulun etkin olabilmesi için analiz edilmesi gereken kriterlerden biri olup, bu sayının düşük olması beklenmektedir. <u>3. Satın Alma Gücü Paritesine Göre Kişi Başına Düşen Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla:</u> Bir ülkedeki kişi başına düşen gayri safi milli hasıla o ülkenin gelişmişlik düzeyini göstermektedir. Bir ülkenin gelişmişlik düzeyi ile eğitim seviyesi çok yakından ilişkilidir.
Kontrol Edilemez Girdi Değişkeni
<u>4.HISEI (Highest occupational status of parents):</u> Her bir öğrenci için en yüksek ebeveyn mesleki durumunu göstermektedir. Bu indeks hesaplanırken temel 3 değişken kullanılmıştır: Anne ve babanın mesleği, meslekteki pozisyonu ve meslek kategorisi.
Çıktı Değişkenleri
<u>1.Matematik Başarı Puanı:</u> Bir öğrencinin matematik performansı matematiğin 4 alanında ölçülmüştür ve bu 4 alan Uzak ve Şekil(Geometri), Değişme ve İlişkiler(Cebir), Sayı(Aritmetik) ve Belirsizlik(Olasılık)’tır. <u>2.Okuma Başarı Puanı:</u> Bu aşamada öğrenciler hem düz yazılar ve listelerden hemde grafikler ve şemalardan yararlanarak her bir metin ile ilgili belirlenen bilgiyi elde etme, yorumlama ve değerlendirme yapmaktadırlar ve puanları belirlenmektedir. <u>3.Fen Bilimler Başarı Puanı:</u> Bu aşamada asıl vurgulanan nokta bilimsel bilgi ve

becerilerin gerçek yaşam durumlarında kullanılabilmesidir. Bu amaçla öğrencilerden bilimsel olay ve olguları tanımlama, bilimsel araştıma ve incelemeleri anlama gibi bazı bilgi ve becerilerini kullanmalarını istemişlerdir.

Avustralya, Arjantin, Brezilya, Kanada, Şili, Danimarka, Fransa, Meksika, Katar ve Amerika (ABD) ülkeleri için seçilen değişkenlerdeki kayıp veri oranının fazla olması sonucu diğer çalışmalarda da görüldüğü üzere çalışmamızdan çıkarılmıştır. Sonuçta çalışmamızda kullandığımız 25 ülke Çizelge 5.11’de gösterilmiştir.

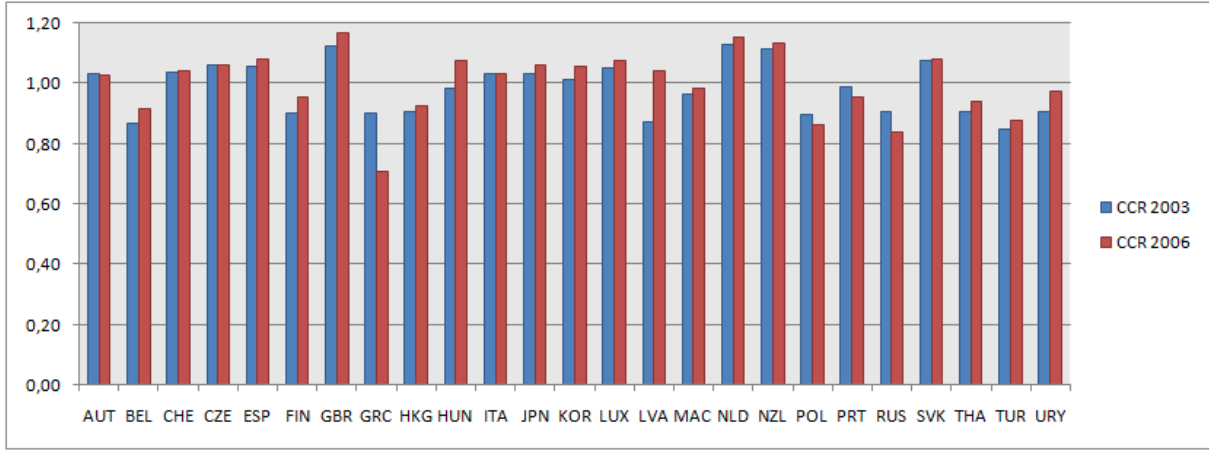
Çizelge 5.11 Malmquist uygulamasına dahil edilen ülkeler

Çalışmada Kullanılan Ülkeler		
Avusturya	Macaristan	Polonya
Belçika	İtalya	Portekiz
İsviçre	Japonya	Rusya
Çek Cumhuriyeti	Kore	Slovakya
İspanya	Lüksemburg	Tayland
Finlandiya	Lituanya	Türkiye
İngiltere	Macao	Uruguay
Yunanistan	Hollanda	
Hong Kong	Yeni Zelanda	

5.4.2 Değerlendirme ve Öneriler

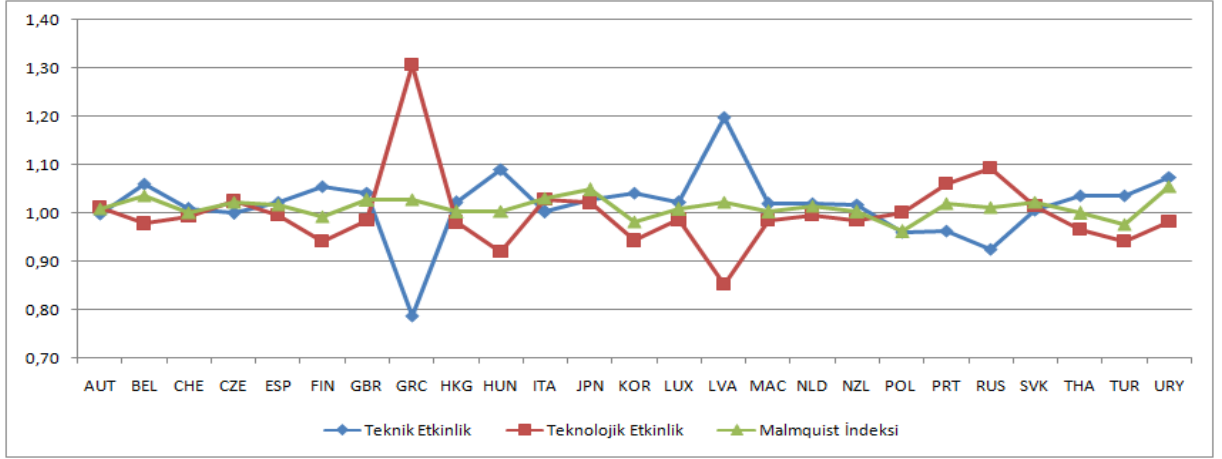
2006 yılında 2003 yılına göre teknik etkinlik değerindeki değişim incelendiğinde bu değer, çalışmaya dâhil edilen 25 ülkeden 18’inde arttığı, 3’ünde değişmediği ve 4’ünde ise azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Teknik etkinlik bakımından %20’lik artış miktarı ile en fazla gelişme gösteren ülkenin Lituanya, %21’lik azalış ile en fazla gerileme kaydeden ülkenin ise Yunanistan olduğu görülmüştür. Türkiye ise teknik etkinlik bazında %4’lük bir artış ile çok büyük olmayan bir gelişme kaydetmiştir. Teknolojik etkinlik değerlerindeki değişimi incelediğimizde ise bu değer in ülkelerin çoğunda azaldığı gözlemlenmiştir. Teknolojik etkinlik bakımından %31’lik artış ile en fazla gelişme kaydetmiş ülkenin Yunanistan, %15’lik azalış ile en fazla gerileme kaydeden ülkenin ise Lituanya olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2006 yılında Türkiye’nin teknolojik etkinliğinde ise 2003 yılına göre %6’lık bir gerileme yaşanmıştır. Toplam faktör verimliliğini incelediğimizde bu değer in çoğunlukla arttığı yani ülkelerin genelinde okulların başarısının arttığı görülmektedir. Sadece Finlandiya, Kore, Polonya ve Türkiye’de toplam verimliliğin azaldığı görülmektedir. Fakat bu azalmaların ya da

artmaların çok aşırı olmadığı yani artışların en fazla %5, azalışların ise en fazla %4 olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin 2006 yılında 2003 yılına oranla eğitim sektöründeki verimliliğini en fazla arttıran ülkeler Japonya ve Uruguay'dır. En fazla gerileme kaydeden ülke ise %4'lük bir gerileme ile Polonya'dır. Türkiye toplam verimlilikte gelişme kaydeden ülkeler arasında yer almamaktadır, çünkü Türkiye'de 2006 yılında 2003'üne oranla %2'lik bir gerileme yaşanmıştır.



Şekil 5.1 2003 ve 2006 yılları için çıktıya yönelik CCR modeli etkinlik değerleri

Şekil 5.1'den hareketle, çalışmamızda göze çarpan önemli noktalardan birisi de toplam faktör verimliliğinde en fazla artışın yaşandığı ülke olan Japonya'nın hem 2003 hem de 2006 yıllarında etkinlik sınırında olmamasıdır. Toplam verimliliğinde en fazla ilerlemeyi kaydetmesine rağmen her iki yılda da etkin ve referans alınabilecek bir birim olamamıştır. Toplam verimlilikte en fazla artışı sağlayan bir diğer ülke Uruguay ise, her iki yılda da etkin birimler arasında yer alarak referans olarak gösterilebilir birimlerin arasına girmiştir. Belçika, Yunanistan, Portekiz ve Rusya hem 2003 hem de 2006 yıllarında etkin birimler olmuş ve toplam verimliliklerini artırmayı başarmışlardır. Toplam verimliliğin artmasının, Belçika için teknik etkinliklerinin artmasından, Yunanistan, Portekiz ve Rusya için ise teknolojik etkinliğinin artmasından kaynaklanmakta olduğu saptanmıştır. Finlandiya ve Türkiye'nin toplam verimliliğindeki azalmanın kaynağı ise teknolojik etkinlikteki gerilemedir. Macaristan ve Lituanya'nın 2003 yılında etkin birimler arasında olmasına ve 2006 yıllarında da etkin birimler arasında olmamasına rağmen toplam faktör verimliliği azalmamıştır. Bunun en büyük sebebi her iki ülkenin de teknik etkinliğini artırmasıdır.



Şekil 5.2 Teknik etkinlik, teknolojik etkinlik ve malmquist indeksi

Şekil 5.2’de görüldüğü üzere teknik etkinlik ve teknolojik etkinlik değerleri arasındaki farklar sadece Yunanistan ve Lituanya’da çok fazladır. Ayrıca bu fark ne kadar fazla olursa olsun toplam faktör verimliliğini 1 etrafında dengelemektedir. Bu zaten beklenen bir sonuçtur çünkü bir ülkedeki eğitim sektörü diğer sektörler gibi krize girme veya batma tehlikesi yaşamadığından dolayı teknik etkinlik ve teknolojik etkinlik değerleri toplam verimliliği dengelemektedir. Burada bir ülkenin asıl amacı hem teknik etkinliği hem de teknolojik etkinliği mümkün olduğunca artırmak olmalıdır.

Çalışmamızda Türkiye’nin yerini ayrıca incelediğimizde, Türkiye’nin teknik etkinliğini artırmasına rağmen teknolojik etkinliğini artıramaması sonucu toplam verimliliği 2006 yılında 2003 yılına oranla %2 azalmıştır. Ayrıca Türkiye’nin hem 2003 hem de 2006 yıllarında etkin birimler arasında olduğu yani referans gösterilecek bir ortaöğretim eğitim sistemine sahip olduğu ve 2006 yılında diğer ülkelere göre göreceli etkinliğini azalttığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple toplam verimlilikte bir azalma söz konusudur. Türkiye’nin asıl sorunu teknolojik etkinliğin düşmesidir. Bunun en büyük sebeplerinden birisi Türkiye’deki eğitim reformlarının oldukça yavaş ilerlemesidir. Aralık 2004’te Avrupa Birliği’nin eğitim hedeflerini yerine getirmek amacıyla müfredat programında çeşitli reformlar uygulamaya koymuştur. Yapısal reformda ise Türkiye’deki eğitim sistemini bağımsızlaştırmayı hedeflemektedir. Bu çalışma ilk kez 2004 yılında yapılmaya çalışılmış, fakat başarılı olunamamıştır (Akşit, 2007). Bu başarısızlık Türkiye’nin toplam faktör verimliliğindeki %2’lik azalmayı doğrular niteliktedir. Ayrıca 2005 yılında Anadolu liselerin hazırlık sınıflarının kaldırılması, liselerin 4 yıla çıkarılması ve Anadolu liseleri ile yabancı dil ağırlıklı liselerin birleştirilmesi gibi uygulamaya konulan reformlara ayak uydurmadaki zorluklar toplam verimliliğin azalmasında

bir diğer etkidir. Kısacası 2004 ve 2005 yıllarında eğitim sistemindeki reformlara uyum sürecinin uzun olması sonucunda Türkiye'nin toplam verimliliği %2 azalmıştır.

2003 ve 2006 yıllarının her ikisinde de etkinliğini koruyan, yani referans alınabilecek ülkeler sınıfına giren ve toplam verimliliğinde artış yaratabilmiş ülkeler Belçika, Yunanistan, Litvanya, Portekiz, Rusya ve Uruguay'dır. Özetle bu ülkelerdeki eğitim reformları, mevcut eğitim sistemi, ülkenin eğitime harcadığı pay, okul büyüklükleri ve Öğretmen başına düşen öğrenci oranı gibi eğitimin temelini oluşturan özellikler referans alınarak etkin bir eğitime sahip olunabilir. Sonuç olarak Türkiye'de yapılacak reformların gerekliliği, uygulamaya konma zamanı, süresi ve etkinliği göz önüne alındığında yapılan hataların tekrarlanmayacağını ve ilerleyen yıllarda eğitim sisteminin etkinliğinin artacağını düşünmekteyiz.

5.5 2003 ve 2006 Yılları Arasında Bölgeler Bazında Etkinlik Değişimi İncelemesi

Uygulamanın bu bölümünün amacı, 2003 ve 2006 yıllarında Uluslararası öğrenci değerlendirme programına katılan okulları kullanarak Türkiye'deki bölgelerin etkinlik değişimini incelemektir.

Bu Uygulama sonucunda uygulanan reformların ne derece başarılı olduğu, hangi bölgelerin etkinliğinin azaldığı ve reformların uygulanmasına 3 yılın yeterli olup olmadığı sorularına yanıt aranacaktır.

5.5.1 Uygulamanın Kapsamı

Bu çalışmadaki veriler PISA 2003 ve PISA 2006 çalışmalarından alınarak düzenlenmiş ve analize uygun hale getirilmiştir. Bu veri seti düzenlenirken Türkiye'deki PISA 2003 ve PISA 2006 çalışmalarına katılan okulların bulundukları bölgeler kullanılmıştır. Ortak okullar belirlendikten sonra okul başarısını en iyi şekilde ifade edebilecek değişkenler gerek literatür taraması gerekse diğer eğitim ile ilgili etkinlik ölçümü çalışmaları yardımıyla seçilmiştir. Seçilen değişkenler ve seçilme nedenleri Çizelge 5.12'de belirtilmiştir.

Çizelge 5.12 Window analizi için seçilen girdi-çıktı değişkenleri

Kontrol Edilebilir Girdi Değişkenleri
<u>1.Okul Büyüklüğü:</u> Okul büyüklüğü bir okuldaki kız ve erkek öğrencilerin toplamını göstermektedir. Bu değişken hem sınıfların kalabalık olması hem de öğretmen başına düşen öğrenci sayısı ile ilgili olduğu için bir okulun başarısında önemli bir faktör olmaktadır. <u>2.Öğretmen Başına Ortalama Öğrenci Sayısı:</u> Öğrenci/Öğretmen oranı bize bir öğretmen

başına düşen öğrenci sayısını vermektedir ve mantıklı olarak bu oran bir okulun etkin olabilmesi için analiz edilmesi gereken kriterlerden biri olup, bu sayının düşük olması beklenmektedir.

Kontrol Edilemez Girdi Değişkeni

4.HISEI (Highest occupational status of parents): Her bir öğrenci için en yüksek ebeveyn mesleki durumunu göstermektedir. Bu indeks hesaplanırken temel 3 değişken kullanılmıştır: Anne ve babanın mesleği, meslekteki pozisyonu ve meslek kategorisi.

Çıktı Değişkenleri

1.Matematik Başarı Puanı: Bir öğrencinin matematik performansı matematiğin 4 alanında ölçülmüştür ve bu 4 alan Uzay ve Şekil(Geometri), Değişme ve İlişkiler(Cebir), Sayı(Aritmetik) ve Belirsizlik(Olasılık)'tir.

2.Okuma Başarı Puanı: Bu aşamada öğrenciler hem düz yazılar ve listelerden hemde grafikler ve şemalardan yararlanarak her bir metin ile ilgili belirlenen bilgiyi elde etme, yorumlama ve değerlendirme yapmaktadırlar ve puanları belirlenmektedir.

3.Fen Bilimler Başarı Puanı: Bu aşamada asıl vurgulanan nokta bilimsel bilgi ve becerilerin gerçek yaşam durumlarında kullanılabilmesidir. Bu amaçla öğrencilerden bilimsel olay ve olguları tanımlama, bilimsel araştıma ve incelemeleri anlama gibi bazı bilgi ve becerilerini kullnamalarını istemişlerdir.

Çalışmada kullanılan bölgeler Çizelge 5.13'de gösterilmiştir.

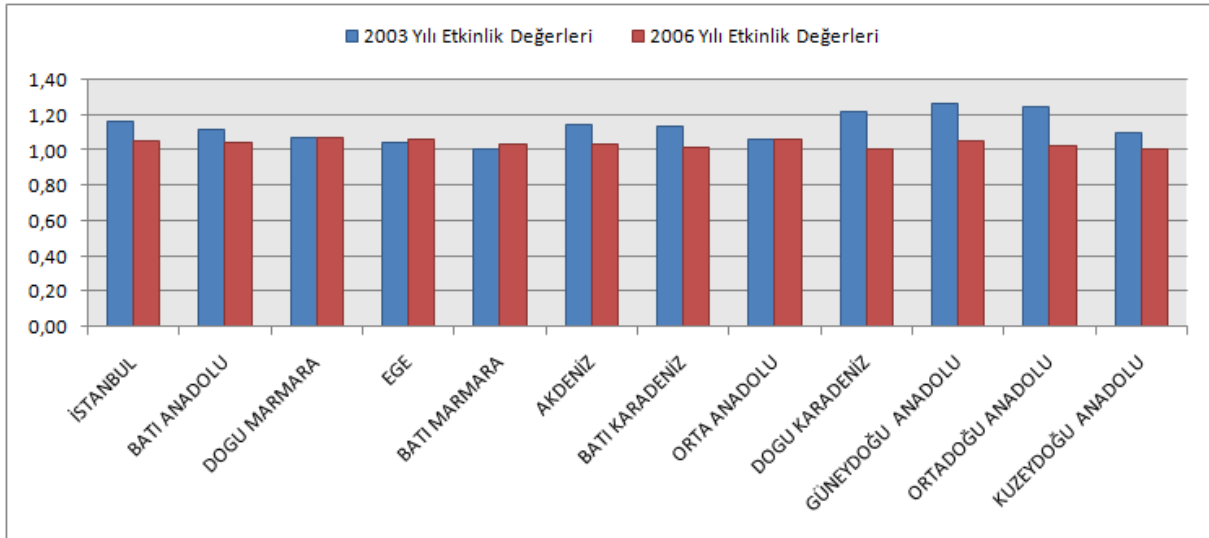
Çizelge 5.13 Bölgeler ve bölgeler kapsamındaki iller

Bölgeler	Bölgeler Kapsamındaki İller
İstanbul	İstanbul
Batı Anadolu	Ankara, Konya, Karaman
Doğu Marmara	Bursa, Eskişehir, Bilecik, Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova
Ege	İzmir, Aydın, Denizli, Muğla, Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak
Batı Marmara	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli, Balıkesir, Çanakkale
Akdeniz	Antalya, Isparta, Burdur, Adana, Mersin, Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye
Batı Karadeniz	Zonguldak, Karabük, Bartın, Kastamonu, Çankırı, Sinop, Samsun, Tokat, Çorum, Amasya
Orta Anadolu	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir, Kayseri, Sivas, Yozgat
Doğu Karadeniz	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep, Adıyaman, Kilis, Şanlıurfa, Diyarbakır, Mardin, Batman, Şırnak, Siirt
Ortadoğu Anadolu	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli, Van, Muş, Bitlis, Hakkâri
Kuzeydoğu Anadolu	Erzurum, Erzincan, Bayburt, Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan

Bölgeler, daha detaylı analize imkân verdiği için İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırması Düzey-1'e Göre seçilmiştir. Ayrıca seçilen değişkenler bölgelere göre ortalama değerleri göstermektedir.

5.5.2 Değerlendirme ve Öneriler

Analizde çıktı yönelimli CCR modeli kullanılmıştır. Sonucunda da, Şekil 6.3'te görüldüğü üzere, 12 bölgenin 10'unda etkinlik değerlerinde bir artış söz konusudur. Sadece Ege ve Batı Marmara bölgelerinde etkinliğin 2003 yılından 2006 yılına gelindiğinde azaldığını görmekteyiz. 2003 yılında etkin olan tek bölge Batı Marmara iken 2006 yılında Doğu Karadeniz ve Kuzeydoğu Anadolu bölgeleri etkin bölgeler olarak belirlemiştir. Her iki dönemde de etkin olan bölge bulunmazken, 2003 yılında etkin olduğu halde 2006 yılında etkin birimler arasında giremeyen bölgenin Batı Marmara olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 2003 yılında etkin olmayan ve 2006 yılında etkinlik değerini artırarak etkin birimler arasına giren bölgeler Doğu Karadeniz ve Kuzeydoğu Anadolu bölgeleri olduğu görülmüştür. Orta Anadolu ve Doğu Marmara bölgeleri her iki yılda da etkin olmayan bölgeler arasında bulunurken aynı zamanda etkinliklerinde değişim olmayan bölgelerdir. Genel anlamda baktığımızda ise 2003 yılında bölgelerin etkinlik değerlerinin ortalaması 1,13 ve 2006 yılındaki etkinlik değerlerinin ortalaması da 1,04 olarak hesaplanmıştır. Yani genel anlamda yaklaşık olarak %8,5 oranında bir iyileşme söz konusudur. Fakat buna rağmen hala çok fazla sayıda bölge etkin bir eğitim sunamamaktadır.



Şekil 5.3 Bölgeler bazında 2003 ve 2006 yılı etkinlik değerleri

2003 yılına göre 2006 yılında etkinliğini en fazla arttıran bölge (%19,89) Doğu Karadeniz bölgesidir. Daha sonra sırasıyla Ortadoğu Anadolu (19,53) ve Güneydoğu Anadolu (18,23) bölgeleri etkinliklerini en fazla artıran bölgeler olmuşlardır. Etkinlik bakımından gerileme yaşanan bölgeler ise Ege (%1,90) ve Batı Marmara (2,96) bölgeleridir. Özetle ilerlemeye engel olan bölgeler Ege, Batı Marmara, Doğu Marmara ve Orta Anadolu'dur. Sonuç olarak ülkemizin doğu kesiminin eğitim alanında en fazla ilerleme kaydedilen kesimi olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.14 Bölgeler bazında etkinlikteki yüzde değişim

Bölgeler	Etkinlik Değişim Yüzdesi
İstanbul	9,96%
Batı Anadolu	6,51%
Doğu Marmara	0,00%
Ege	-1,90%
Batı Marmara *	-2,96%
Akdeniz	10,15%
Batı Karadeniz	11,23%
Orta Anadolu	0,00%
Doğu Karadeniz **	19,89%
Güneydoğu Anadolu	18,23%
Ortadoğu Anadolu	19,53%
Kuzeydoğu Anadolu **	9,53%
Ortalama	8,56%
*2003 Yılında Etkin Olan Bölgeler	
**2006 Yılında Etkin Olan Bölgeler	

Sonuç olarak Türkiye’de 2004 yılında yapılan genel reformlar ve ülkemizin doğusuna eğitim için harcanan çaba etkisini göstermiştir. Çünkü etkinlik bazında en fazla artışın yaşandığı bölgeler ülkemizin doğu bölgeleridir. Fakat ülkemizin batısında eğitim verimliliğinin düşmesinin sebebi bu bölgelere çok fazla önem verilmediğini göstermez. Bu bölgeler Ege ve Batı Marmara gibi oldukça fazla nüfusa sahip ve çok fazla göç alan bölgeler olduğu için okullardaki yanlış veya hatalı kararların bu gerilemeye sebep olduğu söylenebilir. Bunun önüne geçilebilmesi için öğrenci ve öğretmen ilişkisi oldukça önemli bir hal almaktadır. Ayrıca bölgelerdeki okul büyüklükleri yani toplam öğrenci sayılarının azaltılması, okuma ve fen bilimleri alanlarına biraz daha fazla önem verilmesi genel başarıyı artıracaktır. Bununla

birlikte ÷lkedeki genel orta ğretim başarısını artırabilmek için öğrencilerin daha fazla sosyal aktivitelere yönlendirilmesi, ğretmen maaşlarında iyileştirme yapılması ve denetimlerin sıklaştırılması önerilebilir. Özetle ÷lkemizde yapılan eğitim hareketlerinin özellikle doğu bölgelerinde kendini gösterdiği ve tüm bölgeler düşün÷ldüğünde de eğitimde verimliliğin 2006 yılında 2003 yılına göre arttığı gör÷lmektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada farklı modeller için farklı veri setleri kullanılmıştır. İlk olarak 2003 yılı için Türkiye’deki okulların etkinliğini ölçmede CCR, BCC ve Toplamsal Modelden, ikinci olarak ülkeler arası etkinliğin 2003 ve 2006 yılları arasındaki değişimini gözlemlemek adına Malmquist İndeksinden ve üçüncü olarak Türkiye’de bölgeler bazında etkinliğin 2003 ve 2006 yılları arasında değişimini gözlemlemek adına Window Analizinden faydalanılmıştır.

Uygulamanın ilk bölümünde 2003 yılı için Türkiye’deki okulların etkinliğini ölçmede CCR, BCC ve Toplamsal Modelden yararlanılmıştır. Türkiye’nin Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programındaki (PISA 2003) düşük performansı ülkemiz için çok büyük bir hayal kırıklığına sebep olmuştur. Matematik, okuma ve fen bilimlerindeki bu düşük performansın sebebini araştırmak amacıyla uygulamanın bu aşamasında, Veri Zarflama Analizi kullanarak Türkiye’deki liselerin performansı ölçülmüştür. Örneklem Türkiye’deki Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programına katılan okullardan oluşmaktadır. Bu verileri kullanarak eğitimde etkin olan ve olmayan okullar ve etkin olmayan okulların etkin hale gelebilmesi için izlemeleri gereken stratejiler belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, CCR Modeli için etkin birim sayısı 13 (%19,6) iken BCC Modeli için bu sayı 24 (%43,6) ve Toplamsal Model için ise 13 (%19,6) olarak hesaplanmıştır. Ortalama etkinlik değerlerine baktığımızda da CCR Modeli için ortalama %66,2 iken BCC Modelinde %75,5 ve Toplamsal Model için %156,5 olarak bulunmuştur. Bu durum BCC Modelinde daha fazla birimin etkin olduğu ve daha iyimser bir yaklaşım olduğu düşüncesini doğurmuştur. Fakat bunun asıl sebebi ise BCC Modelinin daha esnek ve ölçeğe göre sabit getiri yerine ölçeğe göre değişken getiri kullanması ile verimliliğin artmasına neden olmasıdır. Çalışmada göze çarpan en önemli nokta, etkin olmayan okullar için genellikle sınıflardaki ortalama öğrenci sayısı, bir öğretmen başına ortalama öğrenci sayısı ve matematik öğretmeni başına ortalama öğrenci sayısı girdilerinin genellikle azaltılması gerektiğidir. Fakat etkinlik için her okulun farklı düzeylerde ve farklı değişkenlerde azaltma ya da artırma yapması gerektiği ortaya konulmuştur. Bu sonucun çıkması elbette beklenen bir şeydir çünkü sınıfların kalabalık olması ve öğretmenlerin ilgilenebileceği öğrenci sayısı çocukların başarısında çok büyük rol oynadığı kaçınılmaz bir gerçektir. Ayrıca elde edilen bir diğer sonuç da, 79 okuldan 13’ünün (%16) ölçeğe göre sabit, 7’sinin (%9) ölçeğe göre azalan ve 59’unun (%75) da ölçeğe göre artan getiriye sahip olduğu görülmüştür. Okulların %75 gibi büyük bir çoğunluğu ölçeğe göre artan getiriye sahiptir. Ölçeğe göre artan getiriye sahip okulların gelişmeye (çıktıları artırmaya) daha yatkın okullar olduğu, azalan getiriye sahip okulların ise gelişmeye daha az yatkın

olduğu sonucuna varılabilir. Bu sebeple ülkemizdeki eğitim seviyesinin iyileştirilmesinin hızlı olabileceği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, etkin olmayan okulların genelinde sınıflardaki ortalama öğrenci sayısının azaltılması, öğretmenlerin üzerine düşen yükün hafifletilmesi adına, bir öğretmen başına düşen öğrenci sayısı ve matematik öğretmeni başına düşen öğrenci sayısında azaltmaya gidilmesi gerekmektedir. Bu durum aynı zamanda Türkiye'deki öğretmen açığını da gözler önüne sermektedir. Ayrıca en başarılı okul tiplerinde birinci sırada Polis Koleji, ikinci sırada özel liseler üçüncü sırada ise imam hatip ve fen liseleri gelmektedir. Çalışmada 1 adet polis koleji olması bir genelleme yapmamızı engellemektedir fakat kabaca sözü edilen tiplerdeki okulların eğitim öğretiminin örnek alınması sonucu daha etkin bir düzeyde eğitimi garanti edecektir.

Uygulamanın ikinci bölümünde ülkeler arası etkinliğin 2003 ve 2006 yılları arasındaki değişimini gözlemlemek adına Malmquist İndeksinden yararlanılmıştır. Uygulamanın bu bölümündeki amaç, Uluslararası öğrenci değerlendirme programına katılan ülkelerin 2003 ve 2006 yılları arasında etkinliklerinin değişimini ve Türkiye'nin diğer ülkelere göre durumunu detaylı olarak incelemektir. Ayrıca, Türkiye'nin 2004 yılında, Avrupa Birliği'nin eğitim hedeflerini yerine getirmek amacıyla müfredat programında uyguladığı çeşitli reformların ne derece başarılı olduğu veya başarılı olmasına 3 yılın yeterli olup olmadığı sorularına yanıt aranmıştır. 2006 yılında 2003 yılına göre teknik etkinlik değerindeki değişim incelendiğinde bu değer, çalışmamıza dâhil ettiğimiz 25 ülkeden 18'inde arttığı, 3'ünde değişmediği ve 4'ünde ise azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Teknik etkinlik bakımından %20'lik artış miktarı ile en fazla gelişme gösteren ülkenin Litvanya, %21'lik azalış ile en fazla gerileme kaydeden ülkenin ise Yunanistan olduğu görülmüştür. Türkiye ise teknik etkinlik bazında %4'lük bir artış ile çok büyük olmayan bir gelişme kaydetmiştir. Teknolojik etkinlik değerlerindeki değişimi incelediğimizde ise bu değer ülkelerin çoğunda azaldığı gözlemlenmiştir. Teknik etkinlik bakımından %31'lik artış ile en fazla gelişme kaydetmiş ülkenin Yunanistan, %15'lik azalış ile en fazla gerileme kaydeden ülkenin ise Litvanya olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2006 yılında Türkiye'nin teknolojik etkinliğinde ise 2003 yılına göre %6'lık bir gerileme yaşanmıştır. Toplam faktör verimliliğini incelediğimizde bu değer çoğunlukla arttığı yani ülkelerin genelinde okulların başarısının arttığı görülmektedir. Sadece Finlandiya, Kore, Polonya ve Türkiye'de toplam verimliliğin azaldığı görülmektedir. Fakat bu azalmaların ya da artmaların çok aşırı olmadığı yani artışların en fazla %5, azalışların ise en fazla %4 olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin 2006 yılında 2003 yılına oranla eğitim sektöründeki verimliliğini en fazla arttıran ülkeler Japonya ve Uruguay'dır. En fazla gerileme kaydeden ülke ise %4'lük bir gerileme ile Polonya'dır. Türkiye toplam verimlilikte gelişme kaydeden

lkeler arasında yer almamaktadır çünkü Türkiye’de 2006 yılında 2003’ylına oranla %2’lik bir gerileme yaşanmıştır. Teknik etkinlik ve teknolojik etkinlik değerleri arasındaki farklar sadece Yunanistan ve Litvanya’da çok fazladır. Ayrıca bu fark ne kadar fazla olursa olsun toplam faktör verimliliğini 1 etrafında dengelemektedir. Bu zaten beklenen bir sonuçtur çünkü bir ülkedeki eğitim sektörü diğer sektörler gibi krize girme veya batma tehlikesi yaşamadığından dolayı teknik etkinlik ve teknolojik etkinlik değerleri toplam verimliliği dengelemektedir. Türkiye’nin teknik etkinliğini artırmasına rağmen teknolojik etkinliğini artıramaması sonucu toplam verimliliği 2006 yılında 2003 ylına oranla %2 azalmıştır. Ayrıca Türkiye’nin hem 2003 hem de 2006 yıllarında etkin birimler arasında olduğu yani referans gösterilecek bir ortaöğretim eğitim sistemine sahip olduğu ve 2006 yılında diğer ülkelere göre göreli etkinliğini azalttığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple toplam verimlilikte bir azalma söz konusudur. Türkiye’nin asıl sorunu teknolojik etkinliğin düşmesidir. Bunun en büyük sebeplerinden birisi Türkiye’deki eğitim reformlarının oldukça yavaş ilerlemesidir. Aralık 2004’te Avrupa Birliği’nin eğitim hedeflerini yerine getirmek amacıyla müfredat programında çeşitli reformlar uygulamaya koymuştur. Yapısal reformda ise Türkiye’deki eğitim sistemini bağımsızlaştırmayı hedeflemektedir. Bu alışma ilk kez 2004 yılında yapılmaya çalışılmış, fakat başarılı olunamamıştır. Bu başarısızlık Türkiye’nin toplam faktör verimliliğindeki %2’lik azalmayı doğrular niteliktedir. Ayrıca 2005 yılında Anadolu liselerin hazırlık sınıflarının kaldırılması, liselerin 4 yıla çıkarılması ve Anadolu liseleri ile yabancı dil ağırlıklı liselerin birleştirilmesi gibi uygulamaya konulan reformlara ayak uydurmadaki zorluklar toplam verimliliğin azalmasında bir diğer etkendir. Kısacası 2004 ve 2005 yıllarında eğitim sistemindeki reformlara uyum sürecinin uzun olması sonucunda Türkiye’nin toplam verimliliği %2 azalmıştır. 2003 ve 2006 yıllarının her ikisinde de etkinliğini koruyan, yani referans alınabilecek ülkeler sınıfına giren ve toplam verimliliğinde artış yaratabilmiş lkeler Belçika, Yunanistan, Litvanya, Portekiz, Rusya ve Uruguay’dır. Özetle bu ülkelerdeki eğitim reformları, mevcut eğitim sistemi, ülkenin eğitime harcadığı pay, okul büyüklükleri ve ğretmen başına düşen ğrenci oranı gibi eğitimin temelini oluşturan özellikler referans alınarak etkin bir eğitime sahip olunabilir. Sonuç olarak Türkiye’de yapılacak reformların gerekliliği, uygulamaya konma zamanı, süresi ve etkinliği göz önüne alındığında yapılan hataların tekrarlanmayacağını ve ilerleyen yıllarda eğitim sisteminin etkinliğinin artacağını düşünmekteyiz.

Uygulamanın nc bölümünde Türkiye’de bölgeler bazında etkinliğin 2003 ve 2006 yılları arasında değişimini gözlemlemek adına Window Analizinden faydalanılmıştır. Uygulamanın bu bölümündeki amaç, 2003 ve 2006 yıllarında Uluslararası ğrenci değerlendirme

programına katılan okulları kullanarak Türkiye'deki bölgelerin etkinlik değişimini incelemektir. Bu uygulama sonucunda uygulanan reformların ne derece başarılı olduğu, hangi bölgelerin etkinliğinin azaldığı ve reformların uygulanmasına 3 yılın yeterli olup olmadığı sorularına yanıt aranmıştır. Bölgeler, daha detaylı analize imkân verdiği için İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırması Düzey-1'e Göre seçilmiştir. Analizde çıktı yönelimli CCR modeli kullanılmıştır. Sonucunda da, 12 bölgenin 10'unda etkinlik değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir. Sadece Ege ve Batı Marmara bölgelerinde etkinliğin 2003 yılından 2006 yılına gelindiğinde azaldığını görmekteyiz. 2003 yılında etkin olan tek bölge Batı Marmara iken 2006 yılında Doğu Karadeniz ve Kuzeydoğu Anadolu bölgeleri etkin bölgeler olarak belirlemiştir. Her iki dönemde de etkin olan bölge bulunmazken, 2003 yılında etkin olduğu halde 2006 yılında etkin birimler arasında giremeyen bölgenin Batı Marmara olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 2003 yılında etkin olmayan ve 2006 yılında etkinlik değerini artırarak etkin birimler arasına giren bölgeler Doğu Karadeniz ve Kuzeydoğu Anadolu bölgeleri olduğu görülmüştür. Orta Anadolu ve Doğu Marmara bölgeleri her iki yılda da etkin olmayan bölgeler arasında bulunurken aynı zamanda etkinliklerinde değişim olmayan bölgelerdir. Genel anlamda baktığımızda ise 2003 yılında bölgelerin etkinlik değerlerinin ortalaması 1.13 ve 2006 yılındaki etkinlik değerlerinin ortalaması da 1.04 olarak hesaplanmıştır. Yani genel anlamda yaklaşık olarak %8.5 oranında bir iyileşme söz konusudur. Fakat buna rağmen hala çok fazla sayıda bölge etkin bir eğitim sunamamaktadır. 2003 yılına göre 2006 yılında etkinliğini en fazla arttıran bölge (%19,89) Doğu Karadeniz bölgesidir. Daha sonra sırasıyla Ortadoğu Anadolu (19,53) ve Güneydoğu Anadolu (18,23) bölgeleri etkinliklerini en fazla arttıran bölgeler olmuşlardır. Etkinlik bakımından gerileme yaşanan bölgeler ise Ege (%1,90) ve Batı Marmara (2,96) bölgeleridir. Özetle ilerlemeye engel olan bölgeler Ege, Batı Marmara, Doğu Marmara ve Orta Anadolu'dur. Sonuç olarak ülkemizin doğu kesiminin eğitim alanında en fazla ilerleme kaydedilen kesimi olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak Türkiye'de 2004 yılında yapılan genel reformlar ve ülkemizin doğusuna eğitim için harcanan çaba etkisini göstermiştir. Çünkü etkinlik bazında en fazla artışın yaşandığı bölgeler ülkemizin doğu bölgeleridir. Fakat ülkemizin batısında eğitim verimliliğinin düşmesinin sebebi bu bölgelere çok fazla önem verilmediğini göstermez. Bu bölgeler Ege ve Batı Marmara gibi oldukça fazla nüfusa sahip ve çok fazla göç alan bölgeler olduğu için okullardaki yanlış veya hatalı kararların bu gerilemeye sebep olduğu söylenebilir. Ayrıca bölgelerdeki okul büyüklükleri yani toplam öğrenci sayılarının azaltılması, okuma ve fen bilimleri alanlarında biraz daha fazla önem verilmesi genel başarıyı artıracaktır. Bununla birlikte ülkedeki genel orta öğretim başarısını artırabilmek için öğrencilerin daha fazla sosyal

aktivitelere yönlendirilmesi, öğretmen maaşlarında iyileştirme yapılması ve denetimlerin sıklaştırılması önerilebilir. Özetle ülkemizde yapılan eğitim hareketlerinin özellikle doğu bölgelerinde kendini gösterdiği ve tüm bölgeler düşünüldüğünde de eğitimde verimliliğin 2006 yılında 2003 yılına göre arttığı görülmektedir.

Sonuç olarak uygulamanın üç bölümünde de, ülkemizdeki ortaöğretimin durumu ve eksiklikleri hem okullar hem bölgeler hem de ülkeler bazında incelenmiştir. Ayrıca bu uygulama ülkemizde uygulamaya konulan eğitim reformlarının başarısını ve değişimini de göstermektedir. Buradan elde edilen sonuçlar yardımıyla daha iyi bir eğitim seviyesi için yapılması gerekenler belirlenmiştir. Sonuçlara göre verilen önerilerin uygulanması halinde çok daha verimli ve dünya ülkeleriyle aynı seviyede eğitim kalitesine ulaşılabileceği düşüncesindeyim.

KAYNAKLAR

- Ahn, T.S., (1987), "Efficiency Related Issues in Hiher Education: A Data Envelopment Analysis Approach", Ph.D. Thesis, The University Of Texas at Austin, Texas.
- Akal, Z., (2002), "İşletmelerde Performans Ölçme ve Denetimi", MPM Yayınları, No: 473, 50.
- Akdoğan, M., (2001), "Veri Zarflama Analizi Tekniği ile Sigorta Şirketlerinin Etkinlik Ölçümü Türkiye Örneği", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, (yayımlanmamış).
- Akşit, N., (2007), "Educational Reform in Turkey", International Journal of Educational Development, 27, 129-137.
- Alfonso A., Aubyn M., (2005), "Cross-Country Efficiency of Secondary Education Provision a Semi-Parametric Analysis with Nondiscretionary Inputs", European Central Bank, Working Paper Series Vol: 494, p.19-20.
- Aral, C. S., (2001), "Performans Ölçümü: Performans Denetimlerinde Araştırılması Gerekenler", Sayıştay Başkanlığı Yayınları, Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi, Ankara.
- Aslankaraoglu, N., (2006), "Veri Zarflama Analizi ve Temel Bileşenler Analizi İle Avrupa Birliği Ülkelerinin Sıralaması" Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Barr, R. S., (2004), "DEA SOFTWARE TOOLS AND TECHNOLOGY; A State of the art servey", Handbook on Data Envelopment Analysis, Kluwert Academic Publishers, Boston, 539-566.
- Baş, İ. M., ve Artar, A., (1991), "İşletmelerde Verimlilik Denetimi Ölçme ve Değerlendirme Modelleri", MPM Yayınları, Ankara, 435,17.
- Baysal, M. E., (1999), "Veri Zarflama Analizi ile Orta Öğretimde performans ölçümü", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (yayımlanmamış).
- Berk E., Baysal, M.E., Çerçioğlu H., ve Toklu B., (2004), " F-16 Savaş Filolarının Veri Zarflama Analizi İle Performans Ölçümü" Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği-XXIV Ulusal Kongresi, 16-18 June 2004, Gaziantep-Adana.
- Barbetta G.P., Turati G., (2003), "Efficiency Of Junior High School And The Role Of Proprietary Structre", Annals of Public and Cooperative Economics, vol:74/4, p 529–551.
- Besen, F. B., (1994), "Performans Yönetim Sistemi ve Veri Zarflama Analizi Sağlık Sektöründe Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (yayımlanmamış).
- Boussofiane, A., Dyson, R. G., and Thanassoulis, E., (1991), "Applied Data Envelopment Analysis", European Journal of Operational Research, 52, 1-15.
- Bowlin, W. F., (1999), "An Analysis of the Financial Performance of Defense Business Segments Using Data Envelopment Analysis", Journal of Accounting and Public Policy, 18(4/5), 287-310.
- Bradley S., Johnes G., Millington J., (2001), "Effect Of Competition On The Efficiency Of Secondary School In England", European Journal Of Operation Research, 135, p. 545-568.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin A. Y., and Seiford L. M., (1994), "Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications", Kluwer Akademik Publisher, Norwell, MA.

- Cooper, W. W., Lawrence M. S., and Tone, K., (2007), "Data Envelopment Analysis : A Comprehensive Text With Models, Applications, References and DEA Solver Software", Springer Science+Business Media, LLC, New York.
- Cooper, W. W., Lawrence M. S., and Zhu, J., (2004), "Handbook On Data Envelopment Analysis", Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Çekin, İ., (1999), "Veri Zarflama Yönteminin Uygulanmaya Hazırlanması", MPM Yayınları, Ankara, 47-53.
- Çingi, S., ve Tarım, Ş. A., (2000), "Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü: DEA Malmquist TFB Endeksi Uygulaması", Türkiye Bankalar Birliği Tebliğler Serisi, Sayı 2000-1.
- Demir, İ., Bilen, Ö. Ve Büyüklü, A. H., (2007), "Ülkelerin Sağlık Kaynaklarını Kullanmalarındaki Etkinliklerinin Ölçümü", 17. İstatistik Araştırma Sempozyumu-İAS EMS, <http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsgf/or/scheel/ems/>, 2 November 2007.
- Erken, N., ve Emiral, F., (2002), "Türk Bankacılık Sisteminde Etkinlik Analizi-Veri Zarflama Analizi Uygulaması" Active Dergisi, 1-32.
- Govindarajan, R., (2003), "Supplier Evalution Using Data Envelopment Analysis", www.poly.asu.edu/technology/dcst/Projects/pdf/GovindarajanRajashekar.pdf, 03.01.2008.
- Gözü, C., (2003), "Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü ve Tekstil işletmelerine Yönelik Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Ankara, (yayımlanmamış).
- Güçlü, A., (1999), "Türk Silahlı Kuvvetleri Hastanelerinde Teknik Verimlilik Ölçümü, Veri Zarflama Analizi Uygulaması", (Yayınlanmamış Doktora Tezi, Genel Kurmay Bakanlığı Gülhane Askeri Tıp Akademisi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Hizmetleri Yönetimi BD. Ankara, 1999).
- Gülcü, A., Tutar H., ve Yeşilyurt C., (2004), "Sağlık Sektöründe Veri Zarflama Analizi Yöntemi İle Göreceli Verimlilik Analizi", Seçkin Yayıncılık ,Ankara.
- Scheel H., "Undesirable outputs in efficiency valuations", European Journal of Operational Research, 132, 2, 400-410, 2001
- İleri, İ., (1997), "Veri Zarflama Analizi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama", Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (yayımlanmamış).
- İnan, A., (2000), "Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon Sürecinde Bankacılıkta Etkinlik", Bankacılar Dergisi (34).
- Karasoy, H., (2000), "Veri Zarflama Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, İstanbul, (yayımlanmamış)
- Kaygın, E., (2006), "Kars - Ardahan - Iğdır İlleri Orta Öğretim Kurumlarının Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kars.
- Kenger, E., (2001), "Denetim, Denetim Yardımcıları Eğitim Notu", Başbakanlık Yüksek Denetleme Kurulu, Ankara, Şubat 2001. http://www.ydk.gov.tr/egitim_notlari/denetim.htm, pp. 46
- Kıllı, M., (2004), "Toplam Etkinlik ve Veri Zarflama Analizi Üzerine Karşılaştırmalı Yaklaşımlar ve Bir Uygulama", Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Kirjavainen T., Loikkanen H. A., (1998), "Efficiency Differences of Finnish Senior Secondary Schools: An Application of DEA and Tobit Analysis", *Economic Of Education Review*, Vol 17, No 4, p 377-394.

MEB, (2003), <http://earged.meb.gov.tr/pisa/dil/tr/pisanedir.html>, 5 January 2008.

Mercan, M., Yolalan, R., "Türk Bankacılık Sisteminde Ölçek ve Mülkiyet Yapıları ile Finansal Performans İlişkisi", *İMBK Dergisi* Cilt: 4 Sayı: 15 Temmuz/Ağustos/Eylül 2000 ISSN 1301-1650 MBK 1997.

Norman, M., and Stoker, B., (1991), "Data Envelopment Analysis : The Assesment of Performance", Waley, New York, 7, 29-35.

Oral, M., Kettani O., and, Yolalan R., (1992), "An Empirical Study On Analyzing The Productivity Of Bank Branches", *IIE Transactions*, Vol. 24, No: 5, 166-176.

Özeren, B., ve Aral, C. S., (2002), "Yönetim ve Hesap verme Sorumluluğu Amaçları Bakımından Performans Bilgisi", *Sayıştay Başkanlığı Yayınları, Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi*: 21, 3.

Özyiğit, T., (2000), "Gelişmekte Olan Ülkelerin Göreli Sosyo-Ekonomik Performanslarının Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Galatasaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

PISA Dataset, www.pisa.oecd.org, 2 November 2007.

Sevil, G. ve Yalama, A., (2006), "Portfolio Allocation Using Data Envelopment Analysis (DEA): An Empirical Study on Istanbul Stock Exchange Market (ISE)", *Academy of World Business, Marketing & Management Development*, France, Conference Aced, 9-13 July 2006.

Sherman, H. D., (1984), "Data Envelopment Analysis as a New Managerial Audit Mothodology-Test And Evaluation", *A Journal Of Practice and Teory*, 4(1), 35-52.

Songur, H. M., (1995), " Mahalli İdarelerde Performans Ölçümü", *Mahalli İdareler Genel Müdürlüğü*, Yayın No: 6, 36.

Şahin, İ., (1998), "Sağlık Bakanlığı Hastanelerinin İllere Göre Karşılaştırmalı Verimlilik Analizi. Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama", *Doktora Tezi*, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, (yayımlanmamış).

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Eğitim Araştırma ve Geliştirme Daire Başkanlığı, PISA 2003 Projesi Nihai Ulusal Rapor, Milli Eğitim Basım Evi Ankara, 2005, 114-116.

Tangen, S., (2003) "An overview of frequently used performance measures", *Work Study*, Vol. 52, No. 7, 347-354.

Tarım, A., Dener, H. I., ve Tarım, S., (2000), "Efficiency Measurement in the Hotel Industry: Output Factor Constrained DEA Application,", *International Journal of Tourism and Hospitality Research*, Vol.11, 111-123.

Ulucan, A., "Şirket Performanslarının Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı: Genel ve Sektörel Bazda Değerlendirmeler", *Hacettepe Üniversitesi İ.İ.B.Fakültesi Dergisi*, Cilt:18, Sayı:1.

Uygur, M., (2002), "TCDD Limanlarında Veri Zarflama Analizi İle Performans Ölçümü", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (yayımlanmamış).

Uysal, Y. G., (2003), "Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Görece Verimlilik Analizi ve Kriz Yıllarında (2000-2001) C.Ü. Araştırma ve Uygulama Hastanesi Üzerinde Bir

Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas, (yayımlanmamış).

Üte, E., (2002), "Veri Zarflama Analizi Tekniği İle Sağlık Sektörünün Operasyonel Etkinliğinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Adana, (yayımlanmamış).

Vassiloglou, M, and Giokas, D., (1990), "A Study of the Relative Efficiency of Bank Branches: an Application of Data Envelopment Analysis", Journal of the Operational Research Society, 41(7), 591-7.

Yeşilyurt, C., (2004), "Performans Ölçümünde Kullanılan Parametrelili ve Parametresiz Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması", Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 289.

Yolalan, R., (1993), "İşletmeler arası Göreli Etkinlik Ölçümü", MPM Yayınları, Ankara, 483,7.

Zhu, J., (2003), Quantitative Models For Performance Evaluation and Benchmarking, Kluwer's International Series, Massachusetts.

EKLER

EK 1: Girdiye Yönelik CCR Modeli Sonuçları

Ref No	DMU	Score	Benchmarks	ORTALAMA ÖĞRENCİ SAYISI	KIZ ÖĞR. ORANI	ÖĞRETMEN BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	MAT. ÖĞRETMENİ BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	SINIF TEKRARI YAPAN ÖĞRENCİ	ZAYIF ÖĞRETMEN ÖĞRENCİ İLİŞKİSİ	HİSEİ	MATEMATİK BAŞARI PUANI	OKUMA BAŞARI PUANI	FEN BİLİMLERİ BAŞARI PUANI
1	3	100,00%		27									
2	5	67,84%	1 (0,064) 55 (0,415) 66 (0,067)	0	0,011	4,803	60,238	4,749	0,009	0	25,215	0	0
3	6	93,53%	6 (0,014) 45 (0,539) 55 (0,125) 66 (0,500)	0	0	0	35,326	0	0,032	0	16,7	0	19,453
4	8	49,70%	1 (0,254) 64 (0,535)	0	0	7,881	7,976	1,95	0,01	1,407	46,537	0	17,689
5	10	42,95%	45 (0,161) 52 (0,024) 59 (0,120) 66 (0,423)	0	0	3,415	22,62	2,866	0	0	44,616	0	23,544
6	12	100,00%		5									
7	14	57,13%	1 (0,264) 55 (0,248) 64 (0,193)	0	0	6,566	0	19,801	0,004	2,233	23,487	0	13,598
8	15	47,03%	1 (0,355) 55 (0,132) 64 (0,262)	0	0	2,386	0	6,793	0,009	0,579	10,329	0	9,2
9	16	45,47%	55 (0,230) 64 (0,177) 66 (0,294)	0	0	4,78	31,019	8,917	0	2,748	47,877	0	36,412
10	22	54,10%	55 (0,299) 64 (0,381)	0	0,14	4,386	22,453	7,734	0,004	0	26,544	0	2,471
11	23	44,82%	1 (0,384) 64 (0,348)	0	0	5,603	7,947	8,616	0,021	3,439	21,073	0	12,181
12	24	48,95%	55 (0,129) 64 (0,603)	0	0,204	22,46	174,236	1,845	0,005	0	54,528	0	30,996
13	25	42,20%	1 (0,324) 64 (0,342)	0	0	10,573	22,497	4,721	0,016	0,495	36,206	0	11,196
14	26	45,02%	1 (0,162) 6 (0,498) 16 (0,013) 64 (0,170)	1,079	0	0	9,964	0	0	3,853	32,1	0	24,015
15	29	81,33%	45 (0,009) 64 (0,778)	0	0,019	6,932	163,14	1,662	0,018	0	26,568	0	7,88
16	32	100,00%		2									
17	35	100,00%		2									
18	36	100,00%		0									
19	39	61,43%	55 (0,174) 64 (0,071) 66 (0,457)	0	0,019	5,638	29,496	10,372	0	0	40,856	0	19,941
20	41	65,87%	55 (0,440) 64 (0,203)	0	0,009	6,373	7,202	12,971	0,045	0	20,913	0	5,627
21	42	51,80%	55 (0,334) 64 (0,201) 66 (0,198)	0	0,035	5,453	40,915	3,943	0	0	33,009	0	14,645
22	44	54,03%	55 (0,014) 64 (0,763)	0	0,308	1,065	0,804	1,938	0,008	0	26,804	0	6,918
23	46	65,72%	55 (0,387) 64 (0,290)	0	0,432	0,484	145,521	41,767	0,021	0	68,565	0	43,749
24	49	53,59%	1 (0,078) 6 (0,007) 16 (0,013) 64 (0,254) 66 (0,592)	0	0	0	0	0	0,013	5,743	32,982	0	22,659
25	52	100,00%		0									
26	53	46,24%	1 (0,032) 6 (0,072) 64 (0,263) 66 (0,347)	1,124	0	0	0	2,049	0	11,053	25,396	0	7,177
27	54	57,85%	1 (0,176) 55 (0,096) 64 (0,215) 66 (0,280)	0	0	0,806	0	1,521	0,006	14,245	12,184	0	0
28	57	57,84%	1 (0,017) 55 (0,563) 64 (0,082)	0	0	1,73	0	14,379	0,001	0,292	33,574	0	1,433
29	59	62,73%	45 (0,171) 64 (0,397) 66 (0,241)	0	0,02	11,261	75,814	12,148	0	0	40,342	0	8,25
30	60	74,81%	1 (0,023) 55 (0,552) 64 (0,054)	0	0	2,34	95,166	1,442	0	1,755	32,092	0	16,865
31	61	72,65%	1 (0,156) 55 (0,186) 66 (0,458)	0	0,012	0	0	2,18	0,023	10,981	37,942	0	32,448
32	62	85,63%	45 (1,048) 52 (0,128) 66 (0,152)	6,337	0,065	9,955	46,221	0	0	0	7,413	0	24,417
33	63	53,40%	1 (0,117) 55 (0,432) 64 (0,243)	0	0	5,662	2,512	6,165	0	3,577	45,706	0	18,309
34	66	60,00%	59 (0,142) 64 (0,529)	2,308	0	5,146	99,483	10,336	0	2,778	22,544	11,773	0
35	69	62,59%	45 (0,937) 64 (0,225)	0	0,033	2,939	30,29	12,292	0,008	0	10,659	0	21,195
36	70	60,80%	55 (0,608) 64 (0,049)	0	0,066	2,774	39,232	6,031	0,015	0	52,538	0	32,526
37	71	68,16%	1 (0,244) 64 (0,387)	0	0	2,644	41,802	3,02	0,051	2,056	25,524	2,407	0
38	72	47,24%	1 (0,126) 55 (0,255) 64 (0,241)	0	0	3,368	11,472	0,231	0,01	0	35,926	0	12,32
39	74	69,85%	1 (0,021) 64 (0,644)	0	0	3,865	59,782	10,531	0,003	8,092	35,409	2,74	0
40	75	47,87%	55 (0,325) 64 (0,272) 66 (0,098)	0	0	3,326	0	2,121	0,014	0,722	37,787	0	27,859
41	82	29,05%	1 (0,009) 64 (0,352) 66 (0,188)	0	0	8,375	11,102	1,682	0	12,97	42,668	8,591	0
42	83	80,88%	6 (0,130) 45 (0,350) 55 (0,236) 66 (0,223)	0	0,414	0	0	0	0,018	0	45,089	0	30,426
43	84	63,44%	55 (0,122) 64 (0,434) 66 (0,143)	0	0,15	4,698	0	2,739	0,002	0	57,758	0	17,493
44	87	100,00%		1									
45	88	100,00%		12									
46	89	56,56%	55 (0,190) 64 (0,380) 66 (0,166)	0	0,24	2,718	209,559	2,447	0	0	40,723	0	22,416
47	91	40,08%	1 (0,319) 64 (0,322)	0	0	7,631	10,731	2,884	0,019	6,062	28,919	0	9,351
48	101	36,39%	1 (0,076) 55 (0,252) 64 (0,301)	0	0	4,571	0	6,977	0,007	0,058	50,514	0	25,157
49	102	90,60%	55 (0,256) 64 (0,009) 66 (0,337)	0	0,187	2,204	20,431	9,956	0	0	43,894	0	22,763
50	103	43,20%	1 (0,191) 64 (0,506)	0	0	6,817	8,542	1,222	0,003	1,432	9,569	3,052	0
51	104	63,95%	55 (0,051) 64 (0,082) 66 (0,685)	0	0,046	2,052	52,133	2,476	0	0	40,043	0	12,243
52	106	100,00%		3									
53	109	53,81%	17 (0,049) 45 (0,586) 52 (0,065) 59 (0,202) 66 (0,163)	0	0	1,925	0	8,048	0	0	16,633	0	10,67
54	110	65,47%	55 (0,343) 64 (0,321) 66 (0,006)	0	0,273	3,265	36,509	0,333	0	0	64,889	0	25,095
55	112	100,00%		36									
56	113	52,96%	55 (0,065) 64 (0,052) 66 (0,618)	0	0	4,192	46,725	5,244	0	10,391	56,628	0	32,218
57	117	43,31%	1 (0,050) 64 (0,388) 66 (0,121)	0	0	2,813	14,159	3,077	0	8,947	25,73	1,037	0
58	119	34,29%	55 (0,014) 64 (0,268) 66 (0,420)	0	0	6,773	25,75	7,618	0	4,607	41,523	0	15,502
59	120	100,00%		5									
60	122	70,27%	1 (0,076) 55 (0,344) 64 (0,199)	0	0	0,455	32,3	0,504	0	0,425	52,601	0	16,717
61	124	66,57%	55 (0,483) 64 (0,366) 66 (0,119)	0	0	0,632	0	2,963	0	5,817	21,916	0	0,882
62	128	88,85%	17 (0,042) 44 (0,550) 45 (0,501) 66 (0,107)	2,538	0,204	2,114	0	0,509	0	0	0	0	21,923
63	130	94,02%	59 (0,385) 64 (0,230) 66 (0,289)	5,233	0	0	64,361	34,3	0	3,801	14,462	0	2,284
64	131	100,00%		57									
65	133	45,12%	1 (0,432) 64 (0,276)	0	0	11,837	35,287	15,063	0,011	6,192	18,343	0	13,228
66	134	100,00%		35									
67	136	51,64%	1 (0,296) 64 (0,272) 66 (0,247)	0	0	1,992	0	1,277	0,019	3,967	15,174	1,619	0
68	137	53,78%	55 (0,127) 64 (0,483) 66 (0,074)	0	0,185	1,11	37,404	2,744	0	0	60,367	0	33,057
69	139	49,80%	55 (0,191) 64 (0,304) 66 (0,284)	0	0,073	15,925	101,422	2,186	0	0	37,796	0	17,376
70	141	85,55%	1 (0,020) 64 (0,752)	0	0	3,236	81,475	7,804	0,014	7,697	29,958	0	12,586
71	142	49,37%	55 (0,120) 64 (0,636)	0	0,162	7,449	30,159	4,302	0,004	0	26,379	0	9,399
72	143	74,68%	45 (0,442) 64 (0,379) 66 (0,134)	0	0,254	7,091	13,089	66,829	0	0	58,323	0	21,655
73	144	82,32%	55 (0,206) 64 (0,567)	0	0,063	12,149	110,28	15,896	0,044	0	52,909	0	25,713
74	145	72,81%	45 (0,511) 64 (0,461) 66 (0,069)	0	0,19	5,691	42,285	14,101	0	0	20,113	0	9,061
75	147	55,06%	59 (0,071) 64 (0,168) 66 (0,428)	0	0	1,227	30,187	0,912	0	3,545	34,98	0	20,974
76	148	70,24%	1 (0,015) 64 (0,728)	0	0	2,529	55,785	11,916	0,04	2,887	26,488	0	7,982
77	149	50,29%	66 (0,762)	0,041	0	3,883	44,582	0	0,033	1,845	64,893	0	31,374
78	152	41,54%	55 (0,335) 64 (0,279) 66 (0,132)	0	0	4,018	0	5,952	0,004	2,243	40,714	0	14,74
79	153	75,46%	45 (0,887) 64 (0,250)	0	0,269	3,458	41,713	0,504	0,011	0	15,601	0	36,7

EK 2: Çıktıya yönelik CCR modeli sonucu

Ref No	DMU	Score	Benchmarks	ORTALAM A ÖĞRENCİ SAYISI	KIZ ÖĞR. ORANI	ÖĞRETME N BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	MAT. ÖĞRETME Nİ BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	SINIF TEKRARI YAPAN ÖĞRENCİ	ZAYIF ÖĞRETME N ÖĞRENCİ İLİŞKİSİ	HİSEİ	MATEMATİK BAŞARI PUANI	OKUMA BAŞARI PUANI	FEN BİLİMLERİ BAŞARI PUANI
1	3	100,00%		1									
2	5	119,59%	45 (0,337) 64 (0,295) 66 (0,220)	0	0,224	8,134	113,735	6,705	0	0	27,769	0	4,183
3	6	103,29%	6 (0,035) 45 (0,725) 55 (0,014) 66 (0,537)	0	0	0	39,308	0	0,031	0	10,995	0	20,981
4	8	127,51%	44 (0,303) 45 (0,505) 59 (0,417) 64 (0,144)	2,484	0	11,053	0	0	0,048	0	21,96	0	10,727
5	10	117,31%	44 (0,194) 45 (0,526) 52 (0,451) 59 (0,000)	12,756	0,056	7,493	29,339	0	0	0	0	0	7,164
6	12	100,00%		4									
7	14	134,49%	45 (1,088) 64 (0,276) 66 (0,081)	0	0,104	10,257	38,54	34,724	0	0	1,386	0	22,824
8	15	132,38%	44 (0,897) 64 (0,340)	1,228	0,256	0	53,729	10,177	0,015	0	0	1,485	2,189
9	16	131,54%	17 (0,263) 44 (0,279) 45 (0,460) 52 (0,293) 59 (0,122) 66 (0,039)	0	0	4,343	0	9,926	0	0	0	0	31,986
10	22	123,07%	18 (0,020) 44 (0,946) 45 (0,173) 64 (0,092)	0	0,195	1,559	30,372	10,038	0	0	0	5,907	0
11	23	144,71%	18 (0,420) 44 (0,830) 64 (0,148)	0	0	2,317	66,974	12,76	0,028	0	0	0,556	6,835
12	24	120,42%	44 (1,000) 45 (0,295)	4,788	0,167	39,476	349,797	0	0,031	0	17,149	0	28,442
13	25	137,00%	18 (0,164) 44 (1,069)	1,673	0	16,111	96,399	5,509	0,04	0	17,228	0	2,28
14	26	130,61%	6 (0,530) 45 (0,898)	11,251	0,351	0	60,936	1	0,032	0	14,293	0	35,86
15	29	103,70%	45 (0,031) 59 (0,307) 64 (0,545)	0,322	0	6,859	162,49	0	0,037	0	16,033	0	1,471
16	32	100,00%		0									
17	35	100,00%		4									
18	36	100,00%		15									
19	39	114,42%	17 (0,153) 45 (0,359) 52 (0,292) 66 (0,323)	0	0,01	5,404	0	10,086	0	0	7,972	0	14,111
20	41	121,56%	18 (0,240) 45 (0,500) 64 (0,414)	0	0,092	7,949	20,517	17,906	0,036	0	0	0	8,5
21	42	122,53%	17 (0,041) 44 (0,335) 45 (0,178) 52 (0,103) 59 (0,496) 66 (0,115)	0	0,237	5,48	0	0	0	0	0	1,054	0
22	44	109,53%	44 (0,538) 45 (0,209) 64 (0,339)	8,296	0,364	0	13,479	1,972	0,046	0	0	0	3,051
23	46	121,68%	6 (0,391) 45 (1,159)	0,052	0,326	0	226,224	64	0,02	0	22,605	0	52,631
24	49	123,05%	18 (0,054) 45 (0,677) 64 (0,621) 66 (0,168)	10,452	0,209	2,183	0	0	0,005	0	0	0	16,639
25	52	100,00%		0									
26	53	142,71%	18 (0,072) 44 (0,073) 45 (0,681) 64 (0,270) 66 (0,244)	10,924	0,082	0	0	3,856	0	0	0	0	7,208
27	54	150,53%	44 (0,024) 45 (0,621) 64 (0,443) 66 (0,359)	0	0,095	0,438	15,89	2,439	0	0	0	0,61	0
28	57	125,54%	45 (0,845) 52 (0,193) 66 (0,273)	0	0,047	0,93	0,755	21,149	0	0	10,063	0	6,691
29	59	112,84%	44 (0,287) 45 (0,478) 59 (0,483)	0	0	12,697	34,225	14,701	0,007	0	9,745	9,758	0
30	60	115,87%	55 (0,043) 64 (0,239) 66 (0,481)	0	0,185	5,008	168,325	1,761	0	0	57,04	0	30,979
31	61	130,62%	55 (0,317) 64 (0,542) 66 (0,208)	0	0,249	0,448	0	2,458	0,009	0	47,008	0	31,724
32	62	102,78%	45 (1,129) 52 (0,086) 59 (0,161) 66 (0,044)	9,169	0,178	12,63	44,778	0	0	0	0	0	20,133
33	63	136,61%	45 (1,435) 52 (0,055) 59 (0,162) 66 (0,155)	0	0	7,614	2,508	9,612	0	0	6,661	0	28,705
34	66	109,64%	59 (0,236) 64 (0,517)	11,601	0	11,297	191,992	17,592	0,022	0	23,807	14,687	0
35	69	106,87%	18 (0,498) 44 (0,594) 52 (0,050)	4,94	0,06	0	62,003	12,552	0	0	8,919	0	11,042
36	70	126,40%	45 (1,013) 64 (0,320) 66 (0,041)	0	0,294	4,946	79,078	9,68	0	0	32,973	0	45,902
37	71	125,22%	45 (0,546) 64 (0,396) 66 (0,062)	0	0	2,653	86,118	4,604	0,079	0	16,786	0,768	0
38	72	129,33%	44 (0,193) 45 (1,190) 64 (0,034)	4,055	0	5,668	53,139	0	0,023	0	0	3,7	21,654
39	74	127,55%	45 (0,014) 59 (0,200) 64 (0,684)	0	0	4,406	62,556	13,714	0,013	0	43,265	7,976	0
40	75	127,88%	18 (0,220) 44 (0,670) 45 (0,372) 64 (0,112)	3,861	0,007	1,959	0	0	0,007	0	0	0	27,002
41	82	162,51%	44 (0,739) 59 (0,290) 64 (0,140)	12,226	0	25,723	0	0,576	0,023	0	46,456	35,826	0
42	83	110,98%	6 (0,293) 45 (0,871) 55 (0,002) 66 (0,189)	0	0,463	0	0	0	0,01	0	24,933	0	32,202
43	84	114,72%	18 (0,211) 45 (0,887) 64 (0,010) 66 (0,167)	3,473	0	4,562	0	3,511	0	0	19,116	0	23,651
44	87	100,00%		34									
45	88	100,00%		50									
46	89	120,40%	44 (0,385) 45 (0,474) 59 (0,359) 64 (0,096)	0,83	0,426	0	308,833	0,105	0	0	0	0	12,06
47	91	157,25%	44 (0,928) 45 (0,431) 59 (0,074)	0	0	10,741	55,419	2,764	0,058	0	5,755	0	2,992
48	101	131,01%	18 (0,555) 44 (0,676)	9,608	0	7,173	48,82	12,738	0,001	0	24,192	0	25,224
49	102	104,33%	55 (0,043) 64 (0,063) 66 (0,536)	0	0,266	3,074	35,764	10,937	0	0	53,002	0	28,188
50	103	122,41%	44 (0,739) 45 (0,020) 64 (0,303)	8,062	0	13,043	65,79	0	0,034	0	0	12,347	0,141
51	104	108,47%	45 (0,426) 52 (0,200) 66 (0,522)	5,582	0,079	2,001	46,501	0	0	0	9,015	0	4,487
52	106	100,00%		14									
53	109	107,82%	44 (0,869) 45 (0,187) 52 (0,094)	13,392	0,181	6,62	71,878	14,772	0	0	9,176	0	0
54	110	121,87%	45 (1,287) 52 (0,026) 66 (0,114)	0	0,251	2,577	51,645	0,476	0	0	28,23	0	37,698
55	112	100,00%		5									
56	113	137,86%	17 (0,133) 45 (0,167) 52 (0,379) 59 (0,121) 66 (0,491)	0	0	2,543	0	0,517	0	0	34,388	0	25,79
57	117	144,98%	44 (0,494) 59 (0,239) 64 (0,293)	3,338	0	2,712	0	3,324	0,011	0	24,78	16,364	0
58	119	134,36%	44 (1,123) 52 (0,185) 59 (0,067)	13,187	0,03	13,679	9,692	13,153	0	0	0	10,531	0
59	120	100,00%		22									
60	122	118,28%	45 (0,532) 64 (0,190) 66 (0,267)	0	0,046	0,614	71,481	0,81	0	0	53,029	0	27,914
61	124	125,48%	44 (0,009) 45 (0,840) 59 (0,117) 64 (0,279) 66 (0,417)	0	0,02	0	2,147	3,746	0	0	0	0	8,207
62	128	101,70%	44 (0,786) 45 (0,324) 59 (0,009) 66 (0,072)	4,831	0,284	2,426	0,805	0	0	0	0	0	17,498
63	130	106,36%	59 (0,409) 64 (0,244) 66 (0,307)	5,566	0	0	68,453	36,481	0	1,153	15,381	0	2,43
64	131	100,00%		35									
65	133	153,94%	18 (0,431) 44 (0,350) 45 (0,409) 64 (0,285)	0	0,068	18,771	141,822	28,944	0	0	0	0	14,966
66	134	100,00%		29									
67	136	131,16%	44 (0,515) 45 (0,549) 64 (0,427)	2,248	0,153	0	16,44	0	0,022	0	0	19,184	4,263
68	137	119,78%	18 (0,112) 45 (1,368)	6,004	0,065	0	69,748	5,218	0,008	0	6,272	0	42,953
69	139	118,98%	44 (0,694) 45 (0,264) 59 (0,191) 66 (0,162)	5,511	0,193	28,121	171,259	0	0	0	0	0	6,089
70	141	116,89%	1 (0,024) 64 (0,879)	0	0	3,782	95,232	9,121	0,017	1,264	35,016	0	14,712
71	142	117,47%	44 (1,266)	3,672	0,076	6,912	48,316	3,671	0,027	0	0	13,832	12,187
72	143	111,56%	18 (0,041) 44 (0,132) 45 (1,311)	1,175	0,14	6,523	0	89,054	0	0	18,422	0	22,502
73	144	109,88%	45 (0,507) 64 (0,594)	0	0,053	14,137	133,397	19,406	0,049	0	38,647	0	30,234
74	145	109,38%	18 (0,043) 44 (0,767) 45 (0,342) 64 (0,118)	0	0,154	2,264	40,048	15,746	0	0	0	0,564	0
75	147	122,37%	45 (0,601) 52 (0,022) 59 (0,320) 66 (0,215)	5,239	0,007	1,522	14,172	0	0	0	0	0	14,807
76	148	111,00%	59 (0,200) 64 (0,662)	2,98	0	3,551	66,004	15,738	0,074	0	23,115	0	4,346
77	149	122,65%	45 (1,892)	8,077	0,001	6,57	27,627	0	0,023	0	0	24,232	47,563
78	152	133,13%	18 (0,042) 44 (1,124) 45 (0,306) 66 (0,042)	6,348	0,06	4,413	0	9,087	0	0	0	0	6,048
79	153	105,06%	44 (0,200) 45 (1,137)	3,074	0,308	4,149	61,182	0	0,026	0	0	0,289	37,699

EK 3: Girdiye yönelik BCC modeli sonucu

Ref No	DMU	Score	Benchmarks	ORTALAM A ÖĞRENCİ SAYISI	KIZ OĞR. ORANI	ÖĞRETME N BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	MAT. ÖĞRETME N BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	SINIF TEKRARI YAPAN ÖĞRENCİ	ZAYIF ÖĞRETME N ÖĞRENCİ (LİŞKİSİ)	HİSEİ	MATEMATİK BAŞARI PUANI	OKUMA BAŞARI PUANI	FEN BİLİMLERİ BAŞARI PUANI	
1	3	100,00%		27										
2	5	88,30%	1 (0,100) 6 (0,018) 45 (0,698) 49 (0,185)		0	0	5,45	75,605	4,15	0	4,796	0	10,423	8,8
3	6	100,00%		0										
4	8	57,35%	1 (0,069) 45 (0,381) 64 (0,317) 70 (0,233)		0	0	7,366	0,001	0,225	0,009	3,741	28,57	0	15,432
5	10	64,24%	17 (0,292) 25 (0,053) 45 (0,168) 49 (0,265) 59 (0,176) 66 (0,045)		0	0	3,718	0	0	0	20,991	5,515	0	20,481
6	12	100,00%		12										
7	14	67,25%	1 (0,218) 45 (0,555) 49 (0,064) 64 (0,163)		0	0	6,977	6,795	22,673	0	7,177	1,179	0	14,62
8	15	54,87%	1 (0,268) 45 (0,516) 64 (0,216)		0	0	1,977	8,998	8,014	0,007	4,434	0	7,624	18,499
9	16	57,12%	45 (0,418) 49 (0,115) 59 (0,224) 66 (0,242)		0	0	4,203	8,363	0	7,298	19,011	0	30,141	
10	22	58,08%	1 (0,269) 45 (0,598) 64 (0,133)		0	0	3,76	1,175	8,579	0,001	0,567	0	4,85	11,04
11	23	54,28%	1 (0,133) 45 (0,576) 64 (0,168) 70 (0,123)		0	0	5,037	17,436	9,457	0,025	8,363	0	0	11,758
12	24	50,21%	1 (0,197) 45 (0,567) 55 (0,022) 64 (0,213)		0	0	21,559	156,482	2,297	0,009	0	23,948	0	34,304
13	25	54,38%	1 (0,053) 45 (0,624) 70 (0,323)		0	0	11,014	19,403	3,295	0,017	4,294	7,514	0	8,377
14	26	52,98%	6 (0,684) 64 (0,237) 66 (0,079)		0,498	0	0	29,683	0,292	0	1,055	94,541	59,42	82,65
15	29	100,00%		0										
16	32	100,00%		9										
17	35	100,00%		6										
18	36	100,00%		1										
19	39	78,28%	17 (0,026) 45 (0,069) 49 (0,424) 59 (0,200) 66 (0,280)		0	0	5,297	0	6,86	0	0	36,619	23,809	29,607
20	41	77,67%	1 (0,161) 16 (0,014) 45 (0,631) 64 (0,194)		0	0	7,267	0	15,055	0,041	3,627	0	6,698	15,367
21	42	58,90%	45 (0,463) 49 (0,105) 64 (0,086) 66 (0,346)		0	0	5,629	53,367	3,476	0	4,064	16,036	0	18,561
22	44	54,99%	1 (0,036) 6 (0,331) 16 (0,016) 45 (0,191) 64 (0,426)		0	0	1,077	0	1,991	0,008	0	3,349	0	3,299
23	46	67,85%	1 (0,139) 6 (0,659) 45 (0,045) 55 (0,157)		0	0	2,05	153,717	43,427	0,012	0	38,805	0	35,819
24	49	54,69%	1 (0,029) 6 (0,118) 16 (0,008) 64 (0,389) 66 (0,456)		0	0	0,366	0	0	0,004	6,995	27,528	0	17,66
25	52	100,00%		2										
26	53	64,61%	6 (0,108) 45 (0,109) 64 (0,337) 66 (0,445)		2,172	0	0	2,817	2,893	0	0	167,373	138,657	148,889
27	54	65,10%	1 (0,106) 16 (0,012) 45 (0,465) 64 (0,206) 66 (0,211)		0	0	0,153	0	1,496	0	17,626	0	6,507	6,209
28	57	70,79%	45 (0,379) 49 (0,356) 64 (0,073) 66 (0,192)		0	0	1,829	17,315	13,71	0	5,515	15,019	0	2,286
29	59	72,04%	45 (0,493) 59 (0,182) 64 (0,251) 66 (0,075)		0	0	11,261	51,66	12,705	0	2,557	16,036	0	1,448
30	60	79,75%	45 (0,497) 49 (0,181) 66 (0,321)		0	0,032	3,187	152,524	0	0	4,992	50,563	30,998	55,057
31	61	78,11%	1 (0,148) 6 (0,228) 16 (0,102) 45 (0,078) 64 (0,211) 66 (0,232)		0	0	1,189	0	0	0	13,719	19,503	0	22,605
32	62	100,00%		0										
33	63	59,67%	1 (0,102) 49 (0,476) 64 (0,356) 66 (0,066)		0	0	6,122	13,919	1,568	0	6,13	34,673	0	12,84
34	66	100,00%		0										
35	69	67,77%	18 (0,134) 44 (0,324) 45 (0,263) 64 (0,279)		0	0,097	1,305	34,929	10,718	0	0	22,741	0	15,073
36	70	65,68%	1 (0,447) 6 (0,021) 45 (0,532)		0	0	3,191	10,157	6,568	0,003	1,158	21,472	0	36,383
37	71	92,76%	45 (0,561) 70 (0,439)		0	0	0,689	34,084	0,246	0,064	2,535	16,99	23,252	16,576
38	72	59,51%	1 (0,028) 45 (0,775) 64 (0,153) 70 (0,044)		0	0	3,068	18,724	0	0,005	6,49	6,821	0	14,348
39	74	100,00%		0										
40	75	55,00%	1 (0,027) 6 (0,034) 16 (0,117) 45 (0,482) 64 (0,292) 66 (0,048)		0	0	3,903	0	0	0	5,144	13,004	0	26,475
41	82	52,70%	17 (0,094) 45 (0,203) 59 (0,104) 64 (0,501) 66 (0,097)		0	0	14,229	0	1,697	0	0	212,007	186,806	176,884
42	83	80,95%	6 (0,311) 45 (0,304) 55 (0,241) 66 (0,144)		0	0,322	0,478	0	0	0,013	0	38,184	0	25,904
43	84	70,64%	16 (0,166) 45 (0,560) 64 (0,036) 66 (0,237)		0	0	4,192	0	0	0,001	1,806	36,289	6,016	25,79
44	87	100,00%		2										
45	88	100,00%		50										
46	89	57,30%	1 (0,078) 6 (0,064) 45 (0,545) 55 (0,313)		0	0	0,962	188,304	2,865	0,001	0	5,744	0	20,197
47	91	53,07%	45 (0,727) 64 (0,026) 70 (0,246)		0	0	7,553	15,421	1,756	0,023	11,534	0	0,417	8,096
48	101	45,90%	45 (0,708) 64 (0,225) 70 (0,067)		0	0	4,644	0	8,282	0,002	4,98	32,753	9,382	36,167
49	102	100,00%		14										
50	103	56,24%	45 (0,427) 64 (0,387) 70 (0,186)		0	0	7,219	7,856	0	0,002	0,303	42,656	52,214	47,926
51	104	70,85%	25 (0,013) 45 (0,138) 49 (0,201) 59 (0,076) 66 (0,571)		0	0	0,704	30,661	0	0	0	31,482	9,818	15,499
52	106	100,00%		2										
53	109	54,96%	17 (0,031) 44 (0,183) 45 (0,342) 52 (0,110) 59 (0,150) 66 (0,184)		0	0	0,926	0	7,013	0	0	20,907	0	8,074
54	110	69,33%	1 (0,300) 45 (0,587) 49 (0,063) 66 (0,050)		0	0,101	2,368	15,22	0	0	0,485	31,781	0	29,081
55	112	100,00%		6										
56	113	68,96%	49 (0,245) 59 (0,190) 66 (0,565)		0	0	3,993	25,908	2,683	0	4,481	123,633	79,869	103,528
57	117	73,41%	17 (0,026) 45 (0,339) 59 (0,153) 64 (0,479) 66 (0,003)		0	0	3,214	0	3,987	0	0	155,594	146,253	141,308
58	119	46,97%	17 (0,024) 45 (0,246) 59 (0,193) 64 (0,183) 66 (0,354)		0	0	7,756	0	8,908	0	0	106,953	81,237	92,657
59	120	100,00%		12										
60	122	94,16%	45 (0,699) 59 (0,009) 64 (0,082) 66 (0,210)		0	0	0	61,615	0,791	0	4,196	65,735	31,283	55,534
61	124	67,02%	1 (0,164) 16 (0,007) 55 (0,203) 64 (0,354) 66 (0,272)		0	0	1,255	0	2,84	0	5,537	23,386	0	5,231
62	128	100,00%		0										
63	130	100,00%		0										
64	131	100,00%		39										
65	133	56,06%	1 (0,139) 45 (0,693) 64 (0,168)		0	0	13,166	67,35	18,892	0,015	12,912	0	2,698	17,336
66	134	100,00%		33										
67	136	56,32%	1 (0,197) 16 (0,068) 45 (0,352) 64 (0,268) 66 (0,115)		0	0	1,53	0	0	0,012	6,756	0,678	4,865	0
68	137	58,23%	1 (0,084) 6 (0,083) 45 (0,599) 64 (0,178) 66 (0,058)		0	0	0	28,504	3,318	0	2,096	28,837	0	34,418
69	139	53,52%	1 (0,012) 45 (0,275) 49 (0,223) 64 (0,220) 66 (0,269)		0	0	16,196	104,683	0	0	1,916	18,484	0	14,924
70	141	100,00%		9										
71	142	51,09%	1 (0,161) 45 (0,510) 64 (0,329)		0	0	6,48	13,292	4,78	0,006	0,481	0	0,198	12,476
72	143	74,69%	45 (0,550) 55 (0,058) 64 (0,315) 66 (0,076)		0	0,215	6,646	7,56	66,908	0	0	51,401	0	20,702
73	144	88,28%	1 (0,138) 45 (0,362) 64 (0,346) 70 (0,154)		0	0	11,985	92,269	15,766	0,042	0	30,256	0	25,877
74	145	74,15%	45 (0,377) 52 (0,056) 64 (0,539) 66 (0,028)		0	0,22	5,482	35,712	13,176	0	0	22,065	0	6,081
75	147	81,28%	45 (0,352) 59 (0,301) 64 (0,026) 66 (0,321)		1,663	0	0,59	7,856	0	0	0	86,863	74,376	89,505
76	148	100,00%		0										
77	149	59,51%	45 (0,489) 66 (0,511)		2,096	0	4,289	36,944	0	0,028	4,517	37,557	0	27,183
78	152	46,98%	45 (0,367) 49 (0,156) 64 (0,311) 66 (0,166)		0	0	4,154	3,344	5,022	0	6,23	23,523	0	14,7
79	153	100,00%		0										

EK 4: Çıktıya yönelik BCC modeli sonucu

Ref No	DMU	Score	Benchmarks				ORTALAM A ÖĞRETİM SAYISI	KIZ ÖĞR. ORANI	ÖĞRETME N BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	MAT. ÖĞRETME N BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	SINIF TEKRARI YAPAN ÖĞRENCİ	ZAYIF ÖĞRETME N ÖĞRENCİSİ	HİSEİ	MATEMATİK BAŞARI PUANI	OKUMA BAŞARI PUANI	FEN BİLİMLERİ BAŞARI PUANI
1	3	100,00%					1									
2	5	119,55%	45 (0,698)	55 (0,196)	64 (0,082)	66 (0,024)	0	0,094	6,637	95,123	6,918	0	0	4,549	0	0,96
3	6	100,00%					2									
4	8	119,07%	32 (0,443)	59 (0,060)	64 (0,496)		4,004	0	10,953	38,38	2,691	0,051	0	37,696	0	9,526
5	10	115,65%	32 (0,305)	44 (0,242)	45 (0,059)	52 (0,394)	9,804	0,033	3,695	14,569	0	0	0	3,802	0	0
6	12	100,00%					0									
7	14	128,83%	52 (0,210)	62 (0,065)	64 (0,725)		0	0,294	10,042	21,619	29,812	0,001	0	31,712	0	8,846
8	15	124,66%	32 (0,441)	64 (0,559)			2,551	0,265	1,221	53,732	13,117	0,029	0	4,41	0	0,494
9	16	121,43%	32 (0,628)	64 (0,223)	66 (0,149)		4,651	0,069	5,034	39,982	17,892	0	0	20,979	0	26,628
10	22	116,58%	44 (0,660)	64 (0,182)	66 (0,159)		3,725	0,281	5,743	59,178	11,52	0,015	0	14,623	0	0
11	23	131,27%	32 (0,422)	64 (0,578)			3,345	0,19	8,398	76,304	18,156	0,068	0	20,074	0	5,169
12	24	114,06%	32 (0,791)	59 (0,069)	62 (0,138)	64 (0,002)	0	0	33,566	304,991	1,524	0,049	0	9,91	0	15,257
13	25	128,44%	32 (0,432)	44 (0,380)	64 (0,187)		2,137	0,027	17,195	89,978	8,614	0,062	0	21,07	0	0
14	26	127,55%	44 (0,074)	45 (0,388)	62 (0,031)	64 (0,507)	11,872	0,846	0	61,219	0	0,033	0	52,506	0	38,392
15	29	100,00%					0									
16	32	100,00%					0									
17	35	100,00%					1									
18	36	100,00%					4									
19	39	113,38%	17 (0,101)	44 (0,225)	52 (0,295)	66 (0,379)	0,273	0,044	4,64	0	9,27	0	0	17,927	0	10,817
20	41	120,02%	18 (0,385)	44 (0,094)	64 (0,521)		0	0,144	7,103	24,62	16,315	0,026	0	12,01	0	5,327
21	42	115,46%	32 (0,644)	64 (0,214)	66 (0,142)		1,272	0,104	3,84	52,374	5,854	0	0	4,163	0	1,955
24	48	108,50%	44 (0,512)	59 (0,070)	62 (0,037)	64 (0,381)	7,966	0,405	0	6,977	1,349	0,048	0	6,124	0	0
23	46	117,03%	44 (0,155)	45 (0,157)	59 (0,176)	64 (0,512)	0	0,848	0	209,389	61,302	0,022	0	67,869	0	46,129
24	49	110,84%	55 (0,018)	66 (0,982)			15,256	0,126	5,528	58,253	1	0,06	0	47,104	0	33,058
25	52	100,00%					0									
26	53	136,95%	32 (0,116)	44 (0,045)	64 (0,694)	66 (0,145)	11,786	0,289	1,631	3,346	3,732	0	0	24,668	0	0
27	54	137,82%	55 (0,044)	66 (0,956)			4,202	0,043	3,158	62,229	3	0,04	0	38,558	0	12,858
28	57	121,65%	44 (0,227)	45 (0,031)	52 (0,247)	64 (0,206)	0	0,181	0,656	0,173	18,713	0	0	33,652	0	0

EK 5: Toplamsal model sonucu

Ref No	DMU	Score	Benchmarks	ORTALAMA ÖĞRENCİ SAYISI	KIZ OĞR. ORANI	ÖĞRETMEN BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	MAT. ÖĞRETMENİ BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	SINIF TEKRARI YAPAN ÖĞRENCİ	ZAYIF ÖĞRETMEN ÖĞRENCİ İLİŞKİSİ	HİSEİ	MATEMATİK BAŞARI PUANI	OKUMA BAŞARI PUANI	FEN BİLİMLERİ BAŞARI PUANI	
1	3	0		0										
2	5	164,167	66 (0,552)		3,449	0,202	9,99	143,502	7	0,024	3,39	43,778	0	11,443
3	6	58,937	6 (0,128) 45 (0,362) 66 (0,658)		1,392	0	1,606	55,902	0	0,037	0	25,246	0	21,049
4	8	177,195	66 (0,705)		14,564	0,003	20,858	136,676	5	0,093	2,611	70,303	0	33,87
5	10	200,165	6 (0,499) 45 (0,214) 66 (0,230)		21,687	0	19,85	148,627	10	0,001	0	23,588	0	15,644
6	12	0		15										
7	14	162,941	66 (0,661)		7,861	0,209	15,573	104,254	35	0,043	6,324	50,226	0	28,503
8	15	183,493	66 (0,682)		13,299	0,273	10,852	143,996	15	0,073	4,795	38,892	0	24,217
9	16	199,151	66 (0,692)		17,438	0,234	18,271	143,175	20	0,033	3,57	59,765	0	46,162
10	22	160,813	66 (0,654)		11,291	0,296	13,273	120,9	15	0,053	0,535	44,907	0	18,509
11	23	218,758	66 (0,649)		14,616	0,198	17,959	165,872	20	0,114	6,884	48,048	0	26,317
12	24	508,48	6 (0,546) 45 (0,087) 66 (0,338)		15,532	0	52,485	435,402	5	0,062	0	37,928	0	32,472
13	25	252,334	66 (0,592)		15,327	0,174	30,722	194,007	12	0,104	3,231	59,912	0	24,214
14	26	134,17	66 (0,573)		17,655	0,792	3,438	111,21	1	0,074	4,458	70,312	0	44,153
15	29	229,993	45 (0,047) 64 (0,718) 66 (0,034)		3,787	0	9,716	214,173	2,282	0,035	0	25,58	0	8,879
16	32	0		0										
17	35	0		0										
18	36	0		0										
19	39	124,802	66 (0,701)		9,123	0,188	13,365	85,113	17	0,013	0,848	48,611	0	25,888
20	41	112,495	66 (0,639)		5,53	0,113	13,218	73,541	20	0,094	2,054	40,994	0	21,212
21	42	194,962	66 (0,726)		13,468	0,263	17,068	156,131	8	0,033	1,396	49,173	0	27,531
22	44	84,549	6 (0,431) 45 (0,355) 66 (0,289)		13,487	0,059	6,16	59,777	4,997	0,069	0	0	0	9,852
23	46	360,429	66 (0,663)		6,236	0,708	4,241	285,18	64	0,063	1,413	88,409	0	59,97
24	49	88,003	66 (0,903)		17,412	0,163	6,422	62,946	1	0,061	5,796	43,105	0	30,24
25	52	0		0										
26	53	89,86	66 (0,652)		19,836	0,185	6,039	58,757	5	0,043	10,406	35,938	0	15,535
27	54	94,122	66 (0,727)		10,28	0,148	5,661	74,991	3	0,043	16,236	29,153	0	10,134
28	57	124,04	66 (0,670)		7,819	0,253	8,355	82,59	25	0,023	3,749	56,658	0	17,638
29	59	202,866	45 (0,356) 64 (0,112) 66 (0,405)		9,484	0	21,023	152,442	19,888	0,029	0	35,572	0	13,073
30	60	194,045	66 (0,640)		2,346	0,149	5,82	183,717	2	0,014	5,325	54,597	0	32,291
31	61	58,643	66 (0,786)		4,826	0,196	2,635	47,944	3	0,042	14,049	52,955	0	39,679
32	62	119,223	6 (0,049) 45 (1,227) 66 (0,124)		11,896	0,14	15,384	88,803	3	0	0	4,151	0	27,059
33	63	157,277	66 (0,768)		11,812	0,232	16,938	116,251	12	0,042	6,862	72,395	0	36,495
34	66	284,714	64 (0,598) 66 (0,036)		15,356	0	13,904	236,028	19,402	0,024	2,351	23,988	7,769	0
35	69	136,079	6 (0,193) 45 (1,028) 66 (0,052)		10,477	0,028	9,968	95,565	20	0,041	0	0	0	20,33
36	70	167,916	66 (0,673)		6,584	0,359	9,547	141,383	10	0,043	3,656	75,776	0	48,86
37	71	142,662	64 (0,066) 66 (0,499)		4,722	0	5,453	127,442	4,934	0,111	4,101	41,98	0	8,699
38	72	153,544	66 (0,591)		12,304	0,187	12,97	127,019	1	0,064	2,283	56,575	0	26,195
39	74	139,079	64 (0,617) 66 (0,041)		6,006	0	7,634	110,033	15,383	0,023	8,328	36,042	1,826	0
40	75	122,806	66 (0,681)		15,008	0,164	14,017	88,544	5	0,073	1,808	55,013	0	42,126
41	82	210,736	66 (0,502)		29,48	0,068	39,355	134,758	7	0,075	12,523	41,666	0,895	0
42	83	47,232	6 (0,404) 66 (0,499)		3,684	0,522	3,67	39,327	0	0,029	0	59,166	0	32,053
43	84	70,362	6 (0,312) 45 (0,052) 66 (0,466)		8,194	0	11,027	46,11	5	0,031	0	51,664	0	21,524
44	87	0		1										
45	88	0		17										
46	89	461,66	6 (0,097) 66 (0,654)		11,639	0,388	9,809	434,784	5	0,04	0	50,038	0	33,107
47	91	220,884	66 (0,569)		16,082	0,197	25,022	171,468	8	0,114	8,807	51,951	0	21,821
48	101	195,565	66 (0,599)		21,091	0,231	21,921	132,238	20	0,084	1,511	69,624	0	39,486
49	102	56,713	66 (0,611)		0,508	0,26	3,322	41,619	11	0,004	1,583	53,477	0	29,398
50	103	184,284	64 (0,002) 66 (0,617)		17,486	0	21,812	140,905	3,998	0,084	2,251	26,116	0	11,256
51	104	129,802	66 (0,812)		10,207	0,206	7,309	108,068	4	0,012	0,033	43,515	0	15,365
52	106	0		0										
53	109	183,194	6 (0,305) 45 (0,904) 66 (0,057)		20,283	0,037	15,748	126,117	21	0,01	0	0	0	10,726
54	110	133,748	66 (0,651)		6,43	0,444	8,362	117,479	1	0,033	1,023	83,701	0	40,893
55	112	0		0										
56	113	161,625	66 (0,732)		14,395	0,218	13,797	123,202	10	0,013	10,616	60,016	0	35,009
57	117	135,967	64 (0,083) 66 (0,438)		15,396	0	11,871	100,733	7,917	0,051	8,564	33,143	0	6,574
58	119	239,677	66 (0,677)		29,881	0,219	30,908	155,616	23	0,053	3,747	47,25	0	21,869
59	120	0		1										
60	122	113,758	66 (0,602)		3,852	0,079	3,166	105,638	1	0,024	2,813	73,067	0	31,048
61	124	100,211	66 (0,950)		8,834	0,079	5,714	80,543	5	0,041	7,565	46,724	0	21,186
62	128	26,286	44 (0,445) 45 (0,569) 64 (0,177) 66 (0,007)		7,076	0,337	5,39	11,886	1,596	0	0	0	0	20,136
63	130	177,285	59 (0,087) 64 (0,397) 66 (0,356)		9,764	0	3,232	125,383	38,906	0	2,235	26,12	0	10,542
64	131	0		12										
65	133	307,555	66 (0,625)		13,123	0,257	31,306	228,785	34	0,084	10,466	46,385	0	26,514
66	134	0		66										
67	136	131,65	66 (0,748)		13,659	0,192	9,031	105,685	3	0,083	6,751	34,276	0	9,283
68	137	157,832	6 (0,516) 45 (0,020) 66 (0,353)		12,017	0	7,61	132,17	6	0,035	0	46,696	0	33,183
69	139	338,139	66 (0,757)		16,49	0,269	38,862	277,475	5	0,042	0,129	50,708	0	28,982
70	141	124,242	64 (0,735) 66 (0,033)		2,668	0	4,713	107,57	9,265	0,026	7,884	31,356	0	13,303
71	142	186,953	6 (0,329) 45 (0,180) 66 (0,429)		15,802	0	21,027	140,056	10	0,067	0	16,11	0	16,364
72	143	150,766	6 (0,493) 45 (0,548) 66 (0,156)		5,55	0	12,365	42,839	90	0,012	0	34,311	0	16,109
73	144	212,079	45 (0,003) 64 (0,195) 66 (0,548)		3,088	0	16,134	172,969	19,805	0,083	0	67,523	0	39,204
74	145	125,66	6 (0,283) 45 (0,729) 66 (0,221)		6,56	0	10,359	88,716	20	0,025	0	2,265	0	9,999
75	147	134,286	66 (0,632)		13,218	0,059	7,735	110,249	3	0,024	2,432	41,833	0	27,634
76	148	134,637	64 (0,709) 66 (0,030)		6,599	0	5,912	104,758	17,291	0,077	3,006	27,657	0	8,655
77	149	148,559	66 (0,762)		17,14	0,273	14,439	116,635	0	0,072	1,845	64,893	0	31,374
78	152	166,312	66 (0,731)		21,161	0,25	19,385	110,453	15	0,063	3,371	58,429	0	29,398
79	153	96,739	6 (0,319) 45 (0,959) 66 (0,017)		5,545	0,179	7,631	82,356	1	0,028	0	0	0	33,216

EK 6: Ölçeğe göre getiri

DMU	CCR Score	$\Sigma\lambda$	BCC Score	Ölçeğe Göre Getiri	DMU	CCR Score	$\Sigma\lambda$	BCC Score	Ölçeğe Göre Getiri
3	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri	82	29,05%	0,549	52,70%	Artan Getiri
5	67,84%	0,546	88,30%	Artan Getiri	83	80,88%	0,939	80,95%	Artan Getiri
6	93,53%	1,178	100,00%	Azalan Getiri	84	63,44%	0,699	70,64%	Artan Getiri
8	49,70%	0,789	57,35%	Artan Getiri	87	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri
10	42,95%	0,728	64,24%	Artan Getiri	88	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri
12	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri	89	56,56%	0,736	57,30%	Artan Getiri
14	57,13%	0,705	67,25%	Artan Getiri	91	40,08%	0,641	53,07%	Artan Getiri
15	47,03%	0,749	54,87%	Artan Getiri	101	36,39%	0,629	45,90%	Artan Getiri
16	45,47%	0,701	57,12%	Artan Getiri	102	90,60%	0,602	100,00%	Artan Getiri
22	54,10%	0,68	58,08%	Artan Getiri	103	43,20%	0,697	56,24%	Artan Getiri
23	44,82%	0,732	54,28%	Artan Getiri	104	63,95%	0,818	70,85%	Artan Getiri
24	48,95%	0,732	50,21%	Artan Getiri	106	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri
25	42,20%	0,666	54,38%	Artan Getiri	109	53,81%	1,065	54,96%	Azalan Getiri
26	45,02%	0,843	52,98%	Artan Getiri	110	65,47%	0,67	69,33%	Artan Getiri
29	81,33%	0,787	100,00%	Artan Getiri	112	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri
32	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri	113	52,96%	0,735	68,96%	Artan Getiri
35	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri	117	43,31%	0,559	73,41%	Artan Getiri
36	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri	119	34,29%	0,702	46,97%	Artan Getiri
39	61,43%	0,702	78,28%	Artan Getiri	120	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri
41	65,87%	0,643	77,67%	Artan Getiri	122	70,27%	0,619	94,16%	Artan Getiri
42	51,80%	0,733	58,90%	Artan Getiri	124	66,57%	0,968	67,02%	Artan Getiri
44	54,03%	0,777	54,99%	Artan Getiri	128	88,85%	1,2	100,00%	Azalan Getiri
46	65,72%	0,677	67,85%	Artan Getiri	130	94,02%	0,904	100,00%	Artan Getiri
49	53,59%	0,944	54,69%	Artan Getiri	131	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri
52	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri	133	45,12%	0,708	56,06%	Artan Getiri
53	46,24%	0,714	64,61%	Artan Getiri	134	100,00%	1	100,00%	Sabit Getiri
54	57,85%	0,767	65,10%	Artan Getiri	136	51,64%	0,815	56,32%	Artan Getiri
57	57,84%	0,662	70,79%	Artan Getiri	137	53,78%	0,684	58,23%	Artan Getiri
59	62,73%	0,809	72,04%	Artan Getiri	139	49,80%	0,779	53,52%	Artan Getiri
60	74,81%	0,629	99,75%	Artan Getiri	141	85,55%	0,772	100,00%	Artan Getiri
61	72,65%	0,8	78,11%	Artan Getiri	142	49,37%	0,756	51,09%	Artan Getiri
62	85,63%	1,328	100,00%	Azalan Getiri	143	74,68%	0,955	74,69%	Artan Getiri
63	53,40%	0,792	59,67%	Artan Getiri	144	82,32%	0,773	88,28%	Artan Getiri
66	60,00%	0,671	100,00%	Artan Getiri	145	72,81%	1,041	74,15%	Azalan Getiri
69	62,59%	1,162	67,77%	Azalan Getiri	147	55,06%	0,667	81,28%	Artan Getiri
70	60,80%	0,657	65,68%	Artan Getiri	148	70,24%	0,743	100,00%	Artan Getiri
71	68,16%	0,631	92,76%	Artan Getiri	149	50,29%	0,762	59,51%	Artan Getiri
72	47,24%	0,622	59,51%	Artan Getiri	152	41,54%	0,746	46,98%	Artan Getiri
74	69,85%	0,665	100,00%	Artan Getiri	153	75,46%	1,137	100,00%	Azalan Getiri
75	47,87%	0,695	55,00%	Artan Getiri					

EK 7: CCR modeli için mevcut ve olması gereken değerler

Mevcut Değerler										
Okullar	ORTALAMA ÖĞRENCİ SAYISI	KIZ ÖGR. ORANI	ÖĞRETMEN BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	MAT. ÖĞRETMENİ BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	SINIF TEKRARI YAPAN ÖĞRENCİ	ZAYIF ÖĞRETMEN ÖĞRENCİ İLİŞKİSİ	HISEİ	MATEMATİK BAŞARI PUANI	OKUMA BAŞARI PUANI	FEN BİLİMLERİ BAŞARI PUANI
5	15,94	0,402	14,909	164	7,00	0,03	35,41	344,01	359,22	363,55
6	23	0,438	10,667	106,667	0,00	0,06	50,86	590,15	594,96	593,51
8	30,53	0,259	27,146	162,875	5,00	0,1	43,54	425,34	459,13	445,42
10	36,35	0,511	25,054	185,4	10,00	0,03	33,47	367,44	397,16	383,84
14	22,84	0,449	21,472	128,833	35,00	0,05	44,72	414,77	430,74	421,15
15	28,74	0,52	16,933	169,333	15,00	0,08	44,38	440,45	444,03	439,31
16	33,12	0,485	24,447	168,909	20,00	0,04	43,77	427,08	450,98	424,62
22	26,1	0,533	19,105	145,2	15,00	0,06	38,50	414,82	425,86	426,05
23	29,32	0,434	23,75	190	20,00	0,12	44,58	408,43	422,85	415,1
24	31,5	0,548	57,815	469,75	5,00	0,09	38,09	406,2	442,02	413,68
25	28,73	0,389	36	216	12,00	0,11	37,59	356,17	385,43	378,14
26	30,63	1	8,548	132,5	1,00	0,08	37,72	332,47	373,11	345,34
29	20,5	0,026	15,75	270	3,00	0,08	38,32	455,73	461,24	456,09
39	25	0,442	19,618	111,167	17,00	0,02	41,55	444,29	456,59	450,75
41	20	0,345	18,917	97,286	20,00	0,1	39,15	408,23	416,13	413,19
42	29,91	0,527	23,543	183,111	8,00	0,04	43,55	461,26	472,83	466,06
44	30,58	0,583	12,788	105,5	5,00	0,1	38,32	453,51	459,15	454,92
46	21,26	0,949	10,158	309,833	64,00	0,07	39,93	377,99	432,04	391,04
49	37,86	0,491	14,475	96,5	1,00	0,07	58,22	591,7	588,04	583,62
53	34,61	0,422	11,857	83	5,00	0,05	48,28	422,71	424,86	427,98
54	26,74	0,412	12,143	102	3,00	0,05	58,43	481,83	473,34	483,99
57	23	0,496	14,333	107,5	25,00	0,03	42,67	414,61	436,55	438,08
59	25,97	0,25	28,221	197,545	20,00	0,05	37,63	426,3	448,26	449,32
60	16,84	0,381	11,528	207,5	2,00	0,02	42,48	395,35	416,8	402,81
61	22,62	0,481	9,643	77,143	3,00	0,05	59,67	499,45	511,71	494,5
62	32,4	0,577	26,141	170,923	3,00	0,04	38,53	473,44	508,25	491,69
63	29,2	0,511	23,786	144,783	12,00	0,05	51,44	467,39	500,02	485,48
66	28,89	0,013	18,689	280,333	20,00	0,06	33,73	369,92	367,89	378,74
69	28,46	0,486	18,977	167	20,00	0,08	33,83	413,84	445,76	431,07
70	21,83	0,603	15,551	166,4	10,00	0,05	42,74	397,51	438,42	408,81
71	17,43	0,181	10,397	150,75	5,00	0,12	36,31	349,6	363,93	369,72
72	25,7	0,402	18,245	149	1,00	0,07	36,63	359,28	385,22	375,94
74	20,07	0,015	12,61	155,909	16,00	0,06	40,96	373,47	388,63	393,76
75	30,44	0,411	20,094	113,867	5,00	0,08	41,37	424,06	443,78	421,14
82	40,84	0,25	43,829	153,4	7,00	0,08	41,65	311,01	325,8	341,04
83	20,24	1	9,333	70	0,00	0,05	41,06	424,75	467,61	445,32
84	23,53	0,413	16,522	76	5,00	0,05	37,67	394,7	431,08	419,73
89	27,71	0,697	15,931	462	5,00	0,05	40,87	441,62	460,1	444,6
91	28,96	0,403	30,094	192,6	8,00	0,12	41,82	347,83	370,33	364,77
101	34,67	0,449	27,268	154,519	20,00	0,09	36,32	351,91	390,48	368,14
102	14,35	0,482	8,773	64,333	11,00	0,01	37,07	376,24	398,06	386,14
103	31,51	0,224	27,333	164	4,00	0,09	38,19	409,16	403,25	409,65

Mevcut Değerler										
Okullar	ORTALAMA ÖĞRENCİ SAYISI	KIZ ÖĞR. ORANI	ÖĞRETMEN BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	MAT. ÖĞRETMENİ BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	SINIF TEKRARI YAPAN ÖĞRENCİ	ZAYIF ÖĞRETMEN ÖĞRENCİ İLİŞKİSİ	HISEİ	MATEMATİK BAŞARI PUANI	OKUMA BAŞARI PUANI	FEN BİLİMLERİ BAŞARI PUANI
104	28,6	0,501	14,553	138,25	4,00	0,02	47,19	527,49	528,94	536,8
109	38,12	0,543	24,181	193,444	21,00	0,05	34,47	416,61	447,3	440,35
110	21,17	0,68	14,167	141,667	1,00	0,04	38,81	373,9	423,89	401,61
113	30,97	0,484	20,324	150,4	10,00	0,02	53,11	454,53	476,64	462,56
117	27,09	0,159	16,4	123	8,00	0,06	38,08	326,22	334,39	340,63
119	45,22	0,465	36,949	180,786	23,00	0,06	43,07	428,94	441,11	438,61
122	17,48	0,297	8,533	128	1,00	0,03	37,75	350	391,9	378,06
124	30,34	0,424	14,184	115,833	5,00	0,05	62,70	620,92	618,46	624,43
128	28,97	0,636	18,326	105,375	4,00	0,05	36,67	472,71	491,89	472,7
130	28,59	0,134	10,672	186	40,00	0,03	45,45	509,71	507,55	506,87
133	27,27	0,484	36,878	252	34,00	0,09	46,74	392,81	406,84	398,19
136	30,61	0,464	15,706	133,5	3,00	0,09	50,21	491,94	487,45	499,57
137	27	0,512	12,462	162	6,00	0,06	36,42	377,59	418,72	390,02
139	33,63	0,544	45,612	305,6	5,00	0,05	44,07	481,38	492,89	485,55
141	19,05	0,012	10,494	161,6	10,00	0,07	45,80	444,94	454,44	444,61
142	32,29	0,449	27,231	177	10,00	0,09	39,12	448,55	455,47	448,8
143	23,11	0,577	19,48	97,4	90,00	0,05	37,14	404,78	458,71	444,91
144	19,7	0,2	22,506	207,556	20,00	0,1	41,47	439,22	473,09	450,26
145	25,38	0,499	18,828	150,625	20,00	0,06	39,04	468,6	487,47	485,09
147	27,54	0,289	13,375	133,75	3,00	0,03	39,15	402,77	411,85	402,3
148	22,37	0,011	11,476	156,833	18,00	0,12	39,50	430,81	437,46	432,11
149	34,4	0,55	21,236	144,957	0,00	0,08	46,09	470,93	496,35	486,77
152	37,72	0,515	25,906	137,625	15,00	0,07	45,82	455,62	476,18	467,69
153	23,41	0,697	16,17	152	1,00	0,07	33,87	409,51	444,22	413,81

Olmaması Gereken Değerler										
Okullar	ORTALAMA ÖĞRENCİ SAYISI	KIZ ÖĞR. ORANI	ÖĞRETMEN BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	MAT. ÖĞRETMENİ BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	SINIF TEKRARI YAPAN ÖĞRENCİ	ZAYIF ÖĞRETMEN ÖĞRENCİ İLİŞKİSİ	HISEİ	MATEMATİK BAŞARI PUANI	OKUMA BAŞARI PUANI	FEN BİLİMLERİ BAŞARI PUANI
5	15,94	0,39	10,11	103,76	2,25	0,02	35,41	369,23	359,22	363,55
6	23,00	0,44	10,67	71,34	0,00	0,03	50,86	606,85	594,96	612,96
8	30,53	0,26	19,27	154,90	3,05	0,09	42,13	471,88	459,13	463,11
10	36,35	0,51	21,64	162,78	7,13	0,03	33,47	412,06	397,16	407,38
14	22,84	0,45	14,91	128,83	15,20	0,05	42,49	438,26	430,74	434,75

Olmaları Gereken Değerler										
Okullar	ORTALAMA ÖĞRENCİ SAYISI	KIZ ÖĞR. ORANI	ÖĞRETMEN BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	MAT. ÖĞRETMENİ BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	SINIF TEKRARI YAPAN ÖĞRENCİ	ZAYIF ÖĞRETMEN ÖĞRENCİ İLİŞKİSİ	HİSEİ	MATEMATİK BAŞARI PUANI	OKUMA BAŞARI PUANI	FEN BİLİMLERİ BAŞARI PUANI
15	28,74	0,52	14,55	169,33	8,21	0,07	43,80	450,78	444,03	448,51
16	33,12	0,49	19,67	137,89	11,08	0,04	41,03	474,96	450,98	461,03
22	26,10	0,39	14,72	122,75	7,27	0,06	38,50	441,36	425,86	428,52
23	29,32	0,43	18,15	182,05	11,38	0,10	41,14	429,50	422,85	427,28
24	31,50	0,34	35,36	295,51	3,16	0,09	38,09	460,73	442,02	444,68
25	28,73	0,39	25,43	193,50	7,28	0,09	37,10	392,38	385,43	389,34
26	29,55	1,00	8,55	122,54	1,00	0,08	33,87	364,57	373,11	369,36
29	20,50	0,01	8,82	106,86	1,34	0,06	38,32	482,30	461,24	463,97
39	25,00	0,42	13,98	81,67	6,63	0,02	41,55	485,15	456,59	470,69
41	20,00	0,34	12,54	90,08	7,03	0,06	39,15	429,14	416,13	418,82
42	29,91	0,49	18,09	142,20	4,06	0,04	43,55	494,27	472,83	480,71
44	30,58	0,28	11,72	104,70	3,06	0,09	38,32	480,31	459,15	461,84
46	21,26	0,52	9,67	164,31	22,23	0,05	39,93	446,56	432,04	434,79
49	37,86	0,49	14,48	96,50	1,00	0,06	52,48	624,68	588,04	606,28
53	33,49	0,42	11,86	83,00	2,95	0,05	37,23	448,11	424,86	435,16
54	26,74	0,41	11,34	102,00	1,48	0,04	44,19	494,01	473,34	483,99
57	23,00	0,50	12,60	107,50	10,62	0,03	42,37	448,18	436,55	439,51
59	25,97	0,23	16,96	121,73	7,85	0,05	37,63	466,64	448,26	457,57
60	16,84	0,38	9,19	112,33	0,56	0,02	40,73	427,44	416,80	419,68
61	22,62	0,47	9,64	77,14	0,82	0,03	48,69	537,39	511,71	526,95
62	26,06	0,51	16,19	124,70	3,00	0,04	38,53	480,85	508,25	516,11
63	29,20	0,51	18,12	142,27	5,84	0,05	47,86	513,10	500,02	503,79
66	26,58	0,01	13,54	180,85	9,66	0,06	30,95	392,46	379,66	378,74
69	28,46	0,45	16,04	136,71	7,71	0,07	33,83	424,50	445,76	452,27
70	21,83	0,54	12,78	127,17	3,97	0,04	42,74	450,05	438,42	441,34
71	17,43	0,18	7,75	108,95	1,98	0,07	34,25	375,12	366,34	369,72
72	25,70	0,40	14,88	137,53	0,77	0,06	36,63	395,21	385,22	388,26
74	20,07	0,02	8,75	96,13	5,47	0,06	32,86	408,88	391,37	393,76
75	30,44	0,41	16,77	113,87	2,88	0,07	40,65	461,85	443,78	449,00
82	40,84	0,25	35,45	142,30	5,32	0,08	28,68	353,68	334,39	341,04
83	20,24	0,59	9,33	70,00	0,00	0,03	41,06	469,84	467,61	475,75

Olmaları Gereken Değerler										
Okullar	ORTALAMA ÖĞRENCİ SAYISI	KIZ ÖĞR. ORANI	ÖĞRETMEN BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	MAT. ÖĞRETMENİ BAŞINA ORT. ÖĞRENCİ	SINIF TEKRARI YAPAN ÖĞRENCİ	ZAYIF ÖĞRETMEN ÖĞRENCİ İLİŞKİSİ	HİSEİ	MATEMATİK BAŞARI PUANI	OKUMA BAŞARI PUANI	FEN BİLİMLERİ BAŞARI PUANI
84	23,53	0,26	11,82	76,00	2,26	0,05	37,67	452,46	431,08	437,22
89	27,71	0,46	13,21	252,44	2,55	0,05	40,87	482,34	460,10	467,02
91	28,96	0,40	22,46	181,87	5,12	0,10	35,76	376,75	370,33	374,12
101	34,67	0,45	22,70	154,52	13,02	0,08	36,26	402,42	390,48	393,30
102	14,35	0,30	6,57	43,90	1,04	0,01	37,07	420,13	398,06	408,90
103	31,51	0,22	20,52	155,46	2,78	0,09	36,76	418,73	406,30	409,65
104	28,60	0,46	12,50	86,12	1,52	0,02	47,19	567,53	528,94	549,04
109	38,12	0,54	22,26	193,44	12,95	0,05	34,47	433,24	447,30	451,02
110	21,17	0,41	10,90	105,16	0,67	0,04	38,81	438,79	423,89	426,71
113	30,97	0,48	16,13	103,68	4,76	0,02	42,72	511,16	476,64	494,78
117	27,09	0,16	13,59	108,84	4,92	0,06	29,13	351,95	335,43	340,63
119	45,22	0,47	30,18	155,04	15,38	0,06	38,46	470,46	441,11	454,11
122	17,48	0,30	8,08	95,70	0,50	0,03	37,33	402,60	391,90	394,78
124	30,34	0,42	13,55	115,83	2,04	0,05	56,88	642,84	618,46	625,31
128	26,43	0,43	16,21	105,38	3,49	0,05	36,67	472,71	491,89	494,62
130	23,36	0,13	10,67	121,64	5,70	0,03	41,65	524,17	507,55	509,15
133	27,27	0,48	25,04	216,71	18,94	0,08	40,54	411,15	406,84	411,42
136	30,61	0,46	13,71	133,50	1,72	0,07	46,24	507,11	489,07	499,57
137	27,00	0,33	11,35	124,60	3,26	0,06	36,42	437,96	418,72	423,08
139	33,63	0,47	29,69	204,18	2,81	0,05	44,07	519,18	492,89	502,93
141	19,05	0,01	7,26	80,13	2,20	0,06	38,10	474,90	454,44	457,20
142	32,29	0,29	19,78	146,84	5,70	0,09	39,12	474,93	455,47	458,20
143	23,11	0,32	12,39	84,31	23,17	0,05	37,14	463,10	458,71	466,57
144	19,70	0,14	10,36	97,28	4,10	0,06	41,47	492,13	473,09	475,97
145	25,38	0,31	13,14	108,34	5,90	0,06	39,04	488,71	487,47	494,15
147	27,54	0,29	12,15	103,56	2,09	0,03	35,60	437,75	411,85	423,27
148	22,37	0,01	8,95	101,05	6,08	0,08	36,61	457,30	437,46	440,09
149	34,36	0,55	17,35	100,38	0,00	0,05	44,25	535,82	496,35	518,14
152	37,72	0,52	21,89	137,63	9,05	0,07	43,58	496,33	476,18	482,43
153	23,41	0,43	12,71	110,29	0,50	0,06	33,87	425,11	444,22	450,51

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 22.11.1983

Doğum yeri İstanbul

Lise 1997-2000 Süleyman Nazif Lisesi

Lisans 2001-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fak.
İstatistik Bölümü

Yüksek Lisans 2006-.... Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik Anabilim Dalı