

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

İŞLETME PROGRAMI

**KAMU ŞEKER FABRİKALARINDA ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ:
VZA - MALMQUIST TFV UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Süleyman ÇAKIR

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Selçuk PERÇİN

MAYIS-2011

TRABZON

ONAY

Süleyman ÇAKIR tarafından hazırlanan “Kamu Şeker Fabrikalarında Etkinlik Ölçümü: VZA-Malmquist TFV Uygulaması” adlı bu çalışma 09.05.2011 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda *oybirliği* ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından *İşletme Anabilim* dalında **yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

i m z a

.....

Doç. Dr. Selçuk PERÇİN (Danışman)

i m z a

.....

Doç. Dr. Talha USTASÜLEYMAN (Üye)

i m z a

.....

Yrd. Doç. Dr. Tuba YAKICI AYAN (Üye)

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylarım. 11/05/2011

Doç. Dr. Yusuf ŞAHİN
Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her tür yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

Süleyman ÇAKIR

10.05.2011

ÖNSÖZ

Modern devlet anlayışı, kamu kaynaklarını kullanan işletmelerde verimli ve etkin üretim yapılmasını ve performansın düzenli olarak kontrol edilmesini zorunlu kılmaktadır. Günümüzde işletme performansının ölçümünde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de etkinlik ölçümüdür. Bu çalışmada, Türkiye’ de faaliyette bulunan kamuya bağlı şeker fabrikalarında üretimin etkin şekilde yapılıp yapılmadığı ve bu fabrikalarda etkinliğin zaman içinde nasıl değiştiği ölçülmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasına bilgi ve tecrübesiyle büyük katkıda bulunan değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Selçuk PERÇİN’ e teşekkürü borç bilirim. Ayrıca tez çalışmam boyunca manevi desteklerini sunan Rize Üniversitesi İİBF Dekanı Sayın Prof. Dr. Osman KARAMUSTAFA’ ya ve her zaman yanımda olup beni destekleyen sevgili eşim Zarife ÇAKIR’ a teşekkür ederim.

Mayıs, 2011

Süleyman ÇAKIR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET ve ANAHTAR SÖZCÜKLER.....	VIII
ABSTRACT ve KEY WORDS.....	IV
TABLolar LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XI
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XII
GİRİŞ.....	1-3

BİRİNCİ BÖLÜM

1. İŞLETMELERDE PERFORMANS ÖLÇÜMÜ.....	4-24
1.1. Performans Ölçümü Kavramı	4
1.2. Kamu Kurumlarında Performans Ölçüm ve Denetimi	5
1.2.1. Tutumluluk.....	5
1.2.2. Verimlilik	6
1.2.2.1. Performans Ölçütü Olarak Verimlilik	7
1.2.3. Etkinlik (Etkenlik).....	9
1.2.3.1. Üretim Sınırı (Üretim Fonksiyonu).....	10
1.2.3.2. Üretim İmkân Kümeleri.....	11
1.2.3.3. Etkinlik Kavramı	11
1.2.3.4. Üretim Ekonomisinde Etkinlik.....	12
1.2.3.5. Ölçek Etkinliği.....	15
1.2.3.6. Farrell Etkinlik Ölçümü.....	16
1.2.3.7. Girdiye Yönelik Etkinlik Ölçümü	17
1.2.3.8. Çıktıya Yönelik Etkinlik Ölçümü.....	20
1.2.4. İşletmeler Arası Karşılaştırmalar ve Etkinlik Ölçümü.....	22
1.2.4.1. Sınır Üretim Fonksiyonuna Dayanan Etkinlik Ölçme Teknikleri.....	22

1.2.4.1.1. Parametrik (Ekonometrik)Yöntemler	23
1.2.4.1.2. Parametrik Olmayan Yöntemler	24

İKİNCİ BÖLÜM

2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ	25-66
2.1. Veri Zarflama Analizi ile İlgili Genel Bilgiler	25
2.2. Kesirli Veri Zarflama Analizi Modeli	25
2.2.1. Girdiye Yönelik Kesirli Veri Zarflama Analizi Modeli.....	27
2.2.2. Çıktıya Yönelik Kesirli Veri Zarflama Analizi Modeli	29
2.3. CCR-Veri Zarflama Analizi Modeli	29
2.3.1. CCR -Veri Zarflama Analizi Modeli (Girdiye Yönelik).....	30
2.3.2. Dual CCR -Veri Zarflama Analizi Modeli.....	30
2.3.3. Referans Seti	33
2.3.4. CCR -Veri Zarflama Analizi Modeli (Çıktıya Yönelik)	34
2.3.5. Dual CCR -Veri Zarflama Analizi Modeli (Çıktıya Yönelik)	35
2.4. Ölçeğe Göre Değişken Getiri ve Banker Charnes Cooper (BCC) Modeli	38
2.4.1. BCC - Veri Zarflama Analizi Modeli (Girdiye Yönelik).....	40
2.4.2. Dual BCC- Veri Zarflama Analizi Modeli (Girdiye Yönelik).....	41
2.4.3. BCC - Veri Zarflama Analizi Modeli (Çıktıya Yönelik)	42
2.4.4. Dual BCC-Veri Zarflama Analizi Modeli (Çıktıya Yönelik)	43
2.5. Toplamsal Model	43
2.6. Veri Zarflama Analizi Literatür İncelemesi.....	45
2.7. Veri Zarflama Analizi Uygulama Alanları	46
2.8. Veri Zarflama Analizi Uygulama Aşamaları	47
2.8.1. Değerlendirilecek Karar Verme Birimlerinin Seçimi	47
2.8.2. Girdi ve Çıktı Setinin Belirlenmesi	48
2.8.3. Uygun Veri Zarflama Analizi Modelinin Seçimi.....	49
2.8.4. Veri Zarflama Analizi Modeliyle Etkinlik Ölçümü	50
2.8.5. Referans Kümesinin Belirlenmesi.....	50
2.8.6. Etkin Olmayan Karar Birimleri İçin Hedef Belirlenmesi	50
2.8.7. Duyarlılık Analizi Yapılması	51
2.8.8. Modelin Sonuçlarının Değerlendirilmesi	51

2.9. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri	52
2.10. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi Yaklaşımı	54
2.10.1. Uzaklık Fonksiyonu ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi.....	55
2.10.2. Uzaklık Fonksiyonlarının Veri Zarflama Analiziyle Hesaplanması	63

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. KAMU ŞEKER FABRİKALARINDA ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ	67-91
3.1. Türkiye ve Dünya Ekonomisinde Şeker Endüstrisinin Yeri.....	67
3.2. Çalışmanın Amacı ve Yöntem	69
3.3. Literatür Taraması.....	69
3.4. Veri Zarflama Analizi Uygulaması.....	71
3.4.1. Değerlendirilecek Karar Verme Birimlerinin Seçimi	72
3.4.2. Girdi ve Çıktı Setinin Belirlenmesi	72
3.4.3. Uygun Veri Zarflama Analizi Modelinin Seçimi.....	73
3.4.4. Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü.....	73
3.4.5. Ampirik Sonuçlar	75
3.4.5.1. Etkinsiz Karar Verme Birimlerine ait Dual ve Aylak Değişkenler	78
3.5. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Uygulaması	86
3.5.1. Ampirik Sonuçlar	86
SONUÇ ve ÖNERİLER	92
YARARLANILAN KAYNAKLAR	95
EKLER	104
ÖZGEÇMİŞ	112

ÖZET

Küreselleşme olgusuyla beraber iktisadi sistemin her alanında yaşanan yoğun rekabet özel sektör ve kamu sektöründeki işletmelerde sahip olunan kıt kaynakların verimli ve etkin bir şekilde kullanılmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda, 5018 sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu ile kamu kurumları, performans yönetimi oluşturmak ve yaptıkları faaliyetlerin etkinliğini ölçme ve değerlendirme ile yükümlü tutulmaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye Şeker Fabrikaları Anonim Şirketi (TŞFAŞ)' ne ait 25 kamu şeker fabrikasında 2009 yılı için Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi ile göreceli etkinlik ölçümü yapılmıştır. Ayrıca söz konusu fabrikaların etkinliğinin zaman içindeki değişimini görebilmek amacıyla 2002-2009 dönemi için Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi (MTFVE) kullanılarak fabrikaların toplam faktör verimliliği değişimi incelenmiştir.

Girdiye yönelik VZA modellerinin kullanıldığı uygulama sonucunda ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında 12 fabrika etkin çıkarken, ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında 16 fabrika etkin çıkmıştır. MTFVE uygulaması sonucundaysa şeker fabrikalarında 2002-2009 döneminde %0,6 oranında toplam faktör verimliliği artışı görülmüş ve bu artışın teknolojik gelişim ve etkinlik artışından (sırasıyla %0,5 ve %0,1) kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şeker Fabrikaları, Etkinlik Ölçümü, Veri Zarflama Analizi, Malmquist Toplam Faktör Verimliliği

ABSTRACT

High competition that is experienced in every field of economic system together with globalization fact requires productive and efficient use of scarce resources owned by public sector and private sector companies. In this context, public sector companies are obliged to form performance management, measure and evaluate the efficiency of their activities by means of Public Financial Management and Control Law No: 5018.

In this study, relative efficiency measurement is done for 25 sugar refineries that are owned by Turkish Sugar Refineries Corporation by using Data Envelopment Analysis (DEA). Furthermore, in order to see the changes in efficiency of the refineries within time for the period of 2002-2009, changes in total factor productivity of refineries are examined by using Malmquist Total Factor Productivity Index (MTFPI).

According to the results of input-orientated DEA models, 12 refineries are efficient under the assumption of constant returns to scale while 16 of them are efficient under assumption of variable returns to scale. As the results of MTFPI application, 0.6% growth in total factor productivity is observed and found that this growth is sourced from the technical progress and efficiency increase (respectively by 0.5% and 0.1%).

Key Words: Sugar Refineries, Efficiency Measurement, Data Envelopment Analysis, Malmquist Total Factor Productivity

TABLolar LİSTESİ

<u>Tablo Nr.</u>	<u>Tablonun Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1	Sınır Üretim Fonksiyonu Yaklaşımına Dayanan Ölçüm Teknikleri	23
2	CCR-VZA Modelleri	37
3	Dünyanın Önde Gelen Şeker Üreticileri ve Payları.....	68
4	Analizde Kullanılan Girdi ve Çıktı Faktörleri	72
5	2009 Yılı Şeker Fabrikalarının Etkinlik Skorları ve Referans Setleri	76
6	2009 Yılı CCR-VZA Etkinliğinden Elde Edilen Dual Değişkenler.....	79
7	2009 Yılında Toplam Etkin Olmayan Fabrikalara ait Aylak Değişkenler	80
8	CRS-Etkin Olmayan Fabrikaların Potansiyel İyileştirme Yüzdeleri.....	82
9	2009 Yılında Etkin Olmayan Fabrikalara Ait Aylak Değişkenler	83
10	BCC-VZA Etkinliğinden Elde Edilen Dual Değişkenler	84
11	VRS-Etkin Olmayan Fabrikaların Potansiyel İyileştirme Yüzdeleri	85
12	Şeker Fabrikalarının 2002-2009 Dönemi MTFVE Değişimi	87
13	Yıllara Göre MTFVE Skorları.....	89
14	Yıl Bazında MTFVE Bileşen Değişimleri.....	90

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil Nr.</u>	<u>Şekil Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1	Verimlilik	7
2	Teknik Etkinlik ve Verimlilik	14
3	Ölçeğe Göre Sabit, Artan ve Azalan Getiri	15
4	Eş Ürün Eğrisi, Teknik etkinlik ve Kaynak Dağılım (Tahsis) Etkinliği	18
5	Parçalı-Doğrusal Konveks Üretim Sınırı.....	20
6	Çıktıya Yönelik Teknik ve Tahsis Etkinliği Ölçümü	21
7	Ölçek Etkinliğinin Grafik Gösterimi	39
8	Temel Veri Zarflama Analizi Modelleri.....	45
9	Çıktı Yönlü MTFVE ve Çıktı Uzaklık Fonksiyonları	58
10	Şeker Fabrikaları Etkinlik Analizi Modeli	73

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
BCC	: Banker Charnes Cooper
CCD	: Caves Christensen Diewert
CCR	: Charnes Cooper Rhodes
CRS	: Constant Returns to Scale
DEA	: Data Envelopment Analysis
DMU	: Decision Making Unit
DP	: Doğrusal Programlama
DRS	: Decreasing veya Diminishing Returns to Scale
ED	: Etkinlik Değişimi
IRS	: Increasing Returns to Scale
KVB	: Karar Verme Birimi
ME	: Malmquist Endeksi
MPSS	: Most Productive Scale Size
MTFVE	: Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi
ÖE	: Ölçek Etkinliği
ÖED	: Ölçek Etkinliği Değişimi
ÖGDG	: Ölçeğe Göre Değişken Getiri
ÖGSG	: Ölçeğe Göre Sabit Getiri
PK	: Pareto-Koopmans
STE	: Saf Teknik Etkinlik
STED	: Saf Teknik Etkinlik Değişimi
TD	: Teknolojik Değişme
TE	: Toplam Etkinlik
TFV	: Toplam Faktör Verimliliği
TŞFAŞ	: Türkiye Şeker Fabrikaları Anonim Şirketi
VRS	: Variable Returns to Scale
VZA	: Veri Zarflama Analizi

GİRİŞ

Son yıllarda Türkiye’ de ve dünyada çağdaş devlet anlayışında meydana gelen değişimin bir sonucu olarak ekonomide kamu sektörünün payının azaltılması, piyasa ekonomisine işlerlik kazandırılması ve üretim faktörlerinin verimli ve etkin kullanılması görüşü önem kazanmaya başlamıştır. Bu gelişmelere yol açan temel nedenler ise kamunun başarısızlığı olarak ifade edilebilecek kamu kaynaklarının rasyonel ve etkin kullanılmaması, israf edilmesi ile gittikçe büyüyen devletin hantal yapısıdır (Arslan, 2002: 1).

Türkiye’ de kamu kaynaklarının rasyonel kullanılmadığı alanlardan biri de tarım sektörüdür. Genel ihracat dengesi yönünden, son yıllarda Türkiye tarım sektörünün, net ihracatçı konumundan ithalatçı konumuna geçtiği gözlenmektedir. Bu durumun en önemli nedenlerinden biri, etkinsiz üretim yapılması sonucu tarım sektörünün rekabet gücünü kaybetmesidir. Diğer yandan, 2001 ekonomik krizine kadar hükümetler, dünya fiyatlarının çok üzerinde tarımsal destek fiyatları belirlemişlerdir. Bu politikaların iki önemli sonucu olmuştur. Birincisi etkin üretim yapamayan üreticiler de bu desteklerden faydalanmış ve bir anlamda devlet eliyle etkin olmayan üretim faaliyetleri teşvik edilmiştir. Diğer taraftan, belirlenen yüksek fiyatlar tüketicilerin bütçelerinin önemli bir kısmını ayırdıkları gıda ürünlerini dünya fiyatlarının çok üzerindeki fiyatlarla satın almalarına sebep olmuştur (Çakmak ve diğerleri, 2008: 2).

Türkiye’ de üretilen yüksek fiyatlı tarımsal ürünlere örnek olarak şeker fiyatları verilebilir. Türkiye’ deki şeker fiyatları dünya ortalamasının çok üzerindedir. Bu fiyat farkının temel nedeni verimsiz üretim sonucu girdi maliyetlerinin yükselmesinden kaynaklanmaktadır. Türkiye’ de yaklaşık 450 bin çiftçi ailesinin geçimini sağladığı pancar tarımı, hayvancılık yani yem, ilaç, et, süt, nakliye ve hizmet sektörleriyle de iç içe geçmiş durumdadır. Fabrikalarda yaklaşık 35 bin işçi çalışmakta, bu da tüm sanayi kesiminde çalışanların %1,2’ sini oluşturmaktadır. Taşıma sektörüne ise yılda yaklaşık 25-30 milyon ton iş hacmi yaratmaktadır. Ülke ekonomisine toplam ekonomik katkı payı ise yaklaşık 1,2

milyar dolardır (Pankobirlik, 2010). Şeker fabrikalarının rasyonel ve verimli çalışmaları sadece ekonomik yönden değil sosyal yönden de geçimlerini pancar tarımına bağlamış üreticiler için önem taşımaktadır.

Tarımsal faaliyetlerde verimlilik iyileştirmesi sağlamak, öncelikle iyileştirme yapılması istenen alandaki verimlilik düzeyinin ölçülmesi ve üretim faktörlerinin etkin kullanılıp kullanılmadığının belirlenmesiyle mümkündür. Ne var ki, Türk tarımı ile ilgili literatürde, etkinlik alanında yapılan çalışmalar konusunda önemli bir açık söz konusudur. Türk tarım literatüründe bir kaç istisna dışında, yapılan çalışmaların tamamı toprak verimi veya işgücü üretkenliği gibi kısmi etkinlik ölçütlerine dayanmaktadır (Çakmak ve diğerleri, 2008: 4). Üretim esaslı verimliliğin ölçümünde günümüzde en yaygın kullanılan yöntem etkinlik ölçümüdür. Etkinlik ölçümü konusunda literatürde mutlak bir ölçüt bulunmamaktadır. Bu nedenle, uygulamada genellikle aynı sektör içerisinde faaliyet gösteren işletmelerin göreceli etkinliği ölçülmektedir.

Göreceli bir performans göstergesi olan etkinlik ölçümünde parametrik ve parametrik olmayan yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde etkin bir üretim sınırının varlığı varsayımsal olarak kabul edilmektedir. Parametrik yöntemlerde tahmin edilen sınır için önceden fonksiyonel bir biçim varsayılır ve bu fonksiyonun parametreleri tahmin edilmeye çalışılır. Parametrik olmayan yöntemlerdeyse fonksiyonel biçim varsayımı yoktur ve sınırın fonksiyonel biçimi de hesaplanır. Parametrik yöntemlerde genelde tek bir çıktı (bağımlı değişken) ve birden fazla girdinin (bağımsız değişkenler) ilişkilendirildiği çoklu regresyon analizinden yararlanılmaktadır. Parametrik olmayan yöntemler arasında son yıllarda en çok tercih edilen teknik, Charnes ve diğerleri (1978) tarafından geliştirilen Veri Zarflama Analizi (VZA)' dir.

VZA, temel olarak belirli bir çıktı düzeyinin minimum girdi miktarıyla elde edilmesini amaçlayan girdi yönelimli model ve belirli bir girdi düzeyi ile maksimum çıktının sağlanmasını amaçlayan çıktı yönelimli model olmak üzere iki yönlü uygulanabilen bir matematiksel programlama tekniğidir. VZA, uygulandığı birimlerin etkinliğini yalnızca bir dönem için ölçebilen statik bir kesit analizidir. Başka bir deyişle VZA, birimlerin etkinliğinin zaman içinde nasıl değiştiğini ölçmemektedir. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi (MTFVE), karar verme birimlerinin (KVB) ortak bir

teknolojiye göre her bir veri noktasının uzaklıklarının oranlarını hesaplayarak, farklı zamana ait iki veri noktası arasındaki toplam faktör verimliliğindeki (TFV) değişimi ölçen ve yaygın olarak kullanılan bir tekniktir (Lorcu, 2010: 279).

Bu çalışma, Türkiye’deki kamu şeker fabrikalarında şeker üretim maliyetlerinin yüksekliğinin üretim faktörlerinin etkin kullanılmasına bağlı olup olmadığının belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda, kamuya bağlı 25 adet şeker fabrikasında VZA yöntemiyle 2009 yılı için göreceli etkinlik ölçümü yapılmıştır. Ayrıca MTFVE yaklaşımı ile söz konusu fabrikaların 2002-2009 yılları arasındaki TFV değişimi ölçülmüştür. Çalışmada, fabrikaların üretim etkinliği ve üretim etkinliğinin zaman içindeki değişiminin ölçülmesi amaçlandığından, analizde kullanılan girdi-çıkıtı setinin önceden yapılmış çalışmalar da göz önünde bulundurularak temel üretim faktörlerinden oluşmasına dikkat edilmiştir.

Çalışma üç bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde, işletmelerde performans ölçümüne ilişkin genel bilgiler verilmiş ve performans denetiminin üç temel unsuru olan tutumluluk, verimlilik ve etkinlik kavramları açıklanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde, günümüzde etkinlik ölçümünde sıklıkla kullanılan VZA ve MTFVE yaklaşımına ilişkin detaylı bilgiler verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde, Türkiye Şeker Fabrikaları Anonim Şirketi (TŞFAŞ)’ne bağlı 25 şeker fabrikasında 2009 yılı verilerine göre VZA ile etkinlik ölçümü uygulaması yapılmıştır. Ayrıca aynı fabrikaların 2002-2009 dönemi için TFV değişimi, MTFVE yaklaşımı ile incelenmiştir. Çalışmanın sonuç ve öneriler kısmında ise analiz edilen şeker fabrikaları hakkında genel değerlendirmeler yapılmış ve gelecek çalışmalara ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. İŞLETMELERDE PERFORMANS ÖLÇÜMÜ

1.1. Performans Ölçümü Kavramı

Yönetimin temel fonksiyonlarından olan kontrol fonksiyonunun başarısı işletme faaliyetlerinin ölçülebilir düzeyiyle doğru orantılıdır. “Ölçülemeyen yönetilemez” gerçeğinden hareketle tüm işletmeler günümüz bilgi çağı rekabet ortamında ayakta kalabilmek için kendi strateji ve yeteneklerine dayalı olarak ölçüm ve yönetim sistemleri geliştirmek durumundadırlar (Kaplan ve Norton, 1996: 21). İşletme yöneticilerinin geleneksel olarak kullandığı kontrol aracı ise performans ölçüm ve denetimidir. İşletme düzeyinde performans, “işletme amaçlarının gerçekleştirilmesi için gösterilen tüm çabaların değerlendirilmesi” olarak tanımlanabilir (Akal, 2005: 17).

Performans ölçümü, “Bir kurumun kullandığı kaynakları, ürettiği ürünleri ve hizmetleri ile elde ettiği sonuçları takip etmesi için düzenli ve sistematik biçimde veri toplaması, bunları analiz etmesi ve raporlaması süreci” olarak tanımlanmaktadır (Yörüker ve diğerleri, 2003: 9). İşletmeler genelde aşağıdaki nedenlerden dolayı performans ölçümü yapmaktadır (Coşkun, 2005: 6):

- İşletmenin genel olarak başarılı olup olmadığını belirlemek,
- İşletmenin, müşterilerinin isteklerini karşılayıp karşılayamadığını belirlemek,
- İşletmenin, yaptığı faaliyetler hakkında bilgi sahibi olmasına yardımcı olmak,
- İsraf yapılan veya dar boğaz olan yerler gibi sorunlu alanları ortaya çıkarmak ve gelişme olabilecek alanları belirlemek,
- Kararların, duygusal, sezgisel, inanışlara veya varsayımlara dayalı olarak değil de, gerçek verilere dayalı olarak alındığından emin olmak,
- İşletmenin işlem ve süreçlerinde bir gelişme planlanmışsa, bunun gerçekleşip gerçekleşmediğini anlamak.

1.2. Kamu Kurumlarında Performans Ölçüm ve Denetimi

Geleneksel denetim, kurumların önceden belirlenen kanunlara ve diğer hukuki düzenlemelere uygun hareket edip etmediğini tespit ederken performans değerlendirmesi kurumun yaptığı faaliyetlerin amaç ve hedeflere ne kadar hizmet ettiği ile kamu hizmetlerinin etkili ve verimli bir şekilde yerine getirilip getirilmediğini saptamaktadır (Yenice, 2006: 124). Uluslararası Yüksek Denetim Kurumları Örgütü INTOSAI, denetim standartlarına göre performans denetimini kamu kaynaklarının verimli, tutumlu ve etkin kullanılıp kullanılmadığını ortaya koymak amacıyla kamusal faaliyetlerin değerlendirilmesi ile ilgili bir faaliyet olarak tanımlamaktadır (Sakal ve Şahin, 2008: 10). Literatürde kamu kurumları için performans denetiminin genelde verimlilik, etkinlik ve tutumluluk ölçümü çerçevesinde gerçekleştiği görülmektedir. Örneğin İngiltere Hazinesi'nin 1988 yılında performansın ölçümü ile ilgili yaptığı formülasyon aşağıdaki gibidir (National Audit Office, 1995: 11):

$$\text{Performans} = \text{Tutumluluk} \times \text{Etkinlik} \times \text{Verimlilik} \quad (1)$$

Performans denetiminin üç temel unsuru olan tutumluluk, verimlilik ve etkinlik kavramları aşağıda açıklanmaktadır.

1.2.1. Tutumluluk

Literatürde iktisadilik, tasarruf, ekonomiklik gibi kullanımları da bulunan tutumluluk kavramı, uygun düzeydeki kaliteyi de gözeterek kullanılan kaynakların maliyetinin en aza indirilmesidir (Sayıştay, 2002: 2). Tutumluluk, doğru kaynakların, doğru maliyet ve doğru miktar artışı ile doğru yerlerden sağlanması olarak da ifade edilebilir (Khan, 1997: 71). Tutumluluk girdilere ilişkin bir kavram olup aşağıdaki şekilde formüle edilir:

$$\text{Tutumluluk} = \frac{\text{Fiziksel Girdi}}{\text{Girdi Maliyeti}} \quad (2)$$

Tutumluluk kavramı bir yandan verimlilik öte yandan da etkinlik kavramıyla ilişkilidir. Çünkü tüm kamu faaliyetlerinin gözden geçirilmesi ve mümkün alternatifler ile uygun üretim ölçeklerinin seçilmesi idari ve üretici birimlerinin temel görevlerindedir (Khan, 1997: 71).

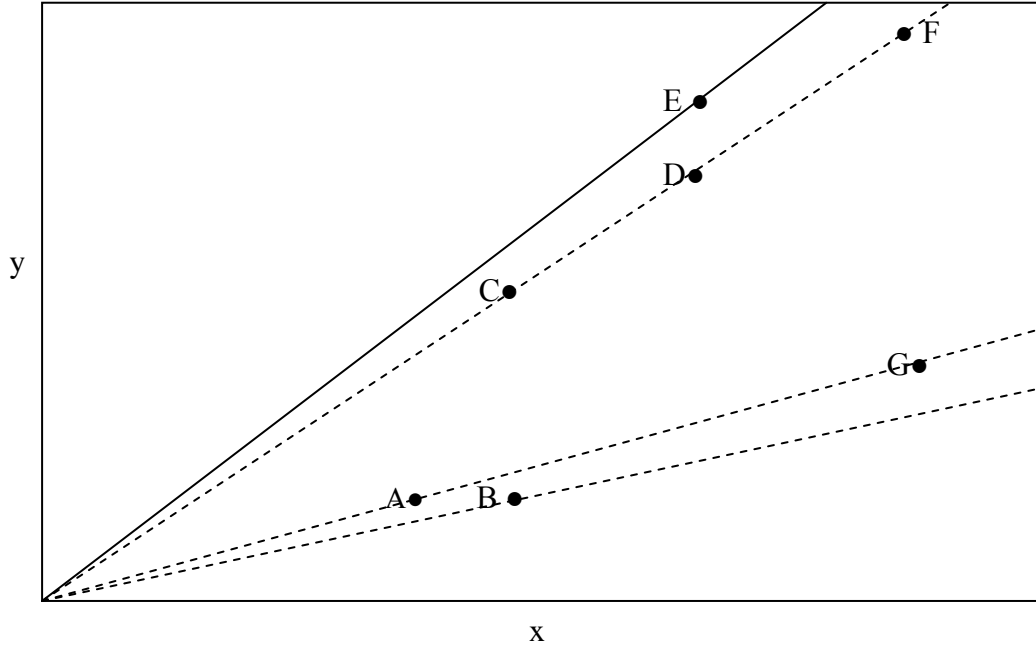
1.2.2. Verimlilik

En genel anlatımıyla, üretim sürecine sokulan çeşitli faktörlerle (girdiler) bu sürecin sonunda elde edilen ürünler (çıktılar) arasındaki ilişkiyi ifade eden verimlilik, “savurganlıktan uzak, kaynakları en iyi biçimde değerlendirerek üretmek” demektir. Bundan dolayı teknik anlamda verimlilik, “üretilen mal ve hizmet miktarı ile bu mal ve hizmet miktarının üretilmesinde kullanılan girdiler arasındaki oran” olarak tanımlanır (Milli Prodüktivite Merkezi, 2010) ve matematiksel olarak aşağıdaki biçimde gösterilir:

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} = \frac{\text{Üretim Sonucu}}{\text{Üretim Faktörleri}} \quad (3)$$

Şekil 1, tek bir girdi ve tek bir çıktıdan oluşan yedi adet üretim bileşiminin koordinat düzleminde gösterimidir. Şekil 1’ de gösterilen herhangi bir bileşimin verimlilik değeri başlangıç noktasından (0, 0) başlayan ve o bileşim noktasından geçen ışının eğimine eşittir. Buna göre E bileşimi en yüksek verimliliğe, B bileşimi ise en düşük verimliliğe sahiptir. A ve G bileşimleri ise farklı ölçeklerde üretim yaptıkları halde aynı verimlilik düzeyindedirler. Benzer şekilde C, D, F bileşimleri de aynı verimlilik düzeyinde olup verimlilik değerleri E’ den küçük, diğerlerinden büyüktür (Tarım, 2001: 12).

Şekil 1: Verimlilik



Kaynak: Tarım, 2001: 12

1.2.2.1. Performans Ölçütü Olarak Verimlilik

Performans kavramıyla verimlilik kavramı o kadar özdeşleşmiştir ki performans ölçümüyle verimlilik ölçümü neredeyse aynı anlamda kullanılır duruma gelmiştir. Kıt kaynakları kullanma yeteneğinin önemli bir göstergesi olan verimlilik, işletmeler için uygun bir başarı ölçüsüdür. Verimliliğin bir performans ölçütü olarak sık kullanılması, basitliğinden ve tüm işletmelerde kullanabilme kolaylığından kaynaklanmaktadır (Akdeniz ve Durmaz, 1998: 87). Verimlilik oranları klasik olarak statik ve dinamik olarak ikiye ayrılmaktadır (Akal, 2005: 194).

a) Statik Verimlilik Oranları:

Bu oranlar belli bir dönem için anlık görünüm veren kesit oranlar olup aşağıdaki biçimde formüle edilirler:

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Belli Bir Dönemin Çıktısı}}{\text{Belli Bir Dönemin Girdisi}} \quad (4)$$

b) *Dinamik Verimlilik Oranları (Endeksler):*

Bu oranlar verimliliği dönemsel olarak ilişkilendiren bir baz döneme ya da birbirini izleyen dönemlere göre verimlilikteki değişimleri gösteren oranlar olup aşağıdaki biçimde formüle edilirler:

$$\text{Verimlilik Endeksi} = \frac{\text{Belli Bir Dönem İçin Çıktı/Girdi}}{\text{Baz (Bir Önceki) Dönem İçin Çıktı/Girdi}} \quad (5)$$

Günümüz modern işletmelerinin birçoğu çok sayıda ve çeşitte girdilerin kullanımıyla çeşitli ürünler üretmektedirler. Bu durum farklı verimlilik göstergelerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Verimlilik göstergeleri genel olarak üç grupta toplanmaktadır.

1) *Kısmi Faktör Verimliliği:*

Bu ölçüt, diğer üretim faktörleri göz ardı edilerek üretimde kullanılan tek bir girdinin toplam üretim miktarını nasıl etkilediği ölçülmek istenildiğinde kullanılır. Böylelikle, verimliliği artırabilmek için söz konusu girdide ne oranda iyileştirme yapılabileceği hesaplanır. Hangi girdinin kullanılacağı ölçümün amacına bağlıdır. Kısmi Faktör Verimliliği aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir (Akdeniz ve Durmaz, 1998: 87):

$$\text{Kısmi Faktör Verimliliği} = \frac{\text{Toplam Çıktı}}{\text{Kısmi Girdi Miktarı}} \quad (6)$$

Örnek olarak;

$$\text{İşgücü verimliliği} = \text{Toplam Çıktı} / \text{Harcanan İşgücü Miktarı}$$

verilebilir. Kısmi verimlilik katsayılarının karşılaştırılmasında dikkatli olunmalıdır. Örneğin, karşılaştırma yapılan iki işletmenin teknoloji düzeylerinin farklı olması halinde, işgücü verimliliği katsayısının kullanılması hatalı değerlendirmelere neden olacaktır (Üreten, 2006. 46). Kısmi faktör verimliliği hesaplanmasında daha çok işgücü verimliliği ve makine verimliliği üzerinde durulmaktadır.

2) Çoklu Faktör Verimliliği:

Birden fazla üretim faktörünün verimliliği ölçülmek istenildiğinde çoklu faktör verimliliği hesaplanır. Çoklu faktör verimliliği literatürde bazen *toplam verimlilik* olarak da ifade edilmektedir. Çoklu faktör verimliliği aşağıdaki gibi formüle edilmektedir:

$$\text{Çoklu Faktör Verimliliği} = \frac{\text{Toplam Çıktı}}{\text{Birden Fazla Girdi}} \quad (7)$$

3) Toplam Faktör Verimliliği (TFV):

Kısmi verimlilik ve çoklu faktör verimlilik göstergeleri, çok girdili-çok çıktılı üretim sistemlerinin verimlilik ölçümlerinde temel alınan göstergeye göre farklı verimlilik değerleri ortaya çıktığından, yetersiz kalmaktadır. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak için tüm üretim faktörlerinin (İşgücü+Makine+Sermaye+Hammadde+Enerji) uygun katsayılar atanarak girdi olarak kullanıldığı TFV kavramından yararlanılmaktadır. TFV hesaplanırken tüm üretim faktörleri toplanarak tek bir girdi faktörüne, üretim sonucu da toplanarak tek bir çıktı faktörüne dönüştürülmektedir. Bu dönüşümün matematiksel notasyonu; μ , X_i girdisinin katsayısını, X toplam girdileri ve Y toplam çıktıyı göstermek üzere;

$$TFV = \frac{Y}{\sum \mu_i X_i} \quad (8)$$

şeklinde formüle edilir. TFV hesaplamalarında temel sorun, girdilere ne şekilde katsayı (ağırlık) atanacağı konusudur. VZA, bu soruna çözüm getiren yaklaşımlardan biri olup bu konuda detaylı bilgiler çalışmanın ikinci bölümünde verilecektir.

1.2.3. Etkinlik (Etkenlik)

Etkinlik ile ilgili tanımlamalar yapılmadan önce etkinlik ile ilgili literatürde sıklıkla kullanılan üretim fonksiyonu (üretim sınırı) ve üretim imkân kümesi kavramlarının açıklanmasında yarar görülmektedir.

1.2.3.1. Üretim Sınırı (Üretim Fonksiyonu)

Üretim teknolojisi basit olarak, bir üretim sürecinde girdilerin çıktılara dönüştürülmesi şeklinde tanımlanabilir (Yolalan, 1993: 7). Bu dönüşüm sürecinde girdiler (üretim faktörleri) ve çıktılar (üretim miktarları) arasındaki ilişki matematiksel olarak *üretim fonksiyonu* ile gösterilir.

Üretim fonksiyonu, belirli bir dönemde belirli bir malın üretimine katılan üretim faktörleri ile, elde edilen üretim miktarları arasındaki fiziki ilişkileri ifade eder (Dura, 1999: 362). Belirli bir süre içinde Q malından q miktarlarını üretmek için X_1, X_2, \dots, X_m üretim faktörlerinin x_1, x_2, \dots, x_m miktarları kullanılırsa üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$q = f(x_1, x_2, \dots, x_m) \quad (9)$$

Bu notasyonda q, örneğin üretilen yüz ton buğday miktarını gösteriyorsa x_1, x_2, \dots, x_m , bu kadar buğday üretimi için gerekli sermaye, toprak, işgücü, gübre, vb. gibi üretim faktörlerinin miktarlarını göstermektedir (Dura, 1999: 362).

Üretim fonksiyonu terimi temel iktisat kitaplarında girdi ve çıktı arasındaki teknik ilişkiye referans verilirken *üretim sınırı* yerine kullanılmaktadır. Etkinlik ölçümü ile ilgili literatürde ise üretim sınırı (veya *etkin üretim sınırı*) terimi fonksiyonun maksimum olma özelliğini vurguladığı için tercih edilmektedir (Coelli ve diğerleri, 2005: 12; Tarım, 2001: 5). Bu çalışmanın amacı etkinlik ölçümü olduğundan çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde etkin üretim sınırı terimi kullanılacaktır.

Etkin üretim sınırının belirlenebilmesi için iki temel yaklaşım kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi, mühendislikte yoğun olarak kullanılan teorik fonksiyon üretmektir. Oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan günümüz işletmeleri için teorik fonksiyon belirlemek yerine, gözlemlere dayanarak etkin üretim fonksiyonunu belirlemek daha anlamlı olacaktır (Tarım, 2001: 6).

1.2.3.2. Üretim İmkân Kümeleri

Girdilerin çıktılara dönüşüm sürecinin etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi, belirli bir girdi bileşimini kullanarak en çok çıktıyı elde etmekle ya da belirli bir çıktı bileşimini en az girdiyi kullanarak elde etmekle mümkündür. *Üretim İmkân Kümeleri (Production Possibility Sets)* ise belirli bir üretim teknolojisi tarafından mümkün kılınan etkin ya da etkin olmayan tüm girdi-çıkıtı dönüşümlerini içerir (Yolalan, 1993: 7).

1.2.3.3. Etkinlik (Etkenlik) Kavramı

Etkinlik kavramı, verimlilik ve etkililik kavramlarıyla sıkça aynı anlamda kullanılmasına rağmen her üçü de farklı olguları nitelendiren kavramlardır. Literatürde *etkenlik* olarak da ifade edilen ve İngilizce “*efficiency*” sözcüğünün Türkçe karşılığı olan *etkinlik* işletme düzeyinde kaynakların yani müşteriye ulaşacak mal ve hizmetlerin üretilmesi için kullanılan girdi unsurlarının fiili kullanımının, belli tekniklerle saptanmış standartlarla karşılaştırılması yolu ile bulunan bir göstergedir (Yavuz, 2003: 12). Bir başka deyişle fiili (gerçekleşen) performans, önceden saptanan standart (olması gereken) performans ile karşılaştırıldığında gerçekleşen performansın standart performansa ne ölçüde yaklaşıp yaklaşmadığını gösterir (Yükçü ve Atağan, 2009: 3). Etkinlik derecesi matematiksel olarak:

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Standart Değer}}{\text{Fiili Değer}} \quad (10)$$

şeklinde formüle edilir. Oranın “1” değerinden küçük olması, faaliyet sonucunun standartlara ulaşamadığını gösterir. Amaç, oranın “1” değerine ulaştırılmasıdır. Oranın “1” değerini aşması, söz konusu faaliyetlerin gerçekleşmesinde standartların üzerinde bir performans gerçekleştirildiğini ifade eder.

Bir başka tanıma göre etkinlik, bizde var olan girdiden gerçekten ihtiyaç duyulan çıktının sağlanma derecesini ve var olan kapasitenin kullanılma durumunu gösterir. Bu gösterge verimsizliğin nerelerden kaynaklandığını ortaya koymalıdır (Köksal, 2001: 67). Etkinlik, tanımlarından da anlaşılabilceği üzere *girdilere yönelik* bir kavramdır ve

işletmenin mevcut girdilerle sağlayabileceği en yüksek verimlilik düzeyini gösterir. Bu bağlamda etkinlik, verimlilikten daha geniş ve onu kapsayan bir kavramdır.

Etkililik kavramı ise İngilizce “*effectiveness*” kelimesinin Türkçe karşılığı olup örgütlerin gerçekleştirdikleri faaliyetlerin sonucunda amaçlara ulaşma derecesini belirleyen bir performans boyutudur (Yükçü ve Atağan, 2009: 2). O halde, “üretilen mal ve hizmetler gerçekten istenen ve faydalı çıktılar mıdır ya da üretim ile amaçlanan sonuç elde edilebilmiş midir?” sorularına verilecek yanıt bir etkililik göstergesi ile ifade edilmek durumundadır (Yavuz, 2003: 12). Etkililiğin matematiksel notasyonu:

$$\text{Etkililik} = \frac{\text{Gerçekleşen Çıktı}}{\text{Beklenen Çıktı}} \quad (11)$$

şeklindedir. Bir performans göstergesi olarak *çıkıtıya yönelik* bir kavram olan etkililikte amaç, işletmeler için genelde kârın maksimize edilmesidir. Ancak kârın elde edilmesi işletmenin etkin yönetiminden çok geçici olumlu faktörlerden kaynaklanıyorsa, sonuçta istenen başarı elde edilmemiş olacaktır. Dolayısıyla etkililik, etkinlik sağlanarak başarıldığında anlamlı olacaktır. Bu bağlamda performans şu şekilde tanımlanabilir (Yıldız, 2006: 2):

$$\text{Performans} = \text{Etkililik} \times \text{Etkinlik} \quad (12)$$

Etkinlik ile verimlilik ve etkililik arasındaki kavramsal farklara değindikten sonra çalışmanın amacı gereği etkinlik ile ilgili kapsamlı ve detaylı bilgiler vermek yararlı olacaktır.

1.2.3.4. Üretim Ekonomisinde Etkinlik

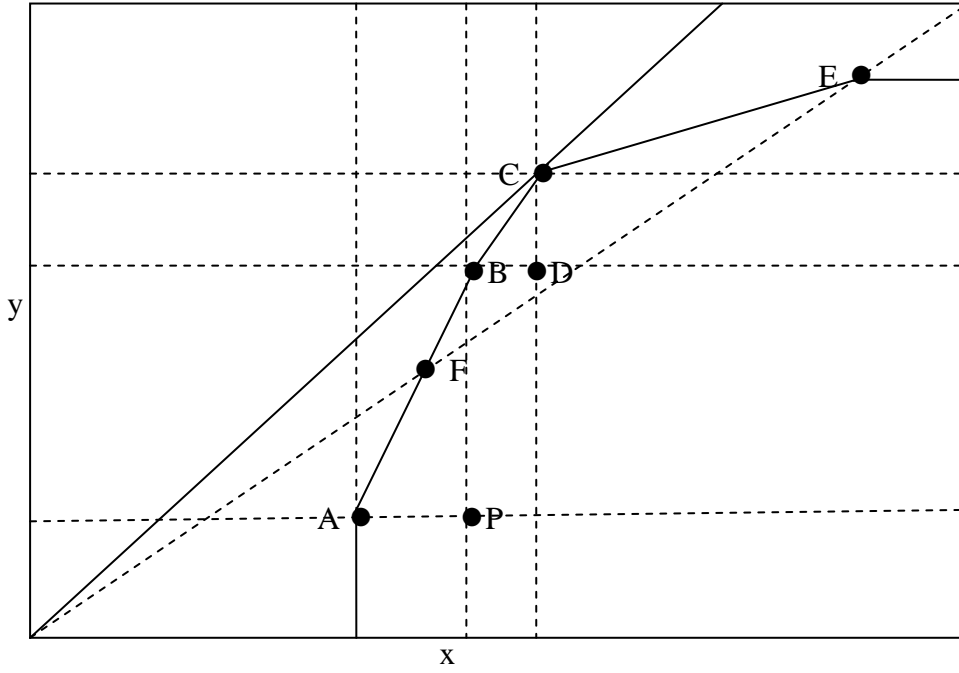
Üretim girdilerin çıktılara dönüştürülme sürecidir. Bu sürecin etkin olabilmesi, zaman boyutu dikkate alınmadığında, mevcut teknoloji çerçevesinde belirli bir girdi bileşiminin kullanılarak maksimum çıktının elde edilmesine veya belirli bir çıktı bileşiminin en az girdi kullanılarak üretilmesine bağlıdır (Tarım, 2001: 14). Üretim sürecinde tam etkin olabilmek için hiçbir kaynak israfında bulunulmaması yani kaybin

minimize edilmesi gerekmektedir. Kaynak israfının olmaması, teknik etkinlik kavramı ile ifade edilmektedir.

Teknik etkinlik, bir işletmenin elinde bulundurduğu girdi bileşimini en uygun biçimde kullanarak mümkün olan en çok çıktıyı üretmedeki başarısıdır (Yolalan, 1993:6). Diğer bir deyişle teknik etkinlik, girdi bileşiminin en verimli şekilde kullanılarak mümkün olan maksimum çıktıyı üretmedeki başarısıdır (Tarım, 2001: 14). Teknik etkinlik ile ilgili verilen bu tanımlamalardan da anlaşılabilceği üzere etkin üretim sınırı üzerinde bulunan tüm girdi-çıkıtı bileşimleri için “teknik etkindir” ifadesi kullanılabilir. Üretim sınırının altında kalan tüm bileşimler için de, girdilerini optimum kullanamadıklarından kaynak israfında bulunmaları nedeniyle, görel olarak teknik etkin olmadıklarını söylemek mümkündür.

Bu noktada, karıştırılmaması açısından teknik etkinlik ile verimlilik arasındaki ilişkiden bahsetmek yerinde olacaktır. Verimlilik, herhangi bir referans noktasına ihtiyaç duyulmadan her bir karar birimi için ayrı ayrı ölçülebilir. Ancak çok sayıda girdi ve çıktıya sahip karar birimleri için teknik etkinlik, etkin üretim sınırı üzerinde bulunan karar birimleri referans gösterilerek hesaplanabilir. Yani teknik etkinlik, görel bir performans ölçütüdür. Teknik etkinlik ile verimlilik arasındaki fark Şekil 2 yardımıyla daha kolay anlaşılabilir.

Şekil 2: Teknik Etkinlik ve Verimlilik



Kaynak: Tarım, 2001: 16

Şekil 2’ de görüldüğü üzere A ve B gözlemleri üretim sınırı üzerinde yer aldıklarından teknik etkindirler. P gözlemi ise A gözlemi ile aynı çıktı miktarını ürettiği halde A gözleminden daha fazla girdi kullanmıştır. Yine P gözlemi B gözlemi ile aynı girdi miktarını kullandığı halde daha az çıktı üretmiştir. O halde P gözleminin teknik etkinsiz olduğu söylenebilir. Bu üç gözlemin verimliliklerine çıktı/girdi oranından yararlanılarak bakıldığında, P gözleminin en verimsiz gözlem olduğu, A gözleminin ise teknik etkin olmasına rağmen B gözlemine göre daha verimsiz üretim yaptığı anlaşılmaktadır.

Öte yandan verimlilik artışı, etkin üretim sınırındaki değişikliğin sonucu gerçekleşir başka bir deyişle verimlilik artışı, etkin üretim sınırındaki kayma olarak ifade edilebilir. Verimlilik artışı matematiksel olarak şöyle formüle edilir:

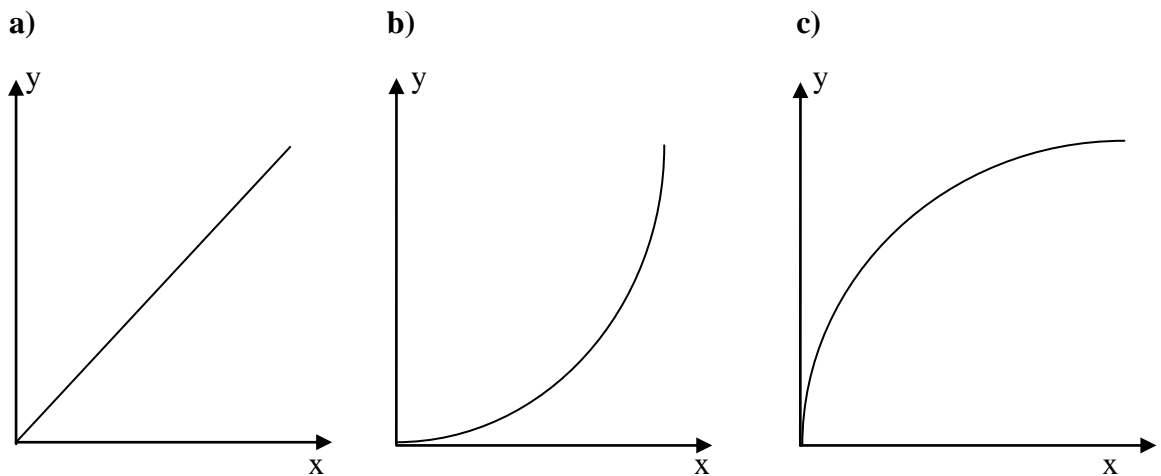
$$\text{Verimlilik Artışı} = \text{Teknik Etkinlikteki Değişiklik} \times \text{Teknolojik Değişiklik} \quad (13)$$

1.2.3.5. Ölçek Etkinliği

Üretimde bulunan bir işletmenin, üretim faktörlerini (girdi) artırması ya da azaltması üretim teorisinde *üretim ölçeğinin değiştirilmesi* olarak adlandırılmaktadır. Bu değişim sonucunda ürün miktarında (çıktı) ortaya çıkan değişiklik ise *ölçeğe göre getiri* (*returns to scale*) terimiyle ifade edilmektedir. Üretim ekonomisinde ölçeğe göre getiri, *ölçeğe göre sabit getiri* (ÖGSG) ve *ölçeğe göre değişken getiri* (ÖGDG) olmak üzere iki şekilde ortaya çıkmaktadır. ÖGSG (*constant returns to scale-CRS*), üretim faktörlerinin her birinde meydana gelen oransal bir artışın üretim miktarında da aynı oranda artışla sonuçlanması durumudur. ÖGDG ise (*variable returns to scale-VRS*), üretim faktörlerinin her birinde meydana gelen oransal artışın üretim sonucuna (çıktı) aynı oranda yansımadağı durumudur.

ÖGDG iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Eğer girdilerin her birinde meydana gelen oransal artış, çıktılarda daha fazla bir oransal artışla sonuçlanıyorsa *ölçeğe göre artan getiri* (*increasing returns to scale-IRS*) söz konusudur. Girdilerin her birindeki oransal artışın üretim miktarından oransal olarak daha fazla olduğu durumda ise *ölçeğe göre azalan getiri* (*decreasing or diminishing returns to scale-DRS*) söz konusudur. Şekil 3' te tek bir girdi faktörüyle tek bir çıktı üretim durumunda ölçeğe göre getiriler gösterilmektedir. (a= sabit, b= artan, c= azalan)

Şekil 3: Ölçeğe Göre Sabit, Artan ve Azalan Getiri



Bir işletmenin uygun ölçekte üretim yapma başarısı, *ölçek etkinliği* olarak adlandırılmaktadır (Yolalan, 1993: 6). Ölçek etkinliği, optimal ölçekte üretim yapılmaması halinde ortaya çıkacak kaynak israfının da bir ölçüsü olmaktadır. Şekil 2 ‘ ye tekrar döndüğümüzde C gözleminin diğer altı adet gözleme kıyasla en verimli gözlem olduğu görülmektedir. C gözleminden daha çok veya daha az girdi kullanmak, başka bir deyişle ölçeği büyütmek veya küçültmek verimliliği azaltmaktadır. Bu nedenle C gözlemine R. Banker tarafından tanımlandığı şekliyle *en verimli ölçek büyüklüğü* (*Most Productive Scale Size-MPSS*) denilmektedir (Tarım, 2001: 16).

Herhangi bir gözlem için en verimli ölçek büyüklüğüne olan uzaklık o gözlemin ölçek etkinliğini gösterir. Şekil 2’ de D gözlemi, C gözlemi ile aynı girdi miktarını kullandığından ölçek etkindir. Ancak D gözleminin çıktı miktarının, C gözleminden daha az olması nedeniyle D gözlemi için, “uygun ölçekte olmasına rağmen kaynak israfında bulunmaktadır” yorumu yapılabilir. A, B, E ve F gözlemleri ise üretim sınırı üzerinde yer alıp teknik etkin oldukları halde ölçek etkin değildirler.

1.2.3.6. Farrell Etkinlik Ölçümü

İtalyan iktisatçı Vilfredo Pareto’ dan sonra “Pareto Optimumu” olarak bilinen ve 1909’da ortaya atılan etkinlik kuralına göre, mal veya hizmete esas olan girdilerin yeniden tahsisinde ya da tüketiciler arasında malların yeniden tahsisi ile bir başkasının durumunu kötüleştirmeksizin, bazı insanların durumunu iyileştirmek mümkün değilse Pareto Optimumu sağlanmış demektir. Başka bir deyişle, toplumdaki bireylerden en az birinin refahını azaltmadan diğer birinin bile refahını artırmak olanağı yoksa toplumun refahı optimuma ulaşmıştır (Çoban, 2007: 24). Koopmans, bir girdi-çıkıtı vektörünün hangi şartlar altında verimli olduğunu ortaya koymaya çalışmış ve üretim etkinliği ile Pareto optimalitesini birleştirerek bugün teknik etkinlik olarak bildiğimiz etkinlik türünün tanımını yapmıştır. (Koopmans, 1951: 60)’ a göre, “Olası bir girdi-çıkıtı vektörü, bir çıkıtıyı artırmak ya da bir girdiyi azaltmak sadece; başka bir çıkıtıyı azaltmak ya da başka bir girdiyi artırmak ile mümkünse, etkindir”.

Debreu (1951) ise çıkıtı miktarı ile tutarlı olarak girdi miktarında yapılabilecek olan maksimum eş oranlı azaltmalardan faydalanarak bir etkinlik endeksi oluşturdu. Debreu,

geliştirdiği bu endeksi “kaynak kullanım katsayısı” olarak adlandırmıştır. Bu katsayı, (1-tüm girdilerdeki maksimum eş oranlı azaltma miktarı) formülüyle hesaplanmaktadır. Debreu, buradan teknik etkinsizliğin miktar ve maliyetini hesaplamıştır. Aynı hesaplamayı çıktı açısından da yapmak mümkündür ve bu yaklaşımlar halen yaygın olarak kullanılmaktadır (Yavuz, 2003: 32). Debreu, elde ettiği etkinlik endeksini bileşenlerine ayırmamıştır.

Büyük ölçüde Koopmans ve Debreu’ nun çalışmalarını temel alan Farrell, 1957’ deki çalışmasında, etkin üretim sınırının bilindiği ve ÖGSG varsayımları altında iki girdi ve tek bir çıktıdan oluşan bir üretim sürecinde toplam etkinliği (*overall efficiency*), teknik etkinlik ve fiyat etkinliği (*price efficiency*) olarak iki bileşene ayırmıştır. Fiyat etkinliği literatürde *tahsis etkinliği* veya *kaynak dağılım etkinliği* olarak da adlandırılmaktadır. Toplam etkinliğin matematiksel notasyonu:

$$\text{Toplam Etkinlik} = \text{Teknik Etkinlik} \times \text{Fiyat Etkinliği} \quad (14)$$

şeklinde gösterilmektedir. Farrell’ in etkinlik ölçümü, girdiye ve çıktıya yönelik olarak iki şekilde hesaplanabilmektedir.

1.2.3.7. Girdiye Yönelik Etkinlik Ölçümü

Farrell’ in etkinlik ölçümleri ÖGSG’ li bir üretim teknolojisi altında, girdi-girdi uzayında ve girdileri azaltmaya odaklanarak yapılmıştır. Bu nedenle girdiye yönelik (*input orientated*) ölçümler olarak adlandırılmaktadırlar (Coelli, 1996: 3). x_1 ve x_2 gibi iki girdi kullanarak tek bir çıktı (y) üreten bir işletme düşünülecek olursa, Farrell’ in ÖGSG varsayımıyla oluşturduğu üretim fonksiyonu şu şekilde olacaktır:

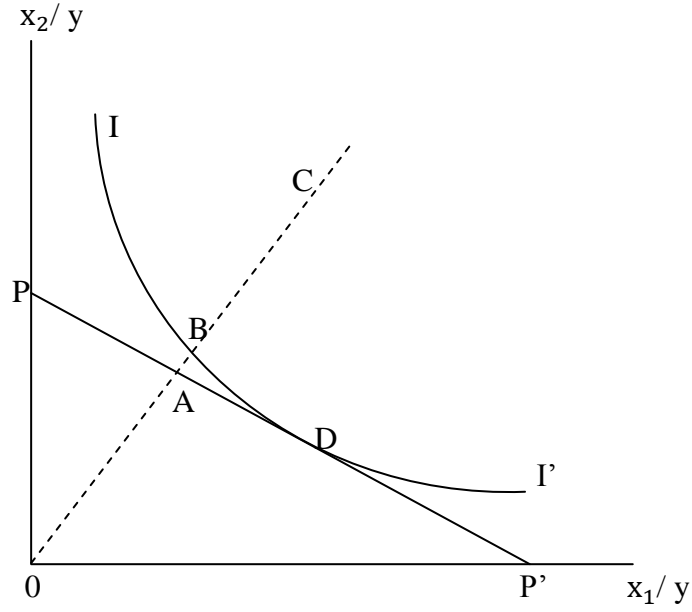
$$y = f(x_1, x_2) \quad (15)$$

Bu üretim fonksiyonu şekil 4’ deki sınır teknolojisini oluşturmak üzere aşağıdaki gibi yazılabilir. Bu bir *eş ürün eğrisi* olarak da adlandırılmaktadır.

$$y = f(x_1 / y, x_2 / y) \quad (16)$$

Bu fonksiyon üzerinde olan tüm noktalar aynı zamanda etkin üretim sınırı üzerinde oldukları için teknik etkindirler.

Şekil 4: Eş Ürün Eğrisi, Teknik Etkinlik ve Kaynak Dağılım (Tahsis) Etkinliği



Kaynak: Yavuz, 2003: 33

Şekil 4' teki (II') eş ürün eğrisi daha önce de belirtildiği üzere etkinlik ölçümlerinde etkin üretim sınırı olarak kabul edilmektedir. Eş ürün eğrileri, teknik etkinliğin ölçümüne olanak sağlamaktadır. İki adet girdi faktörü ile tek bir çıktı üreten bu işletmenin C noktasında üretim yaptığı kabul edildiğinde, teknik etkinliği aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$TE_C = OB / OC$$

Bu ölçüt y kadar ürün elde etmek için kullanılması gereken girdilerin, gerçekte kullanılan girdilere oranını göstermektedir. Potansiyel veya maksimum performans sınırı (II') eğrisi ile tanımlıdır. Gözlemlenen performans düştükçe, gözlemin sınıra olan uzaklığı artar ve hesaplanan teknik etkinlik oranı sifıra doğru düşer. Benzer şekilde, performans iyileştikçe, etkinlik oranı 1'e yaklaşır. O halde, teknik etkinlik skoru (0 ve 1) arasında

değişmektedir (Yavuz, 2003: 34). $|BC|$ uzaklığı, bu işletmenin teknik etkinsizlik düzeyini göstermekte ve $(1-OB/OC)$ şeklinde hesaplanmaktadır. Teknik etkinsizlik oranı, çıktıda bir azalmaya meydan vermeyecek şekilde girdi miktarında ne kadar azaltma yapılabileceğini gösterir. Eğer girdi fiyat oranlarını gösteren eş-maliyet doğrusu biliniyorsa Farrell' ın toplam etkinlik ölçüsünün diğer bileşeni olan tahsis (kaynak dağılım) etkinliği hesaplanabilir. Şekildeki PP' doğrusu, faktör fiyatları ile belirlenmiş olan eş maliyet çizgisini oluşturmaktadır. Şekildeki C noktasında tahsis etkinliği aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$TE_C = OA / OB$$

Buna göre aynı noktanın tahsis etkinsizliği de $(1-OA/OB)$ oranıyla ölçülebilir. Şekildeki $|AB|$ uzaklığı eğer üretim teknik etkin fakat tahsis etkin olmayan B noktasında değil de teknik ve tahsis olarak etkin nokta olan D noktasında gerçekleşseydi girdi maliyetlerinde meydana gelecek olan azalmayı göstermektedir.

Görüldüğü üzere işletmelerin, girdilerini optimum oranda kullanarak maliyetlerini minimize etmek için etkin üretim sınırı tek başına yeterli olamamakta ve bu sınır yanında eş maliyet doğrusunun da bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle toplam etkinliğin oluşması, teknik etkinlik ve tahsis etkinliğini bir arada gerektirmektedir. Şekil 4' te bu durum D noktasında gerçekleşmektedir. D noktasında teknik ve tahsis etkinlik değerleri "1" e eşit olmakta ve üretimde tam etkinlik sağlanmaktadır.

Şekil 4' te C noktası için:

$$\text{Teknik etkinlik} = \frac{OB}{OC}$$

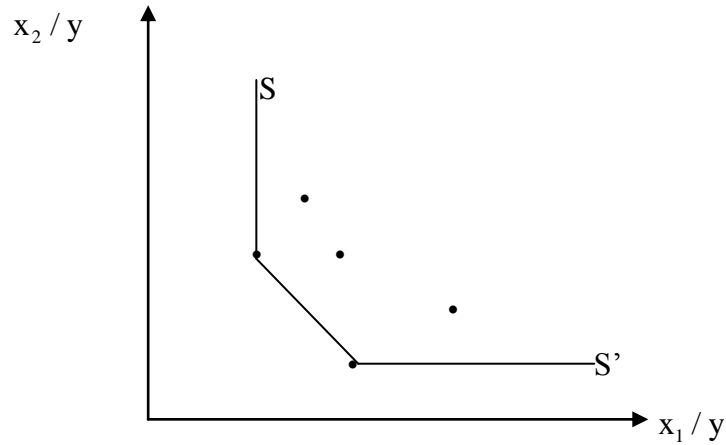
$$\text{Tahsis etkinliği} = \frac{OA}{OB}$$

$$\text{Toplam etkinlik} = \left(\frac{OB}{OC} \times \frac{OA}{OB} \right) = \frac{OA}{OC}$$

C noktası için toplam etkinsizliğin ölçüsü ise $(1-OA/OC)$ şeklinde hesaplanmaktadır. Şekildeki $|AC|$ uzaklığı da etkinliğe ulaşılması için maliyetlerde yapılması gereken azaltmayı göstermektedir.

Farrell' in bu üç etkinlik ölçütü de (0 ve 1) arasında değer almakta ve bütün hesaplamalar etkin üretim sınırının bulunduğu varsayımı altında yapılmaktadır. Oysa gerçek hayatta, bir endüstrinin etkin üretim sınırının bilinmesi çok zor olduğundan sadece yapılmış olan gözlemlere dayalı olarak tahmin edilebilir. Farrell, bu konuda iki öneride bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, parametrik olmayan parçalı-doğrusal konveks üretim sınırı, ikincisi ise Cobb-Douglas tipi parametrik üretim sınırıdır. Her iki üretim sınırının ortak özelliği, gözlemlenen noktaların etkin üretim sınırının solunda ve altında yer almamaları gerektiğidir. Şekil 5, parçalı-doğrusal üretim sınırına ilişkin örnek bir gösterimdir.

Şekil 5: Parçalı-Doğrusal Konveks Üretim Sınırı



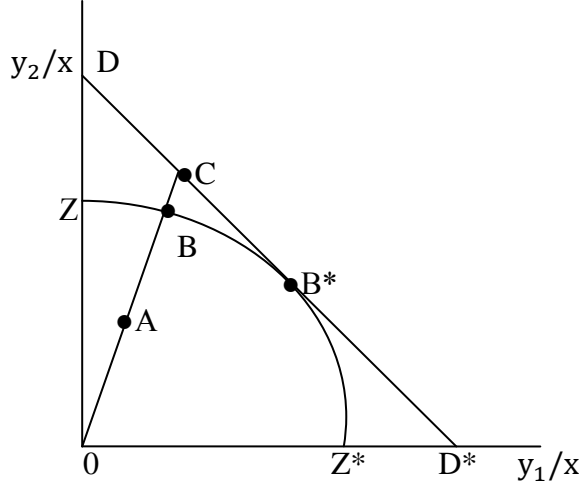
Kaynak: Coelli, 1996: 5

1.2.3.8. Çıktıya Yönelik Etkinlik Ölçümü

Girdiye yönelik etkinlik ölçümleri, çıktı miktarı değiştirilmeden girdi miktarlarında hangi oranda azaltma yapılabileceğini göstermektedir. Aynı soru alternatif olarak “girdi miktarı değiştirilmeden çıktı miktarı hangi oranda artırılabilir?” şeklinde de sorulabilir.

İkinci soru, çıktıyı temel alan bir ölçüm durumunu ifade etmektedir. Girdiye ve çıktıya yönelik ölçümler arasındaki fark, şekil 6 yardımıyla açıklanmaya çalışılacaktır.

Şekil 6: Çıktıya Yönelik Teknik Etkinlik ve Tahsis Etkinliği Ölçümü



Kaynak: Coelli, 1996: 8

Şekildeki $|AB|$ uzaklığı, A noktası için teknik etkinsizliğin değeri olup girdi miktarları sabitken çıktı miktarının hangi oranda artırılabileceğini ifade eder. A noktası için çıktıya yönelik etkinlik ölçümlerine ait matematiksel notasyon aşağıdaki gibidir:

$$\text{Teknik etkinlik} = \frac{OA}{OB}$$

$$\text{Tahsis etkinliği} = \frac{OB}{OC}$$

$$\text{Toplam etkinlik} = \left(\frac{OA}{OB} \times \frac{OB}{OC} \right) = \frac{OA}{OC}$$

Burada dikkat çekilmesi gereken bir nokta da girdiye yönelik ölçümlerde eş maliyet doğrusu girdileri azaltmaya dönük olarak yorumlanırken, çıktıya yönelik ölçümlerde ise gelirleri artırmaya dönük olarak yorumlanır.

1.2.4. İşletmeler Arası Karşılaştırmalar ve Etkinlik Ölçümü

İşletmeler arası karşılaştırmalar, benzer ürünleri benzer teknolojilerle üreten işletmelerin kendi performanslarını rakip işletmelerin performansları ile karşılaştırarak görelî üstünlük ve zayıflıklarını ortaya çıkarmak ve gerekli gelişmelere dikkatlerini çekmek amacıyla geliştirilen programlardır. Karşılaştırmalarda ölçüt, işletmenin kendi performans sonuçları ile karşılaştırmaya dâhil olan işletmelerin tümünü temsil eden performans ortalamaları ve hedef olarak da en yüksek performans düzeyidir. İş kolundaki en yüksek performans düzeyinin hedef alınıp performansın değerlendirilmesi, işletmelerin etkinliğini ölçmek için uygun bir yöntem olacaktır (Akal, 2005: 432).

Bu bağlamda, bir endüstrideki veya aynı iş kolundaki homojen üretim yapan işletmelerin performansının ölçümünde, karşılaştırılan birimlerin görelî olarak en yüksek performans düzeyini hedef alan etkinlik derecelerinin ölçümü, günümüzde çok önemli bir performans değerlendirme yöntemi olarak kabul edilmektedir. Etkinlik ölçümü sayesinde bir işletme, sektöründeki rakip işletmelere kıyasla güçlü ve zayıf yönlerini görebilmektedir. Ayrıca işletmeler etkinlik ölçümü sonucunda, kaynak kullanım düzeylerini ve potansiyel olarak üretim çıktılarını ne kadar artırabileceklerini hesaplayabilmektedirler.

Farklı üretim birimlerinin etkinlik ölçümü için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Burada, çalışmanın kapsamı gereği sınır üretim fonksiyonu yaklaşımına dayanan etkinlik ölçüm tekniklerinden bahsedilecektir.

1.2.4.1. Sınır Üretim Fonksiyonu Yaklaşımına Dayanan Etkinlik Ölçme Teknikleri

Üretim fonksiyonu sınır kabul edilerek yapılan etkinlik ölçümlerinde kullanılan yöntemler parametrik ve parametrik olmayan teknikler olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu yöntemleri de kendi içinde deterministik ve stokastik olarak ikiye ayırmak mümkündür. Tablo 1' de bu teknikler sınıflandırılmaktadır (Yavuz, 2003: 39).

Tablo 1: Sınır Üretim Fonksiyonu Yaklaşımına Dayanan Ölçüm Teknikleri

	Deterministik	Stokastik
Parametrik (Ekonometrik)	<ul style="list-style-type: none">• Cobb-Douglas Türü Üretim Fonksiyonu	<ul style="list-style-type: none">• Stokastik Üretim Sınırı• Malmquist TFV Endeksi (Uzaklık fonksiyonlarının stokastik olarak belirlenmesi durumunda)
Parametrik Olmayan (Doğrusal Programlama)	<ul style="list-style-type: none">• Veri Zarflama Analizi• Malmquist TFV Endeksi	

Kaynak: Yavuz, 2003: 39

Görel bir performans göstergesi olan etkinliğin ölçümünde her bir gözlemin etkin sınıra olan uzaklığı hesaplandığından ilk önce etkin bir üretim sınırının varlığı varsayımsal olarak kabul edilmektedir. Daha sonra ise varlığı kabul edilen bu sınırın tahmin edilmesi ya da hesaplanması gerekmektedir. Bu varsayımsal etkin üretim sınırının belirlenmesinde kullanılan yöntemler, üretim veya maliyet sınırının fonksiyonel biçimi ile ilgili varsayımlarına göre parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olarak iki ana grupta toplanmaktadır.

1.2.4.1.1. Parametrik (Ekonometrik) Yöntemler

Parametrik yöntemlerde tahmin edilen sınır için önceden bir fonksiyonel biçim varsayılır ve bu fonksiyonun parametreleri tahmin edilmeye çalışılır (Çakmak ve diğerleri, 2008: 27). Literatürde parametrik yöntem olarak genelde tek bir çıktı (bağımlı değişken) ve birden fazla girdinin (bağımsız değişkenler) ilişkilendirildiği çoklu regresyon analizinden yararlanılmaktadır. Bu analiz yönteminde regresyon doğrusu üzerinde bulunan gözlemler etkin kabul edilmekte, regresyon doğrusunun üzerinde bulunmayan gözlemler ise etkinsiz kabul edilmektedir (Özden, 2008: 168).

1.2.4.1.2. Parametrik Olmayan Yöntemler

Parametrik olmayan yöntemler genel olarak matematiksel programlamayı çözüm tekniği olarak benimsemişlerdir ve daha esnek bir yapıdadırlar. Çok sayıda girdi ve çıktı içeren üretim ortamlarında verimlilik ölçümü için daha uygundur (Yolalan, 1993: 5). Ayrıca, bu çeşit yöntemlerde, parametrik yöntemlerde olduğu gibi bir fonksiyonel biçim varsayımına gerek duyulmamaktadır.

Parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemleri arasında literatürde en fazla rağbet gören ve uygulanan teknik *Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis)* tekniğidir.

İKİNCİ BÖLÜM

2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE MALMQUIST TFV ENDEKSİ

2.1. Veri Zarflama Analizi ile İlgili Genel Bilgiler

Farrell (1957), etkin üretim sınırının bilindiği ve ÖGSG varsayımları altında iki girdi ve tek bir çıktıdan oluşan bir üretim sürecinin etkinliğini ölçmek amacıyla yaptığı çalışmayla etkinlik ölçümünde doğrusal programlamayı kullanan ilk bilim adamı olmuştur. Farrell' in etkin sınır tahminine parçalı-doğrusal dışbükey zarflamalı yaklaşımı, sonraki yirmi yıl boyunca çok az sayıda bilim adamının dikkatini çekmiştir. VZA terimi literatürde ilk kez Charnes, Cooper ve Rhodes' un (CCR) 1978 yılındaki çalışmasında kullanılmıştır. Bu çalışmadan günümüze kadar VZA' nın genişletilerek uygulandığı birçok çalışma yapılmıştır (Coelli ve diğerleri, 2005: 162).

CCR, TFV yaklaşımıyla, analiz edilen birimlerin üretimi tanımlayan girdi ve çıktılarına doğrusal programlama aracılığıyla ağırlıklar atamayı ve gözlem kümesinde en iyi performansı gösteren birimlerden oluşan bir sınır tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Bu sınır, teknik etkinliğe sahip üreticilerin üzerinde yer aldığı sınır olup diğer üreticilerin sınıra olan uzaklığı da teknik etkinsizliklerinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. (Yavuz, 2003: 40).

2.2. Kesirli Veri Zarflama Analizi Modeli

VZA literatüründe girdileri çıktılarına çevirme yeteneğine sahip herhangi bir gözlenen birim için Karar Verme Birimi (KVB) (Decision Making Unit-DMU) ifadesi kullanılmaktadır. Basit olarak, çıktıların girdilere oranı şeklinde tanımlanan TFV, çoklu girdi ve çoklu çıktı kullanıldığı durumlarda aşağıda gösterildiği gibi formüle edilmektedir (Yavuz, 2003: 40):

$$TFV = \frac{\text{Çıktıların Ağırlıklı Toplamı}}{\text{Girdilerin Ağırlıklı Toplamı}} \quad (17)$$

Herhangi bir KVB olan k' nın TFV' si;

$$TFV_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}} \quad (18)$$

şeklinde hesaplanır. Bu notasyonda,

- s : Üretilen çıktı sayısı,
- m : Kullanılan girdi sayısı,
- u_{rk} : k karar birimi tarafından r' inci çıktıya verilen ağırlık,
- Y_{rk} : k karar birimi tarafından üretilen r' inci çıktı miktarı,
- v_{ik} : k karar birimi tarafından i' inci girdiye verilen ağırlık,
- X_{ik} : k karar birimi tarafından kullanılan i' inci girdi miktarıdır.

Bu formülasyonda, pay kısmında tüm çıktılara verilen ağırlıklar toplanarak tek bir değere indirgenmektedir. Bu değere VZA literatüründe *toplam çıktı* denilmektedir. Kesirli formun payda kısmındaki tüm girdilere verilen ağırlıklar da toplanarak tek bir değere indirgenmektedir. Bu değer de *toplam girdi* olarak ifade edilmektedir.

CCR modelinde, değerlendirmek üzere n tane KVB' nin olduğu ve her bir KVB' nin m tane farklı girdiyi kullanarak s adet çıktıyı ürettiği varsayılmaktadır. Aşağıda gösterilen oran özel bir KVB' nin amaç fonksiyonunun maksimize edilmiş şeklini ifade etmektedir.

$$h_k = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}} \quad (19)$$

Bu formülde h_k , k karar biriminin etkinlik değerini vermektedir.

VZA, değerlendirmeye alınan tüm KVB'lerin görelî etkinliklerini hesaplamak amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntemde her bir KVB, girdi ve çıktılarına serbestçe ağırlıklar atamaktadır. Ancak, tüm birimlerin kendilerini etkin yapacak ağırlıkları seçerek taraflı olmalarının önüne geçmek için probleme iki kısıt eklenmiştir. Bu kısıtlardan ilkinde göre, karar birimleri ağırlıklarını öyle seçmelidirler ki seçtikleri ağırlıklar kullanılarak diğere organizasyonel karar birimlerinin etkinliğı ölçüldüğünde hiçbir karar biriminin etkinliğı %100'ü yani "1" değerini geçmemelidir. Aksi halde o karar birimi için TFV değeri sınırsız bulunacaktır. İkinci kısıta göre de hiç bir ağırlık negatif değere taşımamalıdır. Bu kısıtlar sonucu ağırlıkların serbestçe seçebilen organizasyonel karar birimleri aslında aynı optimal ağırlık setini seçmektedirler (Ulucan, 2002: 188). İlk kısıta ilişkin notasyon aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{ij}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, N \quad (20)$$

Bu notasyonda;

Y_{ij} : j'inci karar verme biriminin kullandığı r'inci çıktı miktarı

X_{ij} : j'inci karar verme biriminin kullandığı i'inci girdi miktarıdır.

İkinci kısıt olan ağırlıkların negatif olmama koşulu da:

$$u_{rk}, v_{ik} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \quad (21)$$

şeklinde gösterilmektedir.

2.2.1. Girdiye Yönelik Kesirli Veri Zarflama Analizi Modeli

Girdiye yönelik kesirli VZA modelinde, ilgili KVB'ye ait etkinlik skorunun yani amaç fonksiyonunun maksimize edilmesi amaçlanmaktadır. Başka bir deyişle, belirli bir çıktı miktarını minimum girdiyle elde etmek amaçlanmaktadır. Yukarıda açıklanan iki

kısıtın da eklenmesiyle beraber elde edilen girdiye yönelik kesirli CCR-VZA modeli aşağıdaki biçimde gösterilmektedir (Tarım, 2001: 78):

Model TFV₁: (22)

$$h_k = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}}$$

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

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

$$\varepsilon = 0,0000001$$

Modelde yer alan TFV₁ ifadesi, modelin girdiye yönelik olduğunu belirtirken, ε ise modelin Arşimedgil olmadığını (*Non-Archimedean*) göstermekte olup, *Arşimedgil olmayan büyüklük* olarak tanımlanmaktadır. Değeri ise herhangi bir pozitif reel sayıdan büyük olmak üzere genellikle 10^{-5} veya 10^{-6} olarak alınmaktadır (Yavuz, 2003: 43).

Amaç fonksiyonunun maksimizasyon denkleminde verilen kesirli programlama modeli her bir karar birimi için ayrı ayrı çözülmektedir. N adet optimizasyon probleminde kısıtlar aynı kalacak ama amaç fonksiyonu değişecektir. Problemin çözümü içerisinde, her bir karar birimi kendi TFV' sini maksimum yapacak ağırlıkları belirlemektedir. Bu ağırlıklar, girdiler için $v_{1k}, v_{2k}, \dots, v_{mk}$; çıktılar için $u_{1k}, u_{2k}, \dots, u_{sk}$ şeklinde gösterilebilir. Daha sonra bu ağırlık değerleri kullanılarak optimum etkinlik değeri olan h_k elde edilmektedir (Kutlar ve Babacan, 2008: 152). Bilindiği üzere h_k , kısıtlardan dolayı "1" değerini geçemez. Eğer h_k , "1" olarak hesaplanırsa ait olduğu KVB' nin etkin olduğuna başka bir deyişle "en iyi gözlem" olduğuna karar verilir. Bu durumdaki KVB için etkinlik teriminin tanımında yer alan, fiili yani gözlemlenen performans ile potansiyel performansın çakıştığı yorumu yapılabilir. Etkinlik değeri h_k ' nin "1" değerinden küçük çıkması durumunda ait olduğu KVB' nin etkin olmadığına karar verilir. Bu durumdaki

KVB için, etkin duruma ulaşabilmesi için referans alması gereken KVB grubundan görel olarak etkinsiz olduğu yorumu yapılmaktadır.

2.2.2. Çıktıya Yönelik Kesirli Veri Zarflama Analizi Modeli

Çıktıya yönelik modelde girdiye yönelik modelden farklı olarak amaç fonksiyonu, ağırlıklandırılmış girdilerin ağırlıklandırılmış çıktılara oranının minimize edilmesini gerektirmektedir. Başka bir deyişle, belirli bir girdi miktarı kullanılarak maksimum çıktı elde etmek amaçlanmaktadır. Söz konusu model aşağıdaki gibi kurulmaktadır (Koçak, 2006: 32):

Model TFV_o : (23)

$$F_k = \text{Min} \frac{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}}{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}$$

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

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

$$\varepsilon = 0,0000001$$

2.3. Charnes Cooper ve Rhodes (CCR) - Veri Zarflama Analizi Modeli

Etkinlik ölçümü için kurulan kesirli programlama modellerinin çözümünde doğrusal programlama modellerinin çözümünde kullanılan Simplex Algoritması gibi standart bir yöntem bulunmadığından, çok sayıda girdi ve çıktının kullanıldığı durumlarda modelin çözümü hayli zorlaşmaktadır. Bunun yanı sıra, modelin her bir KVB için ayrı ayrı çözümlenmesi sonucunda elde edilecek ağırlık seti olan (u^* , v^*) değerleri optimal kabul edildiğinde, $\alpha > 0$ için amaç fonksiyonunu maksimize edecek olan her (αu^* , αv^*) değerleri sonsuz sayıda optimal çözüm setleri sunacaktır (Cooper ve diğerleri, 2004: 9). Bu sorunun

çözümü için CCR, Charnes ve Cooper (1962) tarafından geliştirilen ve *Charnes-Cooper Dönüşümü* olarak adlandırılan, kesirli VZA modelini eş bir doğrusal programlama modeline çeviren dönüşümden yararlanılmaktadır.

2.3.1. CCR - Veri Zarflama Analizi Modeli (Girdiye Yönelik)

Charnes-Cooper dönüşümünde amaç fonksiyonunun paydası “1” değerine eşitlenerek $\left(\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1 \right)$ kesirli model, sonsuz elemanlı çözüm kümesini temsil eden ve Simplex türü algoritmalarla çözümlenebilen bir eş doğrusal programlama modeline dönüştürülmektedir. Bu sayede payın, amaç fonksiyonunu göstermesi sağlanmaktadır. VZA tanımlaması da bu aşamadan sonra başlamaktadır. Aşağıda girdiye yönelik olarak kurulan ve literatürde *CCR-VZA Modeli* olarak bilinen model gösterilmektedir (Güran ve Cingi, 2002: 68):

CCR-VZA Modeli (Girdiye Yönelik): (24)

$$\begin{aligned} \theta_k &= \max \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} \\ \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} &\leq 0 \quad k \text{ ve } j = 1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} &= 1 \\ u_{rk} \geq 0, v_{ik} &\geq 0 \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

ÖGSG (CRS) altında kurulan bu primal CCR modeli literatürde *Çarpan Modeli (Multiplier Model)* olarak da adlandırılmaktadır.

2.3.2. Dual (Zarflamalı) CCR-Veri Zarflama Analizi Modeli (Girdiye Yönelik)

VZA çözüm yöntemi olarak doğrusal programlamayı kullanmaktadır. Herhangi bir primal doğrusal programlama modeli için aynı veri kümesi kullanılarak “dual” olarak adlandırılan eş bir doğrusal programlama modeli yazılabilmektedir. Primal ve dual

modellerin her ikisi de modellenen program hakkında aynı bilgiyi vermektedir. Primal problemin amaç fonksiyonu maksimizasyon yönlü ise duali minimizasyon, amaç fonksiyonu minimizasyonu amaçlıyorsa, duali maksimizasyon yönlüdür. Öyleyse bir doğrusal programlama problemine her iki açıdan da yaklaşılabilir. Ancak hesaplamadaki kolaylığı ve yönetsel açıdan çok önemli bilgiler vermesi açısından VZA ile ilgili çalışmalarda daha çok dual model tercih edilmektedir. Dual modelin primal modele göre avantajlı yönleri şöyle sıralanabilir (Köksal, 2001: 80):

- Primal model, bazen dual modelden daha fazla sayıda kısıtlayıcıya sahip olabilir. Problemin boyutu büyüdükçe bu özellik dual yöntemi avantajlı kılmaktadır.
- Bir dual problemin çözümündeki dual değişkenlerin değerleri primal modeldeki gölge fiyatları açıklayabilmektedir. Bir VZA çözümlemesinde de bu özellikten yararlanılarak dual değişkenler, her bir KVB' nin etkinliğinin 1'den büyük olmasını engelleyen kısıtlara ilişkin gölge fiyatlar olarak değerlendirilebilir.

Bu avantajların yanı sıra dual-CCR modelindeki dual değişkenler sayesinde etkisiz karar birimlerine referans olabilen etkin karar birimleri belirlenebilmektedir. Bu açıklamalar ışığında (24) eşitliği ile gösterilen CCR-VZA modelinin duali aşağıdaki gibi kurulmaktadır:

$$\text{Min } \theta_k \quad (25)$$

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

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

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

Bu VZA modeli sıfır olmayan aylak değişkenleri (non-zero slacks) dikkate almadığı için literatürde *zayıf etkinlik modeli* olarak tanımlanmaktadır.

CCR, herhangi bir KVB' nin *tam etkin* (%100) sayılabilmesi için aşağıdaki şartların sağlanması gerektiğini belirtmektedir (Charnes ve diğerleri, 1978: 433):

- $\theta_k = 1$ (26)
- Tüm aylak değişkenlerin değeri sıfırdır.

Zayıf etkinlik modeline s_i^- ve s_r^+ ile ifade edilen aylak değişkenlerin eklenmesiyle elde edilen ve tam etkinlik (*fully efficient*) ölçümünü veren girdiye yönelik dual (zarflamalı) CCR–VZA modeline ilişkin notasyon aşağıdaki gibidir (Cooper ve diğerleri, 2004: 11):

Dual-CCR VZA Modeli (Girdiye Yönelik) (27)

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

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- - \theta_k X_{ik} = 0 \quad i = 1, \dots, m$$

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

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

Modelde yer alan:

F_k : k karar biriminin etkinlik değeri,

θ_k : $[0, 1]$ aralığında değer alan ve etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin radyal olarak ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı,

s_i^- : k karar biriminin i' inci girdisine ait VZA ile radyal olarak ölçülemeyen fakat azaltılması mümkün olan aylak değişken,

s_r^+ : k karar biriminin r' inci çıktısına ait VZA ile radyal olarak ölçülemeyen fakat artırılması mümkün olan aylak değişken,

λ_j : Gözlem kümesinde yer alan KVB' lerin aldığı yoğunluk değerleri,

ε : Herhangi bir pozitif reel sayıdan küçük bir sayıdır.

Modelin amaç fonksiyonunda yer alan $\varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^n s_r^+ \right)$ ifadesi yukarıda (26)

eşitliğinde belirtilen tam etkinliğin iki şartının modelde gösterilmesini sağlamaktadır. Öyle ki buradaki aylak değişkenlerin değeri sıfırdan farklı olduğunda, $(\theta_k = 1)$ şartı sağlansa dahi aylak değişkenlerin toplamı $(-\varepsilon)$ ile çarpıldığı için etkinlik değeri “1” in altına düşeceğinden ilgili KVB için etkinsiz yorumu yapılacaktır (Tarım, 2001: 79).

Tam etkinliğin sağlanması için gerekli olan $\theta_k = 1$ koşulunun tek başına sağlanması *radyal etkinlik* veya *teknik etkinlik* olarak adlandırılır. $(1-\theta)$ değeri, üretim olanak kümesinin izin verdiği en büyük oransal azalma değeridir, daha öte bir azalma sıfırdan farklı aylak değişken değerlerine bağlı olacaktır. Sıfırdan farklı aylak değişken değerlerine bağlı etkinsizlikler, *karışım etkinsizliği (mix inefficiency)* olarak adlandırılır. Her iki şartın birden sağlanması durumuna da *Pareto-Koopmans Etkinliği* adı verilmektedir (Kutlar ve Babacan, 2008: 153).

Zarflamalı CCR-VZA modeli, yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılabilceği üzere etkinlik ölçümünde iki aşamalı bir süreç (*two-stage process*) önermektedir. İlk aşamada aylak değişkenler gözardı edilerek etkinlik değeri θ_k minimize edilmeye çalışılmakta, ikinci aşamada ise θ_k ' nın değerini değiştirmeden aylak değişkenler optimize edilmeye çalışılmaktadır.

2.3.3. Referans Seti

Referans seti, etkin olmayan karar birimlerinin etkinliği yakalayabilmesi için çıktılarını ne kadar artırması ya da girdilerini ne kadar azaltması gerektiği hakkında bilgi vermektedir (Güran ve Cingi, 2002: 69). Dual CCR modelindeki λ dual değişkeni, etkin referans setlerini belirlemekte kullanılmaktadır. Dual CCR modelinde, pozitif değer verilen tüm λ_j dual değişkenlerin karşılık geldikleri karar birimleri etkindir. Bu karar birimlerinin oluşturduğu sete, karar birimi (k)' nın *referans seti* adı verilir. Yapılan uygulama sonucunda (k) etkin çıkıyorsa, o zaman referans setindeki tek karar birimi kendisi olacaktır. Dolayısıyla dual değişken λ_k ' nın değeri 1' e eşit olacaktır.

Etkinsiz bulunan karar birimleri için referans olacak girdi ve çıktı değerleri etkin olan karar birimlerinin doğrusal bileşimlerinden oluşmaktadır. Bu bileşim ile etkin üretim sınırı üzerinde bulunan referans karar birimleri kuramsal bir KVB belirlemektedir. Bu KVB' ye ait girdi ve çıktıları belirleme işlemi aşağıda gösterildiği gibi formüle edilmektedir (Özden, 2008: 172):

$$\text{Kuramsal Girdi: } \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \quad (28)$$

$$\text{Kuramsal Çıktı: } \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j$$

Formüldeki j' inci karar birimleri referans setinde yer alan pozitif λ_j değerine sahip tüm karar birimlerini göstermektedir. Yukarıda gösterilen kuramsal girdi ve çıktılar (27) eşitliğinden yararlanarak aşağıdaki şekilde de hesaplanabilmektedir:

$$\text{Kuramsal Girdi: } \theta_k X_{ik} - s_i^- \quad i = 1, \dots, m \quad (29)$$

$$\text{Kuramsal Çıktı: } Y_{rk} + s_r^+ \quad r = 1, \dots, s$$

2.3.4. CCR - Veri Zarflama Analizi Modeli (Çıktıya Yönelik)

Çıktıya yönelik zarflama modelinde, belirli bir girdi miktarı kullanılarak maksimum çıktı elde etmek amaçlanmaktadır. Çıktıya yönelik kesirli VZA modeline girdiye yönelik modelde olduğu gibi Charnes-Cooper dönüşümünden yararlanarak, amaç fonksiyonunu minimize edebilmek amacıyla:

$$\left(\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} = 1 \right) \quad (30)$$

dönüşümü uygulanarak çıktıya yönelik primal doğrusal programlama modeli elde edilmektedir. Söz konusu modele ilişkin notasyon aşağıdaki gibidir (Tarım, 2001: 56):

CCR-VZA Modeli (Çıktıya Yönelik): (31)

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

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} \geq 0 \quad k \text{ ve } j = 1, \dots, n$$

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

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

2.3.5. Dual CCR - Veri Zarflama Analizi Modeli (Çıktıya Yönelik)

Doğrusal programlamanın dualite teorisinden yararlanarak (31) eşitliği ile verilen primal modelin duali olan çıktıya yönelik CCR-VZA modeli hesaplanabilmektedir. Girdiye yönelik modelde gösterilen kanonik formdaki modelin standart form şekline dönüştürülmesi süreci çıktıya yönelik modelde de aynı şekilde uygulanmaktadır. Modelin kısıtlayıcılarının eşitlik haline getirilmesini sağlayan s_i^- ve s_r^+ aylak değişkenleri amaç fonksiyonunda $\varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$ şeklinde yer almaktadır. Bu durumda Dual CCR-VZA modeline ilişkin notasyon aşağıdaki gibi olacaktır (Yavuz, 2003: 44):

Dual CCR-VZA Modeli (Çıktıya Yönelik): (32)

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

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = X_{ik} \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = \varnothing Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

Bu notasyonda:

θ : Çıktıya ait genişleme katsayısı,

s_i^- : k karar biriminin i' inci girdisine ait aylak girdi vektörü,

s_r^+ : k karar biriminin r' inci çıktısına ait aylak çıktı vektörü,

λ_j : Gözlem kümesinde yer alan KVB' lerin yoğunluk değerleridir.

Bu modelde yer alan amaç fonksiyonu, incelenen herhangi bir KVB için θ değerini maksimize etmeyi amaçlamaktadır. Buradaki θ değeri 1 veya 1' den büyük değerler almaktadır. İncelenen bir k karar biriminin etkin olarak kabul edilmesi için aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır:

$$F_k = 1, \theta = 1, \lambda_k = 1, s_i^- = 0, s_r^+ = 0 \quad (33)$$

Eğer θ , 1' den büyük bir değer alırsa k karar biriminin etkinsiz olduğu ve etkin hale gelebilmesi için çıktıları artırması gerektiği yorumu yapılır.

Girdiye ve çıktıya yönelik CCR modelleri doğrusal programlama (DP) tabanlı modeller olduğundan DP' nin dualite özelliğinden yararlanarak girdiye yönelik modelin optimal çözümünden çıktıya yönelik modelin optimal çözümü kolaylıkla türetilmektedir. Buna göre k karar biriminin yoğunluk katsayısı ile büzülme katsayısı arasında,

$$\theta_k = 1/\theta_k \quad (34)$$

eşitliğine ulaşılmaktadır. Girdiye yönelik modeldeki λ_j ' lerin büzülme katsayısı θ ' ya bölünmesi sonucunda ise çıktı yönlü modeldeki λ_j değerleri elde edilmektedir. Ayrıca yine girdiye yönelik modeldeki aylak değişkenlerin (s_i^-, s_r^+) büzülme katsayısı θ ' ya bölünmeleriyle çıktıya yönelik modeldeki aylak değişkenler elde edilmektedir. Her iki modeldeki karşılıklı ilişkiler sonucunda girdiye yönelik modelde gözlemlenen herhangi bir KVB' nin etkin olarak değerlendirilmesi ancak ve ancak aynı KVB çıktıya yönelik modelde de etkin olarak değerlendirildiğinde mümkündür (Cooper ve diğerleri, 2000: 58).

O halde girdi yönlü CCR modelinde etkin çıkan bir karar birimi çıktı yönlü CCR modelinde de etkin çıkacaktır.

Tablo 2' de çarpan ve zarflamalı CCR modellerine ilişkin notasyon bir arada gösterilmektedir.

Tablo 2: CCR-VZA Modelleri

Girdiye Yönelik Model	
Zarflamalı Model	Çarpan Modeli
$F_k = \text{Min } \theta_k - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^n s_r^+ \right)$	$\theta_k = \text{Max } \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}$
$\theta_k X_{ik} + s_i^- = \theta_k X_{ik}$	$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} \leq 0$
$\sum_{j=1}^n \lambda_{kj} Y_{rj} - s_r^+ = Y_{rk}$	$\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1$
$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0$	$u_{rk} \geq \varepsilon, v_{ik} \geq \varepsilon$
Çıktıya Yönelik Model	
Zarflamalı Model	Çarpan Modeli
$F_k = \text{Max } \phi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^n s_r^+ \right)$	$F_k = \text{Min } \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}$
$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = X_{ik}$	$\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} \geq 0$
$\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = \phi Y_{rk}$	$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} = 1$
$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0$	$u_{rk} \geq \varepsilon, v_{ik} \geq \varepsilon$

2.4. Ölçeğe Göre Değişken Getiri ve Banker Charnes Cooper (BCC) Modeli

CCR modellerindeki ÖGSG varsayımı, gözlenen tüm karar birimleri optimal ölçekte üretim yaptıklarında uygun bir varsayım olmaktadır. Ancak iktisadi hayatta haksız rekabet, finansal kısıtlar vb. dışsallıklar nedeniyle işletmeler genellikle bu varsayımı gerçekleştiremezler. Başka bir deyişle, işletmeler çoğu kez ÖGDG altında üretim yapmaktadırlar. CCR modelleri karar birimlerinin sadece teknik etkinliğini ölçmektedir. Teknik etkinlik terimi literatürde kimi zaman *saf teknik etkinlik (pure technical efficiency)* olarak adlandırılmaktadır. Saf teknik etkinlik teriminin kullanıldığı çalışmalarda yer alan teknik etkinlik terimi ise toplam etkinlik veya *VZA etkinliği* terimlerine karşılık gelmektedir (Tarım, 2001: 14). Bu çalışmada bundan sonra CCR modellerinde hesaplanan etkinlik türü için *toplam etkinlik* ifadesi kullanılacaktır.

CCR modelleri, gözlenen karar birimleri optimal ölçekte üretim yapmadığında yani ÖGDG' li durumlarda yapısı gereği ölçek etkinliğini hesaplayamadığından teknik etkinlik ölçümünde yetersiz kalmaktadır. Banker ve diğerleri (1984), ÖGDG varsayımı altında teknik etkinliği ölçmek amacıyla geliştirdikleri ve geliştiren bilim adamlarının adlarının baş harfleriyle BCC modeli olarak bilinen modelde teknik etkinliği, ölçek etkinlik ile saf teknik etkinlik bileşenlerine ayırarak teknik etkinliğin bu iki bileşenin çarpımına eşit olduğunu göstermiştir. Modelde yer alan ölçek etkinliği aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Kutlar ve Babacan, 2008: 154):

$$\text{Ölçek Etkinliği} = \frac{\theta_{\text{CCR}}}{\theta_{\text{BCC}}} = \frac{\text{TE}}{\text{STE}} \leq 1 \quad (35)$$

BCC ve CCR etkinlik skorlarının her ikisi de “1” değerinde ise gözlenen KVB’ ler tam etkindir. Bu durumdaki KVB’ ler en verimli ölçek büyüklüğünde üretim yapmaktadır. Eğer BCC skoru “1” ve CCR skoru 1’ den düşük ise KVB ölçek büyüklüğüne göre saf teknik etkin ama toplam etkin değildir. Ölçek etkinliği skoru “1” değerinden büyük değildir (Kutlar ve Babacan, 2008: 154). Ölçek etkinliği ÖGDG ve ÖGSG arasındaki fark olarak da tanımlanabilir.

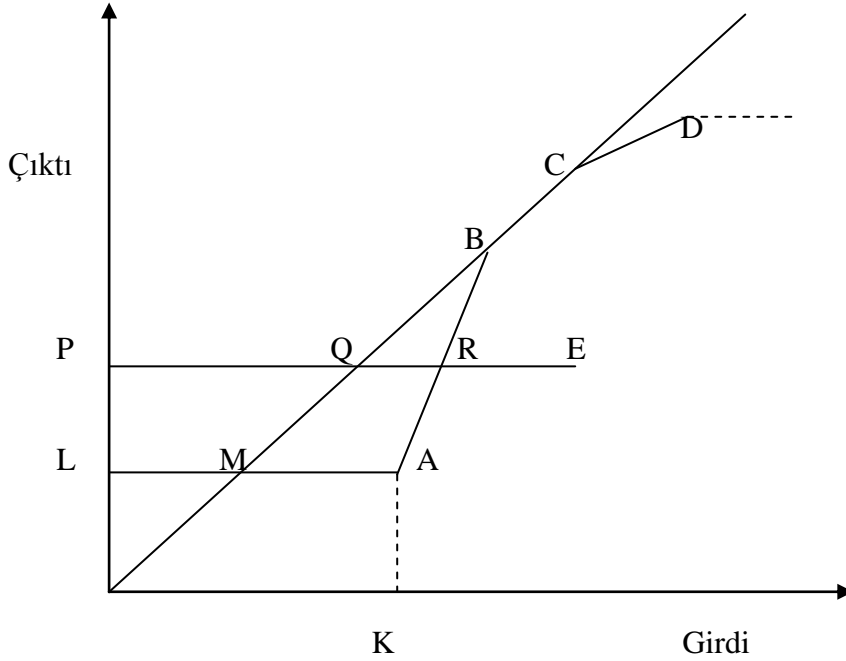
Şekil 7’ de BCC-etkin olan A noktası ölçeğe göre artan getiri sergilemektedir ve ölçek etkinliği:

$$\text{Ölçek Etkinliği} = (A) = \theta_{\text{CCR}} = \frac{LM}{LA}$$

şeklinde hesaplanır. A noktası ÖGDG altında saf teknik etkin (STE) iken (STE = 1) ÖGSG altında toplam etkinsizlik içindedir. B ve C noktaları en verimli ölçek büyüklüğünde olduklarından tam ölçek etkindirler. E noktası ise hem saf teknik etkinsiz hem de toplam etkinsizdir. Bu noktada ölçek etkinliği (ÖE), teknik etkinlik formülünden yararlanarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Kutlar ve Babacan, 2008: 155):

$$TE = STE * \text{ÖE} \rightarrow \text{ÖE} (E) = \frac{PQ}{PE} * \frac{PE}{PR} = \frac{PQ}{PR} \quad (36)$$

Şekil 7: Ölçek Etkinliğinin Grafik Gösterimi



Kaynak: Kutlar ve Babacan, 2008: 154

BCC modelleri CCR modellerinin genişletilmiş formu olup, ÖGDG altında etkinlik ölçümü yapabilmek amacıyla CCR modellerine konvekslik (dışbükeylik) kısıtı olan

$\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \right)$ değişkeninin eklenmesiyle elde edilmiştir (Banker ve diğerleri, 1984: 1088).

Bu kısıtla beraber BCC çarpan modelinin amaç fonksiyonuna μ_o değişkeni katılmıştır. Bu değişken sayesinde ölçeğe göre getirilerin ölçülmesi mümkün olmaktadır. Modeldeki μ_o değişkeninin sıfır olması, değerlendirilen KVB' nin ÖGSG' li, pozitif olması ölçeğe göre azalan getirili, negatif olması ölçeğe göre artan getirili üretim yaptığını ifade etmektedir. Bu nedenle BCC modeli VRS modeli olarak da adlandırılmaktadır. Banker (1984), CCR modelinin ÖGSG altında toplam etkinliği ölçtüğünü ve k karar birimi için kurulan CCR modelinin optimal çözümündeki dual değişkenler sayesinde ölçeğe göre getiri yönünün belirlendiğini ifade etmiştir. Buna göre k karar birimi için;

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \text{ ise} \quad \text{Ölçeğe Göre Sabit Getiriye} \quad (37)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \geq 1 \text{ ise} \quad \text{Ölçeğe Göre Artan Getiriye (irs)} \quad (38)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1 \text{ ise} \quad \text{Ölçeğe Göre Azalan Getiriye (drs)} \quad (39)$$

sahiptir yorumu yapılır. BCC modeli CCR modeli gibi girdiye ve çıktıya yönelik olarak kurulabilmektedir.

2.4.1. BCC- Veri Zarflama Analizi Modeli (Girdiye Yönelik)

BCC-VZA modelinin girdiye yönelik doğrusal programlama formu aşağıdaki biçimde gösterilmektedir (Cooper ve diğerleri, 2000: 88):

BCC-VZA Modeli (Girdiye Yönelik):

$$\theta_k = \text{Max} \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} - \mu_k \quad (40)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} - \mu_k \leq 0 \quad k \text{ ve } j = 1, \dots, n$$

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

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

μ_o , sınırlanmamış

2.4.2. Dual BCC- Veri Zarflama Analizi Modeli (Girdiye Yönelik)

Yukarıda (40) eşitliği ile gösterilen primal modelin duali olan BCC zarflamalı modele ait notasyon aşağıda gösterilmektedir (Ulucan, 2002: 191).

Dual BCC-VZA Modeli (Girdiye Yönelik):

$$F_k = \text{Min} \theta_k - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (41)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = \theta_k X_{ik} \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s$$

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

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

CCR-VZA modelinde yer alan, herhangi bir k karar biriminin etkin olabilmesi için ($\theta_k=1$) ve aylak değişkenlerin sıfır olması koşullarının sağlanması gerekliliği BCC modelinde de geçerlidir. Bu koşulları karşılayan bir karar birimi saf teknik etkindir. $\theta_k = 1$ iken aylak değişkenlerden bir ya da birkaçı sıfırdan farklı olduğunda CCR modelinde

olduğu gibi zayıf etkinlik söz konusudur. $\theta_k < 1$ olduğunda k karar birimi etkinsiz kabul edilir. BCC modelinde referans kümesinin belirlenmesi işlemi CCR modelindeki gibi yapılır.

θ_{CCR} , girdi yönlü CCR modelinden elde edilen teknik etkinlik ve θ_{BCC} , girdi yönlü BCC modelinden elde edilen saf teknik etkinlik değeri olmak üzere herhangi bir KVB için;

$$\theta_{CCR} \leq \theta_{BCC} \quad (42)$$

ifadesi her zaman doğrudur. Çünkü BCC modelindeki üretim imkânları kümesi, CCR modelindeki üretim imkânları kümesinin bir alt kümesidir (Çağlar, 2003: 33).

2.4.3. BCC- Veri Zarflama Analizi Modeli (Çıktıya Yönelik)

Çıktı yönlü primal BCC modeli, CCR modeline dışbükeylik kısıtının $\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \right)$ eklenmesiyle elde edilmektedir. Bunun yanı sıra amaç fonksiyonuna v_k değişkeni eklenmektedir. Bu durumda BCC-VZA modeli aşağıdaki notasyonla gösterilecektir (Cooper ve diğerleri, 2000: 91):

BCC-VZA Modeli (Çıktıya Yönelik):

$$F_k = \text{Min} \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} - v_{ik} \quad (43)$$

$$- \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} + \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} - v_k \geq 0 \quad k \text{ ve } j = 1, \dots, n$$

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

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

v_o , sınırlanmamış

2.4.4. Dual BCC-Veri Zarflama Analizi Modeli (Çıktıya Yönelik)

Primal modelin duali olan BCC zarflamalı model ise aşağıdaki gibi kurulur (Cooper ve diğerleri, 2000: 90):

Dual BCC-VZA Modeli (Çıktıya Yönelik):

$$F_k = \text{Max } \theta + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (44)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = X_{ik} \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = \theta Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s$$

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

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall j, i, r$$

Girdi yönlü BCC modeli ile çıktı yönlü BCC modeli arasında CCR modelindeki gibi bir ilişki tanımlamak mümkün değildir. Fakat çıktı yönlü BCC modeli etkinlik skoru (θ_{BCC}) ile çıktı yönlü CCR modeli etkinlik skoru (θ_{CCR}) arasında;

$$\theta_{CCR} \geq \theta_{BCC} \quad (45)$$

şeklinde bir ilişki vardır. Dolayısıyla BCC modeli ile etkin bulunan bir karar birimi CCR modeli ile de etkin bulunacaktır. Ancak CCR-etkin olan bir karar birimi BCC-etkin olmayabilir (Çağlar, 2003: 35).

2.5. Toplamsal Model

VZA'nın temel modelleri olan CCR-VZA ve BCC-VZA modellerinin her ikisi de girdiye veya çıktıya yönelik olarak kurulduklarından bir seçim yapılmasını gerektirmektedirler. Charnes ve diğerleri (1985) tarafından geliştirilen ve her iki yönelimi

tek bir model içinde birleştiren *Toplamsal Model (Additive Model)* ÖGDG altında etkinlik sınırı belirlemektedir. Literatürde *Pareto-Koopmans (PK) modeli* olarak da bilinen ve birçok alt modeli olan toplamsal modelin temel modeline ilişkin notasyon aşağıdaki gibidir (Cooper ve diğerleri, 2000: 91):

Toplamsal Model:

$$F_k = \text{Max} \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (46)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = X_{ik} \quad i = 1, \dots, m$$

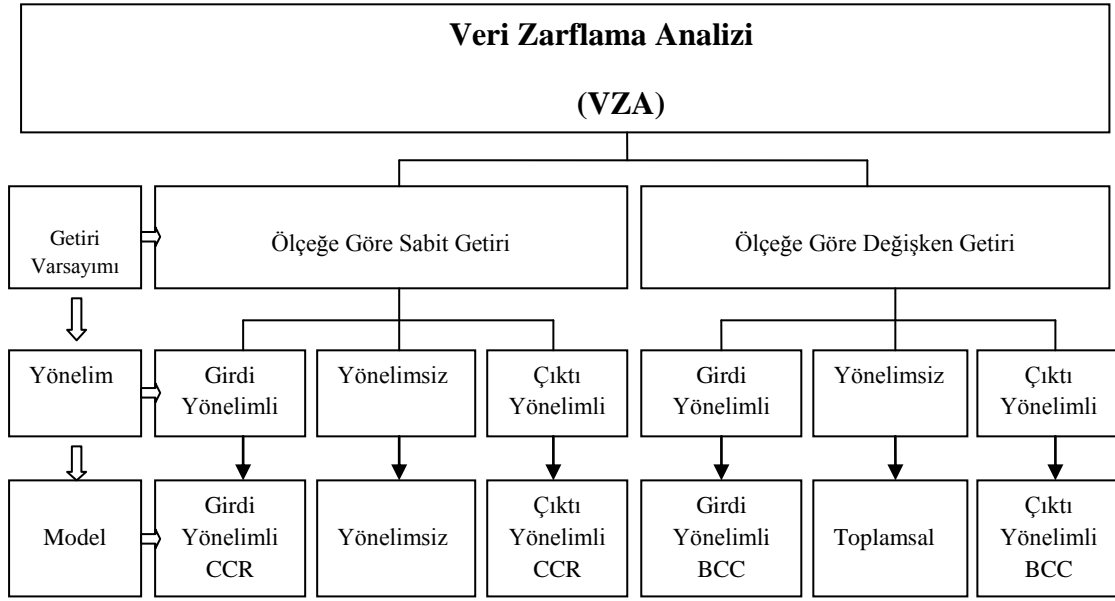
$$\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = \theta Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s$$

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

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall j, i, r$$

Toplamsal model ÖGDG altında modellendiğinden BBC-VZA ile aynı yapıdadır. Bu nedenle herhangi bir karar biriminin toplamsal-etkin veya PK-etkin (tüm aylak değişkenlerin sıfır olması) sayılabilmesi ancak ve ancak o karar birimi BCC-etkin olduğunda mümkündür. Açıktır ki ÖGSG' li üretim imkân kümesi de bu modelde kullanılabilir. O halde denilebilir ki BCC modeliyle etkin bulunan bir KVB toplamsal modelde de etkin olacaktır. Toplamsal modelde etkin bulunan bir KVB, CCR modeline göre de etkin sayılacaktır (Cook ve Seiford, 2009: 5). Şekil 8' de temel VZA modelleri listelenmiştir.

Şekil 8: Temel Veri Zarflama Analizi Modelleri



Kaynak: Özden, 2008: 170

2.6. Veri Zarflama Analizi Literatür İncelemesi

CCR tarafından 1978 yılında geliştirildiğinden beri çeşitli araştırmacılar tarafından farklı VZA modelleri ortaya çıkarılmıştır. Bu modellerin temeli olan CCR-VZA ve BCC-VZA modelleri yukarıda açıklanmıştır. Bu temel modellerin yanında, KVB'lerin üretim teknolojisinin yapısına bağlı olarak kullanılabilen birçok VZA modeli bulunmaktadır. Bu modeller genellikle yönelime (girdiye veya çıktıya yönelik), güçlü veya zayıf atılabilirliğe (strong-weak disposability), ölçeğe göre getiri türüne ve ölçüm türüne (radyal ölçüm, radyal olmayan ölçüm, hiperbolik ölçüm vb.) göre farklılık göstermektedir. Bu modellerin yanında araştırmacılar tarafından spesifik uygulamalar için geliştirilmiş modeller de bulunmaktadır.

VZA ile ilgili ortaya çıkışından günümüze kadar binlerce bilimsel çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaları çeşitli açılardan sınıflandırarak bir VZA bibliyografisi oluşturan bazı yayınlar da mevcuttur. Bu yayınların en önemlilerinden birini meydana getiren Seiford (1997: 393)'a göre 1978-1996 yılları (1996 dahil) arasında, VZA ile ilgili olarak 800 adetten fazla makale ve tez çalışması yapılmıştır. Diğer bir VZA bibliyografisi

çalışmasını yapan Tavares (2002: 1)' e göre, 1978-2001 yılları arasında VZA ile ilgili, 49 ülke ve 295 farklı şehirden 2152 adet farklı yazar tarafından toplam 3.203 adet çalışma yapılmıştır. Tavares, bu çalışmaların 2843 tanesinin makale türünde, 50 tanesinin kitap halinde, 127 tanesinin kitap içinde bölüm, 171 tanesinin tez çalışması ve diğer 12 tanesinin özel amaçlı dergi içinde bölüm olduğunu belirtmiştir.

Bir diğer VZA bibliyografi çalışması da Emrouznejad ve diğerleri (2008) tarafından yapılmıştır. Yazarlar bu çalışmalarında 1978-2006 yılları arasında VZA ile ilgili yayımlanan 4000' den fazla dergi makalesi, kitap ve kitap içinde bölümü incelemiştir. Yazarlara göre yayımlanmamış tezler, çeşitli konferans ve organizasyonlarda sunulan bildirilerin de dahil edilmesi halinde bu sayı 7000' i geçmektedir. Söz konusu inceleme sonucunda, 2500 farklı yazar tarafından meydana getirilen VZA çalışmalarının % 89' unun dergi makalesi olduğu ve bankacılık, eğitim, sağlık hizmetleri ve hastane etkinliğinin bu çalışmalarda en popüler uygulama alanları olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmaların %22' si 12 adet yazar tarafından yapılmıştır. Bu yazarlardan biri ve VZA' nın kurucu teorisyenlerinden William W. Cooper literatürde en çok atıf yapılan yazar olup aynı zamanda toplam 122 çalışmasıyla bu alanda en fazla yayını olan bilim adamıdır.

VZA' nın teorik gelişimi 1990' lı yıllarda büyük ölçüde tamamlanmış ve modelin duyarlık analizi ve diğer modellerle karşılaştırılması yönünde çalışmalar yapılmıştır. VZA yakın geçmişe kadar deterministik bir yapıda olan girdi ve çıktılarının verimlilik analizinde kullanılmıştır. Ancak son yıllarda girdi ve çıktılarının istatistiksel olarak değişebileceği durumlara yönelik çalışmalar yapılmış ve bu, VZA' nın yeni yönelim alanı olmuştur (Demir, 2004: 44). Ayrıca yine son zamanlarda VZA' da kullanılan girdi ve çıktılarının ağırlık katsayılarına kısıtlama getirilmesine ilişkin çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalara örnek olarak Wong ve Beasley (1990), Roll ve Golany (1993), Allen ve diğerleri (1997), Seiford ve Zhu (1998) ile Karsak ve İşcan (2000) verilebilir.

2.7. Veri Zarflama Analizi Uygulama Alanları

CCR tarafından kâr amaçlı olmayan kamu kuruluşlarında uygulanması amacıyla geliştirilen, zaman içinde özel sektörde de uygulanmaya başlanılan VZA modelleri, birçok farklı ülkede, farklı disiplinlerdeki karar birimlerinin performanslarını ölçmede

kullanılmıştır. Yukarıda bahsedildiği üzere bankacılık (Sherman ve Gold, 1985), eğitim (Charnes ve diğerleri, 1981), sağlık hizmetleri ve hastane etkinliği (Banker ve diğerleri, 1986), VZA uygulamalarında en çok ilgi gören konulardır. Bunun dışında, borsada işlem gören şirketler, tarım sektörü, lojistik firmaları, silahlı kuvvetler, havacılık şirketleri, uzay araştırmaları, üretim, yer seçimi problemleri, spor kulüpleri, fast food lokantaları, toptancı mağazaları, telekomünikasyon sektörü, pazarlama faaliyetleri ile daha birçok farklı alandaki KVB' lerde VZA ile etkinlik ölçümü yapılmıştır. Türkiye' de ise ulaşım kolaylığı nedeniyle daha çok ikincil verilerin kullanıldığı ve genelde borsada işlem gören şirketlerin performansının değerlendirilmesiyle ilgili çalışmalar yapıldığı gözlemlenmektedir. Bu çalışmalar içinde bankacılık, hastaneler ve eğitim kurumları en çok uygulama yapılan karar birimleridir.

2.8. Veri Zarflama Analizi Uygulama Aşamaları

Aşağıda VZA yönteminin uygulanmasında izlenen temel aşamalara ilişkin bilgiler verilmektedir.

2.8.1. Değerlendirilecek Karar Verme Birimlerinin Seçimi

VZA uygulamalarında ilk aşama göreceli etkinliği ölçülecek olan KVB' lerin seçilmesidir. Bu seçimi etkileyen iki faktör bulunmaktadır. Bu faktörler *homojenlik* ve *serbestlik derecesi* olarak da ifade edilen gözlem kümesindeki KVB sayısıdır.

Homojenlik, gözlem grubundaki karar birimlerinin aynı girdi-çıkı karmalarına sahip olmaları ve dışsal etkenlerin birbirlerinden çok farklı olmadığı anlamına gelmektedir (Yolalan, 1993: 65). Karar birimleri aynı piyasa şartlarında faaliyet göstermeli (özellikle kâr amacı olmayan kuruluşlar), benzer hedeflere sahip olmalı ve benzer işleri görmelidirler. Örneğin üniversiteler ile ortaokulların performanslarının karşılaştırılması, girdi ve çıktılarının çok farklı olması nedeniyle uygun ve anlamlı bir karşılaştırma olmayacaktır (Ramanathan, 2003: 173).

Analiz edilecek KVB sayısı, VZA çalışmasının hedeflerine ve gözlem kümesindeki homojen birimlerin sayısına bağlıdır. Gözlem kümesinin içerdiği karar birimi sayısının

belirli bir değerin üstünde olması ile, türetilen etkinlik ölçütlerinin birbirlerinden farklı olması olanağı sağlanır. Aksi takdirde herhangi bir çıktı/girdi oranında avantajlı olan karar birimi tüm ağırlıkları kendi açısından maksimize eder ve etkinlik sınırına erişir (Yolalan, 1993: 65). Öte yandan KVB sayısı arttıkça etkin sınırı belirleyen karar birimi sayısı da artacaktır. Genelde VZA çalışmalarında, KVB sayısındaki artışa paralel olarak girdi-çıkıtı sayısı da artırılabilir. Ancak uygulayıcılar gereksiz yere karar birimi sayısını yüksek tutmamalıdır. Özellikle de sayıyı yüksek tutmak isterken en çok dikkat edilmesi gereken homojenlik kısıtını ihlal ederek heterojen birimler gözlem kümesine alınmamalıdır (Ramanathan, 2003: 173). Gözlem kümesinde yer alması gereken karar birimi sayısı konusunda VZA literatüründe bazı öneriler bulunmaktadır. Bunlar:

- Etkin ve etkinsiz karar birimleri arasında sağlıklı bir değerlendirmede bulunabilmek için gözlem kümesindeki KVB sayısı, kullanılan girdi ve çıkıtı sayısının çarpımından fazla olmalıdır (Avkiran, 2001: 68). Ancak literatürde bu varsayıma uyulmayan, daha küçük oranda KVB kullanılan birçok çalışma bulunmaktadır.
- m adet girdi ve s adet çıkıtıya sahip olan n sayıdaki karar birimi için gözlem kümesine dâhil edilecek KVB sayısı, $(m+s+1)$ ' den az olmamalıdır ve karar birimi sayısı değişken sayısının en az iki katı olmalıdır (Boussofiane ve diğerleri, 1991: 15; Temür ve Bakırcı, 2008: 269).
- KVB sayısı girdi ve çıkıtı sayısı toplamının en az iki veya üç katı olmalıdır (Ramanathan, 2003: 174).
- Norman ve Stoker (1991: 130), kullanılacak girdi ve çıkıtı sayısına bağlı olmakla beraber, deneyimler sonucunda KVB sayısının en az 20 olması gerektiğini belirtmiştir.

2.8.2. Girdi ve Çıkıtı Setinin Belirlenmesi

Girdi terimi genel olarak, bir KVB tarafından kullanılan kaynaklar veya KVB' nin performansını etkileyen koşullar olarak tanımlanmaktadır. Çıkıtı terimi ise KVB' lerin faaliyetleri sonucunda üretilen yararlar olarak ifade edilebilir. VZA uygulamalarında başlıca zorluklardan biri de girdi ve çıkıtıların belirlenmesi konusudur. Bazen bir üretim faktörü hem girdi hem çıkıtı olarak nitelendirilebilmektedir. Böyle durumlarda faktör

sınıflandırmanın bir yolu, ilgili faktör kullanıldığında KVB' ler daha etkin olarak değerlendiriliyorsa genelde çıktı olarak kabul edilirler. Aksi durumda girdi faktörü olarak sınıflandırılırlar (Ramanathan, 2003: 174).

Literatürdeki çalışmalarda girdi ve çıktı seçiminde oldukça subjektif davranıldığı gözlemlenmektedir. Bunun nedeni, bu konuda genel kabul görmüş kural veya kısıtlamaların bulunmamasıdır. Bununla beraber bazı ayrıntılara dikkat ederek uygun bir girdi-çıkıtı karması belirleyebilmek mümkündür. Herşeyden önce, VZA uygulayıcısı gözlem kümesindeki karar birimlerinin performansına etki edebilecek tüm girdi-çıkıtıların kapsamlı bir listesini yaparak işe başlamalıdır. Burada amaç üretim teknolojisini en iyi şekilde yansıtabilecek girdi ve çıkıtıların seçilebilmesidir (Yolalan, 1993: 67). Daha sonra ilgili liste, bazı istatistiksel analizler uygulanarak (korelasyon analizi gibi) veya uzman görüşlerine başvurulularak yada Analitik Hiyerarşi Süreci gibi yöntemler yardımıyla en önemli girdi-çıkıtı karması oluşturacak şekilde kısaltılır (Ramanathan, 2003: 174). Bu sayede VZA' nın ayrıştırma yeteneği de artar. Yukarıda açıklandığı üzere girdi-çıkıtı sayısının çok fazla olması KVB sayısının da fazla olmasını gerektirir. Bu da gözlem kümesinin homojenliğini bozar. Bazı VZA çalışmalarında modele yeni girdi-çıkıtı eklendiğinde, önceki durumda etkin olmayan karar birimlerinin yeni durumda etkin çıkabildiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle, girdi-çıkıtı karmasının seçimi, ilgili çalışmanın güvenilirliği ve geçerliği açısından hayati önemdedir.

2.8.3. Uygun Veri Zarflama Analizi Modelinin Seçimi

İlk iki aşama tamamlandıktan sonra, uygulayıcı eldeki verilere göre ve üretim teknolojisine en uygun VZA modelini seçmelidir. Tamamen kontrol edilemeyen girdi faktörleri içeren uygulamalarda çıkıtı yönlü modellerin tercih edilmesi daha uygun olacaktır. Öte yandan, çıkıtıların olası en iyi performansı gösterecek şekilde değil de yönetimin hedefleri doğrultusunda belirleniyorsa girdi yönlü modellerin tercih edilmesi yerinde olacaktır. Çalışmada, girdi ve çıkıtıların özellikle vurgulanmak isteniyorsa çarpan model; KVB' ler arasındaki ilişkiler vurgulanmak isteniyorsa zarflama modelleri kullanılmalıdır. Eğer KVB' lerin performansı ölçek ekonomisine bağlı değilse (büyük tröstlerde olduğu gibi) ÖGSG varsayımı uygun gözükmektedir. Diğer birçok durumda ÖGDG daha uygun bir varsayım olacaktır (Ramanathan, 2003:175).

2.8.4. Veri Zarflama Analizi Modeliyle Etkinlik Ölçümü

Gözlem kümesi için en uygun VZA modeli seçildikten sonra her bir KVB için ilgili model çözülerek etkinlik değerleri, aylak değişkenler ve referans KVB' lere ilişkin sonuçlar elde edilir. Daha önce de açıklandığı üzere her bir karar birimi için 0 ile 1 arasında bir etkinlik skoru elde edilir. Etkinlik skoru 1' e eşit olan KVB' ler *en iyi uygulama (best practice)* grubunu oluştururlar. VZA uygulamasında her bir karar birimi için ayrı ayrı doğrusal programlama modelleri çözülmesi gerektiğinden işlemleri kolaylaştırmak için günümüzde bilgisayar yardımıyla çeşitli paket programlar kullanılmaktadır.

2.8.5. Referans Kümesinin Belirlenmesi

VZA, etkin olmayan karar birimlerinin göreceli olarak etkin birimlerin uyguladığı yöntemleri uygulayarak aynı etkinlik düzeyine ulaşabilecekleri varsayımı üzerine kurulmuştur. Bir referans kümesinde yer alan etkin karar birimlerinin referans olarak güçlülüğü, bu birimlerin etkin olmayan birimlere ne kadar yoğunlukta referans gösterildiğine bağlıdır. Etkin olmayan bir karar biriminin referans kümesindeki birimlerle, sadece girdi-çıkıtı bileşimleri itibariyle değil, yönetsel uygulamalar açısından da değerlendirilmesinde yarar vardır (Behdioğlu ve Özcan, 2009: 304).

2.8.6. Etkin Olmayan Karar Birimleri İçin Hedef Belirlenmesi

VZA tekniği ile yapılan karşılaştırmalar gözlem kümesinde yer alan KVB benzerliklerinden hareket etmektedir. Yöntemin uygulanmasından sağlanan en büyük fayda, etkin olmayan karar birimlerine performanslarını iyileştirebilmeleri için ulaşılabilir hedefler konulmasıdır. Söz konusu hedefler etkin olmayan KVB' nin referans kümesinde bulunan etkin birimlerin ağırlıklı ortalamasıdır. Hesaplamalarla elde edilen sonuçlara pratikte ulaşmak, etkinsiz birimlerdeki fiziksel kısıtlar ve kontrol edilemeyen girdiler nedeniyle her zaman mümkün olmayabilir (Yavuz, 2001: 53).

2.8.7. Duyarlık Analizi Yapılması

Etkin üretim sınırı, en iyi performans gösteren karar birimlerine göre oluşturulmaktadır. Bu nedenle VZA sonuçları en küçük ölçüm hatalarından bile doğrudan etkilenmektedir. Ayrıca VZA parametrik olmayan bir teknik olduğundan istatistiksel hipotez testleri için uygun değildir. Bu bağlamda, uygun bir duyarlık analizi yapılmadan modelin sonuçlarını yorumlamak sonuçların güvenilirliğini zedeleyecektir. Duyarlık analizi, herhangi bir karar birimi için diğer çıktıları göz ardı ederek sadece bir çıktıya göre etkinlik ölçümü yapılması şeklinde olabilir. Bu durumda ilgili KVB etkin çıksa bile, gözlem kümesindeki etkinsiz karar birimleri için referans kümesinde yer alamayacaktır. Bu nedenle, VZA uygulaması sonucunda etkin çıkan karar birimleri için destekleyici bir duyarlık analizi yapılması gerekmektedir. Duyarlık analizi sonucunda etkin karar biriminin referans gösterildiği etkinsiz karar birimi sayısı fazlaysa o karar birimi gerçekten etkin olarak değerlendirilmelidir. Ancak ilgili KVB' nin referans gösterildiği etkinsiz KVB sayısı az ise o KVB dikkatle incelenmelidir.

Duyarlık analizi, gözlem kümesindeki herhangi bir karar birimine ait bir girdi veya çıktı modelden çıkartılarak o karar biriminin etkinlik skorunun nasıl değiştiği gözlemlenerek de yapılmaktadır. Etkin bir KVB, bir girdi veya çıktısının modelden çıkarılmasıyla etkinsiz çıkıyorsa o KVB dikkatle incelenmelidir. Benzer bir duyarlık analizi etkin bir KVB' nin modelden çıkarılmasıyla da yapılmaktadır (Ramanathan, 2003: 176-177).

2.8.8. Modelin Sonuçlarının Değerlendirilmesi

VZA uygulamasının son aşamasında gözlem kümesinde yer alan etkin ve etkin olmayan karar birimleri için ortak bulgular araştırılır. Ayrıca gözlem kümesini oluşturan karar birimlerinin ait olduğu endüstri dalının genel durumu hakkında çıkarımlar yapılabilir (Yolalan, 1993: 66).

İşletmelerde VZA yöntemi ile performans ölçümünden elde edilen sonuçlar özetle aşağıdaki gibidir (Ulucan, 2002. 188):

- Etkin organizasyonel karar birimleri,
- Etkin olmayan organizasyonel karar birimleri,
- Etkin olmayan organizasyonel karar birimleri tarafından kullanılan fazla kaynak miktarları,
- Etkin olmayan organizasyonel karar birimlerinin şu anki girdi düzeyleri,
- Etkin olmayan organizasyonel karar birimlerinin, etkin referans setini oluşturan KVB' ler

2.9. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri

VZA' nın her yöntemde olduğu gibi yapısından kaynaklanan güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır. VZA' nın diğer yöntemlere kıyasla güçlü yönlerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

- VZA tekniğinin en önemli avantajı subjektiflik içermemesi ve yöntemin sayısal verilere dayalı olmasıdır (Ramanathan, 2003: 177).
- VZA modellerinde çok sayıda girdi ve çıktı kullanmak mümkündür.
- VZA, merkezi eğilimden yani ortalama değerlerden farklı olarak sınırlara yönelen bir yöntem olduğundan gözlenen uç verileri de kapsayan bir etkinlik yüzeyinin oluşturulmasını sağlar.
- VZA, farklı ölçüm birimlerine sahip çoklu girdi ve çoklu çıktılu üretim yapan karar birimlerinin etkinliğini ölçebilmektedir. Örneğin sermaye girdisi para birimi ile ölçülürken personel girdisi sayı birimleri ile ifade edilmektedir. VZA, modeldeki farklı ölçüm birimleri için herhangi bir ortak birime veya dönüşüme gerek duymaz.
- VZA, tüm girdi ve çıktılara ait optimal ağırlık değerlerini matematiksel modelin çözümü sonucunda atadığından, değişkenlere ilişkin ağırlıklarla ilgili önceden bir tahmin yapılmasına gerek yoktur.
- Parametrik yöntemlerin aksine, VZA parametrik olmayan bir yöntem olduğundan girdi ve çıktılar için fonksiyonel bir varsayım gerektirmez.
- VZA, göreceli etkinliği hesaplarırken her karar birimi için kullandığı formülasyonu ayrı ayrı eniyiler. Ayrıca, her birim yöneticisi açısından etken hale dönüşebilmeleri için neler yapması gerektiğini önerir. Oysaki parametrelili yöntemler endüstrinin

tümünü göz önünde bulundurmakta ve ortalama etkinliğe göre ölçüm yapmaktadırlar (Yolalan, 1990: 131).

VZA' nın zayıf ya da dezavantajlı yönleri ise aşağıda sıralanmaktadır:

- VZA, veriye dayalı bir ölçüm tekniği olduğundan veri hatalarına karşı oldukça duyarlıdır. Bu nedenle girdi ve çıktılara ilişkin verilerin olası ölçüm hatalarından arındırılması için özen gösterilmelidir (Yolalan, 1993: 86).
- VZA, karar birimlerini etkin ve etkinsiz diye ayırabilmekte fakat etkin çıkan karar birimlerini sıralayamamakta ve karşılaştıramamaktadır.
- İlgili girdi ve çıktıların üretim sürecini doğru olarak yansıtabilmesi, yöntemin sağlıklı sonuçlar vermesi açısından hayati öneme sahiptir. Kritik bir girdi ya da çıktı inceleme dışı bırakıldığında yöntemin verdiği sonuçlar yanıltıcı olabilmektedir (Aydemir, 2002: 92).
- VZA, parametrik olmayan ve deterministik bir teknik olduğundan parametrik tekniklere uygulanabilen istatistiksel hipotez testlerinin VZA' ya uygulanması oldukça zordur.
- VZA modelinin çözümü sonucunda karar birimlerinin girdi ve çıktılarına atanan ağırlıklar esnek bir şekilde model tarafından belirlendiğinden bazen genel kabullere aykırı ağırlıklar atanabilmektedir (Allen ve diğerleri, 1997: 14). Bazı uygulamalarda çözüm sonucunda bazı karar birimleri için önemli girdi ve çıktıların ağırlıklarının düşük olduğu, bu yüzden de diğer bazı karar birimlerinin çok önemli olmayan girdi ve çıktılardaki üstünlükleri nedeniyle daha etkin olarak görüldükleri durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bu sorunu önlemek için ağırlık kısıtlamaları uygulanmaktadır (Kocakoç, 2003: 4).
- VZA sonucunda elde edilen girdi ve çıktı ağırlıkları tamamen matematiksel yöntemlerle elde edildiklerinden uygulamanın yapıldığı ortamın yargılarını barındırmamaktadır. Bu yüzden ağırlıklar yorumlanırken çok dikkatli olunması gerekir (Easton ve diğerleri, 2002: 130; Turgutlu, 2006: 25).
- VZA, uygulandığı ortamdaki KVB' ler arasından en iyiyi seçen bir yöntemdir. Bu sebeple, seçilen bağıl, mutlak en iyi değildir. Firma, KVB' lerin hedeflerine uyup

uymadıklarını VZA' dan başka yöntemlerle kontrol etmelidir (Easton ve diğerleri, 2002: 130; Turgutlu, 2006: 25).

- VZA modelleri statik (durağan) ve tek zaman kesitinde değerlendirilen modellerdir. Gerçek hayatta ise KVB' lerin bazı girdilerini çıktılara dönüştürebilmesi bir periyottan daha uzun bir süre alacağından üretim süreci dinamik bir özellik göstermektedir. Bu sebeple farklı periyotlardaki veriler için uygun indirgeme oranlarının kullanılması gerekmektedir (Aydemir, 2002: 92).
- VZA' da girdi ve çıktı değişken sayısı olabildiğince az olmalı ve KVB' lerin üretim sürecini doğru olarak verebilmelidir. Çünkü çok sayıda girdi ve çıktı değişkeni kullanılması görece etkin ve etkin olmayan KVB' lerin ayrıştırılmasını güçleştirmektedir (Kutlar ve Babacan, 2008: 156).
- VZA tekniğinde doğal olarak zarflama imkânının bulunmadığı durumlarda kuramsal karar birimi yeterince anlamlı olmamaktadır (Yolalan, 1993: 87).

2.10. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi (MTFVE) Yaklaşımı

VZA uygulaması sonucunda etkin olarak değerlendirilen bir karar birimi, daha sonraki dönemlerde etkinliğini yitirebilmekte ve referans olma özelliğini kaybedebilmektedir. Buna karşın bir dönem için etkisiz çıkan bir KVB, takip eden dönemlerde performansını geliştirerek etkin duruma gelebilmektedir. Bu nedenle etkinlik değerlendirme sürecinde, zaman içinde etkinliğin nasıl değişmekte olduğunu incelemek önemlidir. Ancak VZA, zaman boyutunu dikkate almayan, gözlem kümesindeki karar birimlerinin etkinlik değerlerini yalnızca belli bir dönem için ölçen statik bir yatay kesit analizidir.

Literatürde üretim birimlerinin TFV değişimini inceleyen iki temel endeks bulunmaktadır: Tornqvist Endeksi (1936) ve Malmquist Endeksi (1953) (Isik ve Hassan, 2003: 299). Bu iki endeksin dışında Fisher İdeal Endeksi (1922) de uygulamalarda sıkça kullanılmaktadır. Benzer amaca yönelik olarak kullanılan Tornqvist ve Fisher Endekslerinden farklı olarak, MTFVE' nin oluşturulabilmesi için ilgili karar birimlerinin kâr maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu hedefledikleri varsayımına gerek bulunmamaktadır. Bu bağlamda, Tornqvist ve Fisher metotları için gerekli olan fiyat verisinin derlenmesi MTFVE metodu için zorunlu değildir. Bu nedenle MTFVE, özellikle

kamu sektörü veya kâr amacı gütmeyen organizasyonların performansının ölçümünde zaman boyutunu dikkate alan güçlü bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. MTFVE bahsedilen avantajlarına ek olarak, endeksi oluşturan iki bileşeni açıkça tanımlayabilmektedir. Bunlar, karar birimlerinin etkin sınıra yaklaşma sürecinin bir değerlendirmesi olan etkinlik değişimi ve etkin sınırın zaman içinde değişimini belirlemeye yönelik olarak oluşturulan teknolojik değişimdir (Tarım, 2001: 151-152).

Bunun yanında MTFVE, küçük örneklerle çalışıldığında daha bilgilendirici sonuçlar sunmakta ve etkinlik değişiminin temel kaynakları olan yönetim uygulamalarındaki gelişimin (*saf teknik etkinlik*) ve optimal büyüklüğe doğru gelişimin (*ölçek etkinliği değişimi*) açıklanabilmesine olanak vermektedir (Isik ve Hassan, 2003: 300).

Tornqvist Endeksi ise gözlenen üretimi daima etkin varsaydığı için, verimlilikteki gelişmeyi performanstaki (etkinlik) değişim ve teknolojiye (etkin sınır) değişim bileşenlerine ayıramamaktadır (Fare ve diğerleri, 1994: 68). Ayrıca Tornqvist Endeksi, Malmquist Endeksinden farklı olarak etkisiz performansları ölçememekte ve üretim teknolojisi için önceden bir parametrik fonksiyonel biçim varsaymaktadır (Fare ve diğerleri, 1994: 66).

2.10.1. Uzaklık Fonksiyonu ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi

MTFVE ile ilgili literatürde sıkça referans gösterilen iki temel çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birincisi TFV değişimini, etkinlik değişimi ve teknolojik değişim bileşenlerine ayıran ilk makale olup Nishimizu ve Page (1982)' e aittir ve Aigner ve Chu (1968)' nun geliştirip doğrusal programlama prensiplerine dayanarak hesapladıkları bir parametrik üretim sınırları uygulamasını içermektedir. Diğer temel çalışma olan Fare ve diğerlerinin (1994) makalesinde ise TFV gelişimini ölçmek için Malmquist Endeksi kullanılmıştır ve bu makalede uzaklık fonksiyonlarının VZA benzeri metotlarla nasıl hesaplanabileceğini gösteren, parametrik olmayan sınırlara dayanan bir uygulama yer almaktadır (Yavuz, 2003: 65). Bu iki çalışma arasındaki temel fark, Nishimizu ve Page parametrik bir yaklaşım kullanırken, Fare ve diğerleri uzaklık

fonksiyonlarını parametrik olmayan yöntem yardımıyla belirlemekte ve buradan MTFVE'yi hesaplamaktadır.

Uzaklık fonksiyonu oranlarıyla miktar endekslerinin oluşturulmasını öneren ilk çalışma Sten Malmquist (1953)' e aittir. Caves ve diğerleri (1982a, b), Malmquist' in geliştirdiği endeksi kullanarak, iki gözlemin verimliliğindeki değişimin bu gözlemlerin ortak bir teknolojiye olan uzaklıklarının oranı olarak ölçülebileceğini göstermişlerdir. Daha sonra Fare ve diğerleri (1994), esas alınan bir s dönemi ve izleyen t dönemi arasındaki girdi ve çıktılara göre MTFVE'yi (t dönemi gözleminin s dönemi teknolojisinden olan uzaklığını) hesaplamışlardır (Çınar, 2010: 103).

Uzaklık fonksiyonu, çok girdili ve çok çıktılı üretim teknolojilerini sadece girdi ve çıktı miktarlarına ait bilgilere dayanarak tanımlamayan fonksiyonlardır (Fare ve diğerleri, 1994: 68). Girdi uzaklık fonksiyonu, çıktı vektörü verildiğinde oransal olarak en çok büzülen (*contraction*) girdi vektörüne bağlı olarak üretim teknolojisini tanımlar. Benzer olarak çıktı uzaklık fonksiyonu, girdi vektörü verildiğinde oransal olarak en çok genişleyen (*expansion*) girdi vektörüne bağlı olarak üretim teknolojisini tanımlar (Tarım, 2001: 153).

Çıktıya dayalı MTFVE'yi açıklamak üzere, her $t = 1, \dots, T$ periyodunda, girdilerin ($x^t \in R_t^N$) çıktıya ($y^t \in R_t^M$) dönüşümünü modelleyen üretim teknolojisini gösteren S^t aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Fare ve diğerleri, 1994: 68):

$$S^t = \{(x^t, y^t): x^t \text{ üretebilir } y^t\} \quad (47)$$

Shephard (1970) ve Fare (1988) izlenerek t dönemine ait çıktı uzaklık fonksiyonu:

$$D_0^t(x^t, y^t) = \min \{\theta: x^t, y^t/\theta \in S^t\} \quad (48)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Bu fonksiyon, x^t girdileri veriyken y^t çıktı vektöründe meydana gelebilecek maksimum oransal genişlemenin çarpmaya göre tersi (reciprocal)'dir. Girdiye dayalı uzaklık fonksiyonu da benzer şekilde tanımlanmaktadır:

$$D_1^t(x^t, y^t) = \max \{\lambda: (x^t/\lambda, y^t) \in S^t\} \quad (49)$$

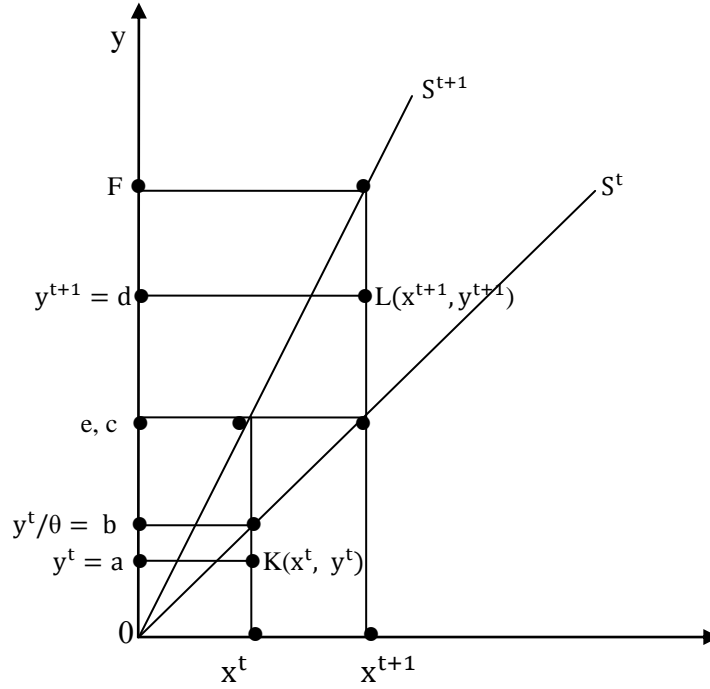
ÖGSG altında aşağıdaki eşitliğe ulaşılmaktadır:

$$D_o(x, y) = (D_i(x, y))^{-1} \quad (50)$$

Farrell (1957) çalışmasında, teknik etkinliği “belirli bir çıktı miktarını üretebilmek için girdilerde meydana gelebilecek maksimum oransal büzülme” olarak tanımlamıştır. Farrell, ÖGSG’ li üretim durumunda teknik etkinliğin, “belirli bir girdi miktarıyla maksimum çıktıyı üretebilme oranı” olarak da tanımlanabileceğini belirtmiştir. Dikkat edilirse Farrell’ ın teknik etkinlik yorumu yukarıda açıklanan uzaklık fonksiyonlarının oransal olarak (çarpmaya göre) tersidir.

Çıktıya dayalı uzaklık fonksiyonu $D_0^t(x^t, y^t)$ ’ nin alabileceği sayısal değerlere gelirse, $D_0^t \leq 1$ olabilmesi için $(x^t, y^t) \in S^t$ koşulu mutlaka sağlanmalıdır. Yani tüm girdi ve çıktılar üretim fonksiyonu tarafından tanımlanmalıdır. Herhangi bir karar birimine ait girdi ve çıktı karması, S^t ile tanımlanan üretim teknolojisi dışında mümkün olmayan bir noktayı tanımlıyorsa $D_0^t(x^t, y^t) \geq 1$ olur. Uzaklık fonksiyonu $D_0^t(x^t, y^t) = 1$ eşitliğini aldığı anda ise (x^t, y^t) karması üretim sınırı üzerinde yer almaktadır, ya da Farrell’ ın terminolojisiyle teknik etkinlik sağlanmıştır. Herhangi bir t dönemini izleyen t+1 dönemi için $D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ fonksiyonuna ilişkin tüm hesaplamalar t dönemi ile benzer şekilde tanımlanır. Çıktıya dayalı uzaklık fonksiyonu Şekil 9 yardımıyla daha iyi açıklanabilir.

Şekil 9: Çıktı Yönlü MTFVE ve Çıktı Uzaklık Fonksiyonları



Kaynak: Fare ve diğerleri, 1994: 70

Şekil 9, ÖGSG' li üretim teknolojisi varsayımı altında gerçekleşen t ve onu izleyen t+1 dönemine ait üretim teknolojilerini tanımlamaktadır. Buna göre t döneminde gözlenen (x^t, y^t) karar biriminin bulunduğu konum S^t ile gösterilen üretim teknolojisi (etkin sınır) altında yer aldığından “teknik etkinsiz” dir. Uzaklık fonksiyonu, belirli bir girdi miktarıyla çıktılarda mümkün olan en yüksek oransal artışı amaçlayacaktır. Şekilde ise x^t veriyken y^t için mümkün olan en yüksek çıktı miktarı, üretim sınırı üzerinde yer alan (y^t/θ) noktasıdır. (x^t, y^t) noktasındaki gözlemin çıktıya dayalı uzaklık fonksiyonu y eksenindeki uzaklıklar açısından, 1’den küçük değerde olan $(0a/0b)$ oranıyla ifade edilir. Bu oran, bir gözlemin etkin üretim sınırından ne kadar uzakta olduğunu ölçen Farrell’ in çıktı yönlü teknik etkinlik ölçütünün oransal olarak tersidir. Yani şekil 9’ a göre Farrell çıktı yönlü teknik etkinlik değeri $(0b/0a)$ oranıyla hesaplanır. Uzaklık fonksiyonu ile üretim fonksiyonu (sınırı) arasındaki ilişki vektörel olarak gösterilebilir. Üretim teknolojisi $S^t = \{(x^t, y^t): y^t \leq f(x^t)\}$ ile gösterilirse bu notasyon, gözlenen çıktının maksimum potansiyel

çıktıya oranı olarak da ifade edilen uzaklık fonksiyonu $D_0^t(x^t, y^t) = y^t/f(x^t)$ ’ a denktir (Fare ve diğerleri, 1994: 69).

Malmquist Endeksini tanımlayabilmek için uzaklık fonksiyonları iki farklı zaman periyoduna göre ifade edilmelidir. Söz konusu periyot, t ve onu izleyen $t+1$ dönemleri olarak alındığında çıktı yönlü uzaklık fonksiyonu:

$$D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \min \{\theta: x^{t+1}, y^{t+1}/\theta \in S^t\} \quad (51)$$

şeklinde gösterilir. Buradaki uzaklık fonksiyonu, t teknolojisi baz (referans) alındığında (x^{t+1}, y^{t+1}) bileşimini elde edebilmek için gerekli olan çıktılardaki maksimum oransal değişimi ölçmektedir. Şekil 9’ da görüleceği üzere t dönemine göre (x^{t+1}, y^{t+1}) noktasındaki üretim, mümkün üretim kümesinin dışındadır. Başka bir deyişle *teknolojik değişim (technical change)* meydana gelmiştir. Bu noktadaki uzaklık fonksiyonu $(0d/0e)$ şeklinde hesaplanır ve değeri 1’ den büyüktür. Benzer şekilde çıktıya dayalı uzaklık fonksiyonu, $t+1$ dönemi baz alınarak (x^t, y^t) noktasındaki üretimi mümkün kılabilmek için çıktılarda yapılması gereken maksimum oransal değişimi ölçmek üzere $D_0^{t+1}(x^t, y^t)$ şeklinde ifade edilebilir.

Caves, Christensen ve Diewert (CCD) (1982), herhangi bir t dönemi ve takip eden $t+1$ dönemi için t dönemi referans alındığında Malmquist Endeksini:

$$M_{CCD}^t = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad (52)$$

şeklinde tanımlamışlardır. İki uzaklık fonksiyonunun birbirine oranı, t ve $t+1$ zaman periyotları arasında, çıktının sınır teknolojisinden ne kadar uzakta olduğunu göstermektedir, bu da zaman içinde meydana gelen “*etkinlik değişimi*” dir (Yavuz, 2003: 63).

Benzer şekilde, t+1 dönemi referans alındığında MTFVE, CCD tarafından aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$M_{\text{CCD}}^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (53)$$

Teknolojinin ÖGSG varsayımını karşılamadığı, onun yerine toplam ürün eğrisindeki gibi artan, sabit ve sonra azalan getiriye sergilediği zaman, ortalama ürünlerin oranı yalnızca yaklaşık olarak teknolojideki kaymayı ifade edebilir. Gözlemlenen üretimin sınır üzerinde yer aldığı durumlarda bile durum böyle olacaktır. Bu durumda yaklaşıklardan kaynaklanan hata, t ve t+1 zamanlarında teknolojide meydana gelen kaymanın geometrik ortalaması alınarak giderilmeye çalışılır. TFV gelişimini hesaplamayı amaçlayan pek çok endeks sayısı hesabında, Malmquist Endeksi dâhil, bu yaklaşım kullanılır (Yavuz, 2003: 59).

MTFV değişimi endeksi ÖGSG varsayımıyla CCD tarafından modellenen ve yukarıda (52) ve (53) eşitlikleri ile gösterilen iki MTFVE' nin geometrik ortalaması olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamaya ilişkin notasyon aşağıdaki gibidir (Fare ve diğerleri, 1994: 69):

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (54)$$

Burada $D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ notasyonu, t dönemindeki gözlemin izleyen t+1 dönemi teknolojisine olan uzaklığını belirtmektedir. M_o değerinin 1' den büyük olması, t döneminden t+1 dönemine TFV değişiminin pozitif olduğunu; 1' den küçük bir değer alması ise TFV' de azalma olduğunu gösterir. Aslında (53) eşitliği ile gösterilen denklem iki TFV endeksinin geometrik ortalamasıdır. İlki t+1 periyodundaki teknolojiye, ikincisi ise t periyodundaki teknolojiye göre değerlendirilmektedir (Yavuz, 2003: 66). Burada geometrik ortalamasının alınmasıyla, herhangi bir t veya izleyen t+1 döneminin referans olarak seçilmesinde keyfiliğin önüne geçilmesi amaçlanmıştır (Coelli ve diğerleri, 2005: 291).

Yukarıda (54) ile ifade edilen eşitliğin eşdeğer bir gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{\overbrace{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}^{\text{ETKİNLİK DEĞİŞİMİ}}}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \left[\frac{\overbrace{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}^{\text{TEKNOLOJİK DEĞİŞİM}}}{\overbrace{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}^{\text{ETKİNLİK DEĞİŞİMİ}}} \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (55)$$

Parantezin dışında yer alan oran, t ve t+1 dönemleri arasındaki çıktı yönelimli Farrell teknik etkinlik ölçütünün değişimini ölçmektedir. Bir başka deyişle etkinlik değişimi, periyot t+1’deki Farrell teknik etkinliğinin, t periyodundaki Farrell teknik etkinliğine oranına eşdeğerdir. Yukarıdaki endeksin geri kalan (parantez içindeki) kısmı teknolojik değişimin bir ölçüsüdür, başka bir deyişle iki periyot arasında teknolojide meydana gelen kaymanın geometrik ortalamasıdır (Yavuz, 2003: 66). Bu durumda (55) eşitliğindeki iki terimi şu şekilde ifade etmek mümkündür:

$$\text{Etkinlik Değişimi: } \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad (56)$$

ve

$$\text{Teknolojik Değişim: } \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (57)$$

Şekil 9’da ÖGSG altında tek girdi-tek çıktı bir üretim teknolojisi söz konusudur. Firma K ve L noktalarında sırasıyla (x^t, y^t) ve (x^{t+1}, y^{t+1}) girdi-çıktı bileşimlerinde üretim yapmıştır. Her iki üretim döneminde de teknik etkinlik sağlanmıştır. Yukarıdaki (56) ve (57) eşitlikleri kullanılarak şekil 9 için:

$$\text{Etkinlik Değişimi} = \frac{O_d / O_f}{O_a / O_b}$$

$$\text{Teknolojik Değişim} = \left[\left(\frac{O_d / O_e}{O_d / O_f} \right) \left(\frac{O_a / O_b}{O_a / O_c} \right) \right]^{1/2}$$

şeklinde hesaplanır. Çıktı yönlü Malmquist Endeksi ise:

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left(\frac{O_d / O_f}{O_a / O_b} \right) \left[\left(\frac{O_d / O_e}{O_d / O_f} \right) \left(\frac{O_a / O_b}{O_a / O_c} \right) \right]^{1/2}$$

$$= \left(\frac{O_d}{O_f} \right) \left(\frac{O_b}{O_a} \right) \left[\left(\frac{O_f}{O_e} \right) \left(\frac{O_c}{O_b} \right) \right]^{1/2}$$

şeklinde hesaplanır.

Ampirik uygulama yapılan çalışmalarda (54) numaralı denklemdeki dört uzaklık fonksiyonunun da, her bir firma için ve her bir art arda gelen periyot çifti için ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir. Bu işlem matematiksel programlama yoluyla ya da ekonometrik tekniklerle yapılabilir (Yavuz, 2003: 68).

Verimlilikteki (TFV) artış Malmquist Endeksinin (ME) 1' den büyük bir değer almasına yol açarken zaman içinde performansın düşmesi (verimlilik azalışı) ME' nin 1' den küçük bir değer almasına neden olur. Performansta durgunluk (*stagnation*) meydana gelmesi durumundaysa ME, "1" değerini alır. Aynı şekilde, ME' nin bileşenlerinden herhangi birindeki artış veya azalış ilgili endeksin sırasıyla 1'den büyük ve 1' den küçük değerler almasını sağlar. Durgunluk durumunda yine "1" değerini alırlar. Ayrıca söz konusu bileşenlerin değerlerinden biri artarken diğeri azalabilir veya biri azalırken diğeri artabilir. Etkinlik değişimi (ED) bileşenindeki artış etkin sınıra yaklaşma çabalarının kanıtı olarak değerlendirilirken, teknolojik değişim bileşenindeki artış yenilik kanıtı şeklinde değerlendirilir. (Fare ve diğerleri, 1994: 72). Teknolojik değişim (TD), "üretim sınırının yer değiştirmesi" (frontier–shift or boundary-shift) olarak da ifade edilmektedir (Lorcu, 2010: 279).

MTFV metodolojisinde çok önemli bir nokta da ölçeğe göre getiri tipinin belirlenmesi konusudur. Tatje ve Lovell (1995) tek girdi ve tek çıktı içeren basit bir örnek uygulama yaparak, ÖGDG varsayımı altında MTFVE' nin TFV değişimlerini doğru olarak hesaplayamadığını göstermiştir. Bu nedenle MTFVE ölçümünde kullanılacak uzaklık fonksiyonlarının hesaplanmasında kullanılan teknolojiler için ÖGSG varsayımının kullanılması gerekmektedir. Aksi takdirde ortaya çıkan sonuçlar TFV değişiminin, ölçek

etkisinden kaynaklanan kazanım veya kayıplarını yansıtmakta yetersiz kalacaktır (Coelli ve diğerleri, 2005: 293).

MTFVE ile ilgili literatürde uzaklık fonksiyonlarının belirlenmesinde ÖGDG' nin de kullanılabileceğini savunan bilim adamları bulunmaktadır (Tarım, 2001: 156). Bu bilim adamlarından Fare ve diğerleri (1994), MTFVE' yi ÖGDG varsayımı altında ölçülecek şekilde geliştirmişlerdir. Fare ve diğerleri, ÖGSG' ye göre hesaplanan etkinlik değişimi bileşenini ÖGDG varsayımı altında, *saf teknik etkinlik değişimi (STED)* ve *ölçek etkinliği değişimi (ÖED)* olmak üzere iki ayrı bileşene ayırmış ve etkinlik değişiminin bu iki bileşenin çarpımına eşit olduğunu belirtmişlerdir ($ED = STE * ÖED$). Bu durumda MTFVE' nin hesaplanması için gerekli olan CRS varsayımı altında hesaplanan dört adet uzaklık fonksiyonuna VRS varsayımı altında ölçülen iki adet uzaklık fonksiyonu daha eklenmiştir. Söz konusu uzaklık fonksiyonları $D_0^t(x^t, y^t)$ ve $D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ ' dir. Bu fonksiyonların eklenmesiyle beraber VRS varsayımı altında hesaplanan MTFVE' ye ait notasyon aşağıdaki gibi olacaktır (Isik ve Hassan, 2003: 302):

$$\begin{aligned}
 M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = & \overbrace{\frac{D_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{VRS}^t(x^t, y^t)}}^{\text{SAF TEKNİK ETKİNLİK DEĞİŞİMİ}} \times \overbrace{\left[\frac{D_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) / D_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{CRS}^t(x^t, y^t) / D_{VRS}^t(x^t, y^t)} \right]}^{\text{ÖLÇEK ETKİNLİĞİ DEĞİŞİMİ}} \\
 & \times \overbrace{\left[\frac{D_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1}) \times D_{CRS}^t(x^t, y^t)}{D_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) / D_{CRS}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]}^{\text{TEKNOLOJİK DEĞİŞİM}}^{1/2} \quad (58)
 \end{aligned}$$

Etkinlik değişiminin iki bileşeninden biri olan saf teknik etkinlikteki artış yönetim uygulamalarındaki gelişimi gösterirken, ölçek etkinliğinde meydana gelecek bir gelişim maliyet kontrolü açısından optimal ölçek büyüklüğüne doğru ilerleme olarak değerlendirilmektedir (Isik ve Hassan, 2003: 293).

2.10.2. Uzaklık Fonksiyonlarının Veri Zarflama Analiziyle Hesaplanması

MTFVE' de yer alan uzaklık fonksiyonlarının hesaplanmasında parametrik ve parametrik olmayan çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler içinde en popüler

olanı, parametrik yöntemlere göre daha esnek olması nedeniyle, Fare ve diğerleri tarafından (1994) önerilen VZA-benzeri (*DEA-like*) doğrusal programlama yöntemleridir. Uygun panel verilerin derlenmesi halinde herhangi bir i firması için iki periyot arasındaki TFV değişimini ölçmek daha önce de belirtildiği üzere dört adet uzaklık fonksiyonunun hesaplanmasını gerektirmektedir (Coelli ve diğerleri, 2005: 294).

Fare ve diğerlerinin (1994), uzaklık fonksiyonlarının Farrell' in teknik etkinlik ölçütlerinin oransal olarak tersi olduğu gerçeğinden hareketle kurdukları matematiksel programlama modelleri çıktıya yönelik olarak aşağıda gösterilmektedir (Coelli ve diğerleri, 2005: 294):

$$\left[d_o^{t+1} \quad x^{t+1}, y^{t+1} \right]_k^{-1} = \max \theta_k \quad (59)$$

$$\theta_k y_{rk}^{t+1} - \sum_1^N \lambda_{jk} y_{rj}^{t+1} \geq 0$$

$$x_{ik}^{t+1} - \sum_1^N \lambda_{jk} x_{ij}^{t+1} \geq 0$$

$$\lambda_{jk} \geq 0$$

$$\left[d_o^t \quad x^t, y^t \right]_k^{-1} = \max \theta_k \quad (60)$$

$$\theta_k y_{rk}^t + \sum_1^N \lambda_{jk} y_{rj}^t \geq 0$$

$$x_{ik}^t - \sum_1^N \lambda_{jk} x_{ij}^t \geq 0$$

$$\lambda_{jk} \geq 0$$

$$\left[d_o^{t+1} \quad x^t, y^t \right]^{-1} = \max \theta \quad (61)$$

$$\theta_k y_{rk}^t + \sum_1^N \lambda_{jk} y_{rj}^{t+1} \geq 0$$

$$x_{ik}^t - \sum_1^N \lambda_{jk} x_{ij}^{t+1} \geq 0$$

$$\lambda_{jk} \geq 0$$

$$\left[d_o^t \ x^{t+1}, y^{t+1} \right]^{-1} = \max \emptyset \quad (62)$$

$$\emptyset_k y_{ik}^{t+1} + \sum_1^N \lambda_{jk} y_{ij}^t \geq 0$$

$$x_{ik}^{t+1} - \sum_1^N \lambda_{jk} x_{ij}^t \geq 0$$

$$\lambda_{jk} \geq 0$$

Yukarıda tanımlanan uzaklık değerlerinin tüm dönemler ve gözlemler için hesaplanabilmesi, n gözlem sayısını ve t dönem sayısını göstermek üzere, n*(3t-2) adet doğrusal programlama modelinin çözümünü gerektirmektedir (Tarım, 2001: 156).

Fare ve diğerlerinin (1994), uzaklık fonksiyonlarının hesaplanması için geliştirdikleri matematiksel programlama modellerinin girdiye yönelik notasyonu aşağıda gösterilmektedir (Öncü ve Aktaş, 2007: 254):

$$\left[d_i^t \ x^t, y^t \right]_k^{-1} = \min \theta_k \quad (63)$$

$$\theta_k x_i^{t+1} - x^{t+1} \lambda \geq 0$$

$$-y_{ik}^{t+1} + y^{t+1} \lambda \geq 0$$

$$\lambda_{jk} \geq 0$$

$$\left[d_i^t \ x^t, y^t \right]_k^{-1} = \min \theta_k \quad (64)$$

$$\theta_k x_i^t - x^t \lambda \geq 0$$

$$-y_{ik}^t + y^t \lambda \geq 0$$

$$\lambda_{jk} \geq 0$$

$$\left[\mathbf{d}_i^{t+1} \quad \mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t \right]_k^{-1} = \min \theta_k \quad (65)$$

$$\theta_k \mathbf{x}_i^t - \mathbf{x}^t \lambda \geq 0$$

$$-\mathbf{y}_{ik}^t + \mathbf{y}^{t+1} \lambda \geq 0$$

$$\lambda_{jk} \geq 0$$

$$\left[\mathbf{d}_i^t \quad \mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1} \right]_k^{-1} = \min \theta_k \quad (66)$$

$$\theta_k \mathbf{x}_i^{t+1} - \mathbf{x}^t \lambda \geq 0$$

$$-\mathbf{y}_{ik}^{t+1} + \mathbf{y}^t \lambda \geq 0$$

$$\lambda_{jk} \geq 0$$

Girdiye yönelik olarak kurulan bu uzaklık değerlerinin hesaplanabilmesi için çıktıya yönelik modellerdeki gibi $n*(3t-2)$ tane doğrusal programlama modelinin çözümlenmesi gerekmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. KAMU ŞEKER FABRİKALARINDA ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

3.1. Türkiye ve Dünya Ekonomisinde Şeker Endüstrisinin Yeri

Yüzyıllardan beri insanların en önemli gıda maddelerinden biri olan şeker, 18. yüzyılın sonuna kadar sadece şeker kamışından üretilmiştir. Şeker pancarından şeker üretimi ise 19. yüzyılda başlamıştır. Dünyada üretilen şekerin yaklaşık %70' i şeker kamışından, %30' u ise şeker pancarından elde edilmektedir. Şeker kamışından yapılan üretime göre daha pahalı olmasına karşın, birçok ülkede hem şeker sanayisine ekonomik katkıları hem de tarımsal ve sosyal nedenlerden dolayı şeker pancarı tarımının devamı için çeşitli önlemlerin alındığı görülmektedir. Türkiye'de de geçmişte şeker kamışı tarımı için denemeler yapılmış, ancak istihdam açısından yararlı olmayacağı anlaşıldığı için vazgeçilmiştir. Türkiye' de yurtiçi şeker tüketiminin %90' ı şeker pancarından, %10' u ise şekere kısmen ikame olabilen ve ithal mısırdan üretilen nişasta bazlı şekerlerden karşılanmaktadır (Topak, 2007: 3).

Şeker endüstrisi yarattığı artı katma değer, istihdam olanakları, diğer tarım ürünlerinin ve hayvancılığın gelişmesindeki katkılarının yanı sıra sosyal ve ekonomik yaşam üzerindeki etkileri nedeniyle stratejik önemi her geçen gün artan bir sektördür. Tablo 3' te dünya şeker üretimi ve tüketiminde önde gelen ülkelerin 2008/2009 kampanya dönemindeki bazı istatistikî bilgileri gösterilmektedir.

Tablo 3: Dünyanın Önde Gelen Şeker Üreticileri ve Payları (1000 Ton)

Ülkeler	Üretim	%	Tüketim	%	İhracat	%	İthalat	%
Brezilya	32.450	27	11.900	12	20.250	61	0	0
AB-27	16.900	14	20.300	20	1.695	0.05	3.994	44
Hindistan	22.870	19	25.000	24	300	0.009	1.000	11
Çin	15.785	13	16.335	16	51	0.001	650	0.07
ABD	6.968	0.06	9.715	0	227	0.006	2.264	25
Meksika	5.850	0.05	5.730	0.06	500	0.01	225	0.02
Avustralya	4.900	0.04	1.100	0.01	3.900	11	9	0.00
Tayland	7.900	0.06	2.300	0.02	5.100	15	0	0
Pakistan	3.562	0.03	4.300	0.04	75	0.002	700	0.08
G. Afrika	2.315	0.02	1.605	0.02	1.000	0.03	200	0.02
Türkiye	2.100	0.02	2.000	0.02	40	0.001	0	0
TOPLAM	121.600	100	100.285	100	33.138	100	9.042	100

Kaynak: Çoban ve diğerleri, 2009: 4

Tablo 3' e göre 32,45 milyon tonluk üretim ile dünya şeker üreticileri arasında ilk sırada yer alan Brezilya, dünya şeker üretiminin %20' sini gerçekleştirmektedir. İhracat rakamları açısından da ilk sırada yer alan Brezilya dünya ihracatında %61' lik paya sahiptir. Türkiye ise hem üretim hem de tüketim açısından dünya piyasasında %2' lik paya sahiptir. Ancak Tablo 3' te şeker ürünü bütün olarak ele alınmış olup, şeker kamışı ve şeker pancarı ayırımına gidilmemiştir. Türkiye' de şeker üretiminin sadece şeker pancarından sağlandığı göz önüne alındığında Türkiye dünya şeker pancarı üretiminde Fransa, Almanya ve ABD'den sonra %8 ile dördüncü, Avrupa şeker pancarı üretiminde ise %10 ile üçüncü sırada bulunmaktadır (Topak, 2007: 1).

Türkiye' deki ilk şeker fabrikası 1926' da kurulan Uşak Şeker Fabrikası'dır. Şeker endüstrisiyle ilgili ilk yasal düzenlemeye 1935 yılında Türk Ticaret Kanunu hükümlerine tabi Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. (TŞFAŞ)' ın kurulmasıdır (Çoban ve diğerleri, 2009: 6). Türkiye' de hâlihazırda, kapasiteleri 1500–10000 ton pancar/gün arasında değişen, TŞFAŞ' ye bağlı 25 kamu şeker fabrikası faaliyette bulunmaktadır. Bu fabrikalar Afyon, Ağrı, Alpullu, Ankara, Bor, Burdur, Çarşamba, Çorum, Elazığ, Elbistan, Erciş, Ereğli,

Erzincan, Erzurum, Eskişehir, Iğın, Kars, Kastamonu, Kırşehir, Malatya, Muş, Susurluk, Turhal, Uşak ve Yozgat fabrikalarıdır. Bunun yanında 7 özel şeker fabrikası (Amasya, Kayseri, Boğazlıyan, Konya, Çumra, Kütahya, Aksaray ve Adapazarı) ile nişasta bazlı şeker üreten 5 özel şeker fabrikası (Cargill, Amylum, Pendik, Tat ve Sunar) üretim yapmaktadır.

Türkiye'nin sosyo-ekonomik yapısı açısından bakıldığında, Türkiye' de şeker pancarı tarımı, sanayisi, yan ve alt sanayi dalları ile birlikte ülke GSMH' sine her yıl yaklaşık 3 milyar dolar katma değer yaratmakta, ülke nüfusunun yüzde 14' ü geçimini doğrudan ve dolaylı olarak bu sektörden sağlamaktadır (Topak, 2007: 20).

3.2. Çalışmanın Amacı ve Yöntem

Bu çalışmada TŞFAŞ' ye bağlı 25 şeker fabrikasında 2009 yılı için VZA ile görelilik etkinlik ölçümünün yapılması amaçlanmaktadır. Ayrıca çalışmanın bir diğer amacı, 2002-2009 yılları arasındaki 8 yıllık dönem boyunca bu 25 fabrikanın TFV değişiminin MTFVE yaklaşımı ile ölçülmesidir. Fabrikalara ilişkin veriler TŞFAŞ' nin her yıl yayımladığı faaliyet raporlarından derlenmiştir.

3.3. Literatür Taraması

Dünya şeker endüstrisinde VZA yöntemiyle etkinlik ölçümü yapılan ve MTFVE yaklaşımı ile TFV değişimi ölçümü yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmektedir:

Mulwa ve diğerleri (2009) tarafından, VZA ve Stokastik Sınır Analizi yöntemleriyle Kenya' daki şeker fabrikalarında, 1992 yılında yapılan özelleştirmenin etkisini incelemek amacıyla, 1980-1991 ve 1991-2000 arasındaki iki dönem için etkinlik ölçümü yapılmıştır. Çalışmada girdi faktörleri olarak üretime giren şeker kamışı miktarı, kullanılan makine ve teçhizat, işgücü miktarı (sürekli + geçici çalışan sayısı), üretim sürecinde tüketilen kimyasal miktarı ve tüketilen enerji miktarı kullanılırken, çıktı olarak 1 yılda üretilen şeker miktarı kullanılmıştır. Sonuç olarak, yapılan özelleştirmenin Kenya şeker fabrikaları üzerinde hem pozitif hem de negatif etkileri olduğu tespit edilmiştir.

Bogetoft ve diğeri (2007) tarafından, Avrupa Birliğinin (AB) yeni Şeker rejiminin etkilerini görebilmek amacıyla, Danimarka’ da faaliyette bulunan 234 adet Şeker pancarı üretim çiftliğinde 2003 yılı için VZA ile etkinlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Çalışmada girdi olarak üretimde kullanılan tohum, gübre, kimyasallar, enerji, işgücü ve makine miktarı, ulaşım maliyetleri ile vergi, amortisman ve sigorta tutarı gibi sabit maliyetler kullanılırken, çıktı olarak üretilen Şeker pancarı miktarı alınmıştır. Çalışmada sonuç olarak, mevcut durumda çiftliklerin çoğunun etkinsiz olduğu ve yeni AB Şeker rejim politikaları uygulanırsa etkinliğin artacağı tespit edilmiştir.

Goncharuk (2009) tarafından, VZA yöntemiyle Ukrayna’ da üretim yapan 44 adet Şeker fabrikasında 2006 yılı için teknik etkinlik ölçümü yapılmıştır. Çalışmada girdi olarak kullanılan Şeker pancarı miktarı, amortisman tutarı ve işgücü sayısı kullanılırken çıktı olarak üretilen Şeker miktarı alınmıştır. Çalışma sonucunda sadece 5 adet fabrikanın etkin olduğu, diğeriinin ise etkin sınırdan uzak olduğu tespit edilmiştir.

Wu ve diğeri (2003) tarafından, ABD’ nin Idaho bölgesindeki 147 adet Şekerpancarı üretim çiftliğinde VZA yöntemiyle teknik etkinlik ölçümü yapılmıştır. Çalışmada girdi olarak tohum, gübre, kimyasallar, işgücü sayısı, sulama miktarı, binalar, makineler, arazi ve muhtelif masraflar kullanılırken, çıktı olarak toplam Şekerpancarı üretim miktarı alınmıştır. Sonuç olarak, mevcut çiftliklerin sadece %45’ inin etkin olduğu ve ortalama etkinlik değerinin 0.88 olduğu tespit edilmiştir.

Raheman ve diğeri (2009) tarafından, Pakistan’ da faaliyet gösteren ve Karaçi Borsası’ na kote olmuŐ 20 adet Şeker fabrikasının 1998-2007 yılları arasındaki TFV değişimi MTFVE yöntemiyle llmŐtir. Sonuç olarak, söz konusu fabrikalarda toplamda %0,1’ lik bir TFV azalması tespit edilmiştir.

Türkiye’ deki Şeker fabrikalarında VZA ve MTFVE ile yapılan etkinlik ölçümü çalıŐmalarına örnek olarak aşağıdaki çalışmalar verilebilir:

Demirci (2003) tarafından, 18 adet TŞFAŞ (kamu), 2 adet karma (TŞFAŞ ve PANKOBİRLİK) ve 3 adet zel (PANKOBİRLİK) olmak üzere toplam 23 Şeker fabrikasında, 1987-1999 yıllarını kapsayan 13 yıllık dönem için VZA ile etkinlik ölçümü

yapılmıştır. Çalışmada girdi olarak işlenen şekerpancarı miktarı, kullanılan enerji miktarı, ortalama personel sayısı ile amortisman ve tükenme payları kullanılırken, çıktı olarak toplam şeker üretimi ve yan ürün olarak da melas üretim miktarı alınmıştır. Sonuç olarak, fabrikaların büyük bir kısmının zaman içinde teknik etkinliği yakaladığı görülmüştür.

Bozdağ (2007) tarafından, TŞFAŞ ve özel şeker fabrikalarının tümünde ve AB ülkelerinde VZA ile 1990-2005 dönemi için etkinlik ölçümü yapılmış ve her ülkenin üretim etkinlikleri karşılaştırmalı olarak açıklanmıştır. MTFVE ile de Türkiye ve AB ülkelerinin şeker sanayilerinin üretim etkinliklerindeki değişim incelenmiştir. Çalışmada girdi faktörleri olarak günlük pancar işleme kapasitesi ve çalışan işçi sayısını kullanılırken çıktı olarak üretilen şeker miktarı alınmıştır. Çalışma sonucunda Türkiye şeker sanayisinin üretim etkinliğinin yüksek olduğu ve AB pazarı içinde üretimde rekabetçi bir yapıya sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Aslan (2007) tarafından, TŞFAŞ' a bağlı 25 adet şeker fabrikası ele alınarak 2003 ve 2004 yılları için VZA ile etkinlik ölçümü yapılmıştır. Çalışmada girdi olarak işlenen pancar miktarı, yakıt tüketim miktarı ve işgücü sayısı alınırken, çıktı olarak toplam şeker ve melas üretimi, satılan şeker miktarı ve satış sonrası elde edilen net gelir tutarı kullanılmıştır. Ölçüm sonucunda şeker fabrikalarının toplam etkinlik ortalaması %98.68, teknik etkinlik ortalaması %99.43, ölçek etkinliği ortalaması ise %99,24 bulunmuştur.

Çoban ve diğerleri (2009) tarafından, özel sektöre ait olan Konya Şeker ve kamu sektörüne ait olan Ereğli ile Ilgın Şeker Fabrikalarında 1997-2007 yılları için VZA ile teknik etkinlik ölçümü yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, Konya Şeker Fabrikasında ilgili dönem için ortalama teknik etkinlik değeri 0.996' dır. Ereğli ve Ilgın Şeker Fabrikalarında ise ortalama teknik etkinlik değerleri sırasıyla 1.000 ve 0.985 olarak hesaplanmıştır.

3.4. Veri Zarflama Analizi Uygulaması

Çalışmanın ilk amacı olan kamu şeker fabrikalarında 2009 yılı için VZA ile etkinlik ölçümü yapılmasına ilişkin uygulama aşamaları aşağıda belirtilmektedir.

3.4.1. Değerlendirilecek Karar Verme Birimlerinin Seçimi

Çalışmada, benzer girdiler kullanarak benzer çıktılar üreten homojen karar birimleri olan TŞFAŞ' ye bağlı 25 adet şeker fabrikası analiz kapsamına alınmıştır.

3.4.2. Girdi ve Çıktı Setinin Belirlenmesi

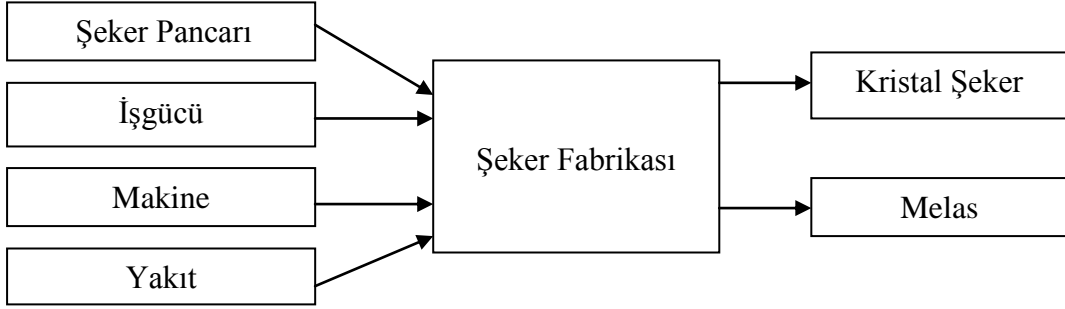
Literatürde yapılan çalışmalar da dikkate alınarak analizlerde kullanılmak üzere dört adet girdi ve iki adet çıktı belirlenmiştir. Analiz edilen 25 şeker fabrikasının 2002-2009 yıllarına ilişkin girdi ve çıktı değişkenleri çalışmanın Ekler kısmında verilmiştir. Tablo 4' te modelde kullanılan girdi ve çıktı faktörlerine ait açıklayıcı bilgiler yer almaktadır.

Tablo 4: Analizde Kullanılan Girdi ve Çıktı Faktörleri

Tür	Birim	Tanımlama
<i>Girdi</i>		
Şeker pancarı	Ton	İlgili dönemde her bir fabrikada fiilen işlenen şeker pancarı miktarı
Makine Kapasitesi	Ton/gün	Her bir fabrikanın günlük şeker pancarı işleme kapasitesi
İşgücü	Adet	İlgili dönemde fabrikada çalışan ortalama memur ve işçi (sürekli+geçici) sayısı
Yakıt	Ton	İlgili dönemde her bir fabrikada kullanılan toplam yakıt miktarı
<i>Çıktı</i>		
Şeker Miktarı	Ton	İlgili dönemde her bir fabrikada üretilen toplam kristal şeker miktarı
Melas Miktarı	Ton	İlgili dönemde her bir fabrikada üretilen toplam melas miktarı

Şekil 10, bu çalışmada kullanılan şeker fabrikaları etkinlik modelini göstermektedir.

Şekil 10: Şeker Fabrikaları Etkinlik Analizi Modeli



3.4.3. Uygun Veri Zarflama Analizi Modelinin Seçimi

Türkiye şeker sektöründeki en büyük problem, 5 milyon ton üretim kapasitesine karşın ihtiyacın 2 milyon 200 bin ton olmasıdır. Bu yüksek atıl kapasite girdi maliyetlerinin artmasına neden olmakta, ihtiyaç fazlası şeker ise ihraç edilememektedir. Dünyada şekerin tonu ortalama 400 dolarken Türkiye’de bu rakam 1500 dolara kadar çıkmaktadır (Topak, 2007: 52). Bu bağlamda çalışmada, şeker üretiminde kullanılan girdi faktörlerini minimize etmeyi amaçlayan girdi yönelimli modeller kullanılmıştır. VZA modeli olarak hesaplamadaki kolaylığı ve yönetsel açıdan çok önemli bilgiler vermesi nedeniyle dual CCR-VZA ve dual BCC-VZA modelleri tercih edilmiştir.

3.4.4. Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü

Uygulamada kullanılan girdiye yönelik dual CCR-VZA ve dual BCC-VZA modelleri 25 adet şeker fabrikasının her biri için ayrı ayrı kurulup çözülmüştür. Örnek olması açısından Afyon fabrikası için kurulan dual BCC-VZA modeli aşağıda gösterilmektedir.

Dual BCC-VZA Modeli (Afyon):

$$F_{\text{Afyon}} = \text{Min } \theta - \varepsilon(s_1^- + s_2^- + s_3^- + s_4^- + s_1^+ + s_2^+)$$

$$701000\lambda_1 + 122500\lambda_2 + 152700\lambda_3 + 421000\lambda_4 + 385500\lambda_5 + 434000\lambda_6 + 95200\lambda_7 + 448200\lambda_8 + 71200\lambda_9 + 216000\lambda_{10} + 138700\lambda_{11} + 1238000\lambda_{12} + 182000\lambda_{13} + 197100\lambda_{14} + 992000\lambda_{15} + 1012900\lambda_{16} + 21000\lambda_{17} + 282000\lambda_{18} + 421000\lambda_{19} + 248200\lambda_{20} + 271800\lambda_{21} + 266500\lambda_{22} + 546000\lambda_{23} + 121000\lambda_{24} + 284500\lambda_{25} + s_1^+ = 701000\theta$$

$$6000\lambda_1 + 3000\lambda_2 + 4000\lambda_3 + 3000\lambda_4 + 3000\lambda_5 + 4800\lambda_6 + 3000\lambda_7 + 6000\lambda_8 + 1500\lambda_9 + 3000\lambda_{10} + 1500\lambda_{11} + 6000\lambda_{12} + 1500\lambda_{13} + 3000\lambda_{14} + 6000\lambda_{15} + 6000\lambda_{16} + 1500\lambda_{17} + 3000\lambda_{18} + 3000\lambda_{19} + 3000\lambda_{20} + 3000\lambda_{21} + 7000\lambda_{22} + 7000\lambda_{23} + 1500\lambda_{24} + 3000\lambda_{25} + s_2^+ = 6000\theta$$

$$521\lambda_1 + 598\lambda_2 + 460\lambda_3 + 938\lambda_4 + 503\lambda_5 + 496\lambda_6 + 408\lambda_7 + 461\lambda_8 + 462\lambda_9 + 553\lambda_{10} + 569\lambda_{11} + 620\lambda_{12} + 389\lambda_{13} + 543\lambda_{14} + 737\lambda_{15} + 732\lambda_{16} + 326\lambda_{17} + 434\lambda_{18} + 451\lambda_{19} + 463\lambda_{20} + 580\lambda_{21} + 547\lambda_{22} + 659\lambda_{23} + 385\lambda_{24} + 422\lambda_{25} + s_3^+ = 521\theta$$

$$39745\lambda_1 + 5389\lambda_2 + 7594\lambda_3 + 16388\lambda_4 + 16147\lambda_5 + 21694\lambda_6 + 5306\lambda_7 + 17238\lambda_8 + 3382\lambda_9 + 10255\lambda_{10} + 5161\lambda_{11} + 59286\lambda_{12} + 7492\lambda_{13} + 9895\lambda_{14} + 38696\lambda_{15} + 50436\lambda_{16} + 947\lambda_{17} + 11966\lambda_{18} + 19816\lambda_{19} + 10133\lambda_{20} + 10477\lambda_{21} + 11779\lambda_{22} + 23958\lambda_{23} + 4898\lambda_{24} + 12529\lambda_{25} + s_4^+ = 39745\theta$$

$$110000\lambda_1 + 16233\lambda_2 + 16465\lambda_3 + 62550\lambda_4 + 55750\lambda_5 + 64835\lambda_6 + 11176\lambda_7 + 69050\lambda_8 + 8870\lambda_9 + 31313\lambda_{10} + 21485\lambda_{11} + 183570\lambda_{12} + 28275\lambda_{13} + 32147\lambda_{14} + 152724\lambda_{15} + 156100\lambda_{16} + 3363\lambda_{17} + 42900\lambda_{18} + 59870\lambda_{19} + 32600\lambda_{20} + 3990\lambda_{21} + 27070\lambda_{22} + 80500\lambda_{23} + 17950\lambda_{24} + 44690\lambda_{25} - s_1^+ = 110000$$

$$29980\lambda_1 + 4822\lambda_2 + 6619\lambda_3 + 17720\lambda_4 + 14673\lambda_5 + 17248\lambda_6 + 3974\lambda_7 + 19038\lambda_8 + 3130\lambda_9 + 7784\lambda_{10} + 4510\lambda_{11} + 50352\lambda_{12} + 6090\lambda_{13} + 6550\lambda_{14} + 37170\lambda_{15} + 34163\lambda_{16} + 893\lambda_{17} + 10302\lambda_{18} + 18560\lambda_{19} + 9658\lambda_{20} + 12368\lambda_{21} + 13280\lambda_{22} + 22495\lambda_{23} + 4345\lambda_{24} + 9986\lambda_{25} - s_2^+ = 29980$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11} + \lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} + \lambda_{16} + \lambda_{17} + \lambda_{18} + \lambda_{19} + \lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{22} + \lambda_{23} + \lambda_{24} + \lambda_{25} = 1$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{11}, \lambda_{12}, \lambda_{13}, \lambda_{14}, \lambda_{15}, \lambda_{16}, \lambda_{17}, \lambda_{18}, \lambda_{19}, \lambda_{20}, \lambda_{21}, \lambda_{22}, \lambda_{23}, \lambda_{24}, \lambda_{25}, s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_1^+, s_2^+ \geq 0$$

Afyon fabrikasına ilişkin modelin sonuçları Tablo 5' in ilk sırasında gösterilmektedir. Her bir KVB için ayrı ayrı kurulan VZA modellerindeki doğrusal programlama problemlerinin çözümünde Coelli (1996) tarafından geliştirilen DEAP 2.1 bilgisayar paket programından yararlanılmıştır.

3.4.5. Ampirik Sonuçlar

Tablo 5, 2009 yılı için kurulan VZA modelleriyle elde edilen etkinlik skorlarını ve referans setlerini göstermektedir.

Tablo 5: 2009 Yılı Şeker Fabrikalarının Etkinlik Skorları ve Referans Setleri

No	Fabrika	CRS etkinliği	VRS etkinliği	Ölçek etkinliği	ÖGG	CRS ref. seti	VRS ref. seti	CRS ref.sayısı	VRS ref.sayısı
1	Afyon	1,000	1,000	1,000	*	1	1	8	8
2	Ağrı	0,881	0,882	0,999	drs	1, 17, 21	17, 1, 21		
3	Alpullu	0,901	0,908	0,992	irs	21, 22	21, 1, 17, 22,19		
4	Ankara	1,000	1,000	1,000	*	4	4	1	
5	Bor	0,945	0,961	0,984	irs	4, 15, 8, 1	19,15,13,17,1,21		
6	Burdur	0,954	0,954	1,000	irs	8, 17, 14, 1	13, 8,15,14,17, 1		
7	Çarşamba	0,890	0,903	0,985	irs	21 ,22	1, 17, 19, 22		
8	Çorum	1,000	1,000	1,000	*	8	8	7	5
9	Elazığ	0,938	1,000	0,938	irs	22, 21	9		
10	Elbistan	0,917	0,921	0,996	irs	8, 17, 1, 14	14, 8, 17, 15, 1		
11	Erciş	1,000	1,000	1,000	*	11	11	2	
12	Ereğli	1,000	1,000	1,000	*	12	12		1
13	Erzincan	0,997	1,000	0,997	irs	14, 15, 11	13		3
14	Erzurum	1,000	1,000	1,000	*	14	14	6	3
15	Eskişehir	1,000	1,000	1,000	*	15	15	5	5
16	Ilgın	1,000	1,000	1,000	*	16	16		
17	Kars	1,000	1,000	1,000	*	17	17	5	7
18	Kastamonu	0,971	0,977	0,994	irs	8, 14, 1, 15	25,1,8,15,13,14		
19	Kırşehir	1,000	1,000	1,000	*	19	19		4
20	Malatya	0,876	0,920	0,952	irs	8, 17, 21, 1	15, 21, 8, 17,19		
21	Muş	1,000	1,000	1,000	*	21	21	6	4
22	Susurluk	1,000	1,000	1,000	*	22	22	3	3
23	Turhal	0,958	0,970	0,988	drs	17, 8, 1, 21	1, 8, 12, 22		
24	Uşak	0,951	1,000	0,951	irs	8,11, 14,15	24		
25	Yozgat	0,998	1,000	0,998	irs	15, 14, 1	25		1
Ortalama		0,967	0,976	0,991					

Tablo 5’ te dual CCR-VZA modeline göre incelenen 25 fabrikadan 12’ sinin (%48) toplam etkin olduğu (CCR-etkin) görülmektedir. Diğer 13 fabrikanın toplam etkinlik değerleri 1,000’ in altında olduğundan CCR-etkinsizdirler. Bu KVB’ ler arasında Malatya şeker fabrikası 0,876 skoru ile en düşük etkinlik skoruna sahiptir. Malatya fabrikasının etkin olabilmesi için referans alması gereken karar birimleri Tabloda 1, 8, 17 ve 21 ile gösterilen Afyon, Çorum, Kars ve Muş fabrikalarıdır. CCR-etkin çıkan fabrikalardan Afyon (8 kez) ve Çorum (7 kez) fabrikaları etkinsiz fabrikalar için en çok referans gösterilen karar birimleri olduklarından bu KVB’ ler en iyi performans gösteren karar birimleridir. 2009 yılında tüm fabrikaların ortalama toplam etkinlik skoruyse 0,967 olarak bulunmuştur.

Dual BCC-VZA modeline göre analiz edilen 25 fabrikanın 16’ sının (%64) teknik etkinlik skoru 1,000 çıkmıştır. Başka bir deyişle bu 16 fabrika BCC-etkindir. Etkinsiz çıkan 9 fabrikadan Ağrı fabrikası 0,882 skoru ile CRS modelinde olduğu gibi en düşük etkinlik skoruna sahip karar birimi olmuştur. Ağrı fabrikasının referans kümesini tabloda 1, 17 ve 21 ile ifade edilen sırasıyla Afyon, Kars ve Muş fabrikaları oluşturmaktadır. BCC-VZA modeline göre en etkin performans gösteren karar birimleri Afyon (8 kez) ve Kars (7 kez) fabrikalarıdır. Tablo 5’ e göre tüm fabrikaların 2009 yılında ortalama teknik etkinlik skoru 0,980’ dir.

Tablo 5’ e göre CCR-etkin olan fabrikaların aynı zamanda BCC-etkin oldukları görülmektedir. Bunun nedeni etkinliğin ölçek büyüklüğünden kaynaklanmasıdır. Daha önce de belirtildiği üzere ÖGSG altında üretim yapılması durumunda bütün karar birimlerinin optimal ölçekte üretim yaptığı yani ölçek-etkin olduğu varsayılmaktadır. Başka bir deyişle CCR-etkin olan karar birimleri aynı zamanda ölçek etkindirler. Bu durum Tablo 5’ te de teyit edilmektedir. Tablo 5’ de görüldüğü gibi CCR-etkin olan 12 fabrikanın ölçek etkinlik skorları 1’ e eşittir. Ölçek etkinlik skorlarının elde edilmesi ile toplam etkinsizliğin ne kadarının teknik etkinsizlikten, ne kadarının ölçek etkinsizliğinden (1-ölçek etkinliği) kaynaklandığı kolayca hesaplanmaktadır. Buna göre VRS-etkin olan Elazığ, Erzincan, Uşak ve Yozgat fabrikalarının toplam etkinsiz çıkmasının nedeni bu fabrikaların ölçek etkinsizliklerinden kaynaklanmaktadır. Bilindiği üzere toplam etkinlik skoru teknik etkinlik ve ölçek etkinlik skorlarının çarpımından oluşmaktadır. Örneğin en

düşük toplam etkinlik skoruna sahip olan Malatya fabrikası için bu hesaplama aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

$$\begin{aligned} \text{Toplam etkinlik} &= \text{Teknik etkinlik} * \text{Ölçek etkinlik} \\ 0,876 &= 0,920 * 0,952 \end{aligned}$$

Karar birimlerinin ölçeğe göre getiri durumları incelendiğinde 12 fabrikanın (*) ile ifade edilen ÖGSG' li, 11 fabrikanın da ölçeğe göre artan getirili (irs) üretim yaptığı görülmektedir. Ölçeğe göre artan getiriye sahip olan 11 fabrikanın ölçek etkin olamamasının nedeni kapasitelerinin altında çıktı üretmeleridir. Yani bu fabrikalar üretim ölçeklerini büyütürük ölçek-etkin hale gelebilirler. Ağrı ve Turhal fabrikaları ölçeğe göre azalan getiriye (drs) sahip olup bu fabrikaların ölçek etkin olabilmeleri, üretim kapasitelerini düşürerek kaynaklarını daha etkin kullanmalarına bağlıdır. Başka bir deyişle, bu iki fabrika aynı çıktı düzeyine daha az girdi kullanarak da ulaşabilir.

3.4.5.1. Etkinsiz Karar Verme Birimlerine ait Dual ve Aylak Değişkenler

Etkinsiz fabrikaların etkin duruma gelebilmeleri için kullanmaları gereken girdi miktarları ve üretmeleri gereken çıktı miktarları dual-VZA modellerinin çözümünden elde edilen dual değişkenler yardımıyla yukarıda (28) eşitliği ile verilen,

$$\text{Kuramsal Girdi: } \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij}$$

$$\text{Kuramsal Çıktı: } \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj}$$

formüllerinden yararlanılarak hesaplanabilmektedir. Dual CCR-VZA modelinin çözümünden etkinsiz fabrikalar için elde edilen dual değişkenler tablo 6' da gösterilmektedir.

Tablo 6: 2009 Yılı CCR-VZA Etkinliğinden Elde Edilen Dual Değişkenler

No	Fabrika	Ref.Küm.	Dual Değişkenler								
			λ_1	λ_4	λ_8	λ_{11}	λ_{14}	λ_{15}	λ_{17}	λ_{21}	λ_{22}
2	Ağrı	1, 17, 21	0,111						1,094	0,284	
3	Alpullu	21, 22								0,202	0,310
5	Bor	1, 4, 8, 15	0,087	0,228	0,114			0,157			
6	Burdur	1, 8, 14, 17	0,333		0,303		0,220		0,068		
7	Çarşamba	21, 22								0,209	0,104
9	Elazığ	21, 22								0,170	0,078
10	Elbistan	1, 8, 14, 17	0,074		0,163		0,353		0,181		
13	Erzincan	11, 14, 15				0,089	0,187	0,133			
18	Kastamonu	1, 8, 14, 15	0,007		0,157		0,402	0,120			
20	Malatya	1, 8, 17, 21	0,038		0,115				0,127	0,503	
23	Turhal	1, 8, 17, 21	0,219		0,646				0,175	0,280	
24	Uşak	8, 11, 14, 15			0,119	0,203	0,113	0,011			
25	Yozgat	1, 14, 15	0,021				0,530	0,166			

Örneğin, etkinsiz çıkan karar birimlerinden Ağrı fabrikasının etkin olabilmesi için üretimde kullandığı girdi faktörlerinden biri olan işlenen pancar miktarı, referans kümesindeki Afyon, Kars ve Muş fabrikalarının λ değerlerinden yararlanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\begin{aligned} \text{Kuramsal Girdi} &= \lambda_{\text{Afyon}} \times \text{İşl.p.mik.} + \lambda_{\text{Kars}} \times \text{İşl.p.mik.} + \lambda_{\text{Muş}} \times \text{İşl.p.mik.} \\ &= 0,111 \times 701000 + 1,094 \times 21000 + 0,284 \times 271800 \\ &= 107947,653 \end{aligned}$$

Diğer etkinsiz fabrikaların da etkin duruma gelebilmesi için referans kümelerindeki fabrikaların dual değişkenleri yardımıyla girdilerini hangi miktarda azaltmaları ve çıktılarını hangi miktarda artırmaları gerektiği benzer şekilde hesaplanabilir.

Aylak değişkenler, firmaların aşırı kaynak kullanımı ya da yetersiz çıktı üretimi nedeniyle etkinsiz olduklarını ifade eder. Ayrıca, yöneticiler firmanın etkin sınıra ulaşmak için girdilerini ne ölçüde azaltmaları ya da çıktılarını ne ölçüde artırmaları gerektiğine bu değerler yardımıyla karar verirler (Perçin ve Ustasüleyman, 2007: 11).

Tablo 7’ de 2009 yılı verilerine göre CRS varsayımı altında toplam etkinsiz bulunan fabrikaların girdi ve çıktılarına ilişkin aylak değerleri yer almaktadır.

Tablo 7: 2009 Yılında Toplam Etkin Olmayan Fabrikalara Ait Aylak Değişkenler

GİRDİLER						ÇIKTILAR	
No	KVB	G1 (İşl.Şek.Mik.)	G2 (Mak.Kap.)	G3 (Çal.Say.)	G4 (Yak.Mik.)	Ç1 (Ür.Şek.Mik.)	Ç2 (Ür.Mel.Mik.)
2	Ağrı		84,436		294,125		
3	Alpullu		827,899	127,612	1072,229		
5	Bor			47,294			
6	Burdur			18,230			
7	Çarşamba		1310,914	184,498	1298,667		
9	Elazığ		354,239	292,647	480,953		
10	Elbistan			142,602			
13	Erzincan			136,986			488,606
18	Kastamonu			38,278			
20	Malatya		12,545				
23	Turhal		411,814				
24	Uşak			125,990			
25	Yozgat		281,523				282,617
Ortalama		-	131,335	44,566	125,839		30,849

Çalışmada VZA metodolojisinin anlatıldığı bölümde belirtildiği üzere etkinsiz karar birimlerine referans olan kuramsal (hipotetik) girdi ve çıktı değerleri, aylak değişkenlerden yararlanarak aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir:

$$\text{Kuramsal Girdi: } \theta_k X_{ik} - s_i^-$$

$$\text{Kuramsal Çıktı: } Y_{rk} + s_r^+$$

Örneğin, toplam etkinlik skoru 0,881 olan Ağrı fabrikasının makine kapasitesi (G2) ve tüketilen yakıt miktarındaki (G4) aylak değerler sırasıyla 84,436 ve 294,125 olarak bulunmuştur. Bu durumda, Ağrı fabrikasının etkin duruma gelebilmesi için kullanması gereken yakıt miktarı ve makine kapasitesi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\text{Kuramsal Girdi Miktarı} : 0,881 \times 3000 \text{ (makine kap.)} - 84,436$$

$$\text{Kuramsal Girdi Miktarı} : 0,881 \times 5389 \text{ (yakıt mik.)} - 294,125$$

Bir diğer etkinsiz karar birimi olan Erzincan fabrikasının çalışan sayısı girdisine ait aylak değeri 136,986 iken üretilen melas miktarı çıktısına ait aylak değeri 488,606 ton olarak bulunmuştur. Bu durumda Erzincan fabrikasının etkin olabilmesi için gerekli çalışan sayısına ilişkin hesaplama yukarıda Ağrı fabrikası örneğinde belirtildiği şekilde yapılırken, üretilen melas miktarı aylak değer olan 488,606 ton kadar artırılmalıdır.

Kuramsal KVB' lere ait girdi ve çıktı miktarlarından yararlanılarak görece etkin olmayan KVB' lerin girdi ve çıktılarına ilişkin potansiyel iyileştirmeler (*Potential Improvements-PI*) yüzde olarak aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Özden, 2008: 173):

$$PI (\%) = \frac{\text{Hedef} - \text{Gerçekleşen}}{\text{Gerçekleşen}} \times 100 \quad (67)$$

Görece etkin olmayan KVB' nin etkin hale gelebilmesi için, PI yüzdesi negatif çıkan değişken değeri PI oranında azaltılmalı, pozitif çıkan değişken değeri PI oranında artırılmalıdır. Eğer PI değeri sıfırsa, herhangi bir iyileştirme yapmaya gerek yoktur.

Tablo 8' de CRS varsayımı altında toplam etkin olmayan karar birimlerinin etkin duruma gelebilmesi için girdi ve çıktılarına yapması gereken iyileştirmeler verilmektedir.

Tablo 8: CRS-Etkin Olmayan Fabrikaların Potansiyel İyileştirme Yüzdeleri

KVB	Etkinlik Skoru	Faktörler	Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)	
Ağrı	0,881	Girdi	İşlenen pancar mik.	122500,000	107947,653	-11,879
			Makine kapasitesi	3000,000	2559,180	-14,694
			Personel sayısı	598,000	526,961	-11,879
			Yakıt miktarı	5389,000	4454,690	-17,337
Alpullu	0,901	Girdi	İşl. pancar mik.	152700,000	137605,178	-9,885
			Makine kapasitesi	4000,000	2776,689	-30,583
			Personel sayısı	460,000	286,916	-37,627
			Yakıt miktarı	7594,000	5771,082	-24,005
Bor	0,945	Girdi	İşl. pancar mik.	385500,000	364263,624	-5,509
			Makine kapasitesi	3000,000	2834,736	-5,509
			Personel sayısı	503,000	427,996	-14,911
			Yakıt miktarı	16147,000	15257,496	-5,509
Burdur	0,954	Girdi	İşl. pancar mik.	434000	413912,130	-4,629
			Makine kapasitesi	4800	4577,830	-4,629
			Personel sayısı	496	454,812	-8,304
			Yakıt miktarı	21694	20689,884	-4,629
Çarşamba	0,890	Girdi	İşl. pancar mik.	95200,000	84690,741	-11,039
			Makine kapasitesi	3000,000	1357,912	-54,736
			Personel sayısı	408,000	178,462	-56,259
			Yakıt miktarı	5306,000	3421,596	-35,515
Elazığ	0,938	Girdi	İşl. pancar mik.	71200,000	66812,641	-6,162
			Makine kapasitesi	1500,000	1053,330	-29,778
			Personel sayısı	462,000	140,885	-69,505
			Yakıt miktarı	3382,000	2692,648	-20,383
Elbistan	0,917	Girdi	İşl. pancar mik.	216000,000	198055,081	-8,308
			Makine kapasitesi	3000,000	2750,765	-8,308
			Personel sayısı	553,000	364,455	-34,095
			Yakıt miktarı	10255,000	9403,032	-8,308
Erzincan	0,997	Girdi	İşl. pancar mik.	182000,000	181386,739	-0,337
			Makine kapasitesi	1500,000	1494,946	-0,337
			Personel sayısı	389,000	250,703	-35,552
			Yakıt miktarı	7492,000	7466,755	-0,337
		Ç	Üretilen Melas	6090,000	6578,606	8,023
Kastamonu	0,971	Girdi	İşl. pancar mik.	282000,000	23796,936	-91,561
			Makine kapasitesi	3000,000	2912,733	-2,909
			Personel sayısı	434,000	383,097	-11,729
			Yakıt miktarı	11966,000	11617,922	-2,909
Malatya	0,876	Girdi	İşl. pancar mik.	248200	217447,686	-12,390
			Makine kapasitesi	3000	2615,751	-12,808
			Personel sayısı	580	405,634	-30,063
			Yakıt miktarı	10477	8877,508	-15,267
Turhal	0,958	Girdi	İşl. pancar mik.	546000,000	523109,071	-4,192
			Makine kapasitesi	7000,000	6294,712	-10,076
			Personel sayısı	659,000	631,372	-4,192
			Yakıt miktarı	23958,000	22953,566	-4,192
Uşak	0,951	Girdi	İşl. pancar mik.	121000,000	115060,372	-4,909
			Makine kapasitesi	1500,000	1426,368	-4,909
			Personel sayısı	385,000	240,111	-37,634
			Yakıt miktarı	4898,000	4657,568	-4,909
Yozgat	0,998	Girdi	İşl. pancar mik.	284500,000	283794,560	-0,248
			Makine kapasitesi	3000,000	2711,038	-9,632
			Personel sayısı	422,000	420,954	-0,248
			Yakıt miktarı	12529,000	12497,933	-0,248
		Ç	Üretilen Melas	9986,000	10268,617	2,830

Potansiyel iyileştirme yüzdelerine ilişkin açıklamalar tüm karar birimleri için benzer şekilde yapıldığından, burada yalnızca Yozgat şeker fabrikasının girdi yönelimli toplam etkinsizliğine neden olan değişkenlerin potansiyel iyileştirme değerleri açıklanacaktır. Tablo 8' e göre, Yozgat fabrikası etkin duruma gelebilmek için işlenen pancar miktarı, personel sayısı ve yakıt miktarı girdilerini %0,248 oranında, makine kapasitesi girdisini de %9,632 oranında azaltmalı ve iki çıktısından biri olan üretilen melas miktarını %2,83 oranında artırmalıdır. Yozgat fabrikasına ait bu potansiyel iyileştirme oranları (67) eşitliğiyle gösterilen formül yardımıyla belirlenmektedir. Örneğin, Yozgat fabrikasının etkin duruma gelebilmesi için işlenen pancar miktarında yapması gereken iyileştirme miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$PI (\%) = \frac{\text{Hedef} - \text{Gerçekleşen}}{\text{Gerçekleşen}} \times 100 = \frac{283794,560 - 284500}{284500} \times 100 = -0,248$$

VRS varsayımı altında etkin olmayan karar birimlerinin etkin duruma gelebilmesi için CRS varsayımı altında yapılan işlemlerin aynısı izlenir. Dual BCC-VZA modelinin uygulanması sonucunda etkinsiz karar birimlerine ait aylak değerler ve bu fabrikaların referans kümelerinde yer alan fabrikalara ait dual değişkenler sırasıyla Tablo 9 ve Tablo 10' da gösterilmektedir.

Tablo 9: 2009 Yılında Teknik Etkin Olmayan Fabrikalara Ait Aylak Değişkenler

GİRDİLER						ÇIKTILAR	
No	KVB	G1 (İşl.Şek.Mik.)	G2 (Mak.Kap.)	G3 (Çal.Say.)	G4 (Yak.Mik.)	Ç1 (Ür.Şek.Mik.)	Ç2 (Ür.Mel.Mik.)
2	Ağrı		613,619	125,811	165,743		
3	Alpullu				519,122		
7	Çarşamba		174,979		665,158		
10	Elbistan			85,234			
20	Malatya	7577,101					
23	Turhal		724,285	152,456			
ortalama		303,084	60,515	14,54	54,001		

Tablo 10: BCC-VZA Etkinliğinden Elde Edilen Dual Değişkenler

Fabrika	Ref.Küm.	Dual Değişkenler										
		λ_1	λ_8	λ_{12}	λ_{13}	λ_{14}	λ_{15}	λ_{17}	λ_{19}	λ_{21}	λ_{22}	
Ağrı	17, 1, 21	0,026						0,697		0,277		
Alpullu	21,1,17,22,19	0,030						0,581	0,09	0,026	0,353	
Bor	19,15,13,17,1, 21	0,015			0,308		0,167	0,136	0,223	0,150		
Burdur	13, 8,15,14,17,1	0,338	0,281		0,035	0,178	0,007	0,162				
Çarşamba	1,17, 19, 22	0,035						0,801	0,007		0,158	
Elbistan	14, 8,17,15, 1	0,089	0,062			0,237	0,051	0,561				
Kastamonu	1,8,13,14,15,25	0,029	0,192		0,498	0,054	0,005					0,222
Malatya	15, 21,8, 17,19		0,134				0,006	0,441	0,210	0,208		
Turhal	1,8,12, 22	0,155	0,713	0,068							0,064	

VRS varsayımı altında etkin olmayan karar birimlerinin, Tablo 9 ve Tablo 10' da gösterilen aylak ve dual değişkenlerden yararlanarak etkin duruma gelebilmeleri için girdi ve çıktılarında yapabilecekleri potansiyel iyileştirmeler tablo 11' de gösterilmektedir.

Tablo 11: VRS- Etkin Olmayan Fabrikaların Potansiyel İyileştirme Yüzdeleri

KVB	Etkinlik Skoru	Faktörler		Gerçekleşen	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)
Ağrı	0,882	Girdi	İşlenen pancar mik.	122500	108009,106	-11,829
			Makine kapasitesi	3000	2031,502	-32,283
			Personel sayısı	598	401,450	-32,868
			Yakıt miktarı	5389	4585,776	-14,905
Alpullu	0,908	Girdi	İşlenen pancar mik.	152700	138708,127	-9,163
			Makine kapasitesi	4000	3633,481	-9,163
			Personel sayısı	460	417,850	-9,163
			Yakıt miktarı	7594	6379,051	-15,999
Bor	0,961	Girdi	İşlenen pancar mik.	385500	370345,772	-3,931
			Makine kapasitesi	3000	2882,068	-3,931
			Personel sayısı	503	483,227	-3,931
			Yakıt miktarı	16147	15512,252	-3,931
Burdur	0,954	Girdi	İşlenen pancar mik.	434000	414206,992	-4,561
			Makine kapasitesi	4800	4581,091	-4,561
			Personel sayısı	496	473,379	-4,561
			Yakıt miktarı	21694	20704,623	-4,561
Çarşamba	0,903	Girdi	İşlenen pancar mik.	95200	85979,954	-9,685
			Makine kapasitesi	3000	2534,473	-15,518
			Personel sayısı	408	368,486	-9,685
			Yakıt miktarı	5306	4126,960	-22,221
Elbistan	0,921	Girdi	İşlenen pancar mik.	216000	198916,728	-7,909
			Makine kapasitesi	3000	2762,732	-7,909
			Personel sayısı	553	424,030	-23,322
			Yakıt miktarı	10255	9443,940	-7,909
Kastamonu	0,977	Girdi	İşlenen pancar mik.	282000	275460,711	-2,319
			Makine kapasitesi	3000	2930,433	-2,319
			Personel sayısı	434	423,936	-2,319
			Yakıt miktarı	11966	11688,521	-2,319
Malatya	0,920	Girdi	İşlenen pancar mik.	248200	220717,725	-11,073
			Makine kapasitesi	3000	2759,406	-8,020
			Personel sayısı	580	425,868	-26,574
			Yakıt miktarı	10477	9320,352	-11,040
Turhal	0,970	Girdi	İşlenen pancar mik.	546000	529478,877	-3,026
			Makine kapasitesi	7000	6063,906	-13,373
			Personel sayısı	659	486,604	-26,160
			Yakıt miktarı	23958	23233,068	-3,026

Tabloya göre VRS altında en etkisiz KVB olan Ağrı fabrikası etkin duruma gelebilmek için girdi faktörleri olan işlenen pancar miktarını %11,83, makine kapasitesini %32,83, personel sayısını %32,87 ve yakıt miktarını %14,91 oranında azaltmalıdır. Ağrı fabrikasına ait bu potansiyel iyileştirme oranları (67) eşitliğiyle gösterilen formül yardımıyla belirlenmektedir. Örneğin, Ağrı fabrikasının etkin duruma gelebilmesi için işlenen pancar miktarında yapması gereken iyileştirme miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$PI (\%) = \frac{\text{Hedef} - \text{Gerçekleşen}}{\text{Gerçekleşen}} \times 100 = \frac{108009,106 - 122500}{122500} \times 100 = -11,829$$

Etkin olmayan diğer karar birimlerinin girdi faktörlerinde yapmaları gereken iyileştirmeler Ağrı fabrikası örneğinde olduğu gibi belirlenmektedir.

3.5. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi Uygulaması

Bu bölümde VZA ile etkinlikleri ölçülen TŞFAŞ' ye bağlı şeker fabrikalarının 2002-2009 yılları arasındaki TFV değişimi MTFVE yaklaşımı ile ölçülmüştür. Söz konusu fabrikalardan Bor, Ereğli ve Iğın fabrikaları Özelleştirme Yüksek Kurulunun 01.12.2005 tarih, 2005/130 sayılı Kararı ile özelleştirme programına alınmış ve adı geçen fabrikalar 4046 Sayılı Kanun kapsamında Sümer Holding A.Ş.'ye devredilmiştir. Daha sonra bu fabrikaların özel sektöre satışı için 13.04.2006 tarihinde ihaleye çıkmış ancak anılan ihale 27.11.2006 tarihinde iptal edilmiştir (Özelleştirme İdaresi Başkanlığı, 2010). Adı geçen üç fabrika bahsedilen özelleştirme süreci nedeniyle 2006 yılında üretim yapmadığından analiz kapsamından çıkarılmıştır.

Çalışmada model olarak ÖGDG varsayımı altında girdi yönelimli MTFVE kullanılmıştır. Modelin çözümü Coelli (1996) tarafından geliştirilen Deap 2.1 bilgisayar paket programıyla gerçekleştirilmiştir. MTFVE yaklaşımı etkinlik ve teknolojik değişime ek olarak, MTFV değişimini hesaplamaya yardımcı olmaktadır (Perçin ve Ustasüleyman, 2007: 16). Toplam faktör verimliliğindeki değişim (TFVD), teknik etkinlikteki değişim (ED) ve teknolojik değişim (TD) endekslerinin 1'den büyük olması TFV' deki, teknik etkinlikteki ve teknolojideki ilerlemeyi ifade ederken, 1'den küçük olması gerilemeyi ifade etmektedir. Öte yandan, ED endeksinin 1'den büyük olması işletmenin en iyi üretim sınırını yakalama (*catching-up effect*) çabalarını ve TD endeksinin 1'den büyük olması üretim sınırının yukarı kaymasını veya yeniliği (*innovation*) ifade etmektedir. Yine, ED ise kendi içerisinde pür (saf) etkinlikteki değişim (SED) ve ölçek etkinliğindeki değişim (ÖED) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Candemir ve Deliktaş, 2006: 17).

3.5.1. Ampirik Sonuçlar

Şeker fabrikalarının 2002-2009 dönemindeki TFV ve TFV bileşenlerindeki değişimler Tablo 12' de gösterilmiştir.

Tablo 12: Şeker Fabrikalarının 2002-2009 Dönemi MTFVE Değişimi

No	Fabrika	Etkinlik Değişimi (ED) (1) (3)*(4)	Teknolojik Değişim (TD) (2)	Saf Teknik Etkinlik Değişimi (STED) (3)	Ölçek Etkinliği Değişimi (ÖED) (4)	TFV Değişimi (TFVD) (1)*(2)
1	Afyon	1,000	1,018	1,000	1,000	1,018
2	Ağrı	0,998	1,038	0,996	1,003	1,036
3	Alpullu	0,999	1,000	0,998	1,001	0,999
4	Ankara	1,000	0,979	1,000	1,000	0,979
5	Burdur	0,996	1,006	0,996	1,000	1,002
6	Çarşamba	0,985	1,013	0,986	0,999	0,998
7	Çorum	1,000	0,998	1,000	1,000	0,998
8	Elazığ	1,004	0,966	1,000	1,004	0,969
9	Elbistan	1,000	1,032	0,999	1,000	1,032
10	Erciş	1,005	1,001	1,000	1,005	1,005
11	Erzincan	1,015	1,000	1,000	1,015	1,015
12	Erzurum	1,002	1,011	1,001	1,001	1,012
13	Eskişehir	1,000	1,008	1,000	1,000	1,008
14	Kars	1,008	1,007	1,000	1,008	1,015
15	Kastamonu	1,003	0,982	1,001	1,003	0,986
16	Kırşehir	1,000	0,990	1,000	1,000	0,990
17	Malatya	1,005	0,992	0,997	1,009	0,998
18	Muş	1,001	0,999	1,000	1,001	1,000
19	Susurluk	1,003	0,998	1,003	1,000	1,001
20	Turhal	1,000	1,058	1,003	0,997	1,058
21	Uşak	0,999	0,981	1,000	0,999	0,980
22	Yozgat	1,000	1,041	1,000	1,000	1,041
Ortalama		1,001	1,005	0,999	1,002	1,006

Tablo 12' ye göre şeker fabrikalarında 2002-2009 döneminde ortalama %0,6 oranında TFV artışı kaydedilmiştir. Bu artışın %0,5' i teknolojik ilerlemeden, %0,1' lik kısmıysa etkinlik artışından kaynaklanmaktadır. Analiz kapsamındaki 22 fabrikanın 12' sinde (%55) TFV artışı görülmektedir. Başka bir deyişle, 12 fabrika bir önceki yıla kıyasla verimliliğini artırmıştır. Turhal fabrikası %5,8 artış ile en fazla TFV artışı gösteren fabrika olurken onu Yozgat (%4,1) ve Ağrı (%3,6) fabrikaları izlemektedir. TFV değişimi 1' den küçük olan 11 fabrika içinde Elazığ (0,969) ve Ankara fabrikaları (0,979) TFV' si en fazla azalan karar birimleridir. Fabrikalardaki TFV artışının kaynağı incelendiğinde, artışların %64' lük kısmının sadece teknolojik ilerlemeden, %18' lik kısmının sadece etkinlik

artışından ve geriye kalan %18' lik artışınsa hem etkinlik artışından hem de teknolojik ilerlemeden kaynaklandığı görülmektedir. TFV artışının büyük oranda teknolojik ilerlemeden kaynaklanması, fabrikaların teknolojik gelişim göstererek üretim sınırının yer değiştirmesine (yukarı kayması) neden oldukları anlamına gelmektedir.

Karar birimlerinin etkinlik değişimleri incelendiğinde ortalama %0,1 oranında bir artış kaydedilmiştir. Bu artışın kaynağı ölçek etkinliğinde meydana gelen pozitif değişimdir. İlgili dönemde karar birimlerinin ölçek etkinliği %0,2 oranında artarken STED değeri %0,1 oranında gerilemiştir. Buna göre, fabrikalar etkin sınıra ulaşabilmek için ölçek etkinliklerini iyileştirdikleri halde yönetim uygulamalarında gelişme gösterememişlerdir. Fabrikalar bazındaysa toplam 9 fabrika (Elazığ, Erciş, Erzincan, Erzurum, Kars, Kastamonu, Malatya, Muş ve Susurluk) (%41) etkinlik artışı göstermiştir. Başka bir deyişle bu 9 fabrika etkin üretim sınırını yakalama başarısı göstermiştir.

Öte yandan 5 fabrikada (Ağrı, Alpullu, Burdur, Çarşamba ve Uşak) etkin üretim sınırının altında üretim yapıldığından bu fabrikaların etkinlik skorlarında azalma görülmektedir. Diğer 8 fabrikadaysa (Afyon, Ankara, Çorum, Elbistan, Eskişehir, Kırşehir, Turhal ve Yozgat) etkinlik değişimi tespit edilmemiştir. Etkinlik artışı gösteren fabrikalarda söz konusu artışlar büyük oranda (%78) ölçek etkinliği artışlarından kaynaklanırken yalnızca Susurluk fabrikasındaki etkinlik artışının saf teknik etkinlikteki artıştan kaynaklandığı görülmektedir. Karar birimleri içerisinde Erzincan fabrikası %1,5 oranıyla en fazla etkinlik artışını gerçekleştirirken, Çarşamba fabrikasının etkinlik skoru aynı oranda azalmıştır.

Gözlem kümesindeki fabrikalar teknolojik değişim yönünden analiz edildiğinde toplam 11 fabrikada (Afyon, Ağrı, Burdur, Çarşamba, Elbistan, Erciş, Erzurum, Eskişehir, Kars, Turhal ve Yozgat) teknolojik gelişme meydana geldiği görülmektedir. Söz konusu bu 11 fabrika etkin üretim sınırının yer değiştirmesine (yukarı kaymasına) neden olmuştur. Başka bir deyişle bu fabrikalar ilgili dönemde teknolojik gelişme göstererek aynı girdi miktarıyla daha fazla çıktı üretmeyi başarmışlardır. Turhal fabrikası "1.058" TD skoruyla en fazla artış gösteren (%5,8) KVB olmuştur.

Diğer yandan karar birimlerinin 9' unun (Ankara, Çorum, Elazığ, Kastamonu, Kırşehir, Malatya, Muş, Susurluk ve Uşak) TD skorlarında azalma tespit edilmiştir. Bu fabrikalarda teknolojik gerileme nedeniyle ilgili dönemde üretim yeteneklerinde azalma meydana gelmiştir. Elazığ fabrikası 0,966 skoruyla analiz döneminde en yüksek (%3,4) teknolojik gerilemenin kaydedildiği karar birimidir. Alpullu ve Erzincan fabrikalarıysa ilgili dönemde teknolojik düzeylerini koruduklarından (durgunluk) üretim yeteneklerinde bir değişme meydana gelmemiştir.

Karar birimlerinin analiz kapsamındaki yıllara göre MTFV değişimleri ise Tablo 13' te gösterilmiştir.

Tablo 13: Yıllara Göre MTFVE Skorları

Yıl	Etkinlik Değişimi (ED) (1) (3)*(4)	Teknolojik Değişim (TD) (2)	Saf Teknik Etkinlik Değişimi (STED) (3)	Ölçek Etkinliği Değişimi (ÖED) (4)	TFV Değişimi (TFVD) (1)*(2)
2003	0,998	0,976	0,997	1,001	0,974
2004	0,924	1,236	0,949	0,974	1,143
2005	1,106	0,845	1,060	1,043	0,934
2006	1,008	0,938	1,004	1,004	0,946
2007	0,983	0,998	0,995	0,988	0,981
2008	0,997	1,030	0,996	1,001	1,028
2009	0,999	1,054	0,995	1,004	1,053
Ortalama	1,001	1,005	0,999	1,002	1,006

Yıllara göre TFV değişimleri analiz edildiğinde 2004, 2008 ve 2009 yıllarında TFV artışı gerçekleştiği, diğer yıllardaysa TFV' de azalma meydana geldiği görülmektedir. 2004 yılı %14,3 ile en fazla TFV artışının olduğu yıl olurken 2005 yılı %6,6 oranıyla en fazla TFV azalışının gerçekleştiği yıl olmuştur. Tablo 13' e göre TFV artışlarının tamamının teknolojik ilerlemeden kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Tablo 13' te yer alan yıllara göre TD skorları analiz edildiğinde 2004 yılı %23,6 oranında artışla en yüksek teknolojik ilerlemenin gerçekleştiği yıl olurken 2008 yılı (%3) ve 2009 yılında da (%5,4) teknolojik ilerleme kaydedilmiştir. Analiz kapsamındaki diğer

yıllarda karar birimlerinde teknolojik gerilemeler meydana gelirken 2005 yılı 0,845 skoruyla en yüksek gerilemenin (%15,5) kaydedildiği dönem olmuştur.

Tablo 14’ te karar birimlerinin TFV bileşenlerindeki değişimler yıl bazında gösterilmektedir.

Tablo 14: Yıl Bazında MTFVE Bileşen Değişimleri

Yıl	Fab.s ay.	Endeksler														
		TFV Değişimi			Teknolojik Değişim			Etkinlik Değişimi			Saf Teknik Etkinlik Değişimi			Ölçek Etkinliği Değişimi		
		Ar	Az	D	Ar.	Az	D	Ar	Az	D	Ar	Az	D	Ar	Az	D
2003	22	7	15	-	6	16	-	7	10	5	6	5	11	8	8	6
2004	22	19	3	-	21	1	-	5	14	3	2	10	10	8	11	3
2005	22	7	15	-	2	20	-	14	2	6	10	1	11	13	3	6
2006	22	3	19	-	3	19	-	6	4	12	5	4	13	8	1	13
2007	22	8	14	-	12	10	-	2	11	9	2	5	15	1	12	9
2008	22	16	6	-	14	8	-	10	5	7	3	3	16	8	7	7
2009	22	16	5	1	20	1	1	6	7	9	3	4	15	9	4	9
Toplam		76	77	1	76	75	1	50	53	51	31	32	91	55	46	53

Ar: Artış Az: Azalma D: Durgunluk

Tablo 14’ e göre 2004 yılı gözlem kümesindeki 22 fabrikanın 19’ unda TFV artışı kaydedilen, başka bir deyişle fabrikalar için en verimli dönem olmuştur. Bu dönemde 21 fabrika teknolojik ilerleme kaydederken sadece 5 fabrika etkin üretim sınırını yakalayabilme başarısı göstermiştir. 2004 yılı ile birlikte 2008 ve 2009 yıllarında TFV artışı gösteren KVB sayısı TFV azalışı gösteren KVB sayısından daha fazladır. Diğer analiz dönemlerinde ise karar birimlerinin çoğunun TFV skorlarında azalma kaydedilmiştir.

Analiz dönemi içerisinde 2005 ve 2006 yılları özellikle dikkat çekmektedir. 2005 yılında 15 fabrikada verimlilik skorları ve 20 fabrikada teknolojik değişim skorları azalırken 14 fabrikanın etkinlik skorları artmıştır. 2006 yılındaysa 19 fabrikada TFV azalışı ve teknolojik gerileme tespit edilmiştir. Başka bir deyişle bu dönem karar birimleri için en verimsiz üretim dönemi olmuştur.

Tablo 13' ün analizinden karar birimlerinin TFV artışının büyük oranda teknolojik ilerlemeden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Tablo 14' te bu durum teyit edilmektedir. Tüm analiz dönemi baz alındığında TFV artışı ve azalışı gösteren fabrika sayısı ile teknolojik ilerleme ve gerileme kaydeden fabrika sayıları arasındaki benzerlik dikkat çekmektedir. Fabrikalar etkinlik değişimi açısından incelendiğinde Tablo 13' ün analizinde de belirtildiği üzere karar birimlerinde meydana gelen etkinlik değişimi ölçek etkinliği değişiminden kaynaklanmaktadır. Bu durum, etkinlik değişimi gösteren toplam KVB sayısı ile ölçek etkinliği değişimi gösteren toplam KVB sayısı arasındaki benzerlikten de anlaşılmaktadır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’deki şeker fiyatlarının Dünya ortalamasının çok üzerinde olmasının girdi faktörlerinin etkinsiz kullanılmasından kaynaklanıp kaynaklanmadığının araştırılmasıdır. Bu amaçla kamuya bağlı 25 adet şeker fabrikasının 2009 yılı verilerine göre parametrik olmayan bir teknik olan VZA ile etkinlik ölçümü yapılmıştır. Ayrıca söz konusu 25 kamu fabrikasında 2002-2009 yılları arasında TFV değişimini ölçebilmek amacıyla MTFVE uygulaması yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, dual CCR-VZA yöntemine göre analiz edilen fabrikaların %52’ sinin; dual BCC-VZA yöntemine göre analiz edilen fabrikaların ise %36’ sının etkin olmadığı tespit edilmiştir. VZA tekniğiyle analiz edilen karar birimlerinin etkinsiz çıkması, o karar birimlerinde girdi faktörlerinin kullanımında israf yapıldığını, bu nedenle potansiyel çıktı miktarına ulaşamadığını göstermektedir. Analiz edilen 25 kamu fabrikasının 2009 yılı verileri incelendiğinde etkin olmayan karar birimlerinde yapılan israfın boyutları görülmektedir. Örneğin hem CRS altında hem de VRS altında etkinsiz çıkan Ağrı şeker fabrikası günlük 3000 ton pancar işleme kapasitesi ve 598 personeliyle 2009 yılında 16233 ton şeker üretirken aynı işleme kapasitesine sahip Bor şeker fabrikası 503 personel ile 55750 ton şeker üretmiştir. Diğer yanda, Bor fabrikasıyla aynı işleme kapasitesinde olan Elbistan fabrikası 553 personeli ile 31313 ton şeker üretebilmiştir. Bu karşılaştırmalı veriler Türkiye’de kamuya bağlı şeker fabrikalarında yanlış personel istihdamından kaynaklanan israfın ve atıl kapasitenin yüksek oranda olduğunu göstermektedir.

Çalışmada uygulanan VZA yöntemi sonucunda CRS altında etkin çıkan 12 fabrikanın, tüm fabrikaların üretim kapasitesinin %48’ ini ve personel toplamının %53’ ünü oluşturmasına karşın toplam şeker ve toplam melas üretiminin %67’ sini ürettiği görülmektedir. Bu veriler, VZA yönteminin etkinlik ölçümünde ne kadar isabetli sonuçlar verdiğini teyit etmektedir. Yapılan VZA uygulaması, Türkiye’deki şeker üretim maliyetlerindeki yüksekliğin hangi kaynakların israfı sonucunda oluştuğunu ortaya koyduğundan çalışmanın ilk amacına ulaşılmıştır.

Kamuya ait 25 adet şeker fabrikasında yapılan bu VZA uygulamasının sonuçlarının ilgili fabrika yöneticilerine önemli yönetsel bilgiler sunacağı ve bu fabrikalara ilişkin kamusal politikaların belirlenmesinde yardımcı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu sonuçların Türkiye şeker endüstrisinde çalışan diğer ilgili kişilere de yol gösterici olacağı ümit edilmektedir.

VZA tekniğiyle yapılan çalışmalar, uygulama ve yorumlama kolaylığı ile verdiği önemli yönetsel bilgiler gibi güçlü özelliklerinin yanında tekniğin yapısından kaynaklanan kısıtlara sahiptir. Her şeyden önce VZA görel bir etkinlik ölçüm tekniği olduğundan elde edilen sonuçların karar birimlerinin mutlak etkinliğini veya etkinsizliğini yansıttığı iddia edilemez. Gözlem kümesine başka karar birimlerinin katılması veya mevcut karar birimlerinden bir veya birkaçının çıkarılmasıyla farklı sonuçlara ulaşılabilir. Diğer yandan VZA, sonuçları sadece uygulandığı dönem için geçerli olan bir yatay kesit analizidir. Aynı karar birimlerinin etkinliği başka bir dönemde incelendiğinde farklı sonuçlar elde edilebilecektir. Bu çalışma, kamu şeker fabrikalarının üretim performansını ölçmeyi amaçlamaktadır. Aynı yöntemle söz konusu fabrikaların finansal performansı da ölçülebilir. Bunun yanında, özel sektör şeker fabrikalarıyla kamu şeker fabrikalarının performansı VZA ile ölçülerek, mülkiyet yönünden fabrikalar arasında performans farkı olup olmadığı belirlenebilir.

Bu çalışmanın diğer amacı doğrultusunda gözlem kümesindeki şeker fabrikalarının 2002-2009 yılları arasındaki TFV değişimi MTFVE yaklaşımıyla ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, ilgili dönemde karar birimlerinde az da olsa (%0,6) TFV artışı meydana geldiğini ve bu artışın büyük oranda teknolojik ilerlemeden kaynaklandığını göstermektedir. Buna göre, fabrikalar zamanla üretim yeteneklerini artırarak etkin üretim sınırını yukarı kaydırmış ve aynı girdi miktarlarıyla daha fazla çıktı üretmeyi başarmışlardır. Diğer yandan fabrikaların ortaya koyduğu teknolojik ilerlemenin belirgin bir etkinlik artışına yol açmadığı görülmektedir. Başka bir deyişle fabrikalar üretim yeteneklerini artırdığı ölçüde etkin sınırı yakalama başarısı gösterememiştir. Bu başarısızlığın nedeninin saf teknik etkinlikteki gerilemeden kaynaklandığı belirlenmiştir. Saf teknik etkinlik yönetim uygulamaları kaynaklı olduğundan ve bir anlamda “yönetsel etkinliği” yansıttığından, fabrika yöneticilerinin yönetim karar ve politikalarını gözden geçirmeleri ve etkinsizliğin nedenlerini tespit etmeleri uygun olacaktır.

Türkiye şeker sektöründe etkinliğin yüksek olması, teknolojiye ilerlemeler, yönetsel etkinliğin sağlanması ve uygun ölçek büyüklüğünde üretim yapılması Türkiye şeker sanayisinin uluslararası rekabet gücünü de artıracaktır. Rekabet gücünün artmasıyla bugün için çok düşük rakamlarda olan ihracat miktarında artış sağlanacak ve bu sayede fabrikaların kapasite kullanım oranı yükselecektir. Bunun yanında şeker sektöründe üretim etkinliğinin derecesi, zaman içinde nasıl değiştiği ve değişimin hangi nedenlerden kaynaklandığı konusu sadece sektörü değil aynı zamanda etkileşim içinde olduğu diğer sektörleri de ilgilendirmektedir. Bu nedenle, sektörün üretim etkinliği ve TFV’deki değişimler düzenli olarak ve dikkatle izlenmeli ve artışı sağlayacak yönetsel politikaların geliştirilmesine önem verilmelidir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Aigner, Dennis ve Chu, S. F. (1968), "On Estimating the Industry Production Function", **American Economic Review**, 58 (4), 826-29.
- Akal, Zühal (2005), **İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi**, 6. Basım, No. 473
Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Akdeniz, H. Ahmet ve Durmaz, Faruk (1998), "Verimliliğin Genel Performans Üzerindeki Yansımalarının Uygulaması", **Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi**, 13 (29), 85-99.
- Allen, R. ve diğerleri (1997), "Weights Restrictions and Value Judgements in Data Envelopment Analysis: Evolution, Development and Future Directions", **Annals of Operations Research**, 73, 13 – 34.
- Arslan, Ahmet (2002), "Kamu Harcamalarında Verimlilik, Etkinlik ve Denetim", **Maliye Dergisi**, 140.
- Aslan, Şebnem (2007), "Performans Ölçümünde Kıyaslama Yöntemi Olarak Veri Zarflama Analizinin Kullanımı: Türkiye Şeker Fabrikaları Örneği", **Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi**, 21 (1), 383-396.
- Avkiran, Necmi K. (2001), "Investigating Technical and Scale Efficiencies of Australian Universities Through Data Envelopment Analysis", **Socio-Economic Planning Sciences**, 35, 57–80.
- Aydemir, Zeynep Canan (2002), **Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması**, No: 2664, Ankara: DPT Yayınları.
- Banker, Rajiv D. (1984), "Estimating Most Productive Scale Size Using Data Envelopment Analysis", **European Journal of Operational Research**, 17, 35-44.
- Banker, Rajiv D. ve diğerleri (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", **Management Science**, 30 (9), 1078-1092.

- Banker, Rajiv D. ve diğlerleri (1986), "A Comparative Application of DEA and Translog Methods: An Illustrative Study of Hospital Production," **Management Science**, 32 (1), 30-44.
- Behdioğlu, Sema ve Özcan, Gözde (2009), "Veri Zarflama Analizi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama", **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 14 (3), 301–326.
- Bogetoft, Peter ve diğlerleri (2007), "Reallocating Sugar Beet Contracts: Can Sugar Production Survive in Denmark?", **European Review of Agricultural Economics**, 34 (1), 1–20.
- Boussofiiane, A. ve diğlerleri (1991), "Applied Data Envelopment Analysis", **European Journal of Operational Research**, 2 (6), 1-15.
- Bozdağ, Emre Güneşer (2007), **Şeker Sanayinde İktisadi Etkinlik: Avrupa Birliği - Türkiye Karşılaştırılması**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Candan, Ekrem (2007), **Türk Bütçe Sisteminde Performans Denetimi**, Ankara: T.C. Maliye Bakanlığı Yayınları.
- Candemir, Mehmet ve Deliktaş, Ertuğrul (2006), **Tigem İşletmelerinde Teknik Etkinlik, Ölçek Etkinliği, Teknik İlerleme, Etkinlikteki Değişme ve Verimlilik Analizi: 1999:2003**, Ankara: Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Caves, Douglas ve diğlerleri (1982a), "Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers." **Economic Journal**, 92 (365), 73-86.
- (1982b), "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity", **Econometrica**, 50 (6), 1393-1414.
- Charnes, Abraham ve Cooper William W. (1962), "Programming with Linear Fractional Functionals", **Naval Research Logistics Quarterly**, 9, 181-185.
- Charnes, Abraham ve diğlerleri (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", **European Journal of Operational Research**, 2, 429-444.

-
- (1981), "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through", **Management Science**, 27, 668-696.
- Charnes, Abraham ve diğerleri (1985), "Foundations of Data Envelopment Analysis and Pareto–Koopmans Empirical Production Functions", **Journal of Econometrics**, 30, 91–107.
- Coelli, Tim (1996), A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program, CEPA Working Papers 96 (08).
- Coelli, Timothy James ve diğerleri (2005), **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**, 2nd Edition, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Cook, Wade D. ve Seiford, Larry M. (2009), "Data Envelopment Analysis (DEA) - Thirty Years on", **European Journal of Operational Research**, 192, 1-17.
- Cooper, William W. ve diğerleri (2000), **Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**, New York: Kluwer Academic Publishers.
- Cooper, William W. ve diğerleri (2004), "Data Envelopment Analysis History, Models and Interpretations", Cooper W.W, Seiford L.M., Zhu J. (Ed), **Handbook of Data Envelopment Analysis içinde** (1-39), Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Coşkun, Ali (2005), **İşletmelerde Performans Yönetimi: Bir Yönetim Muhasebesi Aracı Olarak Performans Karnesi**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çağlar, Atalay (2003), **Veri Zarflama Analizi ile Belediyelerin Etkinlik Ölçümü**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çakmak, Erol H. ve diğerleri (2008), **Türk Tarım Sektöründe Etkinlik: Yöntem ve Hane Halkı Düzeyinde Nicel Analiz**, Ankara: TEPAV Yayınları.
- Çınar, Yetkin (2010), "Türkiye ile AB Üyesi Ülkelerin Elektrik Üretim Sektörlerinin Etkinlik ve Verimlilik Analizi: 2000–2006 Dönemi için Uluslararası bir Karşılaştırma", **Sosyoekonomi Dergisi**, Özel Sayı, 93-136.
- Çoban, Orhan (2007), "Türk Otomotiv Sanayinde Endüstriyel Verimlilik ve Etkinlik", **Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi**, (29), 17-36.

- Çoban, Orhan ve diğerleri (2009), Veri Zarflama Analizi Yardımıyla Şeker Endüstrisinde Faaliyet Gösteren İşletmelerin Karşılaştırmalı Bir Analizi: Konya Şeker Endüstrisi Örneği, **10. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu**, Erzurum.
- Debreu, Gerard (1951), “ The Coefficient of Resource Utilisation”, **Econometrica**, 19 (3), 273-292
- Demir, Gülay (2004), **İstatistiksel Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama**, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Demirci, Sevinç (2003), **Şeker Kanunundaki Değişiklikle Olası Etkilerin Ekonomik Analizi**, No.102, Ankara: Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Dura, Cihan (1999), “Fonksiyonların Ekonomik Teoride Kullanımına Örnekler”, **Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi**, (8), 357-371.
- Easton, L. ve diğerleri (2002), “Purchasing Performance Evaluation: with Data Envelopment Analysis”, **European Journal of Purchasing & Supply Management**, 8, 123–134.
- Emrouznejad, Ali ve diğerleri (2008), “Evolution of Research in Efficiency and Productivity: A Survey and Analysis of the First 30 Years of Scholarly Literature in DEA”, **Socio-Economic Planning Sciences**, 42, 151-157.
- Fare, Rolf (1988), **Fundamentals of Production Theory**, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Fare, Rolf ve diğerleri (1994), “Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries”, **The American Economic Review**, 84 (1), 66-83.
- Farrell, M.J. (1957), “The Measurement of Productive Efficiency” , **Journal of Royal Statistical Society Series A (General)**, 120 (3), 253-281.
- Fisher, Irving (1922), **The Making of Index Numbers; A Study of Their Varieties, Tests, and Reliability**, Boston: Houghton Mifflin Company.
- Goncharuk, Anatoliy G. (2009), “How to Make Sugar Production More Effective: A Case of Ukraine”, **Journal for East European Management Studies**, 14 (1), 105-123.

- Güran, Mehmet Cahit ve Cingi Selçuk (2002), “Devletin Ekonomik Müdahalelerinin Etkinliği”, **Akdeniz Üniversitesi İİBF Dergisi**, (3), 56-89.
- Isik, Ihsan ve Hassan, M. Kadir (2003), “Financial Disruption and Bank Productivity: The 1994 Experience of Turkish Banks”, **The Quarterly Review of Economics and Finance** 43, 291–320.
- Kabadayı, Ebru Tümer (2002), “İşletmelerdeki Üretim Performans Ölçütlerinin Gelişimi, Özellikleri ve Sürekli İyileştirme İle İlişkisi”, **Doğuş Üniversitesi Dergisi**, 3 (2), 61-75.
- Kaplan, Robert S. ve Norton, David P. (1996), **Translating Strategy into Action: The Balanced Scorecard**, Boston: Harvard Business School Press.
- Karsak, Ertuğrul E. Ve İşcan, Firuzan (2000), “Çimento Sektöründe Görelî Faaliyet Performanslarının Ağırlık Kısıtlamaları ve Çapraz Etkinlik Kullanılarak Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi”, **Endüstri Mühendisliği Dergisi**, 2(3), 2-10.
- Khan, Muhammed Akram (1997), **Performans Denetiminin Esasları**, (Çev. Necmiddin Bağdadioğlu), Ankara: T.C. Sayıştay Başkanlığı Yayınları.
- Kocakoç, İpek Deveci (2003), “Veri Zarflama Analizindeki Ağırlık Kısıtlamalarının Belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Sürecinin Kullanımı”, **Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi**, 18 (2), 1-12.
- Koçak, Serdar (2006), **Türk Telekom Erişim Şebekelerinde Performans Ölçümü: Veri Zarflama Analizi Uygulaması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koopmans, Tjalling Charles (1951), **Activity Analysis of Production and Allocation**, New York: John Wiley and Sons Inc.
- Köksal, Can Deniz (2001), **Veri Zarflama Analizi ile Bankacılıkta Göreceli Verimlilik Ölçümü**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kutlar, Aziz ve Babacan, Âdem (2008), “Türkiye’deki Kamu Üniversitelerinde CCR Etkinliği-Ölçek Etkinliği Analizi: DEA Tekniği Uygulaması”, **Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 15 (1), 148-172.

- Lorcu, Fatma (2010), " Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi: Türk Otomotiv Sanayi Uygulaması", **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, 39 (2), 276-289.
- Milli Prodüktivite Merkezi (2010), <http://www.mpm.org.tr/verimlilik/v1/d/> (05.12.2010)
- Mulwa ve diğerleri (2009), "Impact of Liberalization on Efficiency and Productivity of Sugar Industry in Kenya", **Journal of Economic Studies**, 36 (3), 250-264.
- National Audit Office (2005), **Performans Ölçümü ve Performans Denetimi**, (Çev. T.C. Sayıştay Başkanlığı), Ankara: T.C. Sayıştay Başkanlığı Yayınları.
- Nishimizu, Mieko ve Page, John M., Jr. (1982), "Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia, 1965-78.", **Economic Journal**, 92 (368), 920-36.
- Norman, Michael ve Stoker, Barry (1991), **Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance**, England: John Wiley and Sons Publishing.
- Öncü, Semra ve Aktaş, Rabia (2007), "Yeniden Yapılandırma Döneminde Türk Bankacılık Sektöründe Verimlilik Değişimi", **Yönetim ve Ekonomi**, 14 (1), 247-266.
- Özden, Ünal H. (2008), "Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Türkiye' deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi", **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, 37 (2), 167-185.
- Özelleştirme İdaresi Başkanlığı (2010), <http://www.oib.gov.tr/portfoy/seker.html> (15.11.2010).
- Pankobirlik (2010), <http://www.pankobirlik.com.tr/UlkeEkonomisineKatkıları.aspx> (15.11.2010)
- Perçin, Selçuk ve Ustasüleyman, Talha (2007), "Tekstil ve Gıda Sektöründe Etkinlik Ölçümü: VZA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması", **İktisat İşletme ve Finans Dergisi**, 22 (250), 154-171.
- Raheman, Abdul ve diğerleri (2009), "Efficiency Dynamics of Sugar Industry in Pakistan", **Pakistan Development Review**, 48 (4).

- Ramanathan, R. (2003), **An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement**, New Delhi: Sage Publications.
- Roll, Y. Ve Golany B. (1993), “Alternate Methods of Treating Factor Weights in DEA” **Omega, International Journal of Management Science**, 21(1), 99-109.
- Sakal, Mustafa ve Şahin, Elif Ayşe (2008), “Kamu Kurumlarında Performans Ölçümü ve Sayıştay Denetimi İlişkisi”, **Sayıştay Dergisi**, (68), 3-27.
- Sayıştay (2002), **Performans Denetimi: Kavramlar, İlkeler, Metodoloji ve Uygulamalar**, Ankara: T.C. Sayıştay Başkanlığı Yayınları.
- Seiford, Lawrence M. (1997), “A Bibliography for Data Envelopment Analysis (1978 – 1996)”, **Annals of Operations Research**, 73, 393 – 438.
- Seiford, Lawrence M. ve Zhu, Joe (1998), “Identifying Excesses and Deficits in Chinese Industrial Productivity (1953-1990): A Weighted Data Envelopment Analysis Approach” , **Omega, International Journal of Management Science**, 26 (2), 279-296.
- Shephard, R.W. (1970), **The Theory of Cost and Production Functions**, Princeton: Princeton University Press.
- Sherman, H. David ve Gold, Franklin (1985), “Bank Branch Operating Efficiency,” **Journal of Banking and Finance**, 9, 297-315.
- Tarım, Armağan (2001), **Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Göreli Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı**, No. 15, Ankara: T.C. Sayıştay Başkanlığı Yayınları.
- T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı (2010), “Türk Tarımına Genel Bakış”, http://www.tarim.gov.tr/E_kutuphane,tarim_sektoru_genel_bakis.html(15.12.2010)
- Tatje, E. G. ve Lovell, C. A. K. (1995) “A Note on the Malmquist Productivity Index”, **Economic Letters**, 47, 169-175.
- Tavares, Gabriel (2002), “A Bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-2001)”, **Rutcor Research Report**, RRR 01-02.

- Temür, Yusuf ve Bakırcı, Fehim (2008), “Türkiye’de Sağlık Kurumlarının Performans Analizi: Bir VZA Uygulaması”, **Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 3, 261-281.
- Topak, Akif (2007), **Türk Şeker Sanayinde Maliyet ve Verimlilik, Kamu ve Özel Sektöre ait İşletmeler Arası Bir Karşılaştırma**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tornqvist, L. (1936), “The Bank of Finland’s Consumption Price Index”, **Bank of Finland Monthly Bulletin**, 10, 1–8.
- Turgutlu, Timur (2006), **Perakende Sektöründe Veri Zarflama Analizi ve Analitik Hiyerarşik Süreç Yaklaşımlarıyla Tedarikçi Performans Değerlendirmesi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ulucan, Aydın (2002), “İSO 500 Şirketlerinin Etkinliklerinin Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı: Farklı Girdi Çıktı Bileşenleri ve Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımları ile Değerlendirmeler”, **Ankara Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi**, 57 (2), 185-202.
- Üreten, Sevinç (2005), **Üretim/İşlemler Yönetimi**, 5. Baskı, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Wong, Y. H B. ve Beasley, J. E. (1990), “Restricting Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis”, **Journal of the Operational Research Society**, 41(9), 829-835.
- Wu, Shunxiang ve diğerleri (2003), “Estimation and Decomposition of Technical Efficiency for Sugarbeet Farms”, **Applied Economics**, 35, 471–484.
- Yavuz, İlknur (2001), **Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü-Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama**, No:654, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Yavuz, İlknur (2003), **Verimlilik ve Etkinlik Ölçümüne Yeni Yaklaşımlar ve İllere göre İmalat Sanayinde Etkinlik Karşılaştırmaları**, No. 473, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Yenice, Ebru (2006), “Kamu Kesiminde Performans Değerlendirmesi”, **Maliye Dergisi**, (150), 122-132.

Yıldız, Ayşe (2006), “Otomotiv Sektörü Performansının Değerlendirmesi”, **Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, (16).

Yolalan, Osman Reha (1993), **İşletmeler Arası Görelî Etkinlik Ölçümü**, No: 483, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.

Yörüker, Sacit ve diğeri (2003), “**Sayıştayın Performans Ölçümüne İlişkin Ön Araştırma Raporu**”, Ankara: T.C. Sayıştay Başkanlığı Yayınları.

Yükçü, Süleyman ve Atağan, Gülşah (2009), “Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık”, **Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi**, 23 (4), 1-13.

EKLER

EK 1: 2002 Yılı Girdi ve Çıktı Değişkenleri

FABRİKA	İŞLENEN PANCAR (ton)	İŞLEME KAPASİTESİ (ton/gün)	PERSONEL FİİLİ ORT. (adet)	YAKIT MİKTARI (ton)	ÜRETİLEN ŞEKER MİK. (ton)	ÜRETİLEN MELAS MİK. (ton)
Afyon	773000	6000	753	38139	117570	33848
Ağrı	351000	3000	696	16479	46500	14192
Alpullu	305000	4000	577	16648	29240	13157
Ankara	480000	3000	1194	18626	65570	23980
Bor	467000	3000	690	19962	69250	19850
Burdur	592000	4800	761	29738	87100	25740
Çarşamba	276500	3000	576	13859	25540	13210
Çorum	685000	6000	500	21365	102800	29030
Elazığ	159500	1500	607	6854	18420	7290
Elbistan	391500	3000	643	15628	54100	15438
Erciş	167300	1500	552	8190	25120	5712
Ereğli	1070500	6000	712	40191	158200	47878
Erzincan	197000	1500	545	8801	26550	7800
Erzurum	365500	3000	676	16077	55640	14113
Eskişehir	950000	6000	966	38611	130354	41000
İlgın	870000	6000	1004	37495	129160	37450
Kars	152000	1500	359	7486	20366	6915
Kastamonu	406500	3000	522	16796	51585	17270
Kırşehir	317000	1500	331	14600	48000	13050
Malatya	222500	3000	615	8863	27000	8750
Muş	303000	3000	648	11804	45370	12790
Susurluk	625000	7000	763	23680	64350	27300
Turhal	722000	7000	865	33470	89500	30880
Uşak	221000	1500	521	9709	32045	9026
Yozgat	405000	3000	454	19157	62775	16450

EK 2: 2003 Yılı Girdi ve Çıktı Değişkenleri

FABRİKA	İŞLENEN PANCAR (ton)	İŞLEME KAPASİTESİ (ton/gün)	PERSONEL FİİLİ ORT. (adet)	YAKIT MİKTARI (ton)	ÜRETİLEN ŞEKER MİK. (ton)	ÜRETİLEN MELASMİK. (ton)
Afyon	497000	6000	712	25320	79700	22550
Ağrı	312000	3000	684	15250	23780	13240
Alpullu	195500	4000	508	10160	22620	8982
Ankara	402100	3000	1146	15616	57146	17836
Bor	342000	3000	637	15333	19495	15149
Burdur	466100	4800	685	20998	57000	19680
Çarşamba	221500	3000	512	13718	17500	10700
Çorum	391000	6000	482	14374	36750	17280
Elazığ	204500	1500	564	8913	25730	9355
Elbistan	359500	3000	617	10721	19575	14100
Erciş	161000	1500	514	6867	24425	5420
Ereğli	742300	6000	744	29269	35016	29570
Erzincan	198100	1500	519	8600	27559	7640
Erzurum	241800	3000	615	9912	22347	9251
Eskişehir	727500	6000	964	29342	110600	27600
İlgın	696000	6000	978	31653	73900	27628
Kars	150000	1500	359	7149	18657	6914
Kastamonu	243000	3000	515	10296	33280	10204
Kırşehir	300000	3000	457	14317	45110	14000
Malatya	220600	3000	582	8707	28350	9024
Muş	272500	3000	626	11154	40250	12200
Susurluk	432100	7000	693	17731	46200	19720
Turhal	590200	7000	805	27418	33450	25580
Uşak	166500	1500	492	8322	25221	8078
Yozgat	303200	3000	432	17317	20999	12648

EK 3: 2004 Yılı Girdi ve Çıktı Değişkenleri

FABRIKA	İŞLENEN PANCAR (ton)	İŞLEME KAPASİTESİ (ton/gün)	PERSONEL FİİLİ ORT. (adet)	YAKIT MİKTARI (ton)	ÜRETİLEN ŞEKER MİK. (ton)	ÜRETİLEN MELAS MİK. (ton)
Afyon	515500	6000	602	28910	71315	23660
Ağrı	258800	3000	618	12393	34600	11127
Alpullu	265500	4000	497	13177	30550	11334
Ankara	384000	3000	1098	14947	56060	16170
Bor	353500	3000	595	15291	51720	14140
Burdur	512500	4800	633	26583	77800	22246
Çarşamba	181700	3000	501	9319	20400	8350
Çorum	480000	6000	493	19697	72490	20892
Elazığ	183500	1500	524	8669	22610	8330
Elbistan	309500	3000	601	10693	29410	12020
Erciş	183000	1500	529	6815	28950	5550
Ereğli	717000	6000	640	27657	80520	29144
Erzincan	227000	1500	491	9726	34147	8080
Erzurum	263000	3000	601	12309	43523	10006
Eskişehir	734000	6000	857	29595	100550	29290
Ilgın	681000	6000	884	35155	102000	28430
Kars	141000	1500	341	6081	18690	5906
Kastamonu	309000	3000	493	16272	45150	13228
Kırşehir	303000	3000	464	15829	45650	13100
Malatya	227500	3000	533	8923	28100	10035
Muş	238000	3000	630	10967	34346	12226
Susurluk	504000	7000	669	24739	56792	24244
Turhal	675500	7000	780	29119	93500	30550
Uşak	196200	1500	455	9443	30069	9110
Yozgat	321300	3000	422	18046	48378	14736

EK 4: 2005 Yılı Girdi ve Çıktı Değişkenleri

FABRİKA	İŞLENEN PANCAR (ton)	İŞLEME KAPASİTESİ (ton/gün)	PERSONEL FİİLİ ORT. (adet)	YAKIT MİKTARI (ton)	ÜRETİLEN ŞEKER MİK. (ton)	ÜRETİLEN MELAS MİK. (ton)
Afyon	518000	6000	579	24612	76880	20370
Ağrı	222200	3000	637	10483	30150	8410
Alpullu	271000	4000	486	13272	30000	11858
Ankara	428000	3000	1050	17020	60700	19500
Bor	367200	3000	559	16470	50450	14040
Burdur	455000	4800	592	22504	66750	18069
Çarşamba	198200	3000	504	10861	20903	8402
Çorum	528000	6000	481	20311	80540	20962
Elazığ	192600	1500	550	10420	23670	8900
Elbistan	293600	3000	575	11285	38890	11254
Erciş	175800	1500	543	7284	26740	5272
Ereğli	771000	6000	695	37683	109850	29360
Erzincan	217250	1500	473	8887	31140	7694
Erzurum	283300	3000	607	13100	44505	12424
Eskişehir	758000	6000	837	30861	112150	31365
İlgın	737000	6000	820	35664	107424	29551
Kars	132500	1500	343	5836	17950	5952
Kastamonu	329000	3000	496	13497	45260	14336
Kırşehir	360000	3000	467	19241	50400	14630
Malatya	310000	3000	532	12247	39000	12616
Muş	293600	3000	636	11728	44070	12100
Susurluk	523000	7000	672	21426	52750	22950
Turhal	700500	7000	761	34423	94000	29156
Uşak	181500	1500	441	8686	27635	7988
Yozgat	314500	3000	433	15062	48000	13186

EK 5: 2006 Yılı Girdi ve Çıktı Değişkenleri

FABRİKA	İŞLENEN PANCAR (ton)	İŞLEME KAPASİTESİ (ton/gün)	PERSONEL FİİLİ ORT. (adet)	YAKIT MİKTARI (ton)	ÜRETİLEN ŞEKER MİK. (ton)	ÜRETİLEN MELAS MİK. (ton)
Afyon	48600	6000	566	25536	70800	19186
Ağrı	170200	3000	624	8839	20860	7005
Alpullu	197000	4000	487	9592	21500	8390
Ankara	374200	3000	985	16095	51618	15830
Burdur	473500	4800	566	23113	68223	17965
Çarşamba	197000	3000	489	9943	19350	9560
Çorum	465000	6000	454	18979	48275	21074
Elazığ	172500	1500	507	8548	20760	7805
Elbistan	240000	3000	592	10182	31480	9354
Erciş	144400	1500	536	5842	21539	4359
Erzincan	171500	1500	432	6694	24053	6132
Erzurum	200800	3000	576	9227	30910	7864
Eskişehir	655000	6000	816	26405	91410	25695
Kars	85000	1500	347	4252	9770	3785
Kastamonu	253000	3000	479	10615	35055	10496
Kırşehir	270000	3000	462	13975	37304	9950
Malatya	287300	3000	513	11646	36000	11536
Muş	197500	3000	604	9355	28150	7442
Susurluk	320000	7000	643	13224	31600	14740
Turhal	629000	7000	685	31709	71600	26732
Uşak	174600	1500	409	8125	24445	7126
Yozgat	261500	3000	416	10427	37000	9050

EK 6: 2007 Yılı Girdi ve Çıktı Değişkenleri

FABRİKA	İŞLENEN PANCAR (ton)	İŞLEME KAPASİTESİ (ton/gün)	PERSONEL FİİLİ ORT. (adet)	YAKIT MİKTARI (ton)	ÜRETİLEN ŞEKERMİK. (ton)	ÜRETİLEN MELAS MİK. (ton)
Afyon	407500	6000	554	21362	63230	15040
Ağrı	167500	3000	626	8307	21968	6492
Alpullu	143000	4000	486	7051	17600	7016
Ankara	274000	3000	943	10941	37500	12600
Bor	267000	3000	671	11697	37250	9607
Burdur	338000	4800	520	16951	49748	13700
Çarşamba	121000	3000	488	6484	11035	5830
Çorum	332000	6000	472	12461	48320	15021
Elazığ	132000	1500	485	6005	16690	5506
Elbistan	205000	3000	578	9952	26600	7533
Erciş	116200	1500	550	4295	18080	3678
Ereğli	678000	6000	1016	32177	97500	25980
Erzincan	156400	1500	436	6069	22158	5926
Erzurum	214500	3000	574	11678	34656	7928
Eskişehir	582000	6000	788	23906	84342	22178
İlgın	547200	6000	1060	30627	80589	20885
Kars	75200	1500	343	3269	9969	3035
Kastamonu	197500	3000	493	8177	28033	8500
Kırşehir	219000	3000	475	10481	31680	8044
Malatya	213500	3000	495	8579	26850	8176
Muş	180000	3000	603	7347	26760	7440
Susurluk	276000	7000	630	11871	27820	13530
Turhal	546500	7000	664	28524	73125	23345
Uşak	122000	1500	414	5587	17265	5240
Yozgat	191000	3000	441	7573	28300	7070

EK 7: 2008 Yılı Girdi ve Çıktı Değişkenleri

FABRİKA	İŞLENEN PANCAR (ton)	İŞLEME KAPASİTESİ (ton/gün)	PERSONEL FİİLİ ORT. (adet)	YAKIT MİKTARI (ton)	ÜRETİLEN ŞEKERMİK. (ton)	ÜRETİLEN MELAS MİK. (ton)
Afyon	647000	6000	568	33168	98000	25684
Ağrı	150000	3000	648	6584	19329	6012
Alpullu	166500	4000	474	8120	21900	6526
Ankara	336600	3000	980	13040	45250	15520
Bor	310000	3000	527	12998	42430	11500
Burdur	417000	4800	503	20079	63254	17854
Çarşamba	137800	3000	458	7379	14330	6360
Çorum	384500	6000	474	15177	57625	15416
Elazığ	112200	1500	460	5280	14730	5050
Elbistan	202500	3000	575	9672	27820	7374
Erciş	109100	1500	599	3741	16340	3630
Ereğli	1061000	6000	638	57107	151360	39798
Erzincan	163000	1500	430	6446	23463	5579
Erzurum	201000	3000	587	9840	32550	7740
Eskişehir	707500	6000	792	28644	103680	26956
Ilgın	867800	6000	782	44411	127483	31115
Kars	54800	1500	340	2496	7470	2141
Kastamonu	224600	3000	469	10487	31348	9228
Kırşehir	332000	3000	462	17579	48525	13585
Malatya	205600	3000	476	8410	25060	8244
Muş	237000	3000	608	8937	35400	9400
Susurluk	274000	7000	586	11530	27510	13020
Turhal	505800	7000	703	24416	67660	19672
Uşak	140700	1500	416	6360	20650	6030
Yozgat	237000	3000	444	10426	37000	8066

EK 8: 2009 Yılı Girdi ve Çıktı Değişkenleri

FABRİKA	İŞLENEN PANCAR (ton)	İŞLEME KAPASİTESİ (ton/gün)	PERSONEL FİİLİ ORT. (adet)	YAKIT MİKTARI (ton)	ÜRETİLEN ŞEKERMİK. (ton)	ÜRETİLEN MELAS MİK. (ton)
Afyon	701000	6000	521	39745	110000	29980
Ağrı	122500	3000	598	5389	16233	4822
Alpullu	152700	4000	460	7594	16465	6619
Ankara	421000	3000	938	16388	62550	17720
Bor	385500	3000	503	16147	55750	14673
Burdur	434000	4800	496	21694	64835	17248
Çarşamba	95200	3000	408	5306	11176	3974
Çorum	448200	6000	461	17238	69050	19038
Elazığ	71200	1500	462	3382	8870	3130
Elbistan	216000	3000	553	10255	31313	7784
Erciş	138700	1500	569	5161	21485	4510
Ereğli	1238000	6000	620	59286	183570	50352
Erzincan	182000	1500	389	7492	28275	6090
Erzurum	197100	3000	543	9895	32147	6550
Eskişehir	992000	6000	737	38696	152724	37170
İlgın	1012900	6000	732	50436	156100	34163
Kars	21000	1500	326	947	3363	893
Kastamonu	282000	3000	434	11966	42900	10302
Kırşehir	421000	3000	451	19816	59870	18560
Malatya	248200	3000	463	10133	32600	9658
Muş	271800	3000	580	10477	39900	12368
Susurluk	266500	7000	547	11779	27070	13280
Turhal	546000	7000	659	23958	80500	22495
Uşak	121000	1500	385	4898	17950	4345
Yozgat	284500	3000	422	12529	44690	9986

ÖZGEÇMİŞ

Süleyman ÇAKIR, 01.05.1977 tarihinde Rize' de doğmuştur. İlköğretim ve Lise eğitimini Rize' de tamamladı. 2004 yılında Anadolu Üniversitesi İşletme bölümünden mezun oldu. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İktisadi İdari ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. ÇAKIR, 2009 yılından beri Rize Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü Üretim Yönetimi ve Pazarlama Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

ÇAKIR evli olup, İngilizce bilmektedir.