

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ - FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE BAYİ PERFORMANSININ
HESAPLANMASI: OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Serkan YÜRÜŞEN**

Anabilim Dalı : İşletme Mühendisliği

Programı : İşletme Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tijen ERTAY

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ - FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE BAYİ PERFORMANSININ
HESAPLANMASI: OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Serkan YÜRÜŞEN
(507051021)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Mayıs 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Haziran 2011

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Tijen ERTAY (İTÜ)

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Elimhan MAHMUDOV (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL (YTÜ)**

HAZİRAN 2011

Eşime ve aileme,

ÖNSÖZ

Uzun ve zorlu bir süreç olan eğitim-öğretim hayatımın önemli bir mihenk taşı olan İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İşletme Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'nı bu kapsamlı Bitirme Tezi ile sonlandırıyorum. Öncelikle büyük İTÜ ailesinin bir bireyi olarak beni kabul eden okuluma, eğitimim boyunca verdikleri değerli ders, görüş ve önerileri ile İTÜ İşletme Fakültesi İşletme Mühendisliği öğretim görevlilerine tüm samimiyetim ile teşekkürü bir borç bilirim. Bu çalışmayı geliştirmeme ve bitirmeme olan değerli katkıları ile danışmanım Sayın Prof. Dr. Tijen Ertay'a, en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışması boyunca her türlü zorluğu birlikte yaşadığım ve en sıkıntılı anlarda benden desteğini esirgemeyen değerli eşim Melin Yürüşen'e, beni yetiştirip bugünlere getiren ve her zaman destekleyen annem Neşe Yürüşen'e, babam Sami Yürüşen'e ve ağabeyi olmanın gururunu bana yaşatan kardeşim Volkan Yürüşen'e sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, vermiş olduğu eğitim bursu ile bu okulda okumam için bana büyük destek sağlayan TÜBİTAK kurumuna teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2011

Serkan Yürüşen

(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ixx
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Performans	3
2.2 Verimlilik	3
2.3 Etkinlik	4
2.4 Etkinlik Ölçümü	7
2.4.1 Oran analizi	8
2.4.2 Parametrik yöntemler	8
2.4.3 Parametrik olmayan yöntemler	10
2.4.4 Performans ölçüm kriterlerinin karşılaştırılması.....	10
3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)	13
3.1 VZA'nın Yöneylem Araştırmasındaki Yeri	13
3.1.1 Eş grupların kullanımı.....	14
3.1.2 Etkin çalışma uygulamalarının belirlenmesi.....	14
3.1.3 Hedef belirleme	15
3.1.4 Etkin stratejilerin belirlenmesi	15
3.1.5 Zaman boyunca etkinlik değişimlerinin gözlenmesi	15
3.1.6 Kaynak ataması	15
3.2 VZA'nın Kullanılma Nedenleri	16
3.3 Bir Yöntem Olarak VZA	17
3.3.1 VZA aşamaları	18
3.3.1.1 Karar birimlerinin seçimi	18
3.3.1.2 Girdi ve çıktı faktörlerinin seçimi	19
3.3.1.3 Modelin seçimi	20
3.3.1.4 Sonuçların yorumlanması	20
3.4 VZA Modelleri	21
3.4.1 CCR modeli.....	24
3.4.1.1 Girdiye yönelik CCR modeli	24
Girdiye yönelik oransal CCR	24
Girdiye yönelik ağırlıklı CCR	25
Girdiye yönelik zarflama (dual) CCR	26
3.4.1.2 Çıktıya yönelik CCR modeli	28
Çıktıya yönelik oransal CCR	28

Çıktıya yönelik ağırlıklı CCR	29
Çıktıya yönelik zarflama (dual) CCR	30
3.4.1.3 CCR etkinliği	32
3.4.2 BCC modeli.....	32
3.4.2.1 Girdiye yönelik BCC modeli	32
Girdiye yönelik ağırlıklı BCC	33
Girdiye yönelik zarflama (dual) BCC	34
3.4.2.2 Çıktıya yönelik BCC modeli	35
Çıktıya yönelik ağırlıklı BCC	36
Çıktıya yönelik zarflama (dual) BCC	37
3.4.2.3 BCC etkinliği	38
3.4.3 Toplamsal (additive) model	39
3.4.4 Boş değişkenler (slack based) modeli	41
3.4.5 Çarpımsal (multiplication) modeli	42
3.4.6 Ölçeğe göre getiri modelleri.....	42
3.4.6.1 BCC modelinin ölçeğe göre getiri yaklaşımı	43
3.4.6.2 CCR modelinin ölçeğe göre getiri yaklaşımı	46
3.4.7 Karma (hybrid) model	48
3.4.8 Süper etkinlik (super efficiency) modeli	51
3.4.9 Güven bölgesi (assurance region) modeli/yaklaşımı	53
3.4.10 Genelleştirilmiş güven bölgesi (assurance region global) modeli	54
3.4.11 İsteğe Bağlı olmayan (non-discretionary) değişkenler modeli	55
3.4.12 Kategorik değişken (categorical variable) modeli/yaklaşımı.....	57
3.4.13 İstenmeyen değişken (undesirable input and output) modeli.....	58
3.4.14 VZA'da zaman analizi ve malmquist indeksi	59
3.4.14.1 Catch-up (iyileşme) etkisi	60
3.4.14.2 Frontier shift (yenilik) etkisi	61
3.4.14.3 Malquist indeksi	62
3.4.15 Pencere (window) analizi	62
3.5 Literatürde VZA Uygulamaları	64
3.6 VZA Bilgisayar Programları	70
4. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE FAALİYET GÖSTEREN BİR FİRMANIN BAYİLERİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİNE İLİŞKİN VZA UYGULAMASI	71
4.1 Araştırmanın Amacı	71
4.2 Araştırmanın Örneklemi	72
4.3 Araştırma Verilerinin Toplanması.....	72
4.3.1 Girdiler	72
4.3.2 Çıktılar.....	72
4.4 Verilerin Analizi.....	73
4.5 Bulgular	77
4.5.1 Araştırma verilerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	77
4.5.2 2009 ve 2010 dönemlerine ait VZA bulguları	81
5. SONUÇ	91
KAYNAKLAR.....	93

KISALTMALAR

VZA	: Veri Zarflama Analizi
CCR	: Charnes, Cooper ve Rhodes
BCC	: Banker, Charnes ve Cooper
CRS	: Ölçeğe Göre Sabit Getiri
VRS	: Ölçeğe Göre Değişken Getiri
IRS	: Ölçeğe Göre Artan Getiri
DRS	: Ölçeğe Göre Azalan Getiri
ÖYS	: Öğrenci Yerleştirme Sınavı
TFP	: Toplam Faktör Verimliliği
FLP	: Tesis Yerleşim Tasarımı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Etkililik ve etkinlik durumları.	5
Çizelge 2.2 : Performans ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması.....	11
Çizelge 3.1 : VZA modellerinin sınıflandırılması.	21
Çizelge 3.2 : Pencere analizi çizelgesi.....	63
Çizelge 3.3 : VZA kullanılarak yapılmış çalışmalar.	68
Çizelge 4.1 : 2009 yılı verilerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	77
Çizelge 4.2 : 2010 yılı verilerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	78
Çizelge 4.3 : 2009 yılı VZA sonucu bayilerin elde edilen etkinlik değerleri.	81
Çizelge 4.4 : 2009 yılı bayilerin çıktılarına ait artan kapasiteleri.....	82
Çizelge 4.5 : 2009 yılı bayilerin girdilerine ait boş kapasiteleri.....	83
Çizelge 4.6 : 2010 yılı VZA sonucu bayilerin elde edilen etkinlik değerleri.	84
Çizelge 4.7 : 2010 yılı bayilerin çıktılarına ait artan kapasiteleri.....	86
Çizelge 4.8 : 2010 yılı bayilerin girdilerine ait boş kapasiteleri.....	87
Çizelge 4.9 : Bayilerin 2009 ve 2010 yılı etkinlik değerleri.....	88
Çizelge 4.10 : 2009 ve 2010 yılı malquist indeks yöntemiyle VZA sonuçları.....	90

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 : Etkinlik sınırları ve ölçek etkinliği.....	23
Şekil 3.2 : Toplamsal model grafik gösterimi.	40
Şekil 3.3 : Ölçeğe göre getiri.	43
Şekil 3.4 : Ölçeğe göre getiri örneği.....	44
Şekil 3.5 : Catch-up etkisi için etkinlik sınırları.	60
Şekil 4.1 : DEAP başlangıç ekran görüntüsü.....	73
Şekil 4.2 : DEAP veri dosyası ekran görüntüsü.	74
Şekil 4.3 : DEAP sonuç dosyası ekran görüntüsü.	75

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE BAYİ PERFORMANSININ HESAPLANMASI: OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

ÖZET

Yaşadığımız dünya büyük bir hızla gelişerek değişmektedir. Bireylerin ihtiyaçları günden güne artmakta ve daha fazla çeşitlenmektedir. Dolayısıyla insan ihtiyaçlarını karşılamak üzere kurulan örgütlerin sayısı da artmaktadır. Ulaşım ve iletişimin gelişmesiyle mesafeler kısalarak örgütlerin birbiriyle işbirliği yapmalarının kolaylaşmasına olanak sağladığı gibi aynı zamanda pazardaki rekabeti de yoğunlaştırmaktadır. Rekabetçi ortamlarda kaynaklarını en iyi kullanabilen örgütler ancak başarıya ulaşan örgütler olarak bu yoğun rekabet ortamında varolabilmektedirler. Örgütler belirlemiş oldukları hedeflere ulaşabilmek için dış çevresinden temin ettiği kaynakları (girdileri) belirli bir üretim teknolojisiyle yararlanarak mal ve hizmetler biçiminde ürünler (çıktılar) haline getirirler. Örgütün bir zaman dilimindeki performansının değerlendirilmesi, kullandığı girdileri çıktılara dönüştürürken ne kadar mantıklı hareket edildiğinin araştırılmasını kapsar. Örgütler performansını değerlendirirken kullanılan girdilerden en büyük çıktı seviyesi elde edilip edilemediği ya da belirli bir çıktı seviyesine en düşük miktarla ulaşıp ulaşılamadığı, üzerinde durulması konular arasında ilk sırada yer almaktadır. Dolayısıyla ile bu konular hakkında sonuçlar sunan performans değerlendirme çalışmaları örgütler için büyük önem taşımaktadır. Performans değerlendirmede çeşitli yöntemler kullanılabilmektedir. Veri zarflama analizi de bu yöntemlerin en başta gelenlerinden bir tanesidir. Bu çalışmada performans, etkinlik ve verimlilik gibi kavramlara ilişkin genel bilgiler verildikten sonra, bu kavramların günümüz örgütleri için ne derece önem arz ettiğinin bir değerlendirmesi yapılmıştır. Yine ilerleyen bölümlerde sözü edilen kavramların ölçüm ve analiz yollarına ilişkin detaylı bilgi verilerek, bu ölçüm ve analiz yollarından biri olan veri zarflama analizi yöntemi ve bu yöntem kapsamında kullanılan modeller detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Çalışmanın son kısmında, veri zarflama analizi yöntemi kullanılarak otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın bayilerinin performanslarının hesaplamasına ilişkin bir uygulama çalışması gerçekleştirilmiş ve elde edilen verilerin detaylı bir analizi yapılarak sonuçlar paylaşılmıştır.

VENDOR PERFORMANCE CALCULATION WITH DATA ENVELOPE ANALYSES: A CASE STUDY IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

SUMMARY

The world is rapidly developing and changing. Individuals' needs increase and diversify day after day. Therefore, the number of organizations established in order to meet people's needs increases, too. The development of transportation and communication has shortened distances, which not only facilitates the cooperation between organizations, but also intensifies competition in the market. Only the organizations that use their resources most efficiently in competitive environments can reach success and manage to exist in such competitive environments. In order to reach their goals, organizations turn the resources that they obtain from the outside environment (input) into products in the forms of goods and services (output) benefiting from a certain production technology. The performance assessment of an organization in a period includes a review of how rational the process of turning inputs into outputs was carried out. In these performance assessments, issues like whether the highest output level was achieved from the used inputs or whether a certain output level was reached with the lowest amount are among the first to be placed importance. Therefore, performance assessments providing results regarding these issues are of great importance to organizations. Various methods can be employed for performance assessment. Data envelopment analysis is one of the leading methods. After giving some general information about the concepts of performance, activity and efficiency, this study presents an assessment of how important they are to organizations of our day. In the latter parts, after some detailed information regarding measurement and analysis ways of the mentioned concepts, you will find data envelopment analysis method, which is one of these measurement and analysis ways, and models used as part of this method in depth. In the final part of the study, we conducted an application study as regards to performance measurement of dealers of a company operating in automotive industry with the data envelopment analysis method and shared the resulting data after a thorough analysis.

1. GİRİŞ

Yaşadığımız dünya büyük bir hızla gelişerek değişmektedir. Bireylerin ihtiyaçları günden güne artmakta ve daha fazla çeşitlenmektedir. Dolayısıyla insan ihtiyaçlarını karşılamak üzere kurulan örgütlerin sayısı da artmaktadır. Ulaşım ve iletişimin gelişmesiyle mesafeler kısalarak örgütlerin birbiriyle işbirliği yapmalarının kolaylaşmasına olanak sağladığı gibi aynı zamanda pazardaki rekabeti de yoğunlaştırmaktadır. Rekabetçi ortamlarda kaynaklarını en iyi kullanabilen örgütler ancak başarıya ulaşan örgütler olarak bu yoğun rekabet ortamında var olabilmektedirler.

Örgütler belirlemiş oldukları hedeflere ulaşabilmek için dış çevresinden temin ettiği kaynakları (girdileri) belirli bir üretim teknolojisiyle yararlanarak mal ve hizmetler biçiminde çıktılar haline getirirler. Örgütün bir zaman dilimindeki performansının değerlendirilmesi, kullandığı girdileri çıktılara dönüştürürken ne kadar mantıklı hareket edildiğinin araştırılmasını kapsar. Örgütler performansını değerlendirirken kullanılan girdilerden en büyük çıktı seviyesi elde edilip edilemediği ya da belirli bir çıktı seviyesine en düşük miktarla ulaşıp ulaşılamadığı, üzerinde durulması konular arasında ilk sırada yer almaktadır.

Ekonomi ve endüstri dünyasının gelişimi ile örgütler günümüzde birbirleriyle büyük ve zorlu bir yarış halindedirler. Yöneticiler, yeni rakipler kimlerdir, daha başkaları çıkabilir mi, rakiplerin performans düzeyleri nedir, gelecekte nasıl bir performans düzeyleri göstereceklerdir, bunlar karşısında performansımız ne olmalıdır gibi sorularla karşı karşıya kalmışlardır. Bu açıdan performans değerlendirme çalışmaları örgütler için önem taşımaktadır. Performans değerlendirmede çeşitli yöntemler kullanılabilmektedir. Veri zarflama analizi (VZA) da bu yöntemlerden bir tanesidir. Bu çalışmada VZA ile ilgili detaylı bilgi verilemeden önce performans, etkinlik ve verimlilik gibi kavramlara ilişkin genel bilgiler verildikten sonra, bu kavramların günümüz örgütleri için ne derece önem arz ettiğinin bir değerlendirmesi yapılmıştır.

Yine ilerleyen bölümlerde sözü edilen kavramların ölçüm ve analiz yollarına ilişkin detaylı bilgi verilerek, bu ölçüm ve analiz yollarından biri olan VZA yöntemi üzerinde durulmuştur. VZA'nın nasıl bir model olduğu, matematiksel temelleri, uygulama adımları ve modelleri açıklanmıştır. Çalışmanın son kısmında, VZA yöntemi kullanılarak bir uygulama çalışması gerçekleştirilmiş ve sonuçları detaylı bir analiz yapılarak paylaşılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Çalışmanın başlangıç aşamasında performans verimlilik, etkinlik ve etkinlik ölçümü gibi kavramları açıklamak faydalı olacaktır.

2.1 Performans

Amaca yönelik planlanmış etkinliklerin nicel (miktar) ve nitel (kalite) sonucudur. Bir başka deyişle performans, şirketin, bireyin ve grubun amaçladıkları hedeflere ne derecede ulaşabildikleri ve neyi gerçekleştirebildikleridir (Karasoy, 2000). İşletmenin amacı, yaptığı iş kapsamında yer alan girdilerle (çalışanların ve kaynakların), hedeflediği çıktıyı oluşturacak en uygun sistemi kurulmasıdır. Performans sonuçlarına göre yöneticiler gerekirse iş ve iş yapış yöntemlerine ilişkin kararlarında değişiklikler yapmalıdır. Verimlilik, etkililik ve etkinlik kavramları performans kavramları ile ele alınmaktadır. Performans ölçümlerinde etkinlik ve verimlilik ölçüm metodlarının kullanılması gerekmektedir. Performans ölçümünde kullanılan metodlar oran analizi, parametrik ve parametrik olmayan yöntemler şeklinde üç kısımdan oluşur (Yolalan, 1993).

2.2 Verimlilik

Verimlilik üretilen mal ve hizmet miktarı ile bu mal ve hizmet miktarının üretilmesinde kullanılan girdiler arasındaki oran olarak ifade edilir. Her bir faktörün ayrı ayrı verimliliğin ölçülmesi üretim unsurları ile ilgili olan birden fazla faktörün birleştirilmesini gerektirir. Verimlilik en kısa tanımıyla, işletmenin hasılasının girdiler toplamının oranıdır. Bir işletmenin ürettiği mal ve hizmetlerin miktarı ile üretimde kullandıkları girdi miktarları arasındaki ilişkidir. Bir diğer anlamı ise, insanların ihtiyaçları için üretilen ve evrende sınırlı sayıda bulunan üretim kaynaklarının etkinliğinin bir ölçüsüdür. Verimlilik, üretim miktarı ile üretim faktörleri arasındaki orandır (Doğan, 1984). En çok çıktı ile en az kaynak kullanılarak bir işletmenin verimliliği saplanmış olur. Verimliliğin formülasyonu aşağıda gösterilmiştir (2.1).

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} \quad (2.1)$$

Yalnızca bir girdi ve çıktı ile formüle edilen verimlilik, girdi ve çıktıların birden fazla olması durumunda bu girdi ve çıktıların tek bir oranı vermesi ve bunların birleştirilmesi gerekmektedir. Bu durumda verimlilik formülü aşağıda gösterildiği gibidir (2.2).

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktıların ağırlıklı toplamı}}{\text{Girdilerin ağırlıklı toplamı}} \quad (2.2)$$

Toplam faktör verimliliği de toplam çıktıların toplam girdilere oranıdır. İşletmelerin verimliliği her bir girdi faktörüne göre toplam faktör verimliliği oranına ilişkin trendin bakılmasıyla kontrol edilmektedir (Sabuncuoğlu ve Tokol, 2001). Faktör verimliliğinde, Malmquist, Laspeyres, Tornqvist Pashe, Fisher ve endeksleri en çok kullanılanlar arasında sayılabilir. Toplam faktör verimliliğinin formülasyonu aşağıda verilmiştir (2.3).

$$\text{TFP}_{t_1 t_2} = \frac{\sum_{i=1}^N p_{it2} q_{it2}}{\sum_{i=1}^N p_{it1} q_{it1}} \quad (2.3)$$

TFP: Total Factor Productivity (Toplam Faktör Verimliliği) endeksi,

N: Çıktı sayısı

t_1, t_2 : Zaman dilimleri

p: Çıktı fiyatları

q: Çıktı miktarı

2.3 Etkinlik

Üretim biriminin etkinliği girdi ve çıktıların gözlenen verilerin optimum değerlere oranırken hedefi ise optimum düzeye ulaşmaktır. Gözlemlenen verilerin optimum düzeyi ile karşılaştırılması, belirli girdi seviyesinde mümkün olan maksimum çıktı ile belirli çıktı seviyesinde mümkün olan minimum girdi ile mümkündür (Lovell, 1993). Bu tanım mühendislikteki etkinlik kavramıyla da aynıdır. Örneğin yanma olayında etkinlik “belirli bir yakıtın yanmasıyla ortaya çıkan ısı miktarının, aynı yakıttan elde edilebilecek maksimum ısı miktarına oranı” olarak tanımlanır.

Uygulamada, gözlemlenen değerlerin karşılaştırılacağı optimum değerlerin yerini, potansiyel olarak elde edilebilecek “en iyi” değerler alır. İşletme üretimi ve faktörleri için hazırlanan programların gerçekleştirilme durumları etkinlik olarak ifade edilir. Çalışma ve yeterlilik dereceleri şeklinde ifade edilen etkinlik, amaçların gerçekleştirilmesi için uygun araçların seçilmesini gerektirir. Yönetim de bu şekilde gerçekleştirilmeye çalışılan amaçların hedeflerin yerinde ve doğru araçlarla yapıldığını gösterir. Etkinlik, işletmelerin başarısının ana ölçütlerinden biri olmuştur (Dinçer ve Fidan, 1996). Etkililik ise Lawlor’ın deyişiyle, çıktıların elde edilmesi için kullanılan hammadde, fayda, hizmetler, malzeme, işçilik gibi kaynakların etken kullanılma miktarlarını anlatır. Etkililik ve etkinlik durumları aşağıda Çizelge 2.1’de gösterilmiştir (Baş ve Artar, 1990). Görüldüğü gibi her iki kavram da performans ile ilişkilidir. Çizelgeden görüleceği gibi yüksek performansın koşulu yüksek etkinlik değerine sahip olmaktır.

Çizelge 2.1 : Etkililik ve etkinlik durumları.

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

Çıktı hedefi, yeni performans kriterlerinin gerçekleştirilmesi ve kısıtlamalar sonucu uygun potansiyel etkinlik kavramını oluşturur. Bu bağlamda etkinliğin örgütsel olarak iki aşaması vardır (Baş ve Artar, 1990). Buna göre ilk olarak hem içsel hem de dışsal kısıtlamalar ortadan kaldırılırsa, ideal potansiyelin hedef olarak alınması mümkün olur. Burada firmalar erişilmez gibi görünen hedefleri benimsemeli ve onlara ulaşmaya çalışmalıdırlar. Bu aşamada örgütler daha çok “başka ne yapılabilir?” sorusunda odaklanılmaktadır. İkinci olarak ise daha iyi bir örgütlenme daha yüksek performans standartlarına ulaşılması aşaması tanımlanabilir. Burada hedef, kullanılan kaynakların tam kapasitede kullanılmasıdır. Başka bir deyişle burada söz konusu olan “kaynak mevcudiyetindeki yetersizlik, istem düzeyindeki

düşüklük gibi kısıtlamalar altında bile gerçekten çalışarak daha iyi olunabilir mi?” sorusuna olumlu yanıt verme çabasıdır. Etkinliğin formülasyonu aşağıda gösterilmiştir (2.4).

$$\theta_j = \frac{\sum_r^s = 1 U_r Y_{rj}}{\sum_i^m = 1 V_i X_{ij}} = \frac{U_1 Y_{1j} + U_2 Y_{2j} + \dots + U_s Y_{sj}}{V_1 X_{1j} + V_2 X_{2j} + \dots + V_m X_{mj}} \quad (2.4)$$

θ_j : j biriminin etkinliği

j: Karar birimi

n: Karar birimi sayısı

m: Bir birimin ürettiği girdi sayısı (i=1,...,m)

s: Bir birimin ürettiği çıktı sayısı (r=1,...,s)

y_{rj} : j biriminin r çıktısının miktarı (r=1,...,s; j=1,...,n)

u_r : r çıktısının ağırlığı (r=1,...,s)

x_{ij} : j biriminin i girdisinin miktarı (i=1,...,m; j=1,...,n)

v_i : i girdisinin ağırlığı (i=1,...,m)

Etkinlik oranının 1 değerinin altında seyretmesi, faaliyet oranının tam olarak gerçekleşmediğini gösterir. Etkinlik değeri 1’e ulaştığı zaman hedeflere ulaşılmaktadır. Eğer bu oran 1 değerini aşarsa faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde hedeflerin üzerinde bir performans gösterildiği anlaşılmaktadır (Baş ve Artar, 1991). Bu oran, diğer birimlerle karşılaştırılarak 0 ile 1 arasında değerler alacak biçimde normalize edilir.

Bu başlangıç aşamasında dahi üzerinde düşünülmesi gereken üç nokta ortaya çıkmaktadır: Analizde kaç tane ve hangi girdiler/çıktılar kullanılacaktır? Tek bir orana indirgeme sürecinde bu girdi ve çıktıların ağırlıkları ne olacaktır? Üretim biriminin mümkün olan en iyi potansiyeli nasıl belirlenecektir? İşletmelerin rekabet mücadelesini başarıyla gerçekleştirmek için verimliliklerini arttırmaları gerekmektedir. Bu bağlamda etkinlik, girdi miktarlarını arttırmadan maksimum çıktı miktarı ulaşmak olarak tanımlanır. Etkinlik ise, belirlenmiş amaçların gerçekleştirilme düzeyidir. Etkinlik mevcut kaynakların kullanımı ile ilgilidir. Bu iki kavram verimlilik ile ilişkilidir. Bu kavramların merkezinde yer alan verimlilik ise, kısıtlı kaynaklarla kaliteyi arttırmak olarak açıklanabilir (Uluç, 2003).

2.4 Etkinlik Ölçümü

Etkinlik ölçümü, rekabet ortamı içinde işletmelerin hangi konumda olduklarını, mevcut girdilerden en iyi çıktının nasıl sağlanacağını göstermektedir. Bu yüzden etkinlik ölçümü işletmeler için önemlidir ve performans ölçümlerinde kullanılmaktadırlar (Yolalan, 1993). Performans ölçümü; ürünlerin, hizmetlerin veya işlemlerin yerine getirilmesinde, görevlerin nasıl gerçekleştiğinin bir program dahilinde tarafsız olarak ölçülmesi yöntemidir.

21. yy'da işletmelerin mükemmeli arayış çalışmaları hız kesmeden sürmekte, organizasyon yapıları ve yönetim şekilleri değişimler göstermektedir. Hızlı değişime ayak uydurabilmek için ve gelecekte hangi konumda olacaklarını tahmin edebilmek için performans ölçümü ve değerlendirmesi bütün işletmelerde önem kazanmıştır. (Berk vd., 2004). Modern etkinlik ölçümünü başlatan Farell (1957)'e göre, işletme için etkinliğin iki bileşeni vardır. Teknik etkinlik ve tahsis etkinliktir. Teknik etkinlik belirli miktarda girdi kullanarak mümkün olan en çok çıktıyı kullanmak, tahsis etkinlik maliyetleri de dikkate alarak en uygun girdiyi kullanma becerisidir. Bu iki kavram birleştirildiğinde ekonomik etkinlik elde edilir (Karacabey, 2001).

Etkinlik ölçümü, hedeflenmiş sonuçlara göre kaynakların belli bir zaman diliminde ve biçiminde gerçekleştirilen sonuçlardır. Ölçüm sonuçları ile hedeflenen sonuçlar karşılaştığında etkinliğin olduğu, karşılaşmadığı zaman etkinliğin olmadığı anlaşılmaktadır. Yapılacak olan analiz, ölçüm sonuçlarının hedeflenen sonuçlara ne kadar yaklaştığını görmektir. Göreli etkinlik kavramı ise işletmede bulunan karar birimlerinin hedeflenen sonuçları gerçekleştirmedeki başarılarını ve birbirleriyle kıyaslamayı ifade etmektedir (Behdioğlu ve Özcan, 2009).

Girdileri çıktılarına dönüştürmeyi başaran işletmelerin karar birimleri amaçlarını en iyi şekilde gerçekleştirdikleri ve performanslarını etkin şekilde kullandıkları görülmektedir. İşte bu nokta da işletmelerin karar birimlerinin performansları değerlendirilirken girdilerden ne kadar çıktı sağlandığı, çıktıların maksimize, girdilerinde minimize edilip edilmediğine bakılmalıdır. Oranların özel sektörde performans değerlendirilmesinde kullanılması onların basit ve kolay hesaplanabilir olmasından kaynaklanmaktadır. En çok kullanılan oran ise finansal oranlardır.

İşletme yöneticileri, performans değerlendirmesi sonucunda elde edilen bilgiler olmadan işletmenin geleceğine yönelik kararlar vermemelidir (Tetik, 2003). Etkinlik değerlendirmesi, rekabet ortamı içerisinde işletmeye, hangi konumda olduğunu belirlemesine imkan vermekte ve eldeki girdilerden nasıl daha fazla çıktı üretebileceğini göstermektedir (Titiz, Demir ve Onat, 2007). Performans ölçümü bir amaç olarak değil, karar alma aşamasında güvenilir bilginin edinilmesinde kullanılan bir yöntemdir (Gülcü ve diğ, 2005). Performans ölçümünde verimlilik ve etkinlik ölçüm yöntemlerini kullanmak gerekmektedir. İşletmelerin performanslarını ölçerken kullandıkları temel analiz yöntemleri üçe ayrılır. Bunlar oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler olarak isimlendirilmişlerdir (Yolalan, 1993).

2.4.1 Oran analizi

Sıklıkla kullanılan verimlilik ve etkinlik ölçme yöntemi olan oran analizi, birden fazla girdinin ve çıktının olduğu durumlarda kullanılmaması gerekir. Çünkü oran analizi tek bir çıktının tek bir girdiye oranı şeklinde formüle edilmektedir. Tüm ve girdilerin ve çıktıların tek birim altında yazılmadığı durumlarda bu girdiler ve çıktılar ayrı ayrı değerlendirilmek zorundadır. Bu analiz, performans faktörlerden sadece bir tanesini ele alırken diğer faktörleri göz ardı etmektedir. Örneğin, finansal analizlerde kullanılan oranlar (mali, faaliyet, karlılık vs.) o yıldaki faaliyetlerin ilgili oran bazında hesaplama yapılabilir (Yeşilyurt ve Alan, 2003). Hesaplanması basit ve sade oluşu sebebiyle ve tek girdili ve tek çıktılı durumlar için kullanılan en uygun performans ölçüm yöntemidir. Ancak oran analizi göreceli de olsa girdi ve çıktıların birbirine bölünmesiyle elde edilir. Sadece performans iyileştirilmesi için durum belirlenir (Gülcü ve diğ, 2005).

2.4.2 Parametrik yöntemler

Oran analizinin kullanılamayacağı çok girdinin ve çıktının olduğu durumlarda geliştirilen bir diğer verimlilik ölçüm tekniği, parametrik yöntemlerdir. Oran analizi ile, işletmenin kısıtlı bir yönünün veya işlevsel yönlerinin detayları ile ilgili verimlilik sonuçları elde edilmektedir. Bileşik birimlerin toplam verimliliği mikro ölçekli bu değerlendirmeleri etkisiz kılmaktadır. Parametrik yöntemler ağırlıklı olarak performans ölçümlerinde regresyon analizinden yararlanmaktadırlar.

Basit ve çoklu olmak üzere iki farklı şekilde kullanılabilen regresyon analizi teknikleri, etkinliklerin hesap edilmesinde sebep sonuç ilişkilerine dayanan matematiksel modellemelerdir. Parametrik etkinlik ölçüm yöntemlerinden olan regresyon analizi, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin nedensel yapısını belirlemeye yönelik bir yöntemdir. Regresyon analizinde bağımsız (açıklayan) değişken ile bağımlı (açıklanan) değişken arasındaki nedensel ilişkinin, kuramsal olarak var olması ve değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısının bilinmesi gerekmektedir. Basit regresyon analizi, Y bağımlı değişkeni ile x bağımsız değişkeni arasındaki bağıntıyı $Y = ax + b$ biçiminde ifade eden modeli bulmak ve bu modelde yer alan a ve b katsayılarının önemliliğini test etmektedir. Çoklu regresyon analizinde ise bir bağımlı değişken ve birden çok bağımsız değişken bulunmakta ve bu regresyon analizinde $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_nx_n + e_n$; $p = 1, 2, \dots, n$ şeklindeki bir matematiksel modelle formülize edilmektedir. Bu modelde sabit terim “a” ve regresyon katsayıları “ $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ ” bilinmeyen ana kütle parametreleridir. Son olarak e_n ise rassal bir değişkendir (Demir, 2004).

Tek girdi ve çıktıyla hesaplama yapılan oran analizine göre birden fazla değişkenle değerlendirme yapılan ve oran analizine göre daha kapsamlı olan regresyon analizinin üç sakıncası bulunmaktadır. Birincisi, tek bir fonksiyonla birden çok bağımsız (girdi) değişkene bağlı bir tane bağımlı (çıktı) değişkenin analizinin yapılmasıdır. İkincisi, regresyon analizi en iyi performansa göre verimlilik analizi yerine ortalama performansa göre göreceli performansı ölçmektedir. Bu ise, en iyi karar birimlerinin performansının iyileştirilmesine imkan tanımaz ve ortalamaya yakın bir sonuç elde edilir. Bu durum, performansı ortalama performans olarak kabul etmek demektir. Hiç şüphesiz bunun da akılcı ve yeterli bir yöntem olduğu söylenemez. Üçüncüsü ise, regresyon analizi, bir eşitlikte bulunan çıktılarla girdilerin nasıl ilişkilendirildiğine ilişkin parametrik bir fonksiyonunu tanımlamakta ve verimsiz birimleri tanımlayamamaktadır. Özellikle yapısal üretim fonksiyonunun tanımlanmasının güç olduğu örgütlerde regresyon analizi performans ölçümünde oldukça yetersiz kalmaktadır. İşletmelerin verimlilik ölçüm çalışmalarında parametrik yöntemler kullanılmaktadır fakat parametrik yöntemlerle gerek kavramsal olarak gerekse matematiksel olarak çok faktörlü bir performans ölçütü elde edilememektedir.

2.4.3 Parametrik olmayan yöntemler

Parametrik yöntemlere bir alternatif olarak ortaya çıkan parametrik olmayan yöntemler, parametrik yöntemlere göre daha esnektirler. Çünkü üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmezler. Ayrıca birçok girdinin ve birçok çıktının olduğu üretim ortamlarında performans ölçümü için oldukça uygun bir yapıya sahiptirler (Yolalan, 1993). Oransal yaklaşımlarda verimlilik ölçümünün sorunlarından biri, birden fazla girdi ve çıktı içeren durumlarda değerlendirmenin olmayışdır. Verimliliğin faktörlerinden biri olan etkinlik, üretimde önemli bir kavramdır. Etkinlik, kullanılan girdinin, birtakım tekniklerle saptanmış standartlarla karşılaştırılması yoluyla bulunan bir göstergedir. Bunun yanında girdilerin ne derece iyi kullanıldığının ölçüsünü de verir.

Parametrik olmayan yöntemlerde bazı sınırlılıklar vardır. Parametresi olmayan etkinlik ölçütlerinin veri tabanına karşı son derece duyarlı olmalarıdır. Bu nedenle girdi ve çıktı verilerinin ortaya çıkacak hatalardan uzak tutulması gerekmektedir. Ayrıca belirlenmiş girdi ve çıktı bileşenlerinin üretim dönüşümünü iyi bir şekilde temsil edemediği durumlarda etkinlik ölçümü başarısız olmaktadır (Yolalan,1993). Parametresi olmayan etkinlik ölçüm yöntemlerinin büyük çoğunluğu girdi ve çıktı ölçüm birimlerinden bağımsızdırlar. Bu özellikleri ile de, ölçümü yapılan örgüt ya da işletmelerin değişik boyutlarının aynı anda ölçülebilmeye olanak tanımaktadırlar. Bu ölçütler her bir karar verme birimi (KVB) için göreceli etkinliği hesaplarken amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı en iyiler ve her KVB için en uygun amaç kümesini belirlerler (Yeşilyut ve Alan, 2003). VZA, parametrik olmayan yöntemler arasında en sık kullanılan analiz yöntemidir ve çalışmanın ilerleyen bölümlerinde detaylı bir şekilde ele alınarak incelenecektir.

2.4.4 Performans ölçüm kriterlerinin karşılaştırılması

Her bir performans ölçüm modelinin uygulanacağı ve yararlı çözümler sunabileceği birimler ve bu birimlerin oluşturduğu çevreler vardır. Önemli olan ölçülmek istenen amaca uygun olan modelin seçilmesi ve analizin bu model kullanılarak yapılmasıdır. Performans ölçüm modellerinin nasıl kullanılacağına bilinmesi sağlıklı sonuç almak açısından önemlidir. Modeller arasındaki temel farklılıkları anlamak bu bakımdan önemlidir (Kıran, 2008). Besen 1994 yılındaki çalışmasında sözü edilen modeller

arasında temel farklılıkları oldukça kolay anlaşılır bir şekilde, Çizelge 2.2’de gösterildiği gibi tanımlamıştır.

Çizelge 2.2 : Performans ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması.

	Oran Analizi	Parametrelili Yöntemler	Parametrelili Yöntemler
Çözüm Tekniği	Oranlamalar	Regresyon	Matematiksel Programlama
İçerik	Tek Girdi/Tek Çıktı	Çok Girdi/Tek Çıktı	Çok Girdi/Çok Çıktı
Veri Temini	Basit Kolay	Basit	Detaylı
Uygulama	Kolay	Kolay	Kolay (Detaylı)
Performans Ölçümüne Uygunluk	Kısıtlı	Kısıtlı	Geniş

Tablodan da görüleceği gibi parametrik olmayan yöntemlerin veri temininin oran analizi ve parametrik yöntemlere göre daha detaylı olması, uygulamasının da bu modellere nazaran çok daha detaylı olmasına neden olmaktadır. İçeriğinde sahip olduğu çok girdi ve çok çıktı oranlaması da parametrik olmayan yöntemlerin performans ölçümüne tam anlamıyla uygun olduklarını ifade etmektedir. Farklı çözüm teknikleri kullanılan bu yöntemlerde detaylı bilgi verdikleri ve uygulaması da sunduğu oldukça kapsamlı bilgilerin varlığına rağmen basit olduğu için genel olarak performans ölçümlerinde parametrik olmayan yöntemler tercih edilmektedir.

3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)

Parametresiz ve doğrusal programlama tabanlı bir yöntem olan VZA, etkinlik analizi için kullanılan, kar amacı olan veya olmayan işletmeler ve kuruluşların (karar birimlerinin) göreceli etkinliğini ölçmeye yararmaktadır. Bu yaklaşımda farklı karar birimlerinin farklı üretim fonksiyonları olabileceği düşünülmelidir. VZA, aynı girdiyi kullanarak aynı çıktıyı üreten homojen üreticilerin etkinliklerini değerlendirirken, her birimi en verimli birim veya birimlerle karşılaştırır. Bu bakımdan, diğer yaklaşımlara göre etkinlik ölçümünde VZA yönteminin kullanılması daha avantajlıdır.

VZA benzer türden karar birimlerinin etkinliklerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Analize konu olacak karar birimlerinin aynı hedefe için, benzer faaliyetlerde bulunması, aynı pazar şartlarında çalışması ve gruptaki bütün birimlerin verimliliklerini ölçen etmenlerin yoğunluk ve büyüklüklerindeki farklılıklar hariç, aynı olması şartı aranır (Karsak ve Firuzan, 2000). Aynı girdilerin kullanılması, aynı çıktıların üretilmesi aynı tip üreticilerin verimliliğinin değerlendirmesi için VZA kullanılır. Herhangi bir istatistiksel yöntem, merkezi eğilim yaklaşımıyla üreticileri ortalama bir üreticiye göre değerlendirirken VZA tekniği, her bir üreticiyi yalnızca “en iyi” üreticilerle karşılaştırır (Aydemir, 2002).

3.1 VZA’nın Yöneylem Araştırmasındaki Yeri

Farrel 1957’te performans etkinliği çalışmasında ilk kez yöneylem araştırmasında önemli yeri bulunan temel programlama türlerinden biri olan doğrusal programlama temeline dayanan ve bir etkinlik ölçümü olan veri zarflama analizini ele almıştır. Parametrik olmayan yaklaşımdaki daha sonraki tüm gelişmeler için bu çalışmadan yola çıkarak 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) tarafından ortaya konulan araştırma etkinliğinin değerlendirilmesi bir temel olmuştur (Esenbel ve ark., 2001).

CCR yaklaşımı olarak bilinen bu çalışma daha sonraki dönemler içerisinde gelişme göstererek yöneylem araştırmasının temel metodlarından biri olmuş ve idari çevrelerden başlayarak ekonomi alanına da yayılarak, veri zarflama adı altında popülerlik kazanmıştır (Altun, 2006).

Benzer karar birimlerinin performanslarını/etkinliklerini değerlendirmeye yönelik olan VZA metodu, son yıllarda yöneylem araştırması ve yönetim bilimlerinde çok yaygın olarak kullanılan bir metottur. İlk başta, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında toplam etkinliğin ölçümünde kullanılan VZA yaklaşımı daha sonraları bazı değişikliklerle ölçeğe göre getirinin sabit olmadığı durumlarda ölçek ve teknik etkinliklerin ayrı ayrı ölçülmesine imkân sağlar duruma gelmiştir (Yolalan, 1993).

Banker, Charnes ve Cooper, 1987 yılında ölçek etkinliğini ve teknik etkinliği belirlemek için BCC (Banker, Charnes, Cooper) modelini geliştirmişlerdir. BCC modeli, CCR modelinin ölçeğe göre sabit getiri varsayımını esnek hale getirmektedir. Bu model, çoklu çıktı ve çoklu girdi durumunda karar vericinin ölçeğe göre değişken ya da sabit getiri varsayımı altında araştırmasıdır (Yun vd., 2004). Son yıllarda VZA modelleri yönetim biliminde ve yöneylem araştırması uygulamalarında çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. VZA'nın kullanılabileceği bazı konular aşağıda sıralanmıştır (Baysal, 1999).

3.1.1 Eş grupların kullanımı

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

3.1.2 Etkin çalışma uygulamalarının belirlenmesi

Etkin çalışma uygulamalarının belirlenmesi sağlar. Karar birimi için referans alınacak etkin karar birimleri kümesi belirler. Böylelikle etkinliği düşük olan karar birimi etkin karar biriminin iş yapış metodlarını ve uygulamalarını inceleyerek kendisi için çıkarımlar elde edebilir. Etkin olmayan karar birimleri için etkinliğe ulaşmalarını sağlayacak referans değerler sunar. Bu değerlere ulaşmak için alması gereken aksiyonları ve yapması gereken iyileştirmeleri belirler.

3.1.3 Hedef belirleme

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

3.1.4 Etkin stratejilerin belirlenmesi

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

3.1.5 Zaman boyunca etkinlik değişimlerinin gözlenmesi

VZA ile bir karar biriminin belirli bir zaman periyodu süresince takip edilen periyodlardaki etkinliğini incelemek, bu periyodlardaki etkinlerini karşılaştırmak ve etkinlik değişimlerine ilişkin çıkarımlarda bulunmak mümkündür. Örneğin düzenli olarak izlenen ve etkinliği saptanmış bir firmanın daha sonraki dönemlerde etkinliğini yitirebildiği ve referans olma özelliğini kaybettiği görülebilir. Ekonimik verilerle birlikte analizler gerçekleştirilerek, değişimin gerisinde yatan neden ve sebepler meydana çıkarılabilir.

3.1.6 Kaynak ataması

VZA, görelî etkin ve etkin olmayan birimleri belirlediği gibi etkin olmayan birimler için kaynak koruma ve/veya çıktı artırma potansiyelleri için tahminler verir. Bunların ikisi de yöntemi, kaynakların birimlere atanması için uygun kılar. Görelî etkin ve etkin olmayan birimlerin belirlenmesi kaynakların prensipte hangi yönde transfer edilmeleri hakkında ilk işareti verir.

Tüm bu kullanım alanlarına rağmen ülkemizde VZA yönteminin uygulama alanının yeterince gelişmemiştir. Çünkü yöntemin karmaşık görünümü ve uygulamada kullanılacak veri setlerine ulaşmanın güç olmasıdır. Veri zarflama analizinin dünyada kullanımı yaygın olmasına rağmen, ülkemizdeki çalışmaları genellikle ekonomi ve yöneylem araştırması kongrelerinde sunulan bildirilerle ve sadece sağlık ve bankacılık alanlarında yoğunlaşan uygulamaları ile sınırlı kalmıştır.

3.2 VZA'nın Kullanılma Nedenleri

VZA ilk kez, Farrell' in 1957 yılında ortaya koyduğu çalışmadan yola çıkarak 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından European Journal of Operation Research dergisinde yayınlanan ve literatürde CCR modeli olarak bilinen çalışma ile başlamaktadır. Zaman içerisinde, firmalarının performans analizi için de bu modeli kullanmak isteyen yöneticiler, ekonomik verilerle ilgili analizler gerçekleştirmek isteyen ekonomistler ve çalıştıkları firmalarda süreçlerin etkinliğini ölçmek mühendisler tarafından tercih edilen popüler bir metoda dönüşen veri zarflama analizinin, aşağıda tanımlandığı gibi üç temel özelliği bulunmaktadır (Bakırcı, 2006):

- VZA, soyut istatistiksel modelleri, atık değer ve sınır katsayılarının analizinde doğrudan ve alternatif yaklaşımların üstesinden gelebilecek güçtedir.
- VZA, karar birimleri arasında minimum girdi kullanarak maksimum çıktı elde edebilen veya etkinlik sınırını oluşturan karar birimi belirlenerek her bir durumunu nispi etkinlik skoru halinde özet olarak vermektedir.
- VZA ile belirlenen etkinlik sınırı referans alınarak, etkin olmayan birimlerin sınıra uzaklıkları veya etkinsizlik düzeyleri belirlenir ve karar birimler en iyi uygulamaları referans alarak kendi durumlarını iyileştirecek projeksiyonlar geliştirebilirler.

Verimli ve verimsiz ayırımının dışında VZA, her bir karar birimine ilişkin tam verimlilik için hangi girdi değişkeninden ne miktarda azaltma ve hangi çıktı değişkeninden ne miktarda artış yapılması gerektiğine ilişkin örgütsel amaçların planlaması ve kontrolünü yapan yönetsel veri sağlayan bir araç olduğu kadar (Şahin, 1998) aşağıda belirtilen amaçlara yönelik olarak da uygulanabilir (Uygur, 2002).

- Karşılaştırılan birimlerin her biri için girdi-çıktı boyutlarından herhangi birinde göreceli etkinsizliğin kaynaklarının ve miktarlarının belirlenmesi.
- Etkinliğe göre birimlerin sınıflandırılması.
- Karşılaştırılan birimlerin yönetimlerinin değerlendirilmesi.

- Birimlerin kontrolleri dışındaki program ve politikaların verimliliklerini değerlendirmek ve program etkinsizliği ile yönetsel etkinsizliğinin birbirinden ayırt edilmesi.
- Değerlendirme altındaki birimler için kaynakların yeniden atanması amacıyla niceliksel bir temel oluşturulması (bu yeniden atama politikalarının genel amacı, sınırlı kaynakları, istenilen çıktıları üretmekte daha etkin kullanılabilecek birimler arasında değişmektedir).
- Birimler arasındaki karşılaştırılan ile doğrudan doğruya ilişkili olmayan amaçlar için etkin birimlerin ya da etkin girdi-çıkıtı ilişkilerinin belirlenmesi.
- Spesifik girdi-çıkıtı ilişkileri için yürürlükte standartların gerçekleşen performansa göre incelenmesi ve gözden geçirilmesi.
- Önceki çalışmalardaki sonuçların karşılaştırılması.

3.3 Bir Yöntem olarak VZA

VZA, benzer girdiler kullanarak çıktı oluşturmak için ya da çıktılar ortaya koymakla sorumlu karar noktalarının göreceli etkinliklerini değerlendirmek için kullanılan ve doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. VZA'yı benzer amaçlı diğer yöntemlerden ayıran temel özellik, çok sayıda girdi ve çıktının olduğu durumlarda değerlendirme yapılabilmesidir. Analiz sonucunda, her karar noktasının etkinlik değeri, etkin olmayan karar noktalarının hangi girdi ve çıktı oranlarında etkinliklerinin nasıl arttırılabileceği senaryolar ve referans olarak kullanılabilecek karar noktalarına ilişkin bilgilere ulaşılır (Banker, 1992).

VZA, ürettikleri mal veya hizmet açısından birbirlerine benzer ekonomik karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacı ile geliştirilmiş olan parametresiz bir etkinlik yöntemidir (Banker, 1992). İlk başta kar amacı gütmeyen kurumların (hastane, silahlı kuvvetler, üniversite vb.) karşılaştırmalı etkinliğinin ölçülmesini hedefleyen bu yöntem, daha sonraları AR-GE projelerinde, çok uluslu ya da çok şubeli şirketlerin göreceli performanslarının ölçümünde ve sonunda kar amaçlı üretim ve hizmet sektörlerinde de işletmeler arası göreceli etkinliğin ölçümünde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Bozdağ ve ark., 2001).

Parametrik olmayan veri zarflama analizi, değerlendirmeye alınan tüm karar birimleri için bir etkinlik skoru hesaplamaktadır. Bu etkinlik skoru genellikle, ya 0 ile 1 arasında bir sayı ya da yüzdelik bir değer olarak ifade edilir. Herhangi bir karar birimi için etkinlik skoru 1'den küçükse bu birim göreceli olarak diğer karar birimlerine göre etkisiz sayılır. Temel veri zarflama analizi, incelemeye alınan tüm karar birimleri arasında en etkin karar biriminin belirlenmesine yöneliktir. En etkin karar birimi, “pareto etkin birim” olarak adlandırılır ve diğer tüm birimler için referans olarak düşünülür. Pareto etkin olmayan etkinlik birim skorunun büyüklüğü, pareto etkin karar biriminin, pareto etkin karar birimine bölünmesi ile hesaplanır. Veri zarflama analizi modelinde etkin olan karar birimleri etkin bir sınır oluşturur, etkin olmayan birimler ise (daha düşük etkinlik skoruna sahip olanlar) bu sınırın üzerinde yer almamaktadır ve etkin olmayan bu birimler için çözüm önerileri geliştirilmektedir.

3.3.1 VZA aşamaları

VZA’da izlenmesi gereken adımlar sırası ile aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir.

3.3.1.1 Karar birimlerinin seçimi

Analize konu olacak karar birimlerinin aynı hedefe yönelik benzer işlevleri gerçekleştirmesi, aynı pazar şartlarında çalışması ve gruptaki bütün birimlerin verimliliklerini gösteren etmenlerin, yoğunluk ve büyüklüklerindeki farklılıklar hariç aynı olması şartları aranır (Özyiğit, 2000). Karar birimlerinin, üretim ve teknolojisi açısından birbirlerine benzer olmaları, diğer bir ifadeyle homojen olması elde edilecek sonuçların anlamlı olabilmesi açısından çok önemlidir (Yolalan, 1993).

Karar verme biriminin girdi ve çıktıları şu ortak özellikleri taşır:

- Her girdi ve çıktı sayısal bir değer içermelidir ve toplamaları pozitif olmalıdır.
- Prensip olarak küçük girdi ve büyük çıktı miktarları tercih edilir.
- Girdi ve çıktı birimleri birbirleriyle uyumlu olmak zorunda değildir.
- Birimler kişi sayısı, para birimi vs. olabilir.
- Seçilen girdiler ve çıktılar karar verme biriminin performansını tam anlamıyla gösterebilmelidir.

İşletmelerde karar biriminin amaçlanan çalışmaya uygun olarak iyi belirlenmesi gerekmektedir. Karar biriminin uygunluğu, ana temayı oluşturan konulara ve amaçlanan çalışmanın amacına bağlıdır. Bu birimler girdileri çıktıya çeviren ekonomi alanında herhangi bir birim olabilmektedir. Karar birimleri işletmelerin alt departmanlarındaki personelden de oluşabilmektedir. Göreli etkinliklerde karar birimlerinin ne olacağı konusunda birtakım prensipler vardır. Bu prensiplere göre, karar birimleri kullandıkları kaynaklardan ve ürettikleri çıktılarından sorumlu olmalıdır. Örneklemedeki karar birimi sayısının analizin yapılmasına yeterli olacak seviyede büyük olması gerekmektedir. Böylece etkinlik sınırı anlamlı olmaktadır. Bu iki prensip dışında karar birimlerinin benzer üretimlerde bulunmaları ve aynı girdileri aynı çıktıya dönüştürmeleri de analizin anlamlı çıkmasını sağlamaktadır.

3.3.1.2 Girdi ve çıktı faktörlerinin seçimi

Karar birimlerini karşılaştırmak için girdi ve çıktılar esas alınır. Karar birimlerinin her biri için değişik girdi ve çıktı grupları ile değişik etkinlik değerlerine ulaşılmaktadır. Gerçekleşen modelde önemli bir değişken atlanırsa, atlanan bu değişkeni etkin olarak kullanan karar birimlerinin etkinlik değerleri düşmektedir. Girdi ve çıktıların modele eklenmesiyle etkinsiz karar birimleri etkinlik sınırının üstüne çıkmaktadır. Kullanılan girdi ve çıktıların sayısı belirlenirken, incelenen karar birimlerinin oluşturulduğu üretim ortamını yansıtmaya ve analizin ayrıştırılmasını olumsuz etkilemeyecek sayıda girdi ve çıktı kullanılmasına özen gösterilmektedir.

Daha çok üretim sürecine nedensel olarak bağlı olan girdi ve çıktının seçilmesi aynı karar birimi için farklı girdi ve çıktı gruplarıyla etkinlik değerleri elde edilmektedir. Modelde önemli bir değişken gözardı edildiğinde bu değişkeni kullanan birimin etkinliği düşük çıkabilir. Modele çok fazla girdi ve çıktı eklendiğinde VZA'nın etkin ve etkin olmayan birimlerini birbirinden ayırmak zorlaşır. Çünkü çalışmada kullanılan girdi ve çıktı sayısı arttıkça karar birimlerinin tümü daha etkin duruma gelir. Dolayısıyla analiz edilen birimin gerçek etkinliği yansıtılmamış olur. Girdi ve çıktı sayısını arttırmak gerekirse karar birimlerinin sayısını da arttırmak gerekmektedir (Bakırcı, 2006).

Boussofianee ve diğ. (1991)'ne göre değerlendirmeye alınan karar verici birim sayısı n = gözlem sayısı, m = girdi sayısı ve s = çıktı sayısı iken $(n \times m)$ 'den büyük olmalıdır. Sherman (1984)'e göre $(n > m + s)$ 'dir.

Tüm bunların yanında genel olarak kabul edilen karar verici birim sayısı en az girdi ve çıktı sayısı çarpımının iki katı kadar olmalıdır. Nicel olarak ölçülen girdi ve çıktılara, bilançolardan elde edilen oransal değişkenler ile para birimleri cinsinden değerlerin oranı örnek gösterilebilir.

3.3.1.3 Modelin seçimi

Girdi ve çıktıların kontrol edilip edilmemesine göre hangi modelin seçileceği ve nasıl bir model oluşturulacağı belirlenmektedir. Model seçimi varsayımlara ve kullanım alanlarına göre farklı veri zarflama analizi modelleri kullanılmaktadır. Model seçiminde kullanılan girdiler kontrol edilemiyorsa çıktı odaklı bir model tercih edilmelidir. Eğer çıktılar kontrol edilemiyorsa bu sefer girdiler üzerinden analiz yapılır. Toplamsal modellerin seçimi de girdi ve çıktı modellerinden hangisinin seçilmesi gerektiğine karar verilemediğinde tercih edilmektedir.

VZA modeli girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere ikiye ayrılır. Girdi yönlü model en etkin şekilde en fazla çıktıyı elde etmek için kullanılabilecek en uygun girdi bileşimini oluştur. Yani belirli bir çıktı düzeyini ölçmek için etkinliği ölçülen karar birimine ait girdilerin ne kadar azaltılabileceği araştırılmaktadır. Çıktı yönlü model ise belirli bir girdi bileşimini kullanarak en fazla ne kadar çıktı bileşiminin elde edileceğini araştırır. Araştırmacı veya karar verici etkinlik türü ile ilgilenmiyor karar noktalarının etkinlik durumunu inceliyorsa tüm modeller seçilebilir. Karar verici etkinlik türüne ve düzeyine önem veriyorsa toplamsal modelleri seçmemelidir. Toplamsal modeller etkinliklerin türlerine göre ayrışımı hakkında bilgi vermez, karma etkinliği verir.

3.3.1.4 Sonuçların yorumlanması

Genel bir değerlendirme yapabilmek için karar birimleri ayrıntılı biçimde incelenir. Tahmin edilen etkinlik sınırının ait olduğu endüstriyel sektörle ilgili yorumlar yapılabilen ve öngörülerde bulunulabilmektedir. Karar birimleri üzerindeki iyileştirme, düzenleme, önlem alma gibi konularında öneriler getirilebilir. Bu öneriler veri zarflama analizi ile belirlenen hedefler çerçevesinde yapılabilir. VZA'daki etkinliği formüle etmek için doğa bilimlerindeki etkinlik kavramı Cooper ve Charnes tarafından gözlemlenmiştir.

Karar birimlerinin tamamen etkin olabilmesi için çıktıların bir veya birden fazla girdinin arttırılması veya çıktılarından bazılarının azaltılması, girdilerin arttırılması dışında azaltılamaz. Bu kurala uyan karar birimleri girdi ve çıktının etkinsizliğine kanıt gösteremiyorsa tamamen görelî etkinliğe, ulaşmış sayılmaktadır. Her bir karar verme birimi için girdi ve çıktıların dikkate alındığı genel bir değerlendirme yapabilmek için karar verme birimleri detaylı olarak incelenir tahmini etkinlik sınırının ait olduğu üretim organizasyonuna yönelik yorumlar yapılabilir. Karar birimleri detaylı olarak incelenir. Bunun ardından sonuçlar her karar birimi için bütün girdi ve çıktıların gözönüne alındığı bir değerlendirmeye tabi tutulur. Karar birimlerine ait değişik tercihler nedeniyle belirlenen hedeflere varılmasa da elde edilen bilginin sonraki çalışmalarda kullanılabilmesi ve iyileştirilmelere açık olması elde edilen önemli kazanımlardır.

Prensipler doğrultusunda, her karar birimi için 0 ve 1 aralığında bir etkinlik değeri hesaplanmakta ve etkinlik değeri 1'e eşit olan birimler en iyi gözlem kümesini, aynı zamanda da etkinlik üst sınırını oluşturmaktadırlar. Etkinlik sınırı üzerindeki herhangi bir nokta, girdi kümesini çıktı kümesine dönüştürebilmek için elde edilebilir bir üretim tekniğini ifade etmektedir. Etkinlik değeri 1'den küçük olan karar birimleri ise görelî olarak etkinsizdir. Bu karar birimlerinin görelî etkinlik değerleri sınıra olan uzaklıklarını temsil etmektedir. En iyi gözlem kümesini oluşturan karar birimlerinin etkinlik değerleri 1 olduğu için, görelî olarak etkinsiz karar birimlerinin 1'den sapması ile görelî etkinsizlik ölçüsü de elde edilmektedir.

3.4 VZA Modelleri

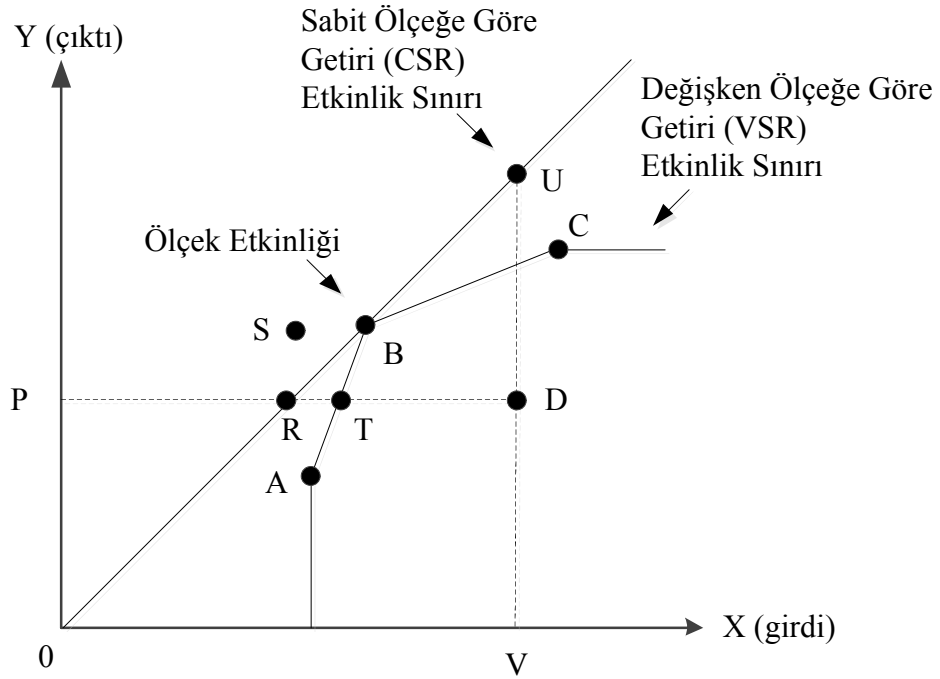
VZA modelleri temel ve ileri düzey modeller, değişkenler ile ilgili özellikler ve zamana göre değişimin analizi olarak üç grupta toplamak mümkündür. Bu gruplar aşağıda Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Bu modellerden en temel olanları CCR ve BCC modelleridir. Bu modelleri ölçeğe göre sabit getiri ve ölçeğe göre değişken getiri olmak üzere iki ana grup halinde sınıflandırarak da daha kolay bir şekilde kavrayıp analiz etmek mümkündür. Ayrıca CCR ve BCC modelleri gibi temel olan VZA modelleri haricinde geliştirilen ancak girdi odaklı veya çıktı odaklı olduğu söylenemeyen, yani odağı bulunmayan ve yine etkinlik ölçümü için geliştirilen VZA modelleri olarak toplamsal model, aylak tabanlı etkinlik ölçüm modeli ve süper aylak modeli de bulunmaktadır (Kıran, 2008).

Çizelge 3.1 : VZA modellerinin sınıflandırılması.

Temel ve İleri Düzey Modeller	Değişkenler ile İlgili Özellikler	Zamana Göre Değişimin Analizi
CCR Modeli	Güven Bölgesi	Malmquist İndeksi
BCC Modeli	Genelleştirilmiş Güven Bölgesi	Window Analizi
Toplamsal Model	İsteğe Bağlı Olmayan Değişkenler	
Çarpımsal Model	Kategorik Değişkenler	
Süper Etkinlik Modeli	İstenmeyen Değişkenler	
Ölçeğe Göre Getiri Modeli		
Karma Model		
Boş Değişkenler Modeli		

Girdi odaklı olmak, belirli bir çıktı miktarını en etkin şekilde elde edebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi miktarının nasıl olması gerektiğini ve girdi miktarlarında meydana gelebilecek değişimleri değişimlerin incelenmesini ifade etmektedir. Analizin yapılacağı sistemde, çıktılar üzerinde kontrol yoksa ya da az ise girdi odaklı model kullanılmalıdır. Çıktı odaklı olmak ise girdi odaklı modelin aksine, girdi miktarlarını sabit tutarak çıktı miktarlarında ortaya çıkabilecek değişimlerin incelenmesidir. Analizin yapılacağı sistemde, girdiler üzerinde kontrol yoksa ya da az ise çıktı odaklı model kullanılmalıdır (Kıran, 2008).

Şahin (1998)'in ölçek getirisi ve yönelimlerine yapmış olduğu sınıflandırmaya göre, ölçeğe göre sabit getirili (CRS) modeller girdi yönelimi CCR ve çıktı yönelimli CCR modeli iken, ölçeğe göre değişken getirili (VRS) modeller ise girdi yönelimli BCC ile çıktı yönelimli BCC'dir. CRS modellerde, girdi miktarında meydana gelebilecek herhangi bir artış, çıktı miktarlarında da aynı oranda olmaktadır, VRS modellerde ise girdi miktarlarındaki her artış çıktı miktarlarında farklı oranlarda değişime sebep olmaktadır. CCR ve BCC modellerin iyi bir şekilde anlaşılabilmesi için VZA'nın modellerine ilişkin temel kavramlar üzerinde durmakta yarar vardır. Öncelikle etkinliklerin, CRS ve VRS olarak nasıl ölçüldüğünün ve ölçek etkinliği kavramının ne anlama geldiğinin anlaşılması gerekmektedir (Kıran, 2008).



Şekil 3.1 : Etkinlik sınırları ve ölçek etkinliği.

Şekil 3.1’de yer alan grafikte VRS’nin yarattığı kendine ait etkin sınır ve sabit ölçeğe göre çizilen etkin sınır görülmektedir. A, B, C, D, R, S ve T birer karar birimi iken, herbir karar biriminin etkin olup olmadığı, etkin sınırlardan yararlanılarak rahatlıkla tespit edilebilmektedir. Şekle göre, D noktasının girdi yönelimli modellerde AB doğru parçası, çıktı yönelimli modellerde ise BC doğru parçası başvuru gurubunu oluşturmaktadır. Her iki yaklaşımla elde edilecek teknik etkinlik değerleri farklı olmaktadır. A ve C noktası CRS etkin sınırı üzerinde bulunmamakta ve sabit getiri varsayımına göre etkin olmamaktadır. Ancak A ve C noktası ölçeğe göre değişken getiri varsayımına göre sınır üzerinde yer aldığından etkin birer karar birimi durumundadır (Coelli ve diğ, 1998).

D noktasının CRS sınırına göre etkinlik ölçütü girdi yönelimli ise $|PR| / |PD|$ kadar, çıktı yönelimli ise $|VD| / |VU|$ kadardır. VRS’de ise girdi yönelimli olması durumunda $|RD| / |PD|$ ve çıktı yönelimli olması durumunda da $|VD| / |DU|$ oranı kadardır. Ölçek etkinliği veya etkinsizliği CRS etkin sınırı ile VRS etkin sınırı arasındaki uzaklık olarak ifade edilmektedir. B noktası her iki etkin sınır üzerinde yer alması nedeni ile ölçek etkinliğini temsil eden optimal noktadır. Bu optimal noktanın altında kaldığı görünen T ve S noktaları ölçeğe göre artan getiri (IRS) alanını temsil ederken, B noktasının üzerinde kalan C noktası ile ölçeğe göre azalan getiri (DRS) alanını temsil etmektedir. DRS alanında yer alan noktanın, optimal noktaya

ulaşıncaya kadar girdi ve çıktı bileşiminin azaltılması gerekirken, IRS alanında yer alan noktanın optimal noktaya ulaşana kadar girdi ve çıktı bileşimini arttırması gerekmektedir. Sabit ölçekli etkin sınıra göre D noktasının teknik etkinsizliği $|RD|$ mesafesi kadarken, değişken ölçekli etkin sınıra göre $|TD|$ mesafesi kadardır. Bu iki mesafe arasındaki fark olan $|RT|$ ise ölçek etkinsizliğidir. Ölçek etkinliği 1'den küçükse ölçek etkinsizliği, 1'e eşit ve CRS ve VRS değerlerinin her ikisinin de değerinin tam olarak 1'e eşit olduğu durumda ölçeğin etkin olduğuna karar verilmektedir (Coelli ve diğ, 1998).

3.4.1 CCR modeli

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında geliştirilen CCR modeli girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere iki farklı şekilde yorumlanmaktadır. Bu yöntem temel olarak toplam etkinlik hakkında genel bir değerlendirme yapmaktadır. Kaynakları belirleyerek yetersiz olanları tahmin etmektedir. Bu model ilk ve temel VZA modelidir. CCR rasyosu ölçeğe göre sabit getiri varsayımını kullanarak karar birimlerinin toplam etkinliğini, teknik etkinliğini ve ölçek etkinliğini tek bir değerde toplayıp ortaya bir sonuç koymayı hedeflemektedir. CCR modelinin iki farklı türü bulunmaktadır. Bunlardan ilki mevcut bulunan çıktı seviyesini karşılayabilecek şekilde girdileri minimize etmeyi amaçlayan girdi odaklı model, bir diğeri ise mevcut girdileri kullanarak artırım yapmaksızın çıktıları maksimize etmeyi amaçlayan çıktı odaklı modeldir. Bu modellerin detayları aşağıdaki başlıklarda tanımlanmıştır.

3.4.1.1 Girdiye yönelik CCR modeli

Girdiye yönelik CCR modelleri, belli bir çıktı bileşimini en etkin bir şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırır.

Girdiye yönelik oransal CCR modeli

Girdiye yönelik CCR modeli VZA'nın temelini oluşturur. Ağırlıklı ve zarflama modelleri CCR modelinin eksik yönlerini gidermek için geliştirilmiş modellerdir. Buna göre bu modelin formüle edilmiş şekli aşağıdaki gibidir **(3.1)**. Formülasyonların tamamında p çıktı sayısını, m ise girdi sayısını göstermektedir.

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

$$(\sum_{r=1}^p U_r Y_{rj}) / (\sum_{i=1}^m V_i X_{ij}) \leq 1 \quad (3.1)$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

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

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

Yukarıda,

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

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

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

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

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

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

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

Yukarıdaki modelin çözülmesi sonucu elde edilen değerler göreceli etkinlik ölçüleridir ve oranın 1 olması durumunda analizi yapılan KVB'nin etkin olduğu, 1'den küçük olması durumunda da etkin olmadığını söyleyebiliriz. Ancak bu modelle ilgili en büyük problem doğrusal bir program olmaması sonucu çözümünde zorlanılmasıdır.

Girdiye yönelik ağırlıklı CCR modeli

Girdiye yönelik ağırlıklı CCR modeli, oransal veri zarflama modelinin doğrusal programlamaya dönüştürülmüş şeklidir. Bu da modelin daha kolay hesaplanmasını sağlamaktadır. Doğrusal programlamada amaç fonksiyonunun paydalı şekilde olması mümkün olmadığından amaç fonksiyonunun paydası 1'e eşitlenmekte ve bu eşitlik modele kısıt olarak eklenmektedir (3.2).

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

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

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

(3.2)

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

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

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

Yukarıda,

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

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

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

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

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

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

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

Model sonucunda bulunan etkinlik ölçütlerinin değerinin 1 olması halinde oransal modeldekine benzer şekilde üzerinde çalışılan KVB'nin etkin olduğu, 1'den küçük olması halinde ise etkin olmadığı yorumu yapılabilir. Etkin olmayan KVB'leri etkin hale getirebilmek için referans kümesinde bulunan KVB'ne ya da karar birimleriyle oluşan kuramsal birime benzetmek gerekli olmaktadır.

Girdiye yönelik zarflama (dual) CCR

Girdiye yönelik zarflama modelinde incelenen karar birimlerinin hangi girdi ve/veya çıktının ne oranda kullanılmadığını görebiliriz. Ayrıca bu yöntemde ağırlıklı

yönteme göre referans kümesinin bulunması daha kolaydır. Zarflama modeli bir önceki modelin dualidir (3.3).

$$\begin{aligned}
 E_k &= \text{Min } \alpha - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m S_i^- \right) - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p S_r^+ \right) \\
 \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + S_i^- - \alpha X_{ik} \right) &= 0 \\
 \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - S_i^+ - Y_{rk} \right) &= 0
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$S_i^+ \geq 0$$

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

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

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

Yukarıda;

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

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

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

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

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

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

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

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

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

Eğer söz konusu karar birimi etkin ise göreceli etkinlik ölçütü E_k 1'e eşit olur ve Girdi-Çıktı vektörlerinde herhangi bir değişiklik yapılmaz ($\alpha=1$, $s^- = 0$, $s^+ = 0$). Ayrıca, kendi referans kümesindeki (RK) yine kendisi bulunur ve λ_k 1'e eşit olur. Eğer ölçülen karar birimi etkin değilse etkinlik ölçütünü belirleyen α büzülme katsayısı 1 den küçük olur. Etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde bulunan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim aşağıdaki gibi hesaplanır (3.4).

$$X^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \right) \quad Y^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j \right) \quad (3.4)$$

Kuramsal birim zarflama modelinin çözüm kümesindeki diğer değişkenlerden yararlanılarak daha başka şekilde de hesaplanabilir (3.5).

$$X^{KB} = \alpha X^K - S_i^- \quad Y^{KB} = Y^K + S_i^+ \quad (3.5)$$

3.4.1.2 Çıktıya yönelik CCR modeli

Belirli bir girdi bileşimiyle en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğinin araştırılmasında kullanılan CCR modeli, ağırlıklandırılmış girdilerin ağırlıklandırılmış çıktılara oranının minimum kılınması şeklinde özetlenebilir. Çıktıya yönelik CCR modelleri de girdiye yönelik CCR modelleri gibi üç grupta incelenebilir.

Çıktıya yönelik oransal CCR

Ağırlıklı girdi ve ağırlıklı çıktı oranının minimize edilmeye çalışılması aslında girdiye yönelik oransal CCR modelinin tam tersidir. Girdiye yönelik modelin tersi düşünüldüğünde formülasyon aşağıdaki gibi olmaktadır (3.6).

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

$$\left(\sum_{i=1}^m V_i X_{ij} \right) / \left(\sum_{r=1}^p U_r Y_{rj} \right) \geq 1 \quad (3.6)$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$j=1,\dots,n$

$r=1,\dots,p$

$i=1,\dots,m$

Yukarıda,

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

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

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

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

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

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

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

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

Çıktıya yönelik ağırlıklı CCR

Ağırlıklı çıktıya yönelik ağırlıklı CCR modeli oransal modelin doğrusal program haline getirilmiş formudur ve bu modelin formülasyonu aşağıdaki gibidir (3.7).

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

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

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

(3.7)

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

$r=1,\dots,p$

$i=1,\dots,m$

Yukarıda,

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

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

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

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

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

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

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

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

Çıktıya yönelik zarflama (dual) CCR

Bu modelde aynı girdiye yönelik modelde olduğu gibi çıktıya yönelik ağırlıklı VZA modelinin duali alınarak elde edilir. Bu model yardımıyla etkin olmayan karar birimlerinin hangi girdi ve çıktıları atıl bıraktığını ve etkin hale gelebilmek için referans almaları gereken karar birimlerini kolayca bulabiliriz. Çıktıya yönelik CCR zarflama modeli matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir **(3.8)**.

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

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

$$\left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - S_i^+ - \beta Y_{rk} \right) = 0 \quad (3.8)$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$S_i^- \geq 0$$

$$S_i^+ \geq 0$$

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

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

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

Yukarıda;

β : Görelî etkinliği ölçülen “k” karar biriminin çıktılarının ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı,

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

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

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

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

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

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

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

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

Eğer incelenen karar birimi etkin ise görelî etkinlik ölçütü E_k 1’e eşit olacaktır, etkin olmayan karar birimlerinin etkinlik değeri ise 1’den büyük olacaktır. Ayrıca, etkin olan karar birimlerinin referans kümesinde (RK) yine kendileri bulunur. Eğer ölçülen karar birimi etkin değilse etkinlik ölçütünü belirleyen Beta genişleme katsayısı 1’den büyük olur. Bu durum, çıktı vektöründe radyal olarak arttırma yapılabileceği anlamına gelmektedir. Girdiye yönelik VZA modeline benzer olarak etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde yer alan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim aşğıdaki formülle hesaplanabilir (3.9).

$$X^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \right) \quad Y^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} \lambda_j \right) \quad (3.9)$$

Kuramsal birim zarflama modelinin çözüm kümesindeki diğer değişkenlerden yararlanılarak daha başka şekilde de hesaplanabilir (3.10).

$$X^{KB} = X^K - S_i^- \quad Y^{KB} = \beta Y^K + S_i^+ \quad (3.10)$$

3.4.1.3 CCR etkinliği

CCR probleminin optimal sonucu eğer 1 ise karar birimi CCR-verimli olarak tanımlanmaktadır. Aksi takdirde karar birimi verimsizdir. Dual problemde optimal çözümde aşağıdaki koşullar sağlanırsa karar birimi verimlidir aksi takdirde verimsizdir. $\alpha = 1$ ise ve Slack değişkenlerinin (s_i^- ve s_i^+) hepsi 0'a eşitse, etkin olmayan bir karar verme birimi için referans kümesi RK aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (3.11).

$$RK = \{ j \mid \lambda_j^* > 0 \} \quad (j \in \{1, \dots, n\}) \quad (3.11)$$

3.4.2 BCC modeli

Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından CCR modeli üzerinde değişiklikler yapılarak ortaya atılmış yeni bir modeldir. Temel anlamda, ölçeğe göre değişken getiri varsayımından yola çıkılarak teknik etkinlik ölçümü yapan, aynı zamanda teknik etkinlik tahmini yapan, teknik ve ölçek etkinliğini birbirinde ayırt edebilen bir modeldir.

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

3.4.2.1 Girdiye yönelik BCC modeli

Charnes ve diğerleri (1978) tarafından geliştirilen ve CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında karar verme birimlerinin toplam etkinlik değerlerini hesaplamaktadır. BCC (Banker, Charnes, Cooper) modelinin CCR modelinden farklı bir yönü, BCC modelinin teknik etkinlik skorlarını (değerlerini) elde etmek istemesidir.

BCC oransal formunun CCR modelinden farklı bir diğer yönü ise, girdi yönlü BCC modeline u_0 değişkeninin ve dual modelde ise $\lambda=1$ kısıtının eklenmesidir. Bu kısıt, $\lambda_j \geq 0$ şartı ile birlikte, b adet karar verme biriminin çeşitli şekillerdeki kombinasyonlarının, içbükey bir verimlilik üst sınır çizgisi dâhilinde gerçekleşebilmesini sağlamaktadır. BCC modelinde ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında karar verme birimlerinin oluşturduğu olası çözüm bölgesi konveks (dışbükey) bir yapı oluştururken, CCR modelinde sabit ölçek getirisi varsayımı ile konik bir yapı oluşmaktadır.

Girdiye yönelik ağırlıklı BCC

Ağırlıklı modelin duali alınarak aşağıdaki matematiksel formülasyon elde edilir (3.12).

$$\begin{aligned}
 E_k &= \text{Min } \alpha - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m S_i^- \right) - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p S_r^+ \right) \\
 \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + S_i^- - \alpha X_{ik} \right) &= 0 \\
 \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - S_i^+ - Y_{rk} \right) &= 0 \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1
 \end{aligned}
 \tag{3.12}$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$S_i^- \geq 0$$

$$S_i^+ \geq 0$$

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

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

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

Yukarıda;

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

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

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

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

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

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

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

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

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

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

Girdiye yönelik zarflama (dual) BCC

Girdiye yönelik BCC zarflama modelinin matematiksel formu aşağıdaki gibidir (3.13).

$$E_k = \text{Max} \left(\sum_{r=1}^p U_r Y_{rk} \right) - U_0$$

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

$$\left(\sum_{r=1}^p U_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m V_i X_{ij} \right) - U_0 \leq 0$$
(3.13)

U_0 : Kısıtsız

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

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

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

Yukarıda,

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

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

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

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

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

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

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

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

CCR modeline oldukça benzeyen BCC modelinde görüldüğü üzere tek fark u_0 bulunmasıdır. Bu modelin çözümü sonrasında amaç fonksiyonumuz olan E_k 1'e eşit olursa analiz edilen karar biriminin etkin olduğunu söyleyebiliriz. Bu değer 1'den küçük olduğu durumlarda ise o karar biriminin etkin olmadığını ve bu problemin dualini kullanarak etkin olmayan karar birimleri için referans kümesini hesaplayabiliriz. CCR modeline benzer şekilde etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde bulunan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (3.14).

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

$$X^{KB} = \alpha X^K - S_i^- \quad Y^{KB} = Y^K + S_i^+ \quad (3.14)$$

3.4.2.2 Çıktıya yönelik BCC modeli

Çıktıya yönelik BCC modelinde amaç, çıktıya yönelik CCR modellerindeki gibi olup belli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceği incelenir.

Çıktıya yönelik ağırlıklı BCC

Çıktıya yönelik ağırlıklı BCC modelinin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir (3.15).

$$\begin{aligned} E_k &= \text{Max } \beta + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m S_i^- \right) + \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p S_r^+ \right) \\ \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + S_i^- - X_{ik} \right) &= 0 \quad i = 1, \dots, m \\ \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - S_i^+ - \beta Y_{rk} \right) &= 0 \quad r = 1, \dots, p \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \end{aligned} \tag{3.15}$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_i^+ \geq 0$$

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

Yukarıda;

β : Görelî etkinliği ölçülen “k” karar verme biriminin çıktıların ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı,

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

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

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

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

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

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

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

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

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

Çıktıya yönelik zarflama (dual) BCC

Çıktıya yönelik BCC zarflama modellerinin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir (3.16).

$$\begin{aligned}
 E_k &= \text{Min} \left(\sum_{i=1}^m V_i X_{ik} \right) - \rho_0 \\
 \left(\sum_{r=1}^p U_r Y_{rk} \right) &= 1 \\
 \left(\sum_{r=1}^p U_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m V_i X_{ij} \right) + \rho_0 &\leq 0
 \end{aligned}
 \tag{3.16}$$

ρ_0 : Kısıtsız

$$u_r > \varepsilon$$

$$v_i > \varepsilon$$

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

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

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

Burada;

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

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

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

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

Y_j : j 'nci karar birimi tarafından üretilen r'nci çıktı,

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

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

p_0 : Ölçeğe göre getirinin yönüyle ilgili değişken olarak tanımlanmıştır.

Bu program için de amaç fonksiyonunda E_k 'nın alacağı en küçük değer 1'dir. E_k 'nın 1'e eşit olması, k karar biriminin etkin olduğu anlamına gelirken 1'den büyük olması da etkin olmadığını göstermektedir. Ağırlıklı modellerdekine benzer şekilde çıktıya yönelik BCC zarflama modelinde de etkin olmayan karar birimleri için referans kümelerinin bulunması oldukça zaman alıcıdır. Bu nedenle modelin duali alınarak zarflama modeli geliştirilmiştir. Etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde yer alan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim çıktıya yönelik CCR modeline benzer olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir (3.17).

$$\begin{aligned} X^{KB} &= \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \right) & Y^{KB} &= \left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} \lambda_j \right) \\ X^{KB} &= X^K - S_i^- & Y^{KB} &= \beta Y^K + S_i^+ \end{aligned} \quad (3.17)$$

Girdiye yönelik BCC ve çıktıya yönelik BCC modellerinde zarflama yüzeyi aynıdır ancak etkin olmayan karar verme birimlerinin zarflama yüzeyi üzerinde alınan izdüşüm noktaları farklıdır. CCR modelinde etkin olarak belirlenen bir karar verme birimi BCC modeline göre de etkin olarak belirlenmektedir, fakat tam tersi her zaman için doğru değildir.

3.4.2.3 BCC etkinliği

BCC probleminin en uygun sonucu eğer 1 ise KVB BCC-verimli olarak tanımlanmaktadır. Aksi takdirde karar verme birimi verimsizdir. Dual problemde optimal çözümde aşağıdaki koşullar sağlanırsa karar verme birimi verimlidir aksi takdirde verimsizdir. $\alpha=1$ ise, boş (Slack) değişkenlerinin hepsi sıfıra eşitse, konvekslik kısıtının dual problemde varlığı BCC modeli sonucu elde edilen üretim olanak kümesinin konveks bir kabuk şeklinde olmasını sağlar. Etkin olmayan bir karar verme birimi için referans kümesi Referans Kümesi (RK) aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (3.18).

$$RK = \{j | \lambda_j^* > 0\} (j \in \{1, \dots, n\}) \quad (3.18)$$

3.4.3 Toplamsal (additive) model

CCR ve BCC modellerinde girdi veya çıktı yönelimli arasında karar vermek gereklidir. Ancak toplamsal modelde her iki yönelim tek bir modelde kombine edilmiştir. Toplamsal modelde eş zamanlı olarak hem girdilerin ne kadar azaltılması gerektiği hem de çıktıların ne kadar arttırılması gerektiği hesaplanabilmektedir. Birçok toplamsal model tipi vardır. Bu model tiplerinden birinin ölçeğe göre değişken getiri varsayımı ile formülasyonu aşağıdaki gibidir (3.19).

$$\begin{aligned} \text{Max } z &= \sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^p S_r^+ \\ \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + S_i^- &= X_{i0} \\ \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - S_r^+ &= Y_{r0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \end{aligned} \quad (3.19)$$

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

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

$$\lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0$$

Yukarıda;

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

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

λ_j : j 'nci karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

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

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

Bu model BCC zarflama modeline benzemektedir. Toplamsal modelin CCR modeline benzetmek için ise yukarıdaki formülasyondan $\Sigma \lambda_j$ şartı çıkarılır. Bu model ile BCC modeli arasındaki fark β 'nın (görelî etkinliği ölçülen k karar verme biriminin girdilerinin ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı) modelden çıkarılması ve etkinsizliklerin bütün boş değerde (s_i^- , s_i^+) yakalanmasıdır. Yani etkinlik test edilirken bakılacak yer aslında bu boş (s_i^- , s_i^+) değerdendir. Toplamsal modelin dual problemi ise aşağıdaki şekildedir (3.20).

$$\begin{aligned} \text{Min } w &= \sum_{i=1}^m V_i X_{i0} + \sum_{r=1}^s U_r Y_{r0} + U_0 \\ \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s U_r Y_{rj} + U_0 &\geq 0 \\ i &= 1, 2, \dots, m \\ r &= 1, 2, \dots, k \\ U, V &\geq 0 \\ U_0 &: \text{Kısıtsız} \end{aligned} \quad (3.20)$$

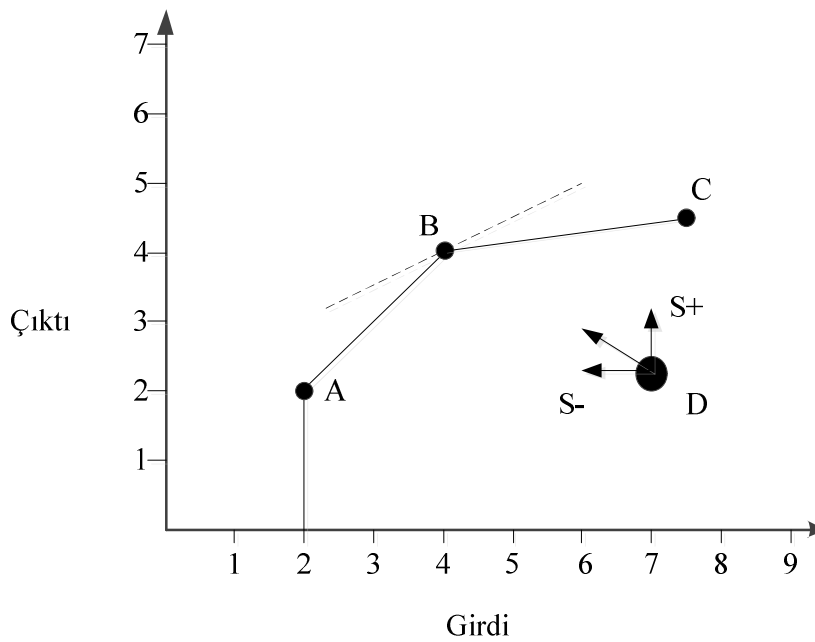
$$i = 1, 2, \dots, m$$

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

$$U, V \geq 0$$

$$U_0: \text{Kısıtsız}$$

Toplamsal modelin grafiksel gösterimi, Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 : Toplamsal model grafik gösterimi.

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

3.4.4 Boş değişkenler (slack based) modeli

Boş (aylak) değişkenler modeli 1995-1996 yıllarında Ali, Lerme, Seiford ve Thrall tarafından toplamsal modelin geliştirilmesiyle ortaya çıkarılmış bir modeldir. Aynı toplamsal modeldeki gibi eş zamanlı olarak girdilerin ne kadar azaltılması ve çıktıların ne kadar artırılması gerektiğini gösteren bir modeldir. Toplamsal modelden farkı ise bazı önsel bilgiler yardımı vs. ile boş değişkenlerin ağırlıklandırılmasına dayanmaktadır. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı ile boş değişkenler modelinin formülasyonu aşağıda verilmiştir (3.21).

$$\begin{aligned}
 Max \ z &= \sum_{i=1}^m W_i^- S_i^- + \sum_{r=1}^s W_r^+ S_r^+ \\
 \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + S_i^- &= X_{i0} \\
 \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - S_r^+ &= Y_{r0} \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1
 \end{aligned}
 \tag{3.21}$$

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

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

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

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

3.4.5 Çarpımsal (multiplcation) model

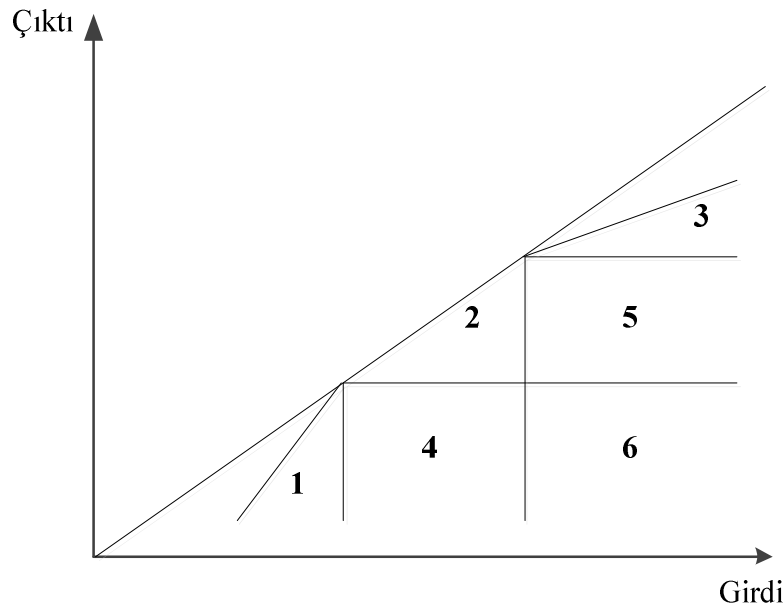
Önceki bölümlerdeki modeller girdi ve çıktıların bir toplamsal kombinasyonunu şart koşturmaktadırlar. Çarpımsal modelde ise diğer modeller gibi toplamsal bir kombinasyon yerine çarpımsal bir form sunulmaktadır. Diğer bir ifade ile bu modelin diğer modellerden temel farkı sanal çıktı ve sanal girdilerin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

3.4.6 Ölçeğe göre getiri modelleri

Ölçeğe göre getiri tanımları, bir üretim sürecinde girdiler belli bir miktar arttırıldığında, çıktı seviyesindeki artış girdilerdeki artış oranından fazla ise ölçeğe göre artan getiri (increasing returns to scale, IRS), çıktılardaki artış girdilerdeki artıştan az ise ölçeğe göre azalan getiri (decreasing returns to scale, DRS) ve son olarak çıktılardaki artış miktarı ile girdilerdeki artış miktarı aynı olduğunda ölçeğe göre sabit getiriden (constant returns to scale, CRS) bahsedilir. Klasik ekonomi literatüründe ölçeğe göre getiri tek girdi ve tek çıktı durumu için tanımlanmıştır, fakat 1984' te Banker, Charnes ve Cooper, 1992'de de Banker ve Thrall, tek girdi-çok çıktı durumu için çalışmalarını genişletmişlerdir. Şekil 3.3'de numaralandırılmış bölgelerde;

- 1: Ölçeğe göre artan getiriyi,
- 2: Ölçeğe göre sabit getiriyi,

- 3: Ölçeğe göre azalan getiriye,
- 4: Girdi yönelimli model için ölçeğe göre artan, çıktı yönelimli modele içinse ölçeğe göre sabit getiriye,
- 5: Girdi yönelimli model için ölçeğe göre sabit, çıktı yönelimli modele içinse ölçeğe göre azalan getiriye,
- 6: Girdi yönelimli model için ölçeğe göre artan, çıktı yönelimli modele içinse ölçeğe göre azalan getiriye göstermektedir (Zhu, 2003).



Şekil 3.3 : Ölçeğe göre getiri .

Son olarak, model formülasyonu ne olursa olsun model kısıtlarına $\sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j = 1$ 'in eklenmesi ölçeğe göre değişken getiriye, $\sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j \leq 1$ 'in eklenmesi ölçeğe göre artmayan getiriye, $\sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j \geq 1$ 'in eklenmesi de ölçeğe göre azalmayan getiriye ifade etmektedir. $\sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j = 1$ gibi bir lamda kısıtının eklenmemesi ise ölçeğe göre sabit getiriye ifade eder.

3.4.6.1 BCC modelinin ölçeğe göre getiri yaklaşımı

N tane karar verme birimi olduğunu ($j=1, \dots, n$) ve her birimin aynı girdiler (x_{ij} ($i=1, \dots, m$)) ile aynı çıktılarına (s) sahip olup farklı miktarlarda üretim yaptığını varsayarsak (y_{rj} ($r=1, \dots, s$)). Formülasyona göre x_{ij} ve y_{rj} 'lerin hepsi sıfırdan büyük veya sıfıra eşittir. Ayrıca u_0 hariç tüm değişkenler negatif olmayan değişkenlerdir.

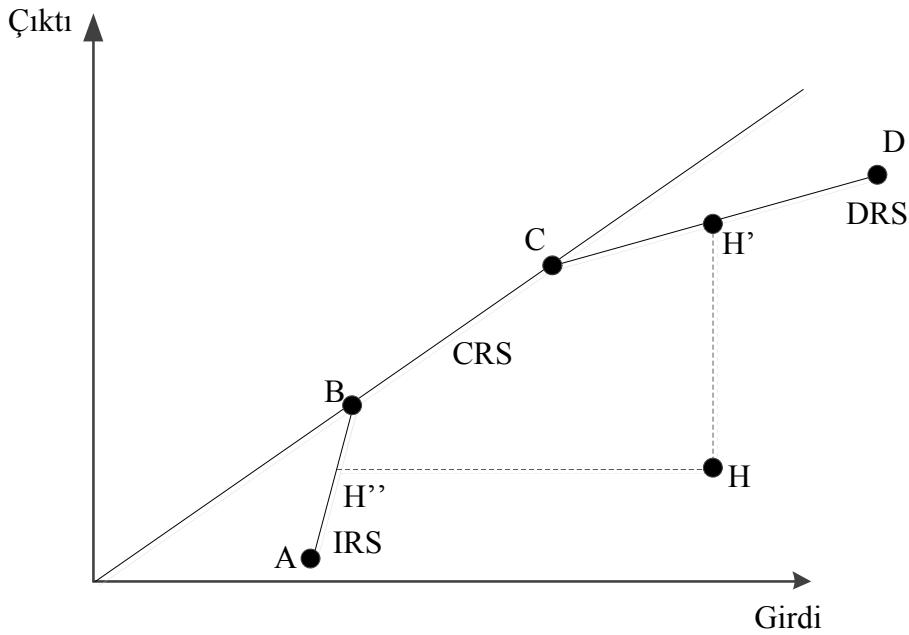
Herhangi bir karar verme birimi BCC modeline göre etkin değil ise, o birimin etkin olması için gerekli olan en uygun değerleri * işareti optimal değeri göstermek üzere aşağıdaki formülle hesaplanabilir (3.22).

$$\hat{x}_{i0} = \theta_0^* x_{i0} - S_i^{-*} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j^* \quad i = 1, \dots, m$$

$$\hat{y}_{r0} = y_{i0} + S_r^{+*} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j^* \quad r = 1, \dots, s$$

(3.22)

A, B, C, D, H şeklinde sıralanan 5 tane karar verme birimi ele alalım. Şekil 3.4'teki gibi |AB|, |BC| ve |CD| doğruları etkinlik sınırını oluşturmaktadır. |BC| doğrusu ölçeğe göre sabit getiriyi, |AB| doğrusu ölçeğe göre artan getiriyi ve |CD| doğrusu da ölçeğe göre azalan getiriyi göstermektedir. H karar verme birimi etkin hale gelebilmesi için ya H'ne ya da H'' ne yaklaşması gerekecektir. Girdi yönelimli probleme göre odaklanacak yer H'', yani ölçeğe göre artan getiri bölümü, çıktı yönelimli probleme göre ise H' yani azalan getiri bölümü olacaktır (Zhu, 2003).



Şekil 3.4 : Ölçeğe göre getiri örneği.

Dolayısıyla BCC girdi yönelimli ve çıktı yönelimli modelleri farklı görüntü noktaları vermektedir ve bu da ölçeğe göre getirinin nasıl olduğunu belirtmektedir. Girdiye yönelik BCC modeli için ölçeğe göre getiri durumunu incelerken şu üç koşula bakılır:

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

Tüm optimal çözümlerin incelenmesi oldukça zahmetlidir. Bu sebeple 1992’de Banker ve Thrall tüm optimal çözümleri araştırma gerekliliğinden kaçınmak için bir yol geliştirmiştir. Buna rağmen 1996’da Banker, Bardhan ve Cooper’ın geliştirdiği yaklaşım kullanılmaktadır. Çünkü Banker ve Thall yaklaşımında var olan sonsuz çözüm olasılığı sorunu bu yaklaşımda yoktur (Cooper vd., 2004). 1996’daki Banker, Bardhan ve Cooper’ın geliştirdiği yaklaşımın formülü aşağıda verilmiştir (3.23). En uygun çözümün $u_0^* < 0$ da olduğu varsayılmıştır.

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

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

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

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

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

(3.23)

$$u_r \geq 0$$

$$v_i \geq 0$$

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

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

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

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

Yukarıda verilen modelin girdiye yönelik BCC modelinden farkı görüldüğü üzere $\sum_{r=1}^p u_r \tilde{Y}_{r0} - \hat{u}_0 = 1$ ve $\hat{u}_0 \leq 0$ bölümleridir. Bu durumlardan birincisi birimin etkinlik sınırında olmasını sağlar, ikincisi ise en uygun değerin $\hat{u}_0 = 0$ olduğunda sağlanıp sağlanmadığını anlamamızı sağlar. Böylece $\hat{u}_0$ değerine göre ölçeğe göre getirinin yönü belirlenebilir.

3.4.6.2 CCR modelinin ölçeğe göre getiri yaklaşımı

Literatürde CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri modeli olarak anılmaktadır. Bu teknik olarak doğru olsa da eksik tanımlanmıştır. Çünkü CCR modeli ölçeğe göre getirinin yönünü de hesaplayabilmektedir. Bu modelin ölçeğin yönünü de gösteren formülasyonu aşağıda verilmiştir (3.25).

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

$$\lambda_j \geq 0$$

$$S_i^- \geq 0$$

$$S_i^+ \geq 0$$

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

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

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

Modele dikkatli bakıldığında bu modelin BCC modeline oldukça benzediğini görülmektedir. Farklılık $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ kısıtının olmamasıdır. Bu modelde de tüm noktaları etkinlik sınırı üstüne taşımak için bir önceki modelde kullanılan formülasyon kullanılır (3.26).

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

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

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

Tüm alternatif optimum çözümlerin bu modelde de araştırılmasının zahmetli olması sebebiyle aşağıdaki model geliştirilmiştir (Cooper vd., 2004) (Optimum çözümlerin

$\sum_{j=1}^n \lambda_j^* < 1$ koşulunda sağlandığı varsayılmıştır) (3.27).

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

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

$$\left(\sum_{j=1}^n \mathbf{Y}_{rj} \hat{\lambda}_j - \hat{S}_r^+ - \mathbf{Y}_{r0} \right) = \mathbf{0}$$

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

$$\lambda_j \geq 0$$

$$S_i^- \geq 0$$

$$S_i^+ \geq 0$$

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

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

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

3.4.7 Karma (hybrid) model

VZA'da radyal ve radyal-olmayan olmak üzere iki türde etkinlik ölçüm yaklaşımı vardır. Dört adet girdi olduğunu (x_1, x_2, x_3, x_4) ve bu girdilerden x_1 ve x_2 'nin radyal, diğerlerinin ise radyal olmadığını varsayalım. Bu, x_3 ve x_4 'ün radyal olmayan değişime bağlı olması anlamına gelirken, x_1 ve x_2 'nin ($\alpha x_1, \alpha x_2$) ve ($\alpha > 0$) gibi oransal bir değişime bağlı olması demektir. İşte bu farklılık etkinlik ölçüm değeri üzerinde etkiye sebep olmaktadır.

Eğer girdide ($\alpha x_1, \alpha x_2$) oransal bir azalma mevcut değil ($\alpha < 1$) ise radyal girdi bölümü etkin olacaktır ki bu da en azından gözlemlenen çıktı miktarı kadar çıktı sağlanacağı anlamına gelmektedir. Eğer girdide (x_4, x_3) bir azalma söz konusu değilse radyal-olmayan bölüm etkin olacaktır ki bu da en azından gözlemlenen çıktı miktarı kadar çıktı sağlanacağı anlamına gelmektedir. Dolayısıyla çıktı bölümü radyal ve radyal-olmayan olarak iki bölüme ayrılabilir. CCR ve BCC Modellerinde radyal yaklaşım kullanılmaktadır. Fakat bu modellerin eksikliği radyal olmayan girdi ve çıktıların varlığını göz ardı etmeleridir. Bu modeller analizin zor olması sebebiyle uygulamada örnekleri kolaylıkla bulunabilen bir model değildir.

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

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

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

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

Lamda (λ), R^n 'de negatif olmayan bir vektörü göstermek üzere, $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ olsun. Belirli bir karar verme birimi $(x_0, y_0) = (x_0^R, x_0^{NR}, y_0^R, y_0^{NR})$ için formülasyonlar aşağıdaki gibidir (3.30).

$$\begin{aligned} \theta x_0^R &= X^R \lambda + s^{R-} \\ x_0^{NR} &= X^{NR} \lambda + s^{NR-} \\ \emptyset y_0^R &= Y^R \lambda - s^{R+} \\ y_0^{NR} &= Y^{NR} \lambda - s^{NR+} \end{aligned} \quad (3.30)$$

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

$$\theta \leq 1$$

$$\emptyset \geq 1$$

$s^{NR-} \in R^{m_2}, s^{R-} \in R^{m_1}$ vektörleri sırasıyla radyal olmayan ve radyal girdilerdeki fazlalığı göstermektedir. $s^{NR+} \in R^{s_2}, s^{R+} \in R^{s_1}$, vektörleri ise sırasıyla radyal olmayan

ve radyal çıktılarıdaki eksikliği göstermektedir. Bu vektörler aylak değişkenler (slacks) olarak adlandırılır. Yukarıdaki tanımlamalardan yola çıkarak $\theta = 1, \theta = 1, \lambda_R = 1, \lambda_j = 0$ ve tüm aylak değişkenlerinin değeri sıfır olmak şartıyla bir ρ indeksi aşağıdaki gibi oluşturulsun (3.31).

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

Görüldüğü üzere ρ indeksi direk olarak S^{R+} ve S^{R-} ye bağlı değildir. Bu durumda karma modelin oransal hali aşağıdaki gibidir (3.32).

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

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

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

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

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

Yukarıdaki modelde S^{NR-} ve $S^{NR+} \geq 0$, $\theta \leq 1$ ve $\phi \geq 1$ kısıtları vardır ve bu modelin etkin olmasının tek şartı ancak ve ancak $\rho=1$ koşulunda gerçekleşecektir. Kesrili problemi lineer problem haline getirmek içinse 1962’de Charnes ve Cooper’ın dönüşüm tekniği uygulanabilir. Bu teknikte ρ^* ’ın paydası 1’e eşitlenip bir kısıt olarak modele eklenir. Girdi ve çıktılar radyal ve radyal olmayan olarak ikiye bölünmüştür. Bu bölümlerin etkinliği de ayrı ayrı bulunabilmektedir. Bu işleme etkinliğin ayrıştırılması denilmektedir.

$$\alpha_1 = \frac{m_1}{m} (1 - \theta^*)$$

- Radyal girdi verimsizliği:

$$\alpha_2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m_2} s_i^{NR-} / x_{i0}^{NR}$$

- Radyal olmayan girdi verimsizliği:

$$\beta_1 = \frac{s_1}{s}(\theta^* - 1)$$

- Radyal çıktı verimsizliği:

$$\beta_2 = \frac{1}{s} \sum_{r=1}^{s_2} s_i^{NR+} / y_{r0}^{NR}$$

- Radyal olmayan çıktı verimsizliği:

Girdi verimsizliği $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ şeklinde ve çıktı verimsizliği ise $\beta = \beta_1 + \beta_2$ şeklinde hesaplanmaktadır.

3.4.8 Süper etkinlik (super efficiency) modeli

VZA'daki temel modellerde (CCR ve BCC) etkin birimlerin etkinlik değerleri 1 olarak bulunurken, etkin olmayan birimlerin ise modelin yönelimine göre 1'den küçük (Girdi yönelimli) veya 1'den büyük (çıkıtı yönelimli) değerler bulunmaktadır. Bu yöntem sadece etkin olan ve olmayan karar verme birimlerini göstermektedir yani birimlerin sıralanması ile ilgili herhangi bir bilgi vermemektedir. Bu nedenle Anderson ve Petersen (AP Yöntemi) süper etkinlik yöntemi geliştirilmiştir (Cooper vd., 2007). Bu yöntem, etkin karar verme birimlerinin diğer tüm birimlerle birlikte karşılaştırması ve sıralanması üzerine kurulan ilk sıralama yöntemidir. AP yönteminde, incelenen karar verme birimi diğer tüm birimlerin doğrusal birleşimleriyle karşılaştırılmaktadır. Bu nedenle incelenen KVB referans kümeden çıkartılmaktadır. Böylece etkin karar verme birimleri etkinliğini korurken, etkin birimlerin girdilerinde maksimum artış oranı elde edilmektedir. Bu durumda incelenmek üzere referans kümeden çıkartılan etkin bir karar verme biriminin girdi vektörünün artması olasıdır. Sıralama sonucuna göre AP modelinde en yüksek skor değerine sahip olan karar verme birimi birinci sırada, en düşük skor değerine sahip olan KVB ise sonuncu sırada yer almaktadır. Bu şekilde bütün karar verme birimleri, büyükten küçüğe doğru süper etkinlik skor değerine göre sıralanmaktadır (Aslankaraoğlu, 2006). Girdiye yönelik CCR modeli için Süper etkinlik modeli formülasyonu aşağıdaki gibidir (3.33).

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

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

$$\left(\sum_{j=1, \neq 0}^n Y_{rj} \lambda_j - s_i^+ - Y_{rk} \right) = 0 \quad (3.33)$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_i^+ \geq 0$$

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

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

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

Yukarıda;

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

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

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

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

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

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

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

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

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

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

3.4.9 Güven bölgesi (assurance region) modeli/yaklaşımı

VZA’da etkin olmayan karar birimlerinin optimal ağırlıklarında ($\bar{u}_i^*$, $\bar{v}_j^*$) sıfırlar ile karşılaşılır. Bu nedenle bu karar verme birimini diğer karar verme birimleriyle karşılaştırmak sorun yaratmaktadır. Ayrıca bazı girdilerin bazı sınırlar arasında olması gerekliliği gibi performans etkileyecek kavramların daha net bir şekilde anlaşılması ve doğru sonuçlar vermesi açısından bu sınırlama VZA’da çok büyük öneme sahiptir. Birimden birime ağırlıklardaki büyük değişimlerden dolayı bu sorun ile oldukça sık karşılaşılmaktadır ve bu sebeple ağırlıkları belirli sınırlar arasında tutmak koşuluyla bu sorun ortadan kaldırılmak istenmiştir. Örneğin modelde iki girdi (girdi 1 ve girdi 2) olduğu varsayalım. Bu takdirde aşağıdaki gibi bir sınırlama getirilebilir (3.34).

$$L_{1,2} \leq \frac{v_2}{v_1} \leq U_{1,2} \quad (3.34)$$

Yukarıda $L_{1,2}$, v_2/v_1 oranının alt sınırını ve $U_{1,2}$ de üst sınırını göstermektedir. Böylece oran belirli bir alanda sınırlanmaktadır. Kullanılan tüm girdi veya çıktıları sınırlandırabiliriz (3.35).

$$\begin{aligned} l_{1,i} v_1 &\leq v_i \leq u_{1,i} v_1 & (i = 2, \dots, m) \\ L_{1,r} u_1 &\leq u_i \leq U_{1,r} u_1 & (r = 2, \dots, s) \end{aligned} \quad (3.35)$$

Böylece, örneğin iki çıktı tek girdili bir çıktıya yönelik CCR modelinde bu şekilde bir kısıtlama kullanıldığında, bir karar verme birimi için formülasyon aşağıdaki gibi değişecektir (3.36).

$$\begin{aligned} E_k &= \text{Max } \beta + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- \right) + \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p s_r^+ \right) \\ \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - X_{ik} \right) &= 0 \\ \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_i^+ - \beta Y_{rk} + u_r z \right) &= 0 \end{aligned} \quad (3.36)$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_i^+ \geq 0$$

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

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

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

z : Kısıtsız

Yukarıda;

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

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

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

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

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

λ_j : j . karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

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

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

z : çıktılar arasındaki değişebilirlik

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

3.4.10 Genelleştirilmiş güven bölgesi (assurance region global) modeli/yaklaşımı

Kısıtlamalar sadece ağırlıklarda değil sanal girdi ve sanal çıktılarda da yapılabilir. Sanal girdiler ve çıktılar bir karar verme biriminin etkinlik değerini, verilen bir girdi veya çıktı değişkeni yardımıyla belirleyen normalleştirilmiş ağırlıklar olarak görülebilir.

Sanal girdi/sanal çıktı ilk olarak 1990’da Wong ve Beasley tarafından çalışılmıştır (Cooper vd., 2004). Örneğin aşağıdaki gibi bir kısıtlama kullanılabilmektedir (3.37).

$$\phi_r \leq \frac{u_r y_{rj}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} \leq \varphi_r \quad r = 1, \dots, s \quad (3.37)$$

Buradaki formül bize r. girdinin tüm girdiler toplamına oranını göstermekte ve karar verme biriminin değerini vermektedir. Benzer şekilde girdiler de sınırlandırılabilir. Ayrıca sanal girdi ve çıktılarıdaki kısıtlamalar aşağıdaki gibi yapılabilir ve ortalama karar verme biriminin değeri elde edilebilir (3.38).

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

Kısıtlamaları uzman görüşleri veya değişkenlerin doğası gereği yapmak durumunda kalınabilir. Böyle bir durumda hem ağırlıklar hem de sanal girdiler (çıktılar) sınırlandırılıp modele bir kısıt olarak eklenebilmektedir.

3.4.11 İsteğe bağlı olmayan değişkenler (non-discretionary) modeli/yaklaşımı

Diğer VZA modellerinde tüm girdilerin ve çıktıların isteğe bağlı olarak değiştirilebildiği, yani karar verme birimi yönetimi tarafından kontrol edilebildiği varsayılmaktadır. Etkin olmayan bir karar verme biriminin etkin hale gelebilmesi için gerekli tüm kriterler kontrol edilebilir durumdadır. Kontrol edilmesi mümkün olmayan ya da isteğe bağlı olmayan değişkenlere hava durumu (havanın yağmurlu olup olmaması), bir restoran zincirinin kendi dalındaki rakiplerinin sayısı, farklı çiftliklerdeki toprak karakteri, bir grubun azınlık olup olmaması, işsizlik oranı gibi birkaç örnek verilebilir. İsteğe bağlı olmayan değişkenler modeli, Banker ve Morey’in fast-food restoran zinciri analizi üzerinden incelenebilir. Bu analizde 60 adet restoranın her birinde 3 çıktı ve 6 girdi kullanılmaktadır. Çıktıların hepsi kontrol edilebilir olan kahvaltılık, öğlen ve akşam yemeği satışlarıdır. Girdilerden ise sadece stok harcamaları ve işçi harcamaları isteğe bağlıdır, diğer dört girdi (dükkanın yaşı, şehir dışı/şehir içi mevki, park kapasitesi ve reklam düzeyi) ise karar verme birimi yöneticisi kontrolü dışındadır. Bu tip değişkenlerin olduğu modellerde kilit nokta “Zorunlu bir girdi değişkeninin hangi oranda azaltılacağı karar verme birimi yöneticisi için önemli değildir” cümlesidir.

Unutulmaması gereken bir diğer nokta da kontrol edilemeyen değişkenlerin bazı ufak değişikliklerle tüm modellerde kullanılabilmesidir. Girdiye yönelik BCC Modeli için formülasyon aşağıdaki gibidir **(3.39)**.

$$\begin{aligned}
 E_k &= \text{Min } \alpha - \varepsilon \left(\sum_{i \in G_I} s_i^- \right) - \varepsilon \left(\sum_{r \in \Phi_I} s_r^+ \right) \\
 \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{ik} \right) &= 0 \\
 \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - Y_{rk} \right) &= 0 \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\
 \lambda_j &\geq 0 \\
 s_i^- &\geq 0 \\
 s_i^+ &\geq 0 \\
 j &= 1, \dots, n \\
 r &= 1, \dots, p \\
 i &= 1, \dots, m
 \end{aligned}
 \tag{3.39}$$

Yukarıda;

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

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

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

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

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

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

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

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

G_I : Kontrol edilebilir girdileri içeren küme

$\bar{C}_I$: Kontrol edilebilir çıktıları içeren küme

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

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

3.4.12 Kategorik değişken (categorical variable) modeli/yaklaşımı

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

Bir girdi değişkeninin L (1,2,...,L) seviyelerinden biri olabildiği kabul edildiğinde, bu L değerleri karar verme birimlerinin kümesini etkin olarak kategorilere ayırır. Özel olarak, karar verme birimlerinin kümesi $D = \{1,2,...,n\} = D_1 \cup D_2 \dots \cup D_L$ 'dir. Burada $D_k = \{i \mid i \in D \text{ ve girdi değeri } k \text{ 'dır}\}$ ve $D_j \cap D_k = \emptyset, j \neq k$ şeklindedir. Bir karar verme birimi, kendisinde ve bütün önceki kategorilerde bulunan birimler tarafından belirlenmiş zarflama yüzeyine bağlı olarak değerlendirildiğinde, aşağıdaki model spesifikasyonu, $U_{k=1}^L D_k$ 'daki birimlere göre değerlendirilecek bir karar verme birimi $KVB \in D_k, k \in \{1,...,L\}$ 'yi ele alır. Aşağıdaki formülasyon toplamsal model (ölçeğe göre değişken getiri) içindir (3.40).

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

$$\begin{aligned}
\sum_{j \in \bigcup_{f=1}^K D_f} Y_{rj} \lambda_j - S_r^+ - Y_{r0} &= 0 \\
\sum_{j \in \bigcup_{f=1}^K D_f} X_{ij} \lambda_j - S_i^- - \theta X_{i0} &= 0 \\
\sum_{j \in \bigcup_{f=1}^K D_f} \lambda_j &= 1
\end{aligned}
\tag{3.40}$$

$$\lambda_j, S_r^+, S_i^- \geq 0 \text{ ve } j \in \bigcup_{f=1}^K D_f \text{ 'dir.}$$

Yukarıda;

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

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

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

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

λ_j : j. karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

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

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

Yukarıdaki lineer programlama problemine göre, tüm $I \in D_1$ birimleri D_1 'deki birimlere göre, tüm $I \in D_2$ birimleri $D_1 \cup D_2$ 'deki birimlere göre, tüm $I \in D_C$ birimleri $\bigcup_{k=1}^C D_k$ 'daki birimlere göre ve tüm $I \in D_L$ birimleri $\bigcup_{k=1}^L D_k$ kümesine göre değerlendirilir. Açıklama toplamsal modele göre olsa da kategorik değişkenlerin herhangi bir veri zarflama modeline aynı tarzda kolayca dâhil edilebildiği unutulmamalıdır.

3.4.13 İstenmeyen değişken (undesirable input and output) modeli/yaklaşımı

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

VZA’da daha önce ifade edilen yönelimli modellerde her zaman amaç çıktı yönelimli modeller için girdiler sabit olmak koşuluyla çıktılarda artış sağlamak, girdi yönelimli modellerde ise çıktı düzeyleri sabit olmak koşuluyla girdileri azaltmaktır. Fakat modelde istenmeyen girdiler veya çıktıların var olması bazı sorunlara ve mantık hatalarına sebep olmaktadır. Örneğin yukarıda verilen örnekte yani eğer modelde bir fabrikada üretimdeki hasarlı ürünlerin sayısı çıktı olarak kullanıldıysa, analiz sonucunda bu değişkenin artırılması gerektiği (hatta ne kadar artırılacağı bile bulunabilir) gibi zıt bir sonuç ile karşı karşıya kalınır. Bu durumda bu model gerçek üretim etkinliğini yansıtmayacaktır. İşte bu gibi durumlardan kurtulmanın en kolay yolu, o istenmeyen değişkene monoton azalan dönüşümü uygulamaktır. Yani eğer değişken y_j ise bu değişkeni modelde $1/y_j$ olarak kullanmak sorunu çözecektir (Holger Scheel, 2001). Ayrıca bu dönüşüm konvekslik özelliğini de koruduğu için modelin temel varsayımlarında da herhangi bir sorun yaratmaz.

3.4.14 VZA’da zaman analizi ve malmquist indeksi

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

N tane karar verme birimi olduğunu ve her birimin 1. ve 2. periyot için $x_j \in \mathbb{R}^m$ vektörüyle gösterilen m tane girdiye ve $y_j \in \mathbb{R}^q$ ile gösterilen q tane çıktıya sahip olduğunu varsayalım ($j=1, \dots, n$). Ayrıca $x_j > 0$ ve $y_j > 0 \quad \forall j$ ve karar birimleri (KVB_k) için ($k=1, \dots, n$) $(x_k, y_k)^1$ birinci periyot, $(x_k, y_k)^2$ ise ikinci periyot değerlerini göstermektedir. Üretim imkânları kümesi aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (3.41).

$$(X, Y)^t = \left\{ (x, y) \left| x \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j^t, 0 \leq y \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j^t, L \leq e\lambda \leq U, \lambda \geq 0 \right. \right\} \quad (3.41)$$

Yukarıda e tüm elemanları bir olan bir satır vektörünü, $\lambda \in \mathbb{R}^n$ ’de yoğunluk vektörünü, L ve U ise sırasıyla alt ve üst sınırları göstermektedir. L ve U sınırları CCR veya

ölçeğe göre sabit getiri (CRS) modellerinde $(0,\infty)$ arasında, BCC modelinde $(1,1)$ arasında, ölçeğe göre artan getiri (IRS) modelinde $(1,\infty)$ arasında ve ölçeğe göre azalan getiri modelinde de $(1,\infty)$ arasında sınırlandırılmıştır. Üretim imkânları kümesi $(X,Y)^t$, bazı girdiler ve çıktılarda azalma olmaksızın artırılması mümkün olmayan $(x,y) \in (X,Y)^t$ sınır çizgisi ile sınırlandırılmıştır.

3.4.14.1 Catch-up (iyileşme) etkisi

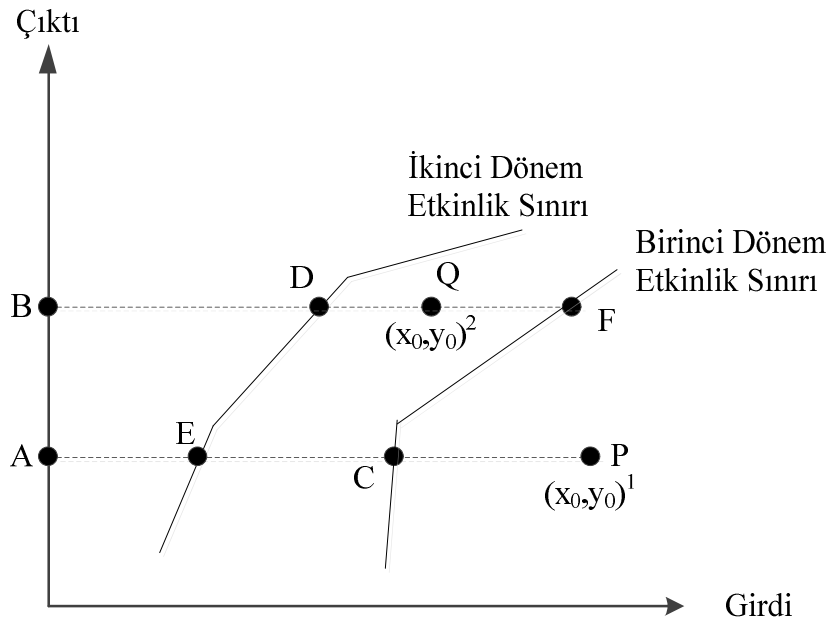
Catch-up etkisi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (3.42).

$$CatchUp\ Etkisi = \frac{(x_0y_0)^2}{(x_0y_0)^1} \quad (3.42)$$

$(x_0y_0)^2$: 2.Dönem etkinlik sınırının etkinlik değeri

$(x_0y_0)^1$: 1.Dönem Etkinlik sınırının etkinlik değeri

Yukarıdaki formül uygun veri zarflama analizi yöntemi ile kullanılabilir. Bu durum tek girdi ve tek çıktı için Şekil 3.5'teki gibi açıklanabilir (Cooper et al., 2004).



Şekil 3.5 : Catch-up etkisi için etkinlik sınırları.

Girdiye yönelik bir modelde catch-up etkisi aşağıdaki gibi hesaplanır (3.43).

$$CatchUp = \frac{BD / BQ}{AC / AP} \quad (3.43)$$

Catch-up oranının verdiği üç tür bilgi şu şekilde sıralanmaktadır: Catch-up > 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde etkinlik bazında bir artıştan söz edilmektedir. Catch-up = 1 ise etkinlikte dönemler arası herhangi bir değişiklik meydana gelmemiştir. Son olarak da catch-up < 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde etkinlik bazında bir azalma söz konusudur.

3.4.14.2 Frontier-shift (yenilik) etkisi

Catch-up terimine ek olarak etkinlik değişimini tam olarak belirleyebilmek için frontier-shift etkisinin de hesaba katılması gerekmektedir. Şekil 3.5 yardımıyla bu durum açıklanabilir.

Birinci dönem etkinlik sınırında bulunan C noktasından ikinci dönem etkinlik sınırında bulunan E noktasına hareket edildiğinde, $(x_0y_0)^1$ deki frontier-shift etkisi aşağıdaki gibi hesaplanır (3.44).

$$\varphi_1 = \frac{AC}{AE} \text{ ya da } \varphi_1 = \frac{AC/AP}{AE/AP} = \frac{(x_0y_0)^1}{(x_0y_0)^2} \quad (3.44)$$

Benzer şekilde $(x_0y_0)^2$ 'nin frontier-shift etkisi de aşağıdaki formül ile hesaplanır (3.45).

$$\varphi_2 = \frac{BF/BQ}{BD/BQ} = \frac{(x_0y_0)^1}{(x_0y_0)^2} \quad (3.45)$$

Son olarak φ_1 ve φ_2 'nin geometrik ortalaması alınarak frontier-shift etkisi hesaplanabilir (3.46).

$$\varphi = \sqrt{\varphi_1 \varphi_2} \quad (3.46)$$

Sonuç olarak frontier-shift etkisi, şu bilgileri vermektedir: Frontier-shift > 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde teknolojik değişim bazında bir artıştan söz edilmektedir. Frontier-shift = 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde teknolojik değişim bazında herhangi bir değişimden söz edilmemektedir. Frontier-shift < 1 ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde teknolojik değişim bazında bir azalıştan söz edilmektedir.

3.4.14.3 Malmquist indeksi

Malmquist indeksi (MI), frontier-shift ve catch-up etkilerinin çarpımı sonucu hesaplanmaktadır (3.47).

$$MI = CatchUp \times FrontierShift \quad (3.47)$$

Sonuç olarak; $MI > 1$ ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde toplam faktör verimliliğinde bir artıştan söz edilebilir. $MI = 1$ ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde toplam faktör verimliliğinde herhangi bir değişikliğin olmadığından söz edilebilir. $MI < 1$ ise birinci dönemden ikinci döneme geçildiğinde toplam faktör verimliliğinde bir azalıştan söz edilebilir. Bu üç yöntemin formülasyonları aşağıda verilmiştir:

Catch-up için (3.48):

$$C = \frac{\delta^2((x_0, y_0)^2)}{\delta^1((x_0, y_0)^1)} \quad (3.48)$$

Frontier-shift için (3.49):

$$F = \left[\frac{\delta^1((x_0, y_0)^1)}{\delta^2((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\delta^1((x_0, y_0)^2)}{\delta^2((x_0, y_0)^2)} \right]^{1/2} \quad (3.49)$$

Malmquist indeksi için ise (3.50):

$$MI = \left[\frac{\delta^1((x_0, y_0)^2)}{\delta^1((x_0, y_0)^1)} \times \frac{\delta^2((x_0, y_0)^2)}{\delta^2((x_0, y_0)^1)} \right]^{1/2} \quad (3.50)$$

3.4.15 Pencere (window) analizi

Charnes, Clark, Cooper ve Golany tarafından 1985 yılında geliştirilmiş olan pencere analizi, zamana bağımlı bir VZA tekniğidir ve karar verme birimlerinin belirli bir süre zarfında etkinlik değerlerinin nasıl değiştiğini ölçmek için kullanılmaktadır. Bu analizde bir karar verme birimi için belirlenen her bir zaman biriminde ölçülen değerler sanki farklı bir karar verme birimi gibi ele alınmaktadır.

Analizde karar verme birimi sayısı, süre (kaç sene boyunca takip edilecek vs.) ve pencere büyüklüğü (window size) kavramları kullanılmaktadır. Çizelge 3.2 üzerinde mavi ile gösterilen kısım karar verme birimi sayısını göstermektedir (10 adet),

kırmızı ile gösterilen kısım süre zarfını göstermektedir (8 dönem) ve sarı ile gösterilen kısım ise pencere boyutunu (4 adet) göstermektedir. Pencere boyutu seçimi araştırmacıya kalmıştır herhangi bir zorlayıcı koşul yoktur. Q1 sütunundaki rakamlar karar verme birimlerinin Q1 dönemindeki etkinlik değerlerini göstermektedir. Q2 sütunundaki değerler ise karar verme birimlerinin hem Q1 dönemi verileri hem de Q2 dönemindeki verilerinin toplam olarak sanki farklı karar verme birimleriymiş gibi analiz edilmesiyle elde edilen etkinlik değerlerini göstermektedir. Pencere büyüklüğü 4 olarak seçildiğinden dolayı Q5 döneminde artık Q1 dönemi, Q6 döneminde de Q1 ve Q2 dönemi verileri kullanılmamaktadır. Yani kısaca bir dönemde bir karar verme birimi için en fazla 4 adet dönem sanki farklı karar verme birimiymiş gibi birlikte kullanılmaktadır (Cooper vd., 2007).

Çizelge 3.2: Pencere analizi çizelgesi.

Askeri Birlik	Etkinlik Değerleri								Ort.	Varyans	Kolon Farklı	Toplam Fark
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8				
1A	0,83	1	0,95	1								
		1	0,95	1	1							
			1	1	1	1			0,99	0,03	0,05	0,17
				1	1	1	1					
1B	0,71	1	0,91	0,89								
		1	0,91	0,89	0,77							
			1	1	0,76	1			0,92	0,21	0,11	0,29
				1	0,75	1	1					
1C	0,72	1	0,86	1								
		1	0,87	1	0,74							
			0,87	1	0,74	1			0,93	0,21	0,26	0,28
				1	1	1	1					
1D	0,73	1	1	1								
		1	1	1	1							
			1	1	1	1			0,99	0,07	0	0,27
				1	1	1	1					
1E	0,69	1	0,83	1								
		0,83	0,83	1	0,77							
			0,83	1	0,79	0,93			0,88	0,17	0,17	0,31
				1	0,77	0,95	0,83					
					0,82	0,88	0,88	1				

Çizelge 3.2 : Pencere analizi çizelgesi (devam).

Askeri Birlik	Etkinlik Değerleri								Ort.	Varyans	Kolon Farklı	Toplam Fark
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8				
1F	1	1	1	1								
		1	1	1	1							
			1	1	1	1			0,99	0,04	0,2	0,2
				1	1	1	1					
1G					0,8	1	1	1				
	0,65	0,73	0,68	0,77								
		0,73	0,68	0,77	0,68							
			0,68	0,77	0,68	0,72			0,79	0,32	0,32	0,35
1H				0,76	0,74	0,75	1					
					1	1	1	1				
	0,82	1	1	1								
		1	1	1	0,71							
1I			1	1	0,71	0,7			0,9	0,32	0,29	0,3
				1	1	0,72	0,72					
					0,79	0,81	1	1				
	1	1	1	1								
1J		1	1	1	1							
			0,86	1	1	1			0,99	0,02	0,14	0,14
				1	1	1	1					
					1	1	1	1				
1K	0,81	1	1	1								
		1	1	1	0,73							
			1	1	0,73	0,67			0,86	0,37	0,11	0,33
				1	0,85	0,67	0,67					
					0,67	0,67	0,67	0,67				

Stet Çizelge 3.2’de, örneğin A1 karar verme birimi için 5 ayrı dönem incelenebilir. Bu ilk 4 dönem için (Q1, Q2, Q3 ve Q4) etkinlik değerleri sırasıyla 0.83, 1.00, 0.95 ve 1.00’dir. Bu yorum ikinci 4 dönem (Q2, Q3, Q4 ve Q5) için ise etkinlik değerleri sırasıyla 1.00, 0.95, 1.00 ve 1.00 olarak yapılmaktadır. Diğer yorumlamalar da benzer şekilde yapılarak bu 8 dönem için etkinlik değerlerin nasıl değiştiği gözlemlenebilir.

3.5 Literatürde VZA Uygulamaları

Günümüze kadar bankacılık, eğitim, sağlık, imalat, askeriye, restoranlar, pazarlama, hisse senedi değerlendirmesi, uzay araştırmaları ve taşımacılık gibi çok çeşitli faaliyet alanlarında VZA yöntemi kullanılarak etkinlik ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Atan ve ark. (2002), VZA yöntemini girdi odaklı BCC modeli kullanarak, 2001 yılına ait verilerin derlendiği Ankara ilindeki 22 adet Anadolu Lisesine uygulamışlardır. Çalışmada girdi olarak; toplam öğrenci sayısı, toplam öğretmen sayısı, şube sayısı, derslik sayısı, bilgisayar sayısı ve laboratuvar sayısı kullanılmıştır. Çıktı olarak ise; mezun öğrenci sayısı, öğrenci yerleştirme sınavı (ÖYS) ile yerleştirilen öğrenci sayısı, sınıf geçme başarı oranı ve ÖYS başarı oranı alınmıştır. Çalışmanın sonunda etkin bulunmayan 8 adet Anadolu Lisesi için potansiyel iyileştirme tabloları oluşturulmuştur.

Baysal ve ark. (2005), Türkiye'deki 50 devlet üniversitesinin 2004 yılına ait verilerini kullanarak VZA yöntemi ile göreceli etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Göreceli etkinliklerinin hesaplanmasında çıktıya yönelik BCC modeli esas alınmıştır. Çalışmada personel giderleri, diğer cari giderler, yatırım giderleri, transferler, öğretim üyeleri sayıları girdi olarak, lisans öğrenci sayıları, yüksek lisans öğrenci sayıları, doktora öğrenci sayıları ve yayın sayıları da çıktı olarak alınmıştır. Çalışmada 25 üniversitenin göreceli etkin olduğu saptanmıştır. Ayrıca 2004 yılı etkinlik değerlerine göre 2005 yılı bütçe tahsisi yapılmış ve bu bütçe tahsisi 2005 yılı bütçe tasarısı ile karşılaştırılmıştır. Performansa göre yapılan bütçe tahsisleri ile gerçekleşen bütçe tahsisleri arasındaki fark çok yüksek bulunmamış ve performans ve bütçeleme arasında açık bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir.

Beasley (1990), “Üniversite Bölümlerinin Değerlendirilmesi” isimli çalışmasında, İngiltere'de bulunan 52 üniversitenin Kimya ve Fizik Bölümlerini girdiye yönelik BCC VZA yöntemini kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada kullanılan girdiler; genel harcamalar, ekipman harcamaları ve araştırma geliri, çıktılar ise; lisansüstü öğrenci sayısı, ders veren lisans üstü öğrenci sayısı, araştırma yapan lisans üstü öğrenci sayısı, araştırma geliri, bölüm araştırma notları (yıldız, A+, A ve A-) olarak belirlenmiştir. Ortalama etkinlik değerleri Kimya bölümü için %68.8, Fizik bölümü için ise %71 olarak bulunmuştur.

Cihangir (2005); Türk bankacılık sektöründe 2000-2003 döneminde faaliyet gösteren 30 ticari bankanın, aktif büyüklüklerine göre 4 yıllık performanslarını ölçeğe göre sabit getirili CCR modelini kullanarak VZA ile değerlendirmiştir. Ayrıca bankaların birleşmesiyle ortaya çıkacak büyüklüklerin, performanslarını ne ölçüde etkileyebileceği yorumlanmıştır. Çalışmada aktif tutarı, çalışan personel sayısı, şube

sayısı girdi olarak ve mevduat tutarı, kredi tutarı ve dönem karı çıktı olarak alınmıştır. Çalışmada Türk bankacılık sektöründeki en büyük 10 bankanın etkinlik skorları kabul edilebilir sınırlarda olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Çolak ve Altan (2002), Türkiye'deki özel ve Devlet bankalarının 1999-2000 yıllarındaki performanslarını değerlendirmişlerdir. Türk bankacılık sektörünün piyasa yapısını, Veri Zarflama Analizini ve aşamalarını açıklamışlardır. Değerlendirme, girdiye yönelik BCC modeli ile sermaye standart rasyosu, toplam krediler/toplam aktifler, takipteki krediler/toplam krediler, duran aktifler/toplam likit, aktifler/toplam aktifler ve likit aktifler/ mevduat ve mevduat dışı kaynaklar girdi olarak ve net dönem karı/ortalama toplam aktifler, net dönem karı/ortalama özkaynaklar ve net dönem karı/ortalama ödenmiş sermaye çıktı olarak alınarak gerçekleştirilmiştir. Küçük ölçekli bankaların büyük ölçekli bankalara göre daha etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Emiral (2001), Türk Bankacılık Sektöründe 1998, 1999 ve 2000 yıllarının her üçünde de faaliyet gösteren bankaların etkinliklerini VZA ve malmquist toplam faktör verimliliği (TFP) endeksi yöntemleri ile ölçmüştür. Çalışmanın girdileri; toplam mevduat ve kısa vadeli borçlar ile toplam maliyettir. Çıktıları ise toplam krediler ve diğer gelir getiren aktifler olarak belirlenmiştir. Bankaların isimleri verilmeyerek sınıf bazında bir değerlendirme yapılmıştır. Analiz sonucunda, bankaların sınıf bazında yıllara göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

İleri (1997), İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'na kote olan 10 bankanın etkinliğini ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında VZA ile değerlendirmiştir. Çalışmada girdi olarak; toplam aktifler, krediler, özsermaye, vadeli mevduat, vadesiz mevduat, personel harcaması ve şube sayısı, çıktı olarak ise dönem karı kullanılmıştır. Veriler bankaların 1996 yılı haziran ayı itibarıyla altı aylık bilançolarından elde edilmiştir. Sadece beş banka etkin olarak saptanmıştır.

Kutlar ve Kartal (2004), Cumhuriyet Üniversitesinin öğrenci alan sekiz Fakültesinin Veri Zarflama Analizi (VZA) ile sabit getirili ve girdi yönelimli CCR, ölçeğe göre değişken getirili BCC modelleriyle performans değerlemesini yapmışlardır. Akademik personel, idari personel, personel giderleri, yolluklar, hizmet alımları, tüketim malzemesi ve yüz ölçüm girdiler olarak ve öğrenci sayısı, öğrenci harçları, projeler ve lisansüstü öğrenci sayısı da çıktılar olarak alınmıştır. Yapılan analiz

sonucunda Tıp, Diş Hekimliği, Güzel Sanatlar fakülteleri ile İlahiyat Fakültesinin seçilen girdi ve çıktı çerçevesinde, diğer fakültelere göre, etkinlik skorlarının daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tarım ve Cingi (2000), Türk Banka sisteminin 1989-1996 yıllarına ait verileriyle, VZA yöntemi ve Malmquist TFP Endeksi kullanılarak, mevduat pazar payı %1'den büyük, 4'ü devlet ve 17'si özel olmak üzere toplam 21 bankanın performansını değerlendirmişlerdir. Toplam mevduat, toplam aktifler ve toplam gider girdiler olarak ve toplam kâr, toplam kredi ve kredi geri dönüş oranı da çıktılar olarak alınmıştır. Çalışmanın her yılın etkinlik sıralamasının değişken olduğu belirlenmiştir.

VZA'nın üretim ile ilgili problemlerde de etkin olarak kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Ertay ve diğerleri (2006), çalışmalarında nicel ve nitel kriterleri kullanılarak tesis yerleşim tasarımı (FLD) hesaplayan VZA'ya dayalı bir karar alma yöntemi sunmuşlardır. Çalışmada minimize edilecek kriterler girdiler, maksimize edilecekler ise çıktılar olarak kabul edilmiştir. Yöntemde nicel veriler VisFactory isimli bir bilgisayar programı yardımı ile bulanık küme teorisi varsayımı altında tam ve belirsiz veriler kullanılarak toplanır. Sonrasında analitik hiyerarşi yönetimi kalite ve esneklik ile ilgili nitel veri toplamak için kullanılır. Son olarak VZA yöntemi eş zamanlı olarak nicel ve nitel veriler kullanılarak FLD problemini çözmekte kullanılır.

Ertay ve Ruan (2005) çalışmalarında, en verimli operatör sayısını ve hücresele üretim sisteminde iş gücü atamalarının etkin ölçütünü belirlemek için VZA'ya dayalı karar verme yaklaşımını sunmuşlardır. VZA yaklaşımı ortalama temin süresi ve ortalama operatör kullanım oranını çıktı değişkenleri; operatör sayısını, transfer parti büyüklüğünü ve talep düzeyini girdi değişkenleri olarak kullanarak gerçekleştirilmiştir. Girdiler ve çıktılar hücresele imalat sisteminin simülasyonu ile elde edilmiştir. Çalışmanın amacı hücresele imalat sisteminde işgücü atamalarını belirlemek olmuştur.

Yukarıda sıralanan çalışmaların özellikleri Çizelge 3.3'te özetlenmiştir. Çizelgede görüleceği üzere özellikle işletmelerde VZA analizlerinin temel çıktı değerlerini dönem karı, ciro, toplam kar, kredi geri dönüş oranı gibi parasal değerler oluşturmaktadır. Girdiler ise, bu değişkenleri doğrudan etkileyen çalışan sayısı, ekipman sayısı, donanım sayısı, şube sayısı gibi ölçülebilir sistem girdileri arasından seçilmektedir.

Çizelge 3.3 : VZA kullanılarak yapılmış çalışmalar.

Yazar & Yıl	Çalışmanın Adı	Metot	Girdiler	Çıktılar	Sonuç
Atan ve ark. (2002)	Ankara'daki Anadolu Liselerin Toplam Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Saptanması	Girdiye Yönelik BCC	Toplam öğrenci sayısı, Toplam öğretmen sayısı, Şube sayısı, Derslik sayısı, Bilgisayar sayısı, Laboratuvar sayısı	Mezun öğrenci sayısı ÖYS ile yerleştirilen öğrenci sayısı, Sınıf geçme başarı oranı ÖYS başarı oranı	Okulların daha önceki yıllarda etkin olup olmadığı ve gelecek yıllardaki etkinliklerini korumaları için neler yapmaları gerektiği belirlenmiştir.
Baysal ve ark. (2005)	Türkiye'deki üniversitelerinin 2004 yılı performanslarının, VZA yöntemiyle belirlenip buna göre 2005 yılı bütçe tahsislerinin yapılması	Çıktıya Yönelik BCC	Personel giderleri Diğer cari giderler Yatırım giderleri Transferler Öğretim üyeleri sayıları	Lisans öğrencileri Yüksek lisans öğrencileri Doktora öğrencileri Yayın sayıları	50 üniversiteden 25.inin görece etkin olduğu, performans ile bütçeleme arasında açık bir ilişki olduğu görülmüştür.
Beasley (1990)	Üniversite Bölümlerinin Değerlendirilmesi	Girdiye Yönelik BCC	Genel harcamalar, ekipman harcamaları ve araştırma geliri	Lisansüstü öğrenci sayısı, ders veren lisans üstü öğrenci sayısı, araştırma yapan lisans üstü öğrenci sayısı, araştırma geliri, bölüm araştırma notları	Ortalama etkinlik değerleri Kimya bölümü için %68.8, Fizik bölümü için ise %71 olarak bulunmuştur
Cihangir (2005)	Bankacılıkta Optimum Büyüklük : Türk Bankacılık Sektörü Üzerinde Ampirik Bir Çalışma	Ölçeğe göre sabit getirili CCR	Aktif tutarı Çalışan personel sayısı, Şube sayısı.	Mevduat tutarı Kredi tutarı Dönem kârı	Türk bankacılık sektöründeki en büyük 10 bankanın etkinlik skorları kabul edilebilir sınırlardadır.
Çolak ve Altan (2002)	Toplam Etkinlik Ölçümü: Türkiye'deki Özel ve Kamu Bankaları İçin Bir Uygulama	Girdiye Yönelik BCC	Sermaye standart rasyosu Toplam krediler Toplam aktifler Takipteki krediler Toplam krediler Duran aktifler Toplam likit, Aktifler Toplam aktifler Likit aktifler Mevduat Mevduat dışı kaynaklar	Net dönem karı Ortalama toplam aktifler Net dönem karı Ortalama özkaynaklar Net dönem karı Ortalama ödenmiş sermaye	Küçük ölçekli bankaların büyük ölçekli bankalara göre daha etkindir.
Emiral (2001)	Türk Bankacılık Sisteminde Etkinlik Analizi Veri Zarflama Analizi Uygulaması	VZA ve Malmquist TFP Endeksi	Toplam mevduat Kısa vadeli borçlar Toplam maliyet	Toplam krediler Diğer gelir getiren aktifler	Bankaların sınıf bazında yıllara göre değerlendirilmesi yapılmıştır

Çizelge 3.3 : VZA kullanılarak yapılmış çalışmalar (devam).

Yazar & Yıl	Çalışmanın Adı	Metot	Girdiler	Çıktılar	Sonuç
İleri (1997)	Veri Zarflama Analizi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama	Ölçeğe göre değişken getirili VZA	Toplam aktifler Krediler Özsermaye Vadeli mevduat Vadesiz mevduat Personel harcaması Şube sayısı	Dönem karı	Çalışmaya konu olan 9 bankadan 5 etkin olarak saptanmıştır
Kutlar ve Kartal (2004)	Cumhuriyet Üniversitesinin Verimlilik Analizi: Fakülte Düzeyinde VZA Yöntemi ile Bir Uygulama	Sabit getirili ve girdi yönelimli CCR ve Ölçeğe göre değişken getirili BCC	Akademik personel İdari personel Personel giderleri Yolluklar Hizmet alımları Tüketim malzemesi Yüz ölçüm	Öğrenci sayısı Öğrenci harçları Projeler Lisansüstü öğrenci sayısı	Tıp, Diş Hekimliği, Güzel Sanatlar fakülteleri ile İlahiyat Fakültesi, diğer fakültelere göre, daha az etkindir
Cingi ve Tarım (2000)	Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü Dea ve Malmquist TFP Endeksi Uygulaması	VZA ve Malmquist TFP Endeksi	Toplam mevduat, Toplam aktifler Toplam gider	Toplam kâr Toplam kredi Kredi geri dönüş oranı	Her yılın etkinlik sıralamasının değişken karakterde olduğu belirlenmiştir
Yıldırım (1999)	Türk Ticaret Bankalarının Performanslarının Ananlizi: Mali Oran Analizi ile Bağlantılı bir Parametrik Olmayan Yaklaşım	Girdiye Yönelik BCC	Toplam vadesiz Toplam vadeli mevduat Faiz Giderleri Faiz dışı giderler	Toplam krediler, faiz ve faiz dışı gelirler	Türk bankacılık sektöründe ölçeğe göre azalan getiri olduğu, etkin bankaların daha karlı olduğu ve aktif kalitesi ile verimlilik arasında bir ilişki olmadığı

Genelde çalışmalarda çıktılar üzerinde kontrol az olduğu için girdi odaklı VZA modelleri tercih edilmektedir. Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda Bu çalışmada da satılan ürün sayısı, memnuniyet puanı ve çeşitli yıllık ciro değerleri çıktılar olarak ve şube sayısı, çalışan sayısı, aktivite sayısı ve reklam sayısı gibi değişkenler de girdi olarak alınmış ve araştırma kapsamında kullanılan model olarak girdi odaklı BCC modeli kullanılmıştır.

3.6 VZA Bilgisayar Programları

Bir VZA programının model çeşitliliği, kullanım kolaylığı, raporlama performansı, destek ve doküman yeterliliği, analiz süresi ve hızı son kullanıcı için oldukça önemli özelliklerdir. Çünkü programın karşılaşılan problemlerin en basitinden en kompleksine kadar tüm durumlar için son kullanıcıya yeterli cevap verebilmesi için bir takım özellikleri barındırması gereklidir.

Kullanılan değişken tipinden (nominal, ordinal, oransal) değişkenin davranışına (ölçeğe göre getiri, kısıtlama vs.) kadar birçok özellik model seçiminde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca önsel bilgiye sahip olmak ya da belirli değişkenlerin belirli aralıklarda bulunma zorunluluğu gibi durumlar da model tercihlerini etkilemektedir. İşte bu sebeplerden dolayı değişkene göre farklı model tipi ve özelliklerin kullanılması model sayısını arttırmaktadır. Bu yüzden kullanılacak programın oldukça fazla model çözümü verebilmesi çok önemlidir. Bir program ne kadar fazla modeli bünyesinde barındırıyorsa o kadar avantajlıdır.

VZA'nın temeli doğrusal programlama olduğu için analizinde doğrusal programlama çözümlerinde kullanılan LINDO, QSB, STORM gibi programlar kullanılabildiği gibi, EMS, IDEAS, DEAP, ETAKS, Warwick-Windows-VZA, PIONEER gibi Windows programlar, raporlama ve sunum olanakları açısından tercih edilmektedir.

4. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE FAALİYET GÖSTEREN BİR FİRMANIN BAYİLERİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİNE İLİŞKİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ UYGULAMASI

Çalışmanın uygulama aşamasında Türkiye’de faaliyet gösteren bir otomotiv firmasının bayilerinin etkinlik analizi yapılmıştır. Bu noktada ilk olarak yapılan araştırmanın amacını tanımlamak gerekmektedir.

4.1 Araştırmanın Amacı

Çalışmada performans, performans değerlendirme ve veri zarflama analizi ile ilgili literatür taramasının yanı sıra performans değerlendirme odaklı olarak bir uygulama yapılmıştır. Uygulamada yöntem olarak veri zarflama analizi kullanılmıştır. VZA yöntemini kullanarak performans değerlendirmesi yapılması ve otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın kritik çıktılarını etkileyen bayilerin performanslarının ölçülmesi amaçlanmıştır.

Daha önce de bahsedildiği gibi performans, şirketlerin karlılığı ve verimliliği üzerinde en önemli etkenlerden biridir. Dolayısıyla şirketlerin performans değerlendirmesine önem vermeleri ve bu konuda çalışmalar yürütmeleri günümüz rekabetçi piyasa koşullarında bir gerekliliktir. Performans değerlendirme sonucunda şirkette olumsuzluklar belirlenebilir. Bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması adına alınabilecek tedbirler saptanabilir. Bu şekilde şirketler performansları ile birlikte verimliliklerini ve karlılıklarını arttırabilirler. Çalışmada seçilen konu ve yapılan uygulama, yukarıda bahsedilen açılardan önem taşımaktadır. Performans değerlendirme için en yaygın kullanılan ve genel olarak kabul görmüş yöntemlerden biri VZA’dır. VZA ile şirketlerin –belirlenen girdi ve çıktı değişkenlerine göre- kritik çıktılar göz önünde bulundurularak performansları değerlendirilebilmektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda şirketin etkin bir şekilde çalışıp çalışmadığı ortaya konulabilmektedir. Araştırmada da aşağıda örneklem bölümünde açıklanan belirlenmiş olan karar verme birimleri için performans değerlendirmesi yapılmış ve bu KVB'lerin ne kadar etkin bir şekilde çalıştıkları belirlenmiştir.

4.2 Araştırmanın Örneklemi

VZA ile yapılacak olan uygulamanın örneklemine, otomotiv sektöründe binek ve hafif ticari taşıt üretimi ve satışı alanında faaliyet gösteren büyük ölçekli bir firmanın Türkiye genelinde konumlanmış olan 73 adet bayisi oluşturmaktadır. Uygulamada ele alınan her bir bayi bulunduğu lokasyonda satış, servis ve satış sonrası hizmetler olmak üzere firmanın çıktılarını doğrudan etkilen 3 tip ana faaliyet gerçekleştirmektedir. Çalışmada girdi ve çıktılar bu faaliyetler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

4.3 Araştırma Verilerinin Toplanması

Araştırmanın verileri, firmanın organizasyonel yapısı kapsamında, bayinin ilgili faaliyet alanının bütününden veya kısmen sorumlu olan birimlerin yetkilileri ile doğrudan görüşülerek elde edilmiştir. Veriler firma içerisinde yıllık bazda tutulduğundan araştırmada yıllık veriler üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Araştırma analizinde kullanılan verilerin bazıları firma tarafından 3. parti bir çözüm ortağına hazırlatılan bayi denetim raporlarından elde edilmiştir. 2008 yılındaki ekonomik koşullar dolayısı ile, bu denetim çalışması gerçekleştirilmediğinden, uygulama için ancak bu denetimin gerçekleştirildiği 2009 ve 2010 yıllarına ilişkin olarak toplanmış olan veriler analiz için kullanılabilmiştir. Araştırma kapsamında toplanan veriler aşağıda girdiler ve çıktılar başlıkları altında daha detaylı açıklanmıştır.

4.3.1 Girdiler

Uygulama çalışmasının girdilerini bayilerin şube sayısı, bayinin (şubeleri dahil) toplam teşhir araçları sayısı, bayinin (şubeleri dahil) toplam test aracı sayısı, bayinin (şubeleri dahil) toplam çalışan sayısı, bayinin gerçekleştirdiği tanıtım ve sergileme aktiviteleri sayısı ile bayinin yayınladığı reklamların (gazete, dergi, billboard afiş vb.) sayısı oluşturmaktadır. Bu girdilerin hepsi, bayinin aşağıda tanımlanan çıktılarının herbiri üzerinde doğrudan etkileri bulunan değişkenlerdir.

4.3.2 Çıktılar

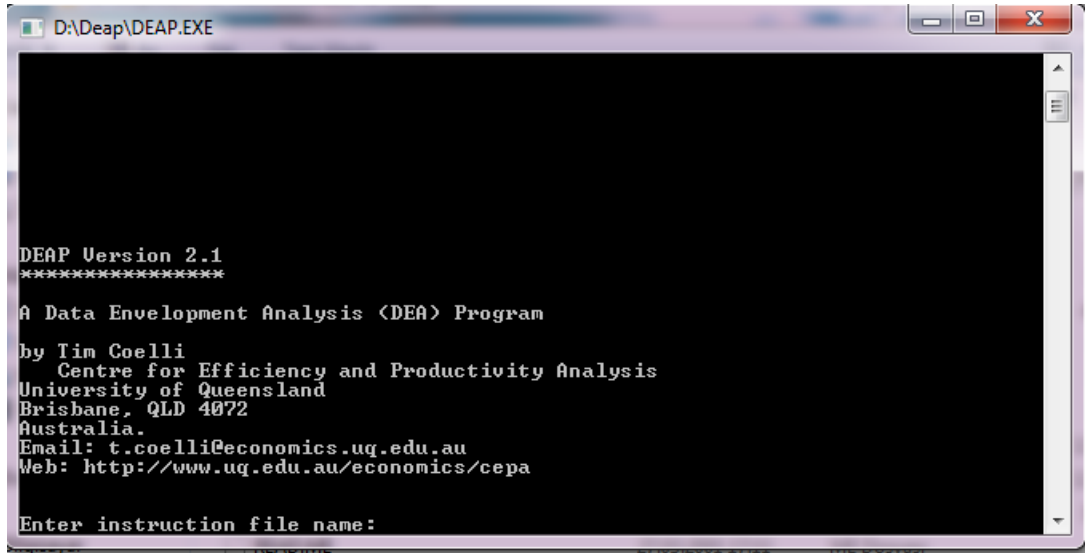
Uygulama çalışmasının çıktılarını satılan araç sayısı, müşterilerin ilgili bayilerle ilgili 100 üzerinden ölçülen memnuniyet puanı, bayinin satış sonrası hizmetler cirosu,

bayinin yedek parça satış cirosu ve bayinin, firmanın finans şirketi üzerinden müşterilerine kullandığı kredi cirosu oluşturmaktadır. Araştırmanın uygulamasında kullanılan bu çıktıların hepsi yukarıda tanımlanan bayilere ait girdilerin her biri tarafından doğrudan etkilenmektedir.

4.4 Verilerin Analizi

Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bu firmanın bayilerinin etkinliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi amacıyla yapılan veri zarflama analizi uygulamasında karar birimleri bu firmaya bağlı çalışan 73 adet bayi olarak belirlenmiştir. Veri zarflama analizi ile “İncelenen bayilerden hangileri etkindir ve hangi girdi ve çıktı değerlerinde iyileştirmeler yapılarak bayilerin performansları artırılabilir?” sorusuna cevap üretecek bulgular elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Veri zarflama analizinin uygulanmasında VZA’nın bilgisayar ortamında kullanılan popüler yazılımlarından biri olan ve raporlamalarda kolaylık sağlayan DEAP (version 2.1) programı kullanılmıştır. Programın başlangıç aşamasındaki ekran görüntüsü Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 : DEAP başlangıç ekran görüntüsü.

DEAP programının ilk adımında, etkinlik ölçümü yapılacak döneme ilişkin verilerin yer aldığı veri dosyası .txt uzantılı bir dosyaya sütunlar halinde girilerek oluşturulmaktadır. Dosyada herhangi isimlendirme ve tablolama yapılmaz. Dosyanın ilk sütunları karar birimlerinin çıktıları, bu sütunları takip eden sonraki sütunlar ise karar birimlerinin girdileridir. Bu dosyanın ekran görüntüsü Şekil 4.2’de mevcuttur.

Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım								
640	97.04	1910370	280500	1003590	1	9	6	4	30	24	52	
277	90.57	1059404	872136	1918123	1	7	7	4	20	28	24	
455	89.23	1008395	1203813	659653	1	13	6	3	21	30	32	
1294	89.49	3133756	1838444	13603758	1	14	16	12	53	36	102	
617	90.00	223217	1026029	318097	1	7	7	9	30	30	48	
1237	88.29	2835982	531900	1952176	1	13	15	8	56	32	121	
1832	95.69	2662772	8583540	2035702	2	21	15	19	48	44	155	
711	95.06	1466014	3144548	8675483	1	10	12	6	28	27	62	
1308	94.35	3370414	3695887	14623374	1	8	8	10	49	36	95	
1500	96.84	2769254	8092843	1744480	1	8	13	6	41	40	146	
1167	91.10	2903007	1251241	2554249	3	13	13	9	62	38	95	
623	93.40	1054126	3016386	641379	1	14	4	4	24	25	57	
674	85.90	4099307	1972924	7118558	3	13	3	10	58	34	52	
361	88.10	569169	1405713	347915	1	3	6	5	13	24	38	
412	88.00	1009351	1144857	858399	2	11	4	4	24	24	36	
839	90.82	1661328	3018817	1085838	1	8	5	7	22	30	66	
140	91.67	800394	448270	575468	1	5	1	4	21	24	32	
1978	91.67	4831579	8602663	16859827	1	4	23	11	19	82	72	152
4270	90.00	4148022	10805356	2488767	1	15	8	11	56	80	262	
2260	90.52	4316224	3581663	16333754	1	31	6	14	63	56	157	
2577	92.14	4939996	8084737	3314862	2	16	7	60	49	164		
652	86.48	1201713	793400	842618	2	7	14	6	32	26	51	
2052	94.32	3632682	2175415	1549335	1	12	6	13	52	50	135	
1013	94.41	2932165	2693782	2343993	1	13	9	5	37	34	79	
1352	92.06	8308527	3752045	4318782	3	7	4	7	58	36	94	
41	65.00	18798	579456	147215	1	18	2	7	30	13	28	
481	90.94	2281765	2954104	1746409	2	14	5	4	42	24	48	
967	94.9	3116901	3656699	3427893	2	17	8	12	39	27	69	
646	93.28	1761756	2028868	875419	2	12	7	10	39	32	53	
2437	91.54	7921469	3145388	10576052	3	23	25	13	107	58	176	
321	92.61	1077919	2242762	1361882	2	10	7	4	27	25	27	
448	86.88	406804	2537174	788317	3	3	3	7	30	20	42	
130	90.97	736004	804568	443961	1	6	5	4	22	10	28	
1171	86.76	2635455	2943323	2283596	6	28	8	9	49	24	85	
1141	91.95	3210906	5135574	19608883	1	11	8	16	59	35	96	
937	90.59	3762919	1853635	6506520	2	19	6	9	55	28	74	
745	89.10	1511385	5470865	1163909	3	13	2	5	41	30	63	
37	88.00	290768	553214	63096	1	13	3	4	18	12	21	

Şekil 4.2 : DEAP veri dosyası ekran görüntüsü.

Veri dosyası oluşturulduktan sonra, programın kullanacağı VZA modelinin tanımlarını içeren komut dosyası hazırlanmaktadır. 2009 yılı analizinde kullanılan komut dosyası için oluşturulan komut adımları aşağıda paylaşılmıştır.

- dta2009.txt : DATA FILE NAME
- out2009.txt : OUTPUT FILE NAME
- 73 : NUMBER OF FIRMS
- 1 : NUMBER OF TIME PERIODS
- 5 : NUMBER OF OUTPUTS
- 7 : NUMBER OF INPUTS
- 1 : 1-INPUT AND 0-OUTPUT ORIENTATED
- 1 : 0-CRS AND 1-VRS
- 0 : 0=DEA (MULTI-STAGE) 1=COST-DEA 2=MALMQUIST-DEA
3=DEA (1-STAGE) 4=DEA (2-STAGE)

Komut dosyasının ilk iki satırında, kullanılacak veri dosyası ve oluşturulacak program çıktısı dosyalarının adları tanımlanmaktadır. Sadece bir döneme (2009) ilişkin verilerin değerlendirileceğini tanımlayan üçüncü satırın ardından girdi ve çıktı sayılarının belirtildiği satırlar gelmektedir. Komutlardan da anlaşılacağı gibi, program .txt uzantılı olarak hazırlanan data dosyasındaki ilk 5 sütunu çıktılar, son 7 sütunu da girdiler olarak işleme alacaktır. VZA modelinin, girdi odaklı ve ölçeğe göre değişen getirili olarak uygulanacağını son satırlar açıklamaktadır. Komut dosyası ile ifade edilen VZA modelleri ölçeğe göre değişen getirili girdiye yönelik BCC Modelidir. Modelin, matematiksel formülasyonu 2. bölümdeki ilgili başlık altında detaylı bir şekilde tanımlanmıştır. Son aşamada ise program MS-DOS işletim sistemi ortamında çalıştırılmakta ve ilgili dönemin bayiler bazında etkinlik ölçümü sonuçlarına ulaşılmaktadır. Programın çalıştırılması ile oluşan sonuç dosyasına ilişkin iki ekran görüntüsü yanyana görülebilecek biçimde Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = ins1.txt
Data file = dtal.txt

Input orientated DEA
Scale assumption: VRS
Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm	crste	vrste	scale
1	1.000	1.000	1.000 -
2	1.000	1.000	1.000 -
3	1.000	1.000	1.000 -
4	0.949	1.000	0.949 irs
5	0.962	1.000	0.962 irs
6	0.928	1.000	0.928 irs
7	0.974	1.000	0.974 drs
8	1.000	1.000	1.000 -
9	1.000	1.000	1.000 -
10	1.000	1.000	1.000 -
11	0.737	0.743	0.991 irs
12	1.000	1.000	1.000 -
13	1.000	1.000	1.000 -
14	1.000	1.000	1.000 -
15	0.922	0.955	0.966 irs
16	1.000	1.000	1.000 -
17	1.000	1.000	1.000 -
18	0.915	1.000	0.915 drs
19	1.000	1.000	1.000 -
20	0.994	1.000	0.994 irs
21	1.000	1.000	1.000 -
22	0.837	0.868	0.964 irs

out1 - Not Defteri

Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım
69	0.957	1.000	0.957 irs	
70	0.964	1.000	0.964 irs	
71	0.950	1.000	0.950 irs	
72	1.000	1.000	1.000 -	
73	0.682	0.702	0.971 irs	
mean	0.965	0.979	0.986	

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA
vrste = technical efficiency from VRS DEA
scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS results

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

firm	output:	1	2	3	4	5
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	1.477	0.000	1651295.428	0.000	0.000
5	0.000	0.909	1030831.812	1080861.339	2404186.406	0.000
6	0.000	3.018	0.000	1449552.098	243495.242	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	3.100	0.000	2153815.207	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	4.541	187362.832	555012.803	780799.505	0.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	233.403	0.558	0.000	2722462.433	0.000	0.000

Şekil 4.3 : DEAP sonuç dosyası ekran görüntüsü.

2010 dönemi bayi içinde programın çalıştırılması ve sonuçların elde edilmesinden sonra etkinliğin 2009'dan 2010'a nasıl değiştiğini belirlemek için frontier shift, catch-up katsayıları ve malmquist indeksi değerlerinin hesaplanması için iki dönemi de içine alan bir analiz daha yapılmıştır. Yukarıdaki komut dosyasında öncekilerden farklı olan noktalar, veri dosyası içerisinde hem 2009 hem de 2010 yıllarına ait verilerin bulunması, incelenen dönem sayısının 2'ye çıkması ve zaman analizi için MALMQUIST-DEA'nın seçilmiş olmasıdır. Bu değişik komut satırları aşağıda gösterilmiştir.

- 2 : NUMBER OF TIME PERIODS
- 2 : 0=DEA (MULTI-STAGE) 1=COST-DEA 2=MALMQUIST-DEA
3=DEA (1-STAGE) 4=DEA (2-STAGE)

Programın çalıştırılması sonrasında DEAP her karar birimi için VZA modelini kurup etkinlik sonuçlarını verir ve analiz aşaması tamamlanmış olur. Daha önceki bölümlerde söz edildiği gibi, Charnes ve Cooper, herhangi bir karar verme birimi için %100 etkinliğin ancak aşağıdaki durumlarda söz konusu olacağını belirtmişlerdir (Kaygın, 2006):

- Hiçbir çıktısı aşağıdaki durumlar haricinde artırılmaz.
 - Bir ya da birden fazla girdisinin artırılması veya
 - Diğer çıktılarından bazılarının azaltılması.
- Hiçbir girdisi aşağıdaki durumlar haricinde azaltılamaz.
 - Çıktılardan bazılarının azaltılması veya
 - Diğer bazı girdilerinin artırılması.
- Herhangi bir KVB % 100 göreliliğe yalnızca, diğer ilgili karar birimleri herhangi bir girdi ya da çıktının kullanımında verimsizliğe dair bir kanıt getirmiyorlarsa ulaşmış sayılır.

Böylece her bir karar birimi için 0 ve 1 arasında bir etkinlik değeri hesaplanmış olur. Etkinlik skoru 1'e eşit olan birimler en iyi gözlem kümesini, aynı zamanda da etkinlik sınırını oluştururlar. Tanımsal olarak, sınır üzerindeki herhangi bir nokta bir girdi kümesini çıktı kümesine dönüştürebilmek için elde edilebilir bir tekniği temsil eder. Etkinlik değeri 1'den küçük olan karar birimleri ise göreliliğe göre verimsizdir ve bu karar birimlerinin göreliliğe göre etkinlik değerleri sınıra olan uzaklıklarını temsil eder. En iyi gözlem kümesini oluşturan karar birimlerinin etkinlik değerleri 1 olduğuna göre, göreceli olarak verimsiz karar birimlerinin birden sapması göreliliğe göre verimsizlik ölçüsünü verecektir. Karşılaştırmanın bundan sonraki bölümü birimler üzerinde detay analizidir.

VZA'daki karşılaştırma, örneklem grubunda yer alan karar birimlerinin (bayilerin) benzerliklerinden hareket eder, böylece etkin olmayan birimler stratejilerini daha net bir şekilde belirleyebilirler. Yöntemin uygulanmasından elde edilen en büyük fayda

da bu stratejilerin belirlenmesidir. Söz konusu stratejilerdeki ana hedef, genel olarak, etkin olmayan KVB'nin referans kümesinde bulunan etkin birimlerin ağırlıklı ortalamasıdır. Hesaplamalarla elde edilen sonuçlar, etkin birimlerin elde edilebilir bir teknoloji kullandıkları kabulünü içerdiğinden, etkin olmayan birim için de ulaşılabilir kabul edilmektedir. Ancak pratikte bu her zaman mümkün olmaz. Etkin olmayan birimlerde fiziksel kısıtlar olabilir, ya da kontrol edilemeyen girdiler olabilir. Hedeflere doğru girilen iyileştirme çabaları sonuçsuz kalabilir.

4.5 Bulgular

Araştırmada kullanılan verilerin genel özelliklerinin incelenmesi ve bu verileri VZA uygulanmasıyla elde edilen bulgular bu bölümde verilmiş ve yorumlanmıştır.

4.5.1 Araştırma verilerine ait tanımlayıcı istatistikler

Bu bölümde araştırmada kullanılan verilere ait tanımlayıcı istatistikler incelenmiştir. Çizelge 4.1'de bu incelemelerin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.1 : 2009 yılı verilerine ait tanımlayıcı istatistikler.

Değişken Tipi	Değişken	Min.	Mak.	Ort.	Ortalamanın Standart Hatası
Girdiler	Şube Sayısı	1	6	1,603	0,112
	Toplam Teşhir Araç Sayısı (Tüm Tesislerinin Toplamı)	3	31	12,534	0,637
	Toplam Test Aracı Sayısı	1	25	6,466	0,462
	Toplam Satış Danışmanı Sayısı	3	21	8,301	0,537
	Toplam Çalışan Sayısı (Diğer)	13	107	42,205	2,066
	Yaptığı Aktivite Sayısı	10	80	33,74	1,79
	Yayınladığı Reklam Sayısı	21	340	89,808	6,97
	Satılan Araç	37	5923	1132,603	118,937
Çıktılar	Memnuniyet Puanı	65	97,04	91,005	0,494
	Satış Sonrası Ciro	18798	8308527	2512892,4	198200,881
	Kredili Satış Ciro	280500	13186358	3074609,6	301462,578
	Yedek Parça Satış Ciro	63096,34	34259621	5043173,4	823841,028

Çizelge 4.2'de ise araştırma verilerine ait tanımlatıcı istatistiklerin incelenmesine ilişkin sonuçlar 2010 yılı verileri göz önünde bulundurularak verilmiştir.

Çizelge 4.2 : 2010 yılı verilerine ait tanımlayıcı istatistikler.

Değişken Tipi	Değişken	Min.	Mak.	Ort.	Ortalamanın Standart Hatası
Girdiler	Şube Sayısı	1	5	1,603	0,101
	Toplam Teşhir Araç Sayısı (Tüm Tesislerinin Toplamı)	2	31	13,11	0,72
	Toplam Test Aracı Sayısı	2	12	5,589	0,206
	Toplam Satış Danışmanı Sayısı	3	22	8,438	0,548
	Toplam Çalışan Sayısı (Diğer)	14	87	41,438	1,973
	Yaptığı Aktivite Sayısı	8	88	37,89	2,079
	Yayınladığı Reklam Sayısı	24	423	104,986	8,045
	Satılan Araç	86	8254	1485,671	177,631
Çıktılar	Memnuniyet Puanı	67,7	98,71	86,785	0,753
	Satış Sonrası Ciro	646053	12173235	3195005,4	245510,915
	Kredili Satış Ciro	500651	26031588	8135899,2	677678,661
	Yedek Parça Satış Ciro	422970	38332666	5821140,3	925666,349

VZA için belirlenen 73 bayiinin yukarıdaki değişkenlere ait verileri genel olarak değerlendirilmiş olmuştur. Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'nin birlikte incelenmesine göre şu bulgulara ulaşılmıştır:

Öncelikle VZA'da girdi olarak ele alınacak değişkenlere ait bulgular verilmiştir:

- Şube sayısı incelendiğinde 2009 yılında bayilerin şube sayılarının en az 1 tane, en fazla 5 tane olduğu, 2010 yılında yalnızca maksimum şube sayısının 6'ya çıktığı görülmüştür. Bayilerin şube sayısı ortalaması 2009 yılında $1,603 \pm 0,112$ iken 2010 yılında ise $1,603 \pm 0,101$ 'dir.
- Toplam teşhir araç sayısı değişkenine ilişkin verilere ait istatistikler incelendiğinde teşhir aracı sayılarının 2009 yılında 3 ile 31 arasında, 2010 yılında ise 2 ile 31 arasında değiştiği görülmüştür. Ortalamada ise 2009 yılı için $12,534 \pm 0,637$ iken 2010 yılında artmıştır ve $13,110 \pm 0,720$ olmuştur.

- Toplam test aracı sayısı değişkenine ilişkin verilere ait istatistikler incelendiğinde bayilerin toplam test aracı sayılarının 2009 yılında 1 ile 25 arasında değiştiği, 2010 yılında ise 2 ile 12 arasında değiştiği görülmüştür. Bayilerin toplam test aracı sayılarının ortalaması 2009 yılı için $6,466 \pm 0,462$ iken 2010 yılında azalmıştır ve $5,589 \pm 0,206$ olmuştur.
- Toplam satış danışmanı sayısı değişkenine ilişkin verilere ait istatistikler incelendiğinde bayilerin toplam satış danışmanı sayılarının 2009 yılında 3 ile 21 arasında değiştiği, 2010 yılında ise 3 ile 22 arasında değiştiği görülmüştür. Bayilerin toplam satış danışmanı sayılarının ortalaması 2009 yılı için $8,301 \pm 0,537$ iken 2010 yılında artmıştır ve $8,438 \pm 0,548$ olmuştur.
- Toplam çalışan sayısı değişkenine ilişkin verilere ait istatistikler incelendiğinde bayilerin toplam çalışan sayılarının 2009 yılında 13 ile 107 arasında değiştiği, 2010 yılında ise 14 ile 87 arasında değiştiği görülmüştür. Bayilerin toplam çalışan sayılarının ortalaması 2009 yılı için $42,205 \pm 2,066$ iken 2010 yılında azalmıştır ve $41,438 \pm 1,973$ olmuştur.
- Yapılan aktivite sayısı değişkenine ilişkin verilere ait istatistikler incelendiğinde bayilerin yaptıkları aktivite sayılarının 2009 yılında 10 ile 80 arasında değiştiği, 2010 yılında ise 8 ile 88 arasında değiştiği görülmüştür. Bayilerin yaptıkları aktivite sayılarının ortalaması 2009 yılı için $33,740 \pm 1,790$ iken 2010 yılında artmıştır ve $37,890 \pm 2,079$ olmuştur.
- Yayınlanan reklam sayısı değişkenine ilişkin verilere ait istatistikler incelendiğinde bayilerin yayınladıkları reklam sayılarının 2009 yılında 21 ile 340 arasında değiştiği, 2010 yılında ise 24 ile 423 arasında değiştiği görülmüştür. Bayilerin yayınladıkları reklam sayılarının ortalaması 2009 yılı için $89,808 \pm 6,970$ iken 2010 yılında artmıştır ve $104,986 \pm 8,045$ olmuştur.

VZA’da çıktı olarak ele alınacak değişkenlere ait bulgular ise şu şekildedir:

- Satılan araç sayısı değişkenine ilişkin verilere ait istatistikler incelendiğinde bayilerin sattıkları araç sayılarının 2009 yılında 37 ile 5923 arasında değiştiği, 2010 yılında ise 86 ile 8254 arasında değiştiği görülmüştür. Bayilerin sattıkları araç sayılarının ortalaması 2009 yılı için $1132,603 \pm 118,937$ iken 2010 yılında artmıştır ve $1485,671 \pm 177,631$ olmuştur.

- Memnuniyet puanı değişkenine ilişkin verilere ait istatistikler incelendiğinde bayilere ait memnuniyet puanlarının 2009 yılında 65 ile 97,04 arasında değiştiği, 2010 yılında ise 67,70 ile 98,71 arasında değiştiği görülmüştür. Bayilere ait memnuniyet puanlarının ortalaması 2009 yılı için $91,005 \pm 0,494$ iken 2010 yılında azalmıştır ve $86,785 \pm 0,753$ olmuştur.
- Satış sonrası ciro değişkenine ilişkin verilere ait istatistikler incelendiğinde bayilerin satış sonrası cirolarının 2009 yılında 18.798 TL ile 8.308.527 TL arasında değiştiği, 2010 yılında ise 646.053 TL ile 12.173.235 TL arasında değiştiği görülmüştür. Bayilerin satış sonrası cirolarının ortalaması 2009 yılı için $2.512.892,370 \pm 198.200,881$ TL iken 2010 yılında artmıştır ve $3.195.005,425 \pm 245.510,915$ TL olmuştur.
- Kredili satış cirosu değişkenine ilişkin verilere ait istatistikler incelendiğinde bayilerin kredili satış cirolarının 2009 yılında 280.500 TL ile 13.186.357,710 TL arasında değiştiği, 2010 yılında ise 500.651 TL ile 26.031.587,830 TL arasında değiştiği görülmüştür. Bayilerin kredili satış cirolarının ortalaması 2009 yılı için $3.074.609,585 \pm 301.462,578$ TL iken 2010 yılında artmıştır ve $8.135.899,210 \pm 677.678,661$ TL olmuştur.
- Yedek parça satış cirosu değişkenine ilişkin verilere ait istatistikler incelendiğinde bayilerin yedek parça satış cirolarının 2009 yılında 63.096,340 TL ile 34.259.621,150 TL arasında değiştiği, 2010 yılında ise 422.970 TL ile 38.332.665,590 TL arasında değiştiği görülmüştür. Bayilerin yedek parça satış cirolarının ortalaması 2009 yılı için $5.043.173,352 \pm 823.841,028$ TL iken 2010 yılında artmıştır ve $5.821.140,334 \pm 925.666,349$ TL olmuştur.

VZA'da karar verme birimi olarak kullanılacak olan bayilerin performans değerlendirilmesinde girdi olarak ele alınacak değişkenler arasında yer alan toplam teşhir aracı sayısı, toplam satış danışmanı sayısı, yapılan aktivite sayısı ve yayınlanan reklam sayısı değişkenlerine ait ortalamalar 2010 yılında 2009 yılına kıyasla artmış iken yine performans değerlendirilmesinde girdi olarak ele alınacak değişkenler arasında yer alan toplam test aracı sayısı ve toplam çalışan sayısı değişkenlerine ait ortalamalar 2010 yılında 2009 yılına kıyasla azalmıştır ve şube sayısı değişkenine ait ortalamalar 2009 ve 2010 yıllarında hemen hemen aynı kalmıştır.

4.5.2 2009 ve 2010 dönemlerine ait VZA bulguları

VZA uygulandıktan sonra 2009 ve 2010 yılına ait etkinlik değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.3'te 2009 yılına ait etkinlik değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.3 : 2009 yılı VZA sonucu bayilerin elde edilen etkinlik değerleri.

Bayi	CRS-TE	VRS-TE	Ölçek Etkinliği	Ölçeğe Göre Getiri	Bayi	CRS-TE	VRS-TE	Ölçek Etkinliği	Ölçeğe Göre Getiri
1	1	1	1	-	38	1	1	1	-
2	1	1	1	-	39	1	1	1	-
3	1	1	1	-	40	1	1	1	-
4	0,949	1	0,949	irs	41	1	1	1	-
5	0,962	1	0,962	irs	42	1	1	1	-
6	0,928	1	0,928	irs	43	0,832	0,836	0,995	irs
7	0,974	1	0,974	drs	44	1	1	1	-
8	1	1	1	-	45	1	1	1	-
9	1	1	1	-	46	1	1	1	-
10	1	1	1	-	47	1	1	1	-
11	0,737	0,743	0,992	irs	48	1	1	1	-
12	1	1	1	-	49	1	1	1	-
13	1	1	1	-	50	0,989	1	0,989	irs
14	1	1	1	-	51	0,879	0,881	0,998	drs
15	0,922	0,955	0,965	irs	52	1	1	1	-
16	1	1	1	-	53	1	1	1	-
17	1	1	1	-	54	1	1	1	-
18	0,915	1	0,915	drs	55	1	1	1	-
19	1	1	1	-	56	1	1	1	-
20	0,994	1	0,994	irs	57	0,856	0,86	0,995	irs
21	1	1	1	-	58	1	1	1	-
22	0,837	0,868	0,964	irs	59	0,837	0,972	0,861	drs
23	1	1	1	-	60	1	1	1	-
24	1	1	1	-	61	1	1	1	-
25	1	1	1	-	62	1	1	1	-
26	0,861	1	0,861	irs	63	1	1	1	-
27	1	1	1	-	64	1	1	1	-
28	0,985	1	0,985	drs	65	0,969	1	0,969	drs
29	0,779	0,785	0,992	irs	66	1	1	1	-
30	0,864	1	0,864	drs	67	1	1	1	-
31	1	1	1	-	68	0,964	1	0,964	irs
32	1	1	1	-	69	0,957	1	0,957	irs
33	1	1	1	-	70	0,964	1	0,964	irs
34	0,998	1	0,998	irs	71	0,95	1	0,95	irs
35	1	1	1	-	72	1	1	1	-
36	0,888	0,89	0,998	irs	73	0,682	0,702	0,972	irs
37	1	1	1	-	Ort.	0,965	0,979	0,986	

2009 yılında otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmaya bağlı çalışan 73 bayiinin 26'sının etkinlik sınırının altında olduğu yani etkin çalışmadığı (ölçek etkinliği<1,000) ve geriye kalan 47 bayiinin ise etkinlik sınırında olduğu yani etkin biçimde çalıştıkları (ölçek etkinliği=1,000) görülmüştür. Ortalama değerlerine göre ise 73 bayiinin ölçek etkinliği ortalamasının 0,986 şeklinde bir değere sahip olup bu değer etkinlik sınırı olan 1,000'e oldukça yakın olması otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bu firmanın bayilerinin 2009 yılında genel olarak etkiye yakın biçimde çalıştıklarını göstermektedir. 2009 yılı için yapılan detaylı etkinlik analizi sonucunda bayilerin (VZA'da kullanılan çıktı değişkenlerine göre) çıktılarındaki artan (surplus) kapasite değerleri (yalnızca etkin olmayan bayiler için) Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 : 2009 yılı bayilerin çıktılarına ait artan kapasiteleri.

Bayiler	Satılan Araç	Memnuniyet Puanı	Satış Sonrası Ciro	Kredili Satış Ciro (TL)	Yedek Parça Satış Ciro (TL)
4	0,00	1,48	0,00	1651295,43	0,00
5	0,00	0,91	1030831,81	1080861,34	2404186,41
6	0,00	3,02	0,00	1449552,10	243495,24
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	3,10	0,00	2153815,21	0,00
15	0,00	4,54	187362,83	555012,80	780799,51
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	233,40	0,56	0,00	2722462,43	0,00
22	0,00	6,20	58261,87	2014888,34	506578,59
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,00	1,45	0,00	895156,32	478496,50
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
36	0,00	0,51	0,00	846209,34	0,00
43	0,00	0,96	0,00	0,00	932082,18
50	0,00	0,00	596028,33	408657,74	4871917,74
51	0,00	0,00	300630,19	60610,44	0,00
57	0,00	1,24	0,00	439625,04	1617453,15
59	0,00	0,00	0,00	0,00	10188,43
65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
68	0,00	1,95	0,00	0,00	821849,34
69	197,47	1,85	0,00	0,00	1991309,99
70	315,25	0,79	0,00	630511,89	0,00
71	0,00	3,57	0,00	0,00	928995,88
73	0,00	4,64	0,00	768370,73	1845642,32
Ortalama	10,22	0,50	29768,70	214753,82	238808,15

2009 yılı verilerine göre etkin olmadığı belirlenen 26 bayi arasında çıktılarda yapılması gereken iyileştirmelere ilişkin olarak; 3 bayiinin satılan araç sayısında, 16 bayiinin memnuniyet puanında, 5 bayiinin satış sonrası cirosunda, 14 bayiinin kredili satış cirosunda ve 13 bayiinin de yedek parça satış cirosunda iyileştirmeler yaparak etkinliği sağlayabileceği görülmüştür. 7 tane bayiinin ise çıktılarında herhangi bir sorun olmadığı halde (aylak kapasitesi tüm çıktılar için sıfır olan bayiler) etkinlikten uzak oldukları belirlenmiştir.2009 yılı için yapılan detaylı etkinlik analizi sonucunda bayilerin girdilerindeki (kaynaklarındaki) boş (aylak - slack) kapasite değerleri (yalnızca etkin olmayan bayiler için) Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 : 2009 yılı bayilerin girdilerine ait boş kapasiteleri.

Bayiler	Şube Sayısı	Toplam Teshir Araç Sayısı (Tüm Tesislerinin Toplamı)	Toplam Test Aracı Sayısı	Toplam Satış Danışmanı Sayısı	Toplam Çalışan Sayısı (Diğer)	Yaptığı Aktivite Sayısı	Yayınladığı Reklam Sayısı
4	0	1,733	9,614	1,07	4,726	3,21	9,878
5	0	0. 562	0,562	4,383	7,408	2,41	3,855
6	0	2,356	10,734	1,322	10,328	5,287	29,264
7	0	0	0	0	0	0	0
11	0,304	1,671	4,874	0,597	8,299	0	0
15	0,906	2,062	0	0,236	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
20	0	13,411	0,056	0,131	10,916	0,523	1,465
22	0,288	0	4,925	0,728	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0
29	0	1,967	0,979	3,519	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0
36	0,082	8,986	1,457	0	5,105	0	0
43	0,955	0,314	0	0,092	0	0	0
50	0	0,765	0,624	1,107	3,814	9,015	7,922
51	0,602	7,153	0	0	0	11,206	71,306
57	0,195	4,221	0,131	2,365	24,214	0	0
59	2,025	0,787	0	0,037	0	8,209	0
65	0	0	0	0	0	0	0
68	0	3,106	1,242	1,889	11,801	21,97	23,809
69	0	5,733	0,433	1,535	1,906	7,241	9,459
70	0	2,368	0,987	2,244	8,288	21,836	17,366
71	0	2,253	0,716	0,206	1,182	1,234	12,618
73	0	0	0	0	9,887	0	0
Ortalama	0,073	0,814	0,511	0,294	1,478	1,262	2,561

2009 yılı verilerine göre etkin olmadığı belirlenen 26 bayi arasında girdilerde yapılması gereken iyileştirmelere ilişkin olarak; 8 bayiinin şube sayısında, 17 bayiinin toplam teşhir araç sayısında, 14 bayiinin toplam test aracı sayısında, 16 bayiinin toplam satış danışmanı sayısında, 13 bayiinin toplam çalışan sayısında, 11 bayiinin yapılan aktivite sayısında ve 10 bayiinin de yapılan reklam sayısında iyileştirmeler yaparak etkinliğe ulaşabileceği belirlenmiştir. 7 tane bayiinin ise çıktılarında herhangi bir sorun olmadığı (aylak kapasitesi tüm çıktılar için sıfır olan bayiler) etkinlikten uzak oldukları belirlenmiştir. 2009 yılında çıktılarıdaki boş kapasite incelemesinde ulaşılan sonuca benzer şekilde yine 7 tane bayiinin girdilerinde herhangi bir sorun olmadığı halde (aylak kapasitesi tüm girdiler için sıfır olan bayiler) etkinlikten uzak oldukları belirlenmiştir.

2009 yılına ait veriler kullanılarak yapılan etkinlik analizlerinin ardından 2010 yılına ait verilerin incelenmesine geçilmiştir. Çizelge 4.6'da 2010 yılına ait veriler, 73 karar birimi, 7 girdi ve 5 çıktı ile yapılan VZA sonuçlarına göre karar birimleri yani performansları incelenen bayiler için hesaplanan etkinlik değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.6 : 2010 yılına ait VZA sonucunda bayilerin etkinlik değerleri.

Bayi	CRS-TE	VRS-TE	Ölçek Etkinliği		Bayi	CRS-TE	VRS-TE	Ölçek Etkinliği	
1	1	1	1	-	21	1	1	1	-
2	1	1	1	-	22	0,974	0,978	0,996	irs
3	0,943	1	0,943	irs	23	1	1	1	-
4	0,971	1	0,971	irs	24	1	1	1	-
5	0,95	1	0,95	irs	25	1	1	1	-
6	0,894	1	0,894	irs	26	0,82	1	0,82	irs
7	1	1	1	-	27	1	1	1	-
8	1	1	1	-	28	1	1	1	-
9	1	1	1	-	29	0,992	1	0,992	irs
10	1	1	1	-	30	0,998	1	0,998	drs
11	1	1	1	-	31	1	1	1	-
12	1	1	1	-	32	1	1	1	-
13	1	1	1	-	33	1	1	1	-
14	1	1	1	-	34	0,972	1	0,972	drs
15	0,834	0,902	0,925	irs	35	1	1	1	-
16	0,864	0,896	0,964	irs	36	0,75	0,751	0,999	irs
17	1	1	1	-	37	1	1	1	-
18	0,928	0,989	0,938	drs	38	0,911	1	0,911	irs
19	1	1	1	-	39	1	1	1	-
20	1	1	1	-	40	1	1	1	-

Çizelge 4.6 : 2010 yılına ait VZA sonucu bayilerin etkinlik değerleri (devam).

Bayi	CRS-TE	VRS-TE	Ölçek Etkinliği		Bayi	CRS-TE	VRS-TE	Ölçek Etkinliği	
41	1	1	1	-	58	1	1	1	-
42	1	1	1	-	59	1	1	1	-
43	0,784	0,787	0,996	irs	60	1	1	1	-
44	1	1	1	-	61	1	1	1	-
45	1	1	1	-	62	1	1	1	-
46	0,903	1	0,903	irs	63	1	1	1	-
47	1	1	1	-	64	0,948	1	0,948	irs
48	1	1	1	-	65	0,899	1	0,899	drs
49	1	1	1	-	66	1	1	1	-
50	1	1	1	-	67	1	1	1	-
51	0,861	0,904	0,952	drs	68	0,949	1	0,949	irs
52	1	1	1	-	69	0,884	1	0,884	irs
53	1	1	1	-	70	0,933	1	0,933	irs
54	1	1	1	-	71	1	1	1	-
55	1	1	1	-	72	1	1	1	-
56	1	1	1	-	73	0,902	1	0,902	irs
57	1	1	1	-	Ort.	0,971	0,989	0,981	-

2010 yılında otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmaya bağlı çalışan 73 bayiinin 23'ünün etkinlik sınırının altında olduğu yani etkin çalışmadığı (ölçek etkinliği<1,000 - bu sayı 2009 yılında 26 idi) ve geriye kalan 50 bayiinin ise etkinlik sınırında olduğu yani etkin biçimde çalıştıkları (ölçek etkinliği=1,000 - bu sayı 2009 yılında 47 idi) görülmüştür.

Görüldüğü üzere 2010 yılında etkin bayi sayısı 2009 yılına kıyasla artmıştır. Ortalama değerlerine göre ise 73 bayiinin ölçek etkinliği ortalamasının 0,981 şeklinde bir değere sahip olup (2009 yılında bu ortalama 0,986 idi) bu değer etkinlik sınırı olan 1,000'e oldukça yakın olması otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bu firmanın bayilerinin 2010 yılında genel olarak etkiye yakın biçimde çalıştıklarını göstermektedir. Yukarıdaki bulgulara göre firmaya ait bayiler arasında etkin olanların sayısı 2010 yılı için daha yüksek bir değere sahip iken bayilerin etkinlik ortalamasının az bir farkla da olsa 2009 yılında daha yüksek olduğu söylenebilmektedir.

2010 yılı için yapılan detaylı etkinlik analizi sonucunda bayilerin (VZA'da kullanılan çıktı değişkenlerine göre) çıktılarındaki artan (surplus) kapasite değerleri (yalnızca etkin olmayan bayiler için) Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : 2010 yılı bayilerin çıktılarına ait artan kapasiteleri.

Bayiler	Satılan Araç	Memnuniyet Puanı	Satış Sonrası Ciro	Kredili Satış Ciro (TL)	Yedek Parça Satış Ciro (TL)
3	0,00	5,43	88373,79	410116,34	389107,30
4	388,69	10,72	446205,68	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	425588,12
6	581,13	9,63	0,00	3880370,40	3050673,10
15	0,00	6,32	0,00	0,00	0,00
16	0,00	6,68	0,00	0,00	70094,78
18	1106,82	6,64	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	1478200,60	3032365,70
26	0,00	21,81	0,00	0,00	455690,32
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
36	0,00	0,37	0,00	1490823,90	0,00
38	0,00	1,50	146061,15	0,00	25346,61
43	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
46	9,84	9,92	0,00	0,00	3126291,20
51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
68	93,60	0,49	0,00	0,00	858567,37
69	270,24	10,00	0,00	818237,09	234748,22
70	437,51	4,08	0,00	0,00	28828,07
73	170,18	11,82	0,00	2205185,90	3569226,20
Ortalama	41,89	1,44	9323,84	140862,11	209130,51

2010 yılı verilerine göre etkin olmadığı belirlenen 23 bayi arasında çıktılarda yapılması gereken iyileştirmelere ilişkin olarak; 8 bayiinin satılan araç sayısında, 15 bayiinin memnuniyet puanında, 3 bayiinin satış sonrası cirosunda, 6 bayiinin kredili satış cirosunda ve 12 bayiinin de yedek parça satış cirosunda iyileştirmeler yaparak etkinliği sağlayabileceği görülmüştür. 6 tane bayiinin ise çıktılarında herhangi bir sorun olmadığı halde (aylak kapasitesi tüm çıktılar için sıfır olan bayiler) etkinlikten uzak oldukları belirlenmiştir.

2010 yılı detaylı etkinlik analizi sonucunda bayilerin (VZA'nde kullanılan girdi değişkenlerine göre) girdilerindeki (kaynaklarındaki) boş (aylak - slack) kapasite değerleri (yalnızca etkin olmayan bayiler için) Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8 : 2010 yılı bayilerin girdilerine ait boş kapasiteleri.

Bayiler	Şube Sayısı	Toplam Teşhir Araç Sayısı (Tüm Tesislerinin Toplamı)	Toplam Test Aracı Sayısı	Toplam Satış Danışmanı Sayısı	Toplam Çalışan Sayısı (Diğer)	Yaptığı Aktivite Sayısı	Yayınladığı Reklam Sayısı
3	0	9,564	1,979	0,041	0,347	1,725	0,415
4	0	0,229	0,788	0,229	1,021	1,683	8,835
5	0	1,29	1,806	2,499	5,588	20,957	22,352
6	0	0,539	3,645	0,539	9,615	3,081	18,956
15	0,517	6,426	0,743	0	0	0,462	0
16	0	0	0	3,609	0	0,414	0
18	2,539	0	3,569	4,292	9,827	18,943	0
22	0	0	1,709	0,25	0	0,459	0
26	0	6,434	0,503	1,541	3,22	3,38	6,44
29	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0
36	0,004	11,084	0	0,5	9,988	0	0
38	0	8,163	1,62	0,54	2,159	5,832	25,108
43	0,855	3,86	0	0	0	0	0
46	0	2,474	0,129	0,226	18,584	0,516	2,796
51	0,466	0	0	0	2,886	7,616	46,693
64	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0
68	0	8,665	1,291	1,936	24,667	17,911	29,253
69	0	0,483	1,316	1,959	1,235	1,289	4,296
70	0	0,796	0,65	2,371	3,538	22,072	8,315
73	0	0,185	0,512	0,263	0,787	2,366	2,221
Ortalama	0,06	0,825	0,278	0,285	1,28	1,489	2,407

2010’da etkin olmadığı belirlenen 23 bayi arasında girdilerde yapılması gereken iyileştirmelere ilişkin olarak; 5 bayiinin şube sayısında, 14 bayiinin toplam teşhir araç sayısında, yine 14 bayiinin toplam test aracı sayısında, 15 bayiinin toplam satış danışmanı sayısında, 14 bayiinin toplam çalışan sayısında, 16 bayiinin yapılan aktivite sayısında ve 12 bayiinin de yapılan reklam sayısında iyileştirmeler yaparak etkinliğe ulaşabileceği belirlenmiştir. 2010’da 5 tane bayiinin girdilerinde herhangi bir sorun olmadığı halde (aylak kapasitesi tüm girdiler için sıfır olan bayiler) etkinlikten uzak oldukları belirlenmiştir. 2009 ve 2010 yılına ait verilerin ayrı ayrı analiz edilmesiyle belirlenen etkinlik değerleri Çizelge 4.9’da bir arada verilmiştir.

Çizelge 4.9 : Bayilerin 2009 ve 2010 yılları etkinlik değerleri.

Bayi	2009 Etkinliği	2010 Etkinliği	Bayi	2009 Etkinliği	2010 Etkinliği
1	1	1	38	1	0,911
2	1	1	39	1	1
3	1	0,943	40	1	1
4	0,949	0,971	41	1	1
5	0,962	0,95	42	1	1
6	0,928	0,894	43	0,995	0,996
7	0,974	1	44	1	1
8	1	1	45	1	1
9	1	1	46	1	0,903
10	1	1	47	1	1
11	0,992	1	48	1	1
12	1	1	49	1	1
13	1	1	50	0,989	1
14	1	1	51	0,998	0,952
15	0,965	0,925	52	1	1
16	1	0,964	53	1	1
17	1	1	54	1	1
18	0,915	0,938	55	1	1
19	1	1	56	1	1
20	0,994	1	57	0,995	1
21	1	1	58	1	1
22	0,964	0,996	59	0,861	1
23	1	1	60	1	1
24	1	1	61	1	1
25	1	1	62	1	1
26	0,861	0,82	63	1	1
27	1	1	64	1	0,948
28	0,985	1	65	0,969	0,899
29	0,992	0,992	66	1	1
30	0,864	0,998	67	1	1
31	1	1	68	0,964	0,949
32	1	1	69	0,957	0,884
33	1	1	70	0,964	0,933
34	0,998	0,972	71	0,95	1
35	1	1	72	1	1
36	0,998	0,999	73	0,972	0,902
37	1	1	Ort.	0,986	0,981

Etkinlikleri ölçülen 73 bayi arasında; 42’sinin her iki yılda da etkin olduğu, 18’inin iki yılda da etkin olmadığı, 8’inin 2009 yılında etkin değil iken 2010’da etkin olduğu ve 5’sinin ise 2009 yılında etkin iken, 2010 yılında etkin olmadığı görülmüştür.

2009 ve 2010 yıllarına ait verilerin ayrı ayrı analiz edilmesinden sonra her iki yıla ait veriler birlikte ele alınarak daha ileri bir teknik olan Malmquist tekniği ile VZA uygulanmıştır.

Bu teknikte hesaplanan Frontier-shift, Cath-up ve Malmquist indeksi değerleri ile her bir bayinin 2009'dan 2010'a etkinliğinin nasıl değiştiği ortaya konabilmektedir. Bu değişimlere ilişkin sonuçlar Çizelge 3.10'da verilmiştir.

- Catch-Up > 1 ise 2009'dan 2010'a etkinlik bazında bir artış olmuştur. Catch-Up = 1 ise etkinlikte dönemler arası herhangi bir değişiklik meydana gelmemiştir. Catch-Up < 1 ise 2009'dan 2010'a geçildiğinde etkinlik bazında bir azalma olmuştur.
- Frontier-Shift > 1 ise 2009'dan 2010'a geçildiğinde teknolojik değişim bazında bir artış olmuştur. Frontier-Shift = 1 ise 2009'dan 2010'a geçildiğinde teknolojik değişim bazında herhangi bir değişim meydana gelmemiştir. Frontier-Shift < 1 ise 2009'dan 2010'a geçildiğinde teknolojik değişim bazında bir azalma yaşanmıştır.
- MI > 1 ise 2009'dan 2010'a geçildiğinde toplam faktör verimliliğinde bir artıştan söz edilebilir. MI = 1 ise 2009'dan 2010'a geçildiğinde toplam faktör verimliliğinde herhangi bir değişikliğin olmadığından söz edilebilir. MI < 1 ise 2009'dan 2010'a geçildiğinde toplam faktör verimliliğinde bir azalıştan söz edilebilir.

Çizelge 4.10'daki değerler ve çizelge üzerindeki açıklamalar ışığında incelenen 73 bayide 2009 yılındakine kıyasla 2010'daki etkinlik değerlerindeki değişimler incelendiğinde;

- 17 bayinin teknik etkinliğinin azaldığı (Catch-up <1), 42 bayinin teknik etkinliğinin değişmediği (Catch-up=1) ve 14 bayinin de teknik etkinliğinin arttığı (Catch-up >1),
- 12 bayide teknolojik değişim bazında bir azalma olduğu (Frontier-Shift < 1) ve geriye kalan 61 bayide teknolojik değişim bazında bir artış olduğu (Frontier-Shift > 1),
- 16 bayinin toplam faktör verimliliğinde düşüş (MI <1) ve geriye kalan 57 bayinin toplam faktör verimliliğinde ise artış olduğu (MI >1) belirlenmiştir.

Çizelge 4.10 : 2009 ve 2010 malmquist indeks yöntemiyle VZA sonuçları.

Bayi	Teknik Etkinlik Değişimi (Catch-Up)	Teknolojik Değişim (Frontier Shift)	TFP'deki Değişim (Malmquist Indeksi)	Bayi	Teknik Etkinlik Değişimi (Catch-Up)	Teknolojik Değişim (Frontier Shift)	TFP'deki Değişim (Malmquist Indeksi)
1	1	0,98	0,98	38	0,911	0,924	0,841
2	1	0,896	0,896	39	1	1,393	1,393
3	0,943	0,989	0,933	40	1	0,99	0,99
4	1,023	1,147	1,174	41	1	1,114	1,114
5	0,987	1,267	1,25	42	1	1,219	1,219
6	0,963	1,044	1,005	43	0,943	1,031	0,972
7	1,027	2,323	2,385	44	1	0,871	0,871
8	1	1,778	1,778	45	1	0,968	0,968
9	1	1,291	1,291	46	0,903	1,178	1,064
10	1	1,601	1,601	47	1	1,211	1,211
11	1,357	1,514	2,055	48	1	1,258	1,258
12	1	1,095	1,095	49	1	1,189	1,189
13	1	1,163	1,163	50	1,011	1,294	1,308
14	1	0,815	0,815	51	0,98	1,259	1,233
15	0,904	1,037	0,938	52	1	1,228	1,228
16	0,864	1,242	1,073	53	1	1,343	1,343
17	1	0,657	0,657	54	1	1,282	1,282
18	1,014	1,501	1,522	55	1	1,131	1,131
19	1	2,015	2,015	56	1	1,453	1,453
20	1,006	1,344	1,352	57	1,168	1,141	1,333
21	1	1,045	1,045	58	1	1,419	1,419
22	1,165	0,967	1,126	59	1,195	1,383	1,653
23	1	1,19	1,19	60	1	0,917	0,917
24	1	1,258	1,258	61	1	1,234	1,234
25	1	1,336	1,336	62	1	1,36	1,36
26	0,952	1,239	1,179	63	1	1,271	1,271
27	1	1,249	1,249	64	0,948	0,899	0,852
28	1,015	1,421	1,443	65	0,927	1,235	1,145
29	1,273	1,278	1,627	66	1	1,404	1,404
30	1,155	1,369	1,582	67	1	1,002	1,002
31	1	1,143	1,143	68	0,985	1,066	1,049
32	1	1,028	1,028	69	0,924	1,042	0,963
33	1	1,036	1,036	70	0,968	1,016	0,983
34	0,974	1,268	1,234	71	1,053	1,123	1,182
35	1	1,049	1,049	72	1	1,288	1,288
36	0,845	1,146	0,968	73	1,324	1,019	1,349
37	1	1,077	1,077	Ort.	1,006	1,182	1,189

5. SONUÇ

Ürettikleri mal veya sundukları hizmet açısından birbirlerine benzer ekonomik karar verme birimlerinin (bu araştırmada otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın bayilerinin) göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacı ile geliştirilmiş olan parametresiz bir etkinlik ölçme yöntemi olan veri zarflama analizi, önceleri karar amacı gütmeyen hastane, silahlı kuvvetler ve üniversite gibi kurumların karşılaştırmalı etkinliğinin ölçülmesi amacıyla kullanılmaktaydı. Daha sonraları ARGE projelerinde, çok uluslu ya da çok şubeli şirketlerin göreceli performanslarının ölçümünde ve sonunda karar amaçlı üretim ve hizmet sektörlerinde de işletmeler arası göreceli etkinliğin ölçümünde kendine uygulama alanı bulmuştur. Son yıllarda VZA modelleri yönetim biliminde ve yöneylem araştırması uygulamalarında da sıkça kullanılmaktadır.

Bu çalışmada da karar verme birimleri olarak otomotiv sektöründe Türkiye genelinde faaliyet gösteren bir firmanın 73 tane bayisi ele alınmıştır. Bu bayilerin şube sayısı, toplam teşhir araç sayısı (tüm tesislerinin toplamı), toplam test aracı sayısı, toplam satış danışmanı sayısı, toplam çalışan sayısı (diğer), yaptığı aktivite sayısı, yayınladığı reklam sayısı şeklinde sıralanan değişkenlerine ait veriler VZA'nde girdiler olarak kullanılmak üzere ve satılan araç sayısı, memnuniyet puanı, satış sonrası cirosu, kredili satış cirosu ve yedek parça satış cirosu şeklinde sıralanan değişkenlerine ait veriler de VZA'nde çıktılar olarak kullanılmak üzere toplanmıştır. Veri zarflama analizi ile otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bu firmanın Türkiye'nin çoğu iline yayılmış olan 73 tane bayisinin göreceli performansları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları, incelenen yıl değişkeni (2009 veya 2010) de dikkate alınarak karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve sonuçlara ulaşılmıştır. Hangi bayilerin etkin olarak çalıştıkları, hangilerinin çalışmalarının etkin olmadığı ve 2010 yılında 2009'a göre değişimlere ait sonuçlar ortaya konmuştur. Ayrıca iki yılın etkinlik değerleri VZA'nın zaman analiz yöntemlerinden malmquist indeks uygulanarak karşılaştırılmış ve bu dönemlere ilişkin ekonomik çıkarımlar yapılmıştır.

Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmaya bağlı çalışan 73 bayi arasında 47 bayiinin (%64,4) 2009 yılında etkin çalıştığı, bu bayiler arasında 50 bayiinin de (%68,5) 2010 yılında etkin çalıştığı sonucuna ulaşılmıştır. 2010 yılında etkin bayii sayısı 2009 yılına kıyasla artmıştır. Ancak bayilerin etkinlik ortalamasının az bir farkla da olsa 2009 yılında daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2009 ve 2010 yıllarındaki etkinlikleri incelenen 73 bayi arasında 42 bayiinin (%57,5) her iki yılda da etkin olduğu, 18 bayiinin (%24,7) her iki yılda da etkin olmadığı, 8 bayiinin (%11,0) yalnızca 2010 yılında etkin olduğu ve geriye kalan 5 bayiinin (%6,8) ise yalnızca 2009 yılında etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bayilerin çıktıları arasında hem 2009 yılında (16 bayi) hem de 2010 yılında (15 bayi) bayilerin etkinliğini en fazla düşüren faktörün memnuniyet puanı olduğu ve bayilerin etkinliğini en az düşüren faktörün ise 2009 yılında (3 bayi) satılan araç sayısı iken 2010 yılında (3 bayi) satış sonrası cirosu olduğu belirlenmiştir.

Bayilerin girdileri arasında bayilerin etkinliğini en fazla düşüren faktörün 2009 yılında (17 bayi) toplam teşhir araç sayısı iken 2010 yılında (16 bayi) yapılan aktivite sayısı olduğu ve bayilerin etkinliğini en az düşüren faktörün ise hem 2009 yılında (8 bayi) hem de 2010 yılında (5 bayi) şube sayısı olduğu belirlenmiştir.

VZA uygulamasında karar verme birimi olarak seçilmiş olan 73 bayi arasında 2010 yılında 2009 yılına kıyasla 17 bayiinin teknik etkinliğinin azaldığı, 42 bayiinin teknik etkinliğinin değişmediği ve 14 bayiinin de teknik etkinliğinin arttığı; 12 bayide teknolojik değişim bazında bir azalma olduğu ve 61 bayide teknolojik değişim bazında bir artış olduğu; 16 bayiinin toplam faktör verimliliğinde düşüş yaşanırken 57 bayiinin toplam faktör verimliliğinde artış yaşandığı şeklinde sıralanan sonuçlara ulaşılmıştır. Son olarak 2009 ve 2010 yılındaki etkinlik değerlerine bakıldığında Türk otomotiv sektörünün başarılı performansı bayiler bazında da doğrulanmaktadır. 2009 yılında 557.126 adet araç satışıyla satış rekoru kırılmış, 2010 yılında da 760.913 adetle rekor %36'lık artışla daha yukarılara taşınmıştır. Bu artış bayilerin yüksek etkinliklerini korumalarını sağlamıştır. Yine malmquist endeksindeki teknolojik değişim bazındaki artış bayilerin sektördeki talep artışına yeni yatırımlarla yanıt verdiklerini göstermektedir. Bu çalışmayı sonraki yıllarda tekrarlamak bayi etkinlikleri ve farklı sektör dinamikleri arasındaki ilişkileri test etme imkanı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

- Altun, D.**, 2006: Türk Telekomünikasyon A.Ş. İl Telekom Müdürlüklerinin Etkinlik Ölçümü, *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Aslankaraoglu, N.**, 2006: Veri Zarflama Analizi ve Temel Bileşenler Analizi İle Avrupa Birliği Ülkelerinin Sıralaması, *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Atan, M., Karpat, G. ve Göksel, A.**, 2002: Ankara'daki Anadolu Liselerinin Toplam Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) İle Saptanması, *XI. Eğitim Bilimleri Kongresi, Yakın Doğu Üniversitesi.*
- Avkiran, N. K.**, 1999: Productivity Analysis in the Service Sector with Data Envelopment Analysis, *Camira Qld.* 2. Basım.
- Aydemir, Z. C.**, 2002: Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması, *İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü Proje Yatırımları Değerlendirme ve Analiz Daire Başkanlığı.* Yayın No: DPT: 2664.
- Bakırcı, F.**, 2006: Üretimde Etkinlik ve Verimlilik Ölçümü Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama, *Atlas Yayın Dağıtım.* 1. Basım.
- Banker, R. D.**, 1992: Estimation of Returns To Scale Using Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research.* Vol. 62, Iss. 4, p. 74-84.
- Baş, İ. M., ve Artar, A.**, 1991: İşletmelerde Verimlilik Denetimi Ölçme ve Değerlendirme Modelleri, *MPM Yayınları.* 1. Basım.
- Baysal, M. E.**, 1999: Veri Zarflama Analizi ile Orta Öğretimde Performans Ölçümü, *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Baysal, M. E., Alçılar, B., Çerçioğlu, H. ve Toklu, B.**, 2005: Türkiye'deki Devlet Üniversitelerinin 2004 Yılı Performanslarının Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Belirlenip Buna Göre 2005 Yılı Bütçe Tahsislerinin Yapılması, *S.A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.* Vol. 9, Iss. 1.
- Beasley, J. E.**, 1990: Comparing University Departments, *Omega,* Vol. 18, Iss. 2, p. 171-183.
- Behdioğlu, S. ve Özcan, G.**, 2009: Veri Zarflama Analizi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama, *Süleyman Demirel Üniversitesi, İİBF Dergisi.*
- Berk, E., Baysal, M. E., Çerçioğlu H., ve Toklu B.**, 2004: F-16 Savaş Filolarının Veri Zarflama Analizi İle Performans Ölçümü, *Yöneylem Araştırması/ Endüstri Mühendisliği- XXIV Ulusal Kongresi.*

- Besen , B.**, 1994: Performnas Yönetim Sistemi ve Veri Zarflamanın Sağlık Sektörüne Uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Boussofiane, A., Dyson, R. G. Ve Thanassoulis, E.**, 1991: Applied Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*. Vol. 52, Iss. 1, p. 1-15.
- Bozdağ, N., Altan, Ş. ve Atan, M.**, 2001: Toplam Etkinlik Ölçümü: Türkiye'deki Özel ve Kamu Bankaları İçin Bir Uygulama, *V. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi*.
- Bulla, S., Cooper, W. W., Wilson, D. ve Park, K. S.**, 2000: Evaluating Efficiencies of Turbofan Jet Engines: A Data Envelopment Analysis Approach, *Journal of Propulsion and Power*. Vol. 16, Iss. 3, p. 431-439.
- Cihangir, M.**, 2005: Bankacılıkta Optimum Büyüklük: Türk Bankacılık Sektörü Üzerinde Amprik Bir Çalışma, *D.E.Ü., İ.İ.B.F. Dergisi*. Vol. 20, Iss. 2, p. 11-26.
- Coelli, T. J., Roa, D. S. P., O'Donnell, C. J. ve Battese, G. E.**, 2005: An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. 2. Basım.
- Cooper, W. W., Lawrence M. S., ve Zhu, J.**, 2004: Handbook On Data Envelopment Analysis, *Kluwer Academic Publishers*.
- Cooper, W. W., Lawrence M. S. ve Tone, K.**, 2005: Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses With Dea-Solver Software and References, *Springer*.
- Cooper, W. W., Lawrence M. S. ve Tone, K.** 2007: Data Envelopment Analysis : A Comprehensive Text With Models, Applications, References and DEA Solver Software, *Springer Science and Business Media, LLC*.
- Cricelli, L., Gastaldi, M. ve Levaldi, N.**, 2002: Efficiency Measurement of Factories via Data Envelopment Analysis, *Sams*. Vol. 42, p. 1521-1536.
- Çolak, Ö. F. ve Altan, Ş.**, 2002: Toplam Etkinlik Ölçümü: Türkiye'deki özel ve kamu bankaları için bir uygulama, *İktisat İşletme ve Finans*. Vol. 169, p. 45-55.
- Demir, G.**, 2004: İstatistiksel Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama, *Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Doğan, M.**, 1984: İşletme Ekonomisi ve Yönetimim, *İstiklal Matbaası*.
- Doğan, N. Ö. ve Tanç, A.**, 2008: Konaklama İşletmelerinde Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Faaliyet Denetimi: Kapadokya Örneği, *E.Ü. İİBF Dergisi*. Vol. 22, Iss. 1, p. 239-258.
- Düzakın, E. ve Demirtaş, S.**, 2005: En Uygun Performansa Sahip Kişisel Bilgisayarların Oluşturulmasında Veri Zarflama Analizinin Kullanımı, *Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, Vol. 14, Iss. 2, p. 265-280.

- Emiral, F.**, 2001: Türk Bankacılık Sisteminde Etkinlik Analizi (Veri Zarflama Analizi Uygulaması), *Yayınlanmamış Bankacılık Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, Bankacılık Anabilim Dalı.*
- Ertay, T. Ve Ruan, D.**, 2005: Data Envelopment Analysis Based Decision Model for Optimal Operator Allocation in CMS, *European Journal of Operational Research*, Vol. 164, p. 800-810.
- Ertay, T., Ruan, D. ve Tuzkaya, U. R.**, 2006: Integrating Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy for the Facility Layout Design in Manufacturing Systems, *Information Sciences*. Vol. 176, p. 237-262.
- Esenbel, M., Erkin, M. O. ve Erdoğan, F. K.**, 2001: Veri Zarflama Analizi İle Dokuma, Giyim Eşyası Ve Deri Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Etkinliğinin Karşılaştırılması.
- Dinçer, Ö. ve Fidan, Y.**, 1999: İşletme Yönetimine Giriş, *Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.*
- Gülcü, A., Yeşilyurt, C. ve Tutar, H.**, 2005, Sağlık Sektöründe Veri Zarflama Analizi Yöntemi İle Göreceli Verimlilik Analizi, *SeçkinYayıncılık.*
- İleri, İ.**, 1997: Veri Zarflama Analizi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama, *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Karacabey, A. A.**, 2001: Veri Zarflama Analizi A.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Gelişme ve Toplum Araştırmaları Merkezi Tartışma Metinleri, Vol. 33, p.75-82.
- Karasoy, H.**, 2000: Veri Zarflama Analizi, *Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE.*
- Karsak, E. E. ve Firuzan, İ.**, 2000: Çimento Sektöründeki Göreceli Faaliyet Performanslarının Ağırlık Kısıtlamaları ve Çapraz Etkinlik Kullanılarak VZA ile Değerlendirilmesi, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*. Vol. 2, Iss. 3, p. 2 – 10.
- Kaygın, E.**, 2006: Kars - Ardahan - Iğdır İlleri Orta Öğretim Kurumlarının Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.*
- Kılıç, M.**, 2004: Toplam Etkinlik ve Veri Zarflama Analizi Üzerine Karşılaştırmalı Yaklaşımlar ve Bir Uygulama, *Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.*
- Kıran, B.**, 2008: Kalkınmada Öncelikli İllerin Ekonomik Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı.*
- Kutlar, A. ve Kartal, M.**, 2004: Cumhuriyet Üniversitesinin Verimlilik Analizi: Fakülteler Düzeyinde Veri Zarflama Yöntemiyle Bir Uygulama, *Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. Vol. 8, Iss. 2, 49-79.

- Lovell, C. A. K.,** 1993: Production Frontiers and Productive Efficiency, *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press. Iss.3, p. 3-67.
- Maçada, A. C. ve Becker, J. L.,** 1999: A Study of The Relative Efficiency of Investments in Information Technology in Brazilian Banks, *Eleventh Annual Workshop on Information Systems and Economics*. p. 11-12.
- Baş, M. İ. ve Artar, A.,** 1990: İşletmelerde Verimlilik Denetimi: Ölçme ve Değerlendirme Modelleri, *Milli Prodüktivite Merkezi*.
- Avkiran, N. K.,** 1999: Productivity Analysis in the Service Sector with Data Envelopment Analysis. 1. Basım. Iss.2.
- Özcan, Y. A.,** 2008: Health Care Benchmarking and Performance Evaluation, An Assessment Using Data Envelopment Analysis, *Springer*.
- Özyiğit, T.,** 2000: Gelişmekte Olan Ülkelerin Görelî Sosyo-Ekonomik Performanslarının Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi, Galatasaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Pazarcık, O. ve Çoygun, G.,** 1985: Kamu Bürokrasisinde Organizasyon Sorunları, Verimlilik ve Etkenlik, *MPM Yayınları*. Vol. 322.
- Sabuncuoğlu, Z. ve Tokol, T.,** 2001: İşletme, *Ezgi Yayınları*.
- Şahin, İ.,** 1998: Sağlık Bakanlığı Hastanelerinin İllere Göre Karşılaştırmalı Verimlilik Analizi. Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama, *Yayımlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Tarım, A. ve Cingi, S.,** 2000: Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü: DEA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması, *Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Serisi*. Vol. 1.
- Tetik, S.,** 2003: İşletme Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi, *C.B.Ü İİBF, Yönetim ve Ekonomi Dergisi*. Vol. 10, Iss. 2, p. 221-230.
- Tiryaki, F.,** 2000: Veri Zarflama Analizi ile Hisse Senedi Seçimi, *İstatistik Araştırma Sempozyumu 2000 Bildiriler Kitabı*. p. 353-370.
- Titiz, İ., Demir, Y., ve Onat, O. K.,** 2007: Türkiye’de Şirket Birleşmelerinde Birleşme Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yoluyla Belirlenmesi, *A.Ü. İİBF Dergisi*. Vol. 9, Iss. 1, p. 117-139.
- Uluç, N. M.,** 2003: Eğitim Karma Malı Üretiminde Görelî Etkinlik Analizi- Ankara İli Örneği, *Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Uygur, M.,** 2002: TCDD Limanlarında Veri Zarflama Analizi İle Performans Ölçümü, *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Yeşilyurt, C. ve Alan, M. A.,** 2003: Fen Liselerinin 2002 Yılı Göreceli Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Ölçülmesi, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. Vol. 4, Iss. 2, p. 91-104.

- Yıldırım, C.**, 1999: Evaluation of the Performance of Turkish Commercial Banks: A Non- Parametric Approach in Conjunction with Financial Ratio Analyses, *International Conference in Economics III*, ODTU.
- Yolalan, R.**, 1993: İşletmeler Arası Görelî Etkinlik Ölçümü, *Millî Prodüktivite Merkezi Yayınları*. Vol. 483.
- Yun, Y. B., Nakayama, H. ve Tanino, T.**, 2004: A Generalized Model For Data Envelopment Analysis, *European Journal Of Operational Research*. Vol. 157, p. 87-105.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Mehmet Serkan Yürüşen

Doğum Yeri ve Tarihi: İzmir, 10.08.1980

Adres: Soğanlık Orta Mh. Yalnız Selvi Cd. No: 38 D Blok Kartal İstanbul

Lisans Üniversite: Doğu Üniversitesi