

**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
UYGULAMALI YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI**

**ETKİNLİK VE VERİMLİLİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ ÜZERİNE BİR YAZILIM
UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

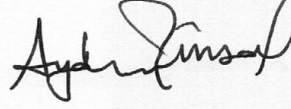
**HAZIRLAYAN
YASEMİN BARUTÇU**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. MURAT ATAN**

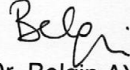
ANKARA, 2013

ONAY

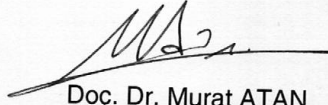
Yasemin Barutçu tarafından hazırlanan "Etkinlik ve Verimlilik Ölçüm Yöntemleri Üzerine Bir Yazılım Uygulaması" başlıklı bu çalışma 16/12/2013 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Ekonometri Anabilim Dalı Uygulamalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. AYDIN ÜNSAL
(Başkan)



Doç. Dr. Belgin AYDINTAN
(Üye)



Doç. Dr. Murat ATAN
(Üye)

ÖZET

BARUTÇU Yasemin, Etkinlik ve Verimlilik Ölçüm Yöntemleri Üzerine Bir Yazılım Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2013

Etkinlik ölçümünde üç farklı yaklaşım vardır: Oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler. Oran analizi tek boyutlu olduğu için kullanımı kısıtlıdır. Parametrik yöntemleri kullanırken ise girdi ve çıktılar arasındaki fonksiyonel yapı hakkında bilgi gerekmektedir. Parametrik olmayan bir yöntem olan Veri zarflama analizi ise hiçbir varsayıma ihtiyaç duyulmaması ve çoklu girdi ve çoklu çıktısı olan birimlerin göreceli etkinliğini ölçebilmesi nedeniyle yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada son yıllarda yöneylem araştırmalarında yaygın olarak kullanılan ve endüstri kolları içerisinde yer alan işletmelerde geniş kullanım alanı bulan Veri Zarflama Analizi-VZA ile karar vericilerin etkinlik değerlerini hesaplamak amacıyla geliştirilen yazılım anlatılmaktadır. Ayrıca bu yazılım sayesinde CCR ve BCC modelleri üzerinde analiz yapılabilmektedir ve her bir karar birimi için potansiyel iyileştirme ve süper etkinlik metodu hesaplanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler:

1. Etkinlik ve Verimlilik
2. Veri Zarflama Analizi
3. Süper Etkinlik
4. Yazılım
5. .NET

ABSTRACT

BARUTÇU Yasemin, A Software Application on Efficiency and Productivity Measurement Methods, Master Science Thesis, Ankara, 2013

Measurement of Efficiency has three different methods: The ratio analysis, parametric and non-parametric methods. The ratio analysis is limited because this method is one dimensional. In the parametric methods, functional relationship between outputs and inputs are the needs to be known. Data envelopment analysis, DEA, is non-parametric method which commonly used in the Measurement of Efficiency. In DEA method, there are no assumptions required, and the relative efficiency of units with multiple inputs and outputs can be obtained.

Furthermore, this study explains a software about Data Envelopment Analysis which displays Efficiency indexes for each decision making units. DEA is widely spread method by operation researches, management sciences, and by businesses located within industrial sectors recent years. This software can be used to analyse CCR and BCC methods. Overall, it also calculates super efficiency, and potential improvement values for each decision making units separately.

Key Words:

1. Efficiency and Productivite
2. Data Envelopment Analysis
3. Super Efficiency
4. Software
5. .NET

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın tamamlanabilmesi için hem literatürün derlenmesi hem de yazılması aşamasında bana maddi ve manevi katkıları olan birçok kişi bulunmaktadır.

Öncelikle bu tez çalışmasında her zaman tezimi bitirmem konusunda fikir aşamasından sonlandırılmasına kadarki süreçte sağlamış olduğu değerli desteği ile Anneme, Babama ve kardeşlerime teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmanın uygulama bölümünün gerçekleştirilmesinde ve programın test aşamasında bana yardımlarını esirgemeyen tüm dostlarıma teşekkür ederim.

Son olarak tezin tamamlanması için manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocam, Doç. Dr. Murat Atan'a da bana olan desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Yasemin Barutçu

Ekim 2013

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
KISALTMALAR CETVELİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ETKİNLİK KAVRAMI VE ETKİNLİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

1.1. Etkinlik ve Verimlilik Kavramları	3
1.1.1. Teknik Etkinlik	3
1.1.2. Ölçek Etkinliği	5
1.2. Etkinlik Ölçüm Modelleri	5
1.2.1. Oran Analizi	6
1.2.2. Parametrik Yöntemler	6
1.2.2.1. Stokastik Sınır Yaklaşımı (Stochastic Frontier Approach - SFA)	8
1.2.2.2. Serbest Dağılımlı Yaklaşım (Distribution Free Approach - DFA)	8
1.2.2.3. Kalın Sınır Yaklaşımı (Thick Frontier Approach - TFA)	9
1.2.3. Parametrik Olmayan Yöntemler	10

İKİNCİ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS)

2.1. Veri Zarflama Analizine Giriş	12
2.2. Veri Zarflama Analizinin Tarihçesi	13
2.3. Veri Zarflama Analizinin Temelleri	14
2.4. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri	20

2.4.1. Veri Zarfalama Analizinin Güçlü Yönleri	20
2.4.2. Veri Zarflama Analizinin Zayıf Yönleri	21
2.5. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Yapısı	22
2.6. Temel Veri Zarflama Analizi Modelleri	24
2.6.1. Charles Cooper Rhodes (CCR) Modeli	27
2.6.1.1. Girdiye Yönelik CCR Modelleri	27
2.6.1.1.1. Girdiye Yönelik CCR Dual Model.....	28
2.6.1.1.2. Girdiye Yönelik CCR Primal Model.....	30
2.6.1.2. Çıktıya Yönelik CCR Modelleri	32
2.6.1.2.1. Çıktıya Yönelik CCR Dual Model.....	33
2.6.1.2.2. Çıktıya Yönelik CCR Primal Model	34
2.6.2. Banker Charles Cooper (BCC) Modeli	36
2.6.2.1. Girdiye Yönelik BCC Modelleri	37
2.6.2.1.1. Girdiye Yönelik BCC Dual Model.....	38
2.6.2.1.2. Girdiye Yönelik BCC Primal Model	39
2.6.2.2. Çıktıya Yönelik BCC Modelleri.....	40
2.6.2.2.1. Çıktıya Yönelik CCR Dual Model.....	41
2.6.2.2.2. Çıktıya Yönelik CCR Primal Model	42
2.6.3. Süper Etkinlik Modeli	44
2.6.3.1. Girdiye Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli	45
2.6.3.2. Girdiye Yönelik BCC Süper Etkinlik Modeli.....	46
2.6.3.3. Çıktıya Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli.....	47
2.6.3.4. Çıktıya Yönelik BCC Süper Etkinlik Modeli.....	48

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİN UYGULANABİLMESİ İÇİN GEREKLİ ADIMLAR

3.1. Gözlem Kümesinin Seçilmesi.....	49
3.2. Girdi ve Çıktı Kümelerinin Seçilmesi	50
3.3. Verilerin Elde Edilebilirliği ve Güvenebilirliği.....	51
3.4. Veri Zarflama Analizi İle Göreli Etkinlik Ölçümü	51

3.5. Herbir Karar Birimi İçin Detay Analizi	52
3.6. Sonuçların Belirlenmesi	53

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İÇİN BİR YAZILIM UYGULAMASI

4.1. Uygulama Yazılımı Giriş Ekranı	54
4.2. Gözlem Kümesinin Oluşturulması	56
4.3. Model Seçimi	57
4.4. Sonuçların Yorumlanması ve Herbir Karar Birimi İçin Detay Analizi	59
4.5. Veri Zarflama Analizi Bilgisayar Programları	62
4.5.1. DEAP v2.1.	62
4.5.2. ETAKDS (Etkinlik Analizi Karar Destek Sistemi)	62
4.5.3. EMS (Efficiency Measurement System)	62
4.6. Programların Karşılaştırılması	62
4.6.1. Örnek Veri Seti İle Programların Karşılaştırılması	63
4.6.1.1. VZA Analizi Paket Programı İle Çözüm	65
4.6.1.2. EMS Paket Programı İle Çözüm	69
4.6.1.3. ETAKDS Paket Programı İle Çözüm	73
SONUÇ VE ÖNERİLER	76
KAYNAKÇA	78
EK-1: VZA Analizi Kodları	85

KISALTMALAR CETVELİ

BCC	:	Banker – Charnes – Cooper Modeli
CCR	:	Charnes – Cooper – Rhodes Modeli
DEA	:	Data Envelopment Analysis (Veri Zarflama Analizi)
DFA	:	Distribution – Free Approach (Serbest Dağılımlı Yaklaşım)
DMU	:	Decision Making Unit (Karar Verme Birimi)
FP	:	Kesirli Formülasyon
KVB	:	Karar Verme Birimi
LP	:	Doğrusal Formülasyon
SFA	:	Stochastic Frontier Approach (Stokastik Sınır Yaklaşımı)
TFA	:	Thick Frontier Approach (Kalın Sınır Yaklaşımı)
VZA	:	Veri Zarflama Analizi
IRS	:	Increasing Return to Scale (Ölçeğe Göre Orta Getiri)
VRS	:	Variable Return To Scale (Ölçeğe Göre Değişken Getiri)
DRS	:	Decreasing Return To Scale (Ölçeğe Göre Azalan Getiri)
AP	:	Anderson ve Peterson Yöntemi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Üretim Fonksiyonu	4
Şekil 2: VZA Modelleri	26
Şekil 3: Uygulama Açılış Ekranı	54
Şekil 4: Uygulama Ana Ekranı	55
Şekil 5: Veri Girişi Yapılmış Uygulama Ekranı	55
Şekil 6: Uygulamada Kullanılacak Excel Dosya Biçimi	56
Şekil 7: Üst Menü (CCR ve BCC VZA Modelleri Seçimi)	57
Şekil 8: Uygulama Kısayol Butonları	58
Şekil 9: Model Seçimi Ekranı	59
Şekil 10: Detay Analizi Sonuçları	60
Şekil 11: Potansiyel İyileştirme Sonuçları	60
Şekil 12: Sonuçları Excel'e Aktarma	61
Şekil 13: Excel Dosyası Yükleme	62
Şekil 14: Paket Programların Karşılaştırılması	64
Şekil 15: Örnek Veri Seti (Girdiler)	65
Şekil 16: Örnek Veri Seti (Çıktılar)	66
Şekil 17: VZA Analizi Örnek Veri Seti	67
Şekil 18: VZA Analizi CCR Primal Çıktı Çözümü	67
Şekil 19: VZA Analizi CCR Primal Girdi Çözümü	67
Şekil 20: VZA Analizi CCR Dual Çıktı Çözümü	68
Şekil 21: VZA Analizi CCR Dual Girdi Çözümü	68
Şekil 22: VZA Analizi BCC Primal Girdi Çözümü	68
Şekil 23: VZA Analizi BCC Primal Çıktı Çözümü	68
Şekil 24: VZA Analizi BCC Dual Girdi Çözümü	69
Şekil 25: VZA Analizi BCC Dual Çıktı Çözümü	69
Şekil 26: VZA Analizi CCR Primal Çıktı Süper Etkinlik Çözümü	69
Şekil 27: VZA Analizi CCR Primal Girdi Süper Etkinlik Çözümü	69
Şekil 28: VZA Analizi BCC Primal Girdi Süper Etkinlik Çözümü	70
Şekil 29: VZA Analizi BCC Primal Çıktı Süper Etkinlik Çözümü	70
Şekil 30: EMS Giriş Ekranı	70

Şekil 31: EMS Excel Dosya Ekleme	71
Şekil 32: EMS Model Çözümü	71
Şekil 33: EMS CCR Primal Çıktı Çözümü	71
Şekil 34: EMS CCR Primal Girdi Çözümü	71
Şekil 35: EMS BCC Primal Girdi Çözümü	72
Şekil 36: EMS BCC Primal Çıktı Çözümü	72
Şekil 37: EMS CCR Primal Çıktı Süper Etkinlik Çözümü	72
Şekil 38: EMS CCR Primal Girdi Süper Etkinlik Çözümü	72
Şekil 39: EMS BCC Primal Girdi Süper Etkinlik Çözümü	73
Şekil 40: EMS BCC Primal Çıktı Süper Etkinlik Çözümü	73
Şekil 41: ETAKDS Açılış Ekranı	73
Şekil 42: ETAKDS Excel'den Verilerin Aktarılması	74
Şekil 43: ETAKDS Model Seçimi	74
Şekil 44: ETAKDS CCR Primal Girdi Çözümü	75
Şekil 45: ETAKDS CCR Primal Çıktı Çözümü	75
Şekil 46: ETAKDS CCR Dual Çıktı Çözümü	75
Şekil 47: ETAKDS BCC Primal Çıktı Çözümü	76
Şekil 48: ETAKDS BCC Primal Girdi Çözümü	76

GİRİŞ

Günümüzün küresel rekabet koşullarında, kıt kaynakların en verimli şekilde kullanılması zorunluluk arz etmektedir. Yaşanan rekabet, işletmeleri kaynaklarını en etkin şekilde kullanmaya zorlamıştır. Değişen dünya koşullarına ayak uydurabilmek için işletmelerin rekabet ettikleri sektör içinde performanslarını görelî olarak değerlendirmeleri gerekmektedir. Bu durumda performans ölçümü kritik bir önem kazanmıştır.

Performans ölçümleme zaman açısından iki evrede incelenmiştir: Bunlar; 1980 öncesi ve 1980 sonrasıdır. İlk evrede, kar, yatırımın geri dönüşü ve verimlilik gibi finansal ölçütler ağır basarken, ikinci evrede ise, yeni üretim teknolojileri ve felsefelerini uygulama ile değişen müşteri ihtiyaçlarını karşılama ön plana çıkmıştır. Bu ikinci evrede meydana gelen yenilik ve değişimler geleneksel performans ölçütlerinin sınırlarını aşmıştır. Bu yüzden işletmeler başarılarını devam ettirmek ve arttırmak için yeni ölçütler ortaya koyma zorunluluğu ile karşı karşıya kalmışlardır (Ghalayini ve diğ., 1997: 208).

Bu çalışmada etkinlik ölçümünde kullanılan, parametrik olmayan bir yöntem olan Veri Zarflama Analizi (VZA) ayrıntılı olarak incelenmiş ve uygulaması geliştirilmiştir. Charnes vd. (1978) tarafından geliştirilen Veri zarflama analizi hiçbir varsayıma ihtiyaç duyulmaması nedeniyle diğer etkinlik ölçüm yöntemlerinden daha yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

İlk bölümde, verimlilik ve etkinlik kavramlarına yer verilmiş, etkinlik ölçüm yöntemleri ve veri zarflama analizi dışında kalan yöntemler incelenmiştir.

İkinci bölümde, çalışmada kullanacağımız, etkinlik ölçüm yöntemlerinden veri zarflama analizi ayrıntılı olarak açıklanmış, uygulamanın

anlatımı öncesi okuyucunun analiz hakkında bilgi sahibi olması hedeflenmiştir.

Üçüncü bölümde, veri zarflama analizinin uygulanabilmesi için gerekli adımlar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Son bölümde geliştirilen uygulama kısmı yer almaktadır. Örnek veri kullanılarak uygulamanın kullanımı hakkında bilgi verilmiştir. VZA'nın uygulanabilirliği konusunda literatüre katkı yapılması hedeflenmiş ayrıca işletmeler için performans ölçümünde kullanılacak bir yazılım aracı oluşturulmaya çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ETKİNLİK KAVRAMI VE ETKİNLİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

1.1. Etkinlik ve Verimlilik Kavramları

Etkinlik ve verimlilik kavramları birbirinden farklı ifadeler olarak görünmeseler de bu iki kavram birbirilerinden farklı anlamlara gelmektedirler. Etkinlik, sektördeki mevcut teknoloji ile firmanın ne kadar iyi performansa sahip olduğunu belirtirken, verimlilik ise kullanılan teknolojinin zaman içindeki değişimini göstermektedir.

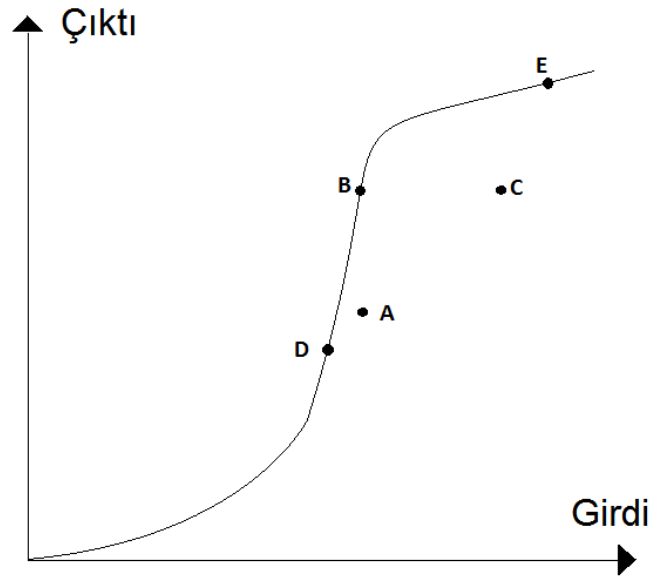
Etkinlik, bir kuruluşun üretim süreci sırasında üretim kaynaklarından hangi düzeyde yararlandığını gösteren orandır. Bir başka deyişle hedeflere ulaşma derecesini ve istenilen etki ile gerçekleşen etki arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir.

Verimlilik ise, üretilen ürün ya da hizmetler ile bu ürün ya da hizmetleri üretmek üzere kullanılan girdilerin ilişkisi; en genel tanımıyla, üretilen mal veya hizmetin yani son ürünün, bu ürünün/hizmetin elde edilmesinde kullanılan girdiye oranlanmasıyla elde edilen değerdir. (Sevimeser, 2005: 54)

1.1.1. Teknik Etkinlik

Bir işletmenin üretim yaparken kullandığı en az girdi ile en fazla çıktı elde edebilme durumudur. Başka bir deyişle teknik etkinlik, belirli bir girdi ile en iyi çıktı elde edilmesi yani girdilerin en verimli şekilde kullanılarak en büyük üretim hacmini yakalama başarısıdır.

Karar birimlerinin teknik etkin olabilmesi için etkin üretim sınırı üzerinde yer alması gerekmektedir. Şekil 1'deki yer alan $y = f(x)$ üretim fonksiyonu çerçevesinde üretim yapan bir işletme düşünüldüğünde, eğer işletme $y = f(x)$ fonksiyonu eğrisinin üzerindeki herhangi bir noktada üretim yapıyorsa teknik olarak etkindir. Eğri ile X eksenini arasında kalan bölgede üretim yapıyorsa teknik olarak etkin değil demektir (Ertuğrul ve Zaim, 1996: 38). Eğrinin üzerinde kalan bölgede üretim yapılması teknik olarak mümkün değildir.



Kaynak : (Coelli, 1998: 135)

Şekil 1: Üretim Fonksiyonu

Şekil 1'deki B ve C noktaları üzerinden açıklama yapacak olursak; görüldüğü gibi B gözlem noktası üretim sınırında yer almakta ve teknik etkin olarak tanımlanmaktadır. C gözlem noktası ise, B ile aynı çıktı düzeyinde olmasına karşın, daha çok miktarda girdi tüketmiş olduğu gözlemlenmektedir.

Teknik etkinliğin derecesi, fiyat ve maliyetlere dikkate almaksızın, belirli bir çıktı miktarının elde edilmesinde girdilerin fazla kullanılıp kullanılmadığını belirler.

1.1.2. Ölçek Etkinliği

Bir işletmenin etkin bir biçimde üretim yapabilmesi için diğer bir yandan girdilerin en azlanması yani girdi maliyetlerinin düşürülmesi gerekmektedir. Ölçek etkinliği, en verimli ölçek büyüklüğüne yakınlık olarak da tanımlandığı gibi en iyi ölçekte üretim yapma başarısı olarak da tanımlanabilir. Şekil 1 incelendiğinde, B karar biriminin A karar birimi ile aynı girdi ölçeğinde olduğu görülmektedir. A karar birimi en iyi ölçekte olduğu halde, B'nin ürettiği kadar çıktı üretemeyip, kaynaklarını israf ederek teknik etkinsizlik göstermektedir. Başka bir değerli gözlem ise, D karar birimi teknik etkin olmasına rağmen ölçek etkinsizliği göstermektedir. D karar birimini incelediğimizde, bu karar birimi teknik etkinliğini koruduğunda, ölçeğini büyütürse zaman verimliliğinin artacağı yorumu yapılır. Bu durum ölçeğe göre artan getiri (Increasing Returns to Scale - IRS) olarak adlandırılır. E karar birimi ise teknik etkinliğini koruyarak ölçeğini küçülttüğü zaman verimliliğini arttıracaktır. Bu durum da ölçeğe göre azalan getiri (Decreasing Returns to Scale - DRS) olarak isimlendirilir. Üretim sınırında ölçeğe göre artan, azalan ve sabit getiri aralıklarının birlikte bulunabileceğinin kabulü ölçeğe göre değişken getiri (Variable Return to Scale - VRS) kavramıyla tanımlanmaktadır (Abbott, 2003: 90).

1.2. Etkinlik Ölçüm Modelleri

Etkinlik ölçüm modelleri yapısal olarak; oran analizi, parametrelili ve parametresiz yöntemler olmak üzere üç temel gruba ayrılır. Bu yöntemler ile ilgili kısaca genel bir bilgi verilecek ve avantajları ile eksikliklerine kısaca değinilecektir.

1.2.1. Oran Analizi

Etkinlik ölçümünde en yaygın olan ve karmaşık olmayan bir analizdir. Tek çıktının tek bir girdiye oranlanmasına göre değerlendirme yapan, tek girdi ve tek çıktı ile sınırlı olan bu analizin yaygın olarak kullanılmasının nedeni; az bilgi gerektirmesi ve kolay bir yöntem olmasıdır.

Oran analizi, birden çok girdi ve çıktının kullanılması gereken durumlarda yetersiz kalmaktadır. Her oran etkinlikle ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne almaktadır ve diğer boyutları göz önüne almadığından dolayı oranlar tek başlarına bir anlam ifade etmemektedir. Bu nedenle, çoklu girdi ve çıktı kullanılacak durumlarda, tek boyutlu olması ve amacına uygun yorumlama yapamaması nedeniyle performans ölçümünde yetersiz kaldığı görülmüştür (Baysal, 2004: 438).

1.2.2. Parametrik Yöntemler

Parametrik yaklaşımlar etkinlik katsayısını verimli bir sınır kestiriminde bulunarak tahmin etmeye çalışırlar. Dolayısıyla parametrik yöntemlerle parametrik olmayan yöntemler arasındaki temel fark şu şekilde ifade edilebilir:

Parametrik olmayan yöntemler bir sınır kestiriminde bulunmadan, etkinlik katsayılarını doğrudan hesaplarlarken parametrik yöntemler fonksiyonel biçimi önceden bilinen bir sınırın parametrelerini tahmin edip daha sonra her bir gözlemin bu sınıra olan uzaklığını ölçmektedirler.

Parametrik yöntemlerle performans ölçümünde, genel olarak regresyon teknikleri ile tahmin yapılırken, üretim fonksiyonu çoğunlukla, bir tek çıktı birçok girdi ile ilişkilendirilerek tanılanmaktadır. Basit regresyon analizi, Y bağımlı değişkeni ile X bağımsız değişkeni arasındaki bağıntıyı

$Y = a + bX$ 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 $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_pX_p + e_p$, $p = 1, \dots, n$ şeklindeki bir matematiksel temele dayanmaktadır. Burada sabit terim a ve regresyon katsayıları $b_1, b_2, \dots, b_p$ bilinmeyen ana kütle parametreleridir. e_p rassal bir değişkendir (Demir, 2004: 38).

Çoklu regresyon analizinde, tek bir çıktı sebebiyle tüm çıktıların ortak birim üzerinden tek bir değere indirgenmesi gerekliliği söz konusudur ve bu durumun yarattığı sonuç da çıktıların birimlerinin farklı olmaması durumunu ortaya çıkarmaktadır. Parametrik yöntemin eksik yanlarının başında, bu analizin sadece tek çıktıyı dikkate alıyor olması ve karar birimlerinin tüm çıktılarının ortak bir birim üzerinden tek bir değere indirgenmesi zorunluluğudur. Karar birimlerinin çıktıları her zaman aynı birim üzerinden değerlendirilemeyebilir ve bu durumda analiz yapmak imkânsızdır. Bir diğer sorunlu tarafı ise birimlerin en etkin olan birime göre sıralanması değil ortalama bir değer üzerindeki tüm birimlerin etkin sayılmasıdır. Bu durum karar birimlerinin etkinlik yönünden tam olarak karşılaştırılamaması sonucunu da beraberinde getirmektedir. Bu analizin en önemli eksik yanı ise üretim fonksiyonunun parametrik olarak belirlenmesi ve üretim fonksiyonunun farklı karar birimlerinde farklı olması durumunun göz önüne alınamamasıdır. Bu durum da farklı teknolojiler ile üretim yapan, değişik girdi bileşenlerini kullanan farklı karar birimlerinin aynı fonksiyon ile değerlendirilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır (Cingi ve Tarım, 2000: 7).

Parametrik yöntem kendi içinde; Stokastik Sınır Yaklaşımı, Serbest Dağılımlı Yaklaşım ve Kalın Sınır Yaklaşımı olarak üç çeşide ayrılmaktadır.

1.2.2.1. Stokastik Sınır Yaklaşımı (Stochastic Frontier Approach - SFA)

Deterministtik yöntemlerin üçünün de ortak eksiklikleri, doğrudan etkinlik katsayısı olarak almalarıdır. Böyle bir yaklaşım, kontrol edilemeyen faktörlerden kaynaklanan büyük ölçüde rassal sapmaları göz ardı etmektedir. Deterministtik yöntemler verimli sınırdan sapmaların tamamını etkinlik kayıplarına atfetmektedirler. Böyle bir yaklaşım özellikle üretimin çevresel koşullara çok bağlı olduğu tarım gibi sektörlerde kabul edilebilir değildir.

1.2.2.2. Serbest Dağılımlı Yaklaşım (Distribution Free Approach - DFA)

Stokastik yöneme getirilen eleştiriler DFA yönteminin ön plana çıkmasına neden olmuştur. SFA yönteminde rassal hatanın standart normal, etkinsiz gözlemlerin ise asimetric dağıldığı varsayılırken, DFA yöntemi belli bazı kısıtlar altında hata terimlerinin ve bileşenlerinin herhangi bir dağılıma sahip olabileceğini varsayar. Bu yaklaşımda hata teriminin ve etkinsizliklerin dağılımı üzerinde stokastik yaklaşımda olan güçlü varsayımlar kaldırılmıştır. Etkinliğin istikrarlı olması, etkinsizliklerin negatif olmayan herhangi bir dağılım göstermesi ve rassal hatanın ise ortalaması sıfır olacak şekilde dalgalanması yaklaşıma ilişkin temel varsayımlardır. Serbest dağılım yaklaşımı her işletmenin herhangi bir noktadaki etkinsizliğinden ziyade en iyi uygulamadan ortalama sapmasını göstermektedir (İnan, 2000: 84).

Serbest dağılım yaklaşımının temel avantajı teknik ve kaynak tahsisindeki etkinsizliklerin ayrıştırılabilmesidir. Bu yöntemde çok dönemli zaman serilerine veya firma bazında panel veriye ihtiyaç duyulmamaktadır. Serbest dağılım yaklaşımına getirilen eleştiri ise DFA'nın yapmış olduğu varsayımların sadece etkinsiz gözlemlerin pozitif olmaları durumunda geçerli olmasıdır (İnan, 2000: 84).

1.2.2.3. Kalın Sınır Yaklaşımı (Thick Frontier Approach - TFA)

SFA ve DFA yöntemlerinden özellikle dağılım üzerine yaptığı varsayımlarla farklılaşır. SFA ve DFA yöntemlerinin gözlemlenen değerlerle varsayılan değerler arasındaki farkı oluşturan etkinsiz gözlem (inefficiency) ve rassal hata (random error) unsurlarının dağılımlarına ilişkin varsayımları iki yöntem arasındaki temel farkı oluşturur. Buna karşılık TFA yönteminde bu iki unsurun beklenen dağılımlarına ilişkin herhangi bir varsayım/kısıt yoktur. Sadece gözlemlenen ve beklenen değerler arasındaki farkların en büyük ve küçük değerlerinin rassal hatayı, geri kalan değerlerin ise etkinsiz gözlemleri oluşturduğu varsayılır (İnan, 2000: 84).

Böylece TFA yöntemi bir tek üretim biriminin etkinliğinin tahmini için uygun olmayan bir yöntem durumuna gelir. Buna karşın genel etkinlik düzeyinin hesaplanmasında kullanılır. TFA yönteminde en yüksek ve düşük değerlerin rassal hata sayılarak ayıklanması, aslında SFA ve DFA yöntemlerindeki kısaltma işlemine benzer.

Yukarıda sayılan üç yöntemden hangisinin diğerlerinden daha iyi, daha elverişli olduğuna dair verimlilik literatüründe bir anlaşma olmadığı görülmektedir. Aksine, bu üç yöntemin ortak noktalarına yöneltilen eleştiriler söz konusudur. Bu eleştirileri iki ana kanıt etrafında toplamak mümkündür (İnan, 2000: 85).

1) Bu yöntemler, maliyet, kar ve üretim gibi açıklanan değişkenlerle; girdi, çıktı ve çevresel faktörler gibi açıklayıcı değişkenler arasında işlevsel bir ilişki kurduğu için, bu ilişkinin oluşmasını mümkün kılacak bazı davranışsal varsayımlarda bulunur. Eğer bu varsayımlar yanlışsa, açıktır ki modelin bulguları tartışmalı hale gelecektir.

2) SFA, DFA veya TFA'da birden fazla açıklayıcı değişken kullanılabilmekle beraber, ancak bir tane açıklanan değişken kullanmak

mümkündür. Dolayısıyla birden fazla çıktının olduğu, hatta çıktının ne olduğu konusunda bile uzlaşma olmadığında, bu yöntemler nispeten kullanışsız hale gelmektedir.

Literatüre bakıldığında yapılan araştırmalarda TFA yönteminin çok kullanılmadığı görülür. Buna karşın SFA ve DFA yöntemleri daha sıklıkla kullanılmaktadır. Bu ikisi arasında da DFA yönteminin daha çok tercih edildiği görülmektedir. İki yöntemin hangisinin daha elverişli olduğuna dair tartışma ise henüz devam etmektedir (İnan, 2000: 85).

1.2.3. Parametrik Olmayan Yöntemler

Parametrik yöntemlerin eksik yönlerinin giderilmesi amacıyla literatüre giren bu yöntemler, etkinlik sınırına olan uzaklığı doğrusal programlama tabanlı teknikler kullanarak ölçmeye çalışır. Bu yöntemler üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmezler. Bu nedenle birden fazla girdi ve çıktının bulunduğu üretim alanlarında etkinliği ölçebilecek esnekliğe sahiptirler. Parametrik olmayan etkinlik ölçme yöntemlerinin büyük çoğunluğu girdi ve çıktı birimlerinden bağımsızdır. Bu özellikleri ile işletmenin değişik boyutlarının aynı anda ölçülebilmesine imkân sağlamaktadır. Bu ölçütler, her bir üretim birimi için göreceli etkinliği hesaplar; amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı optimize etmekte ve her üretim birimi için en uygun amaç kümesini belirlemektedir (Bakırcı, 2006:104).

Parametrik olmayan etkinlik ölçütleri; girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere iki ana gruba ayrılabilirler. Girdiye yönelik olanlar, herhangi bir çıktı düzeyi için etkin olmayan karar birimlerinin girdilerini ne derece azaltmaları gerektiğini araştırırlar. Benzer şekilde, çıktıya yönelik etkinlik ölçütleri ise herhangi bir girdi bileşimi için etkin olmayan karar birimlerinin etkin duruma

getirilebilmesi amacıyla çıktılarını ne kadar arttırabilecekleri üzerinde dururlar (Yolalan,1993: 5).

Veri setlerine son derece duyarlı olması, parametrik olmayan yöntemlerin en büyük dezavantajlarından birisidir. Veri setlerinin doğruluğunun sonuca olan etkisinden dolayı ölçümde meydana gelebilecek büyük sapmaların yanında, veri setleri doğru olsa bile, üretim sürecini doğru temsil edemeyen veri setleri kullanılırsa ölçüm başarısız olmaktadır. Bu veri setlerine olan duyarlılık nedeniyle, veri setlerinin üretim sürecini doğru temsil etmesi ve verilerin doğru olması, ölçümü meydana gelebilecek hatalardan uzak tutar ve belirlenmiş girdi çıktı bileşenlerinin üretim sürecini iyi bir şekilde temsil etmesini sağlar. Veri setleri ölçümün tutarlılığı açısından kritik önem taşımaktadır.

Parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemi olarak iki temel analiz yaklaşımından bahsedilmektedir. Bunlar; Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis) ve Serbest Atılabilir (Düzenleme) Zarf Modeli (Free Disposal Hull)

İKİNCİ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS - DEA)

2.1. Veri Zarflama Analizine Giriş

Veri zarflama analizi, karar verme birimleri (KVB) olarak adlandırılan ürettikleri ürün ya da hizmet açısından birbirine benzeyen ekonomik karar birimlerinin göreceli etkinliğinin ölçülmesi için geliştirilen parametresiz bir etkinlik ölçüm tekniğidir. Bu teknik KVB'nin çıktıları oluşturmak için mevcut kaynakları nasıl etkin bir biçimde nasıl etkin bir şekilde kullanacağını belirlenmesini sağlar (<http://adistatistik.com/blog/veri-zarflama-analizi-VZA-nedir-nasil-yapilir.html>, Erişim Tarihi: 28.09.2013).

Veri zarflama tekniğinde analizi yapılan bir grup şirketin arasında karşılaştırmalı olarak etkinlik ölçümü, matematiksel programlama yöntemi kullanılarak yapılır. Burada en önemli kavram karşılaştırmının o grup arasında yapılması ve bir karar biriminin etkinliğinin diğerlerine göre göreceli olarak belirlenmesidir. Veri zarflama analizi teknik olarak en verimli karar birimlerinin tüm karar birimlerini içine aldığı bir “zarf eğrisi” oluşturduğu ve tüm birimlerin bu eğriye uzaklıklarının hesaplanarak tüm karar birimlerinin grup içindeki etkinlik skorlarının bulunduğu bir yöntemdir (Sevimeser, 2005: 70).

VZA'nın temel karakteristik özellikleri;

- Doğrusal programlama prensibine dayanıyor olması,
- Birden çok girdiyi ve çıktıyı birlikte dikkate alıyor olması,
- Girdilerin ve çıktıların farklı birimlere sahip olabilir olması,

- Her bir karar birimini yalnızca en iyi karar birimi ile karşılaştırıyor olması olarak sıralanabilmektedir (Kıran, 2008: 15).

VZA'nın uygulama bulduğu alanlar; eğitim, üretim, tıp, uzay çalışmaları, silahlı kuvvetler, perakende, spor, işletme çözümleri, toptancılar, bankacılık, yer seçimi, gıda sektörü, bölgesel kalkınma gibi alanlardır.

Çalışmanın uygulama bölümünde Veri zarflama analizi yöntemi kullanılacaktır ve yöntem hakkında ileriki bölümlerde detaylı bilgi verilecek, tekniğin etkinlik ölçümü konusuna yaptığı avantajları ve dezavantajları incelenecektir.

2.2. Veri Zarflama Analizinin Tarihçesi

Veri zarflama analizi Ekonomi literatüründe etkinlik kavramı Koopsman'ın 1951'deki çalışmasına dayanır. Koopsman bu çalışmasında teknik etkinlik kavramını tanımlamıştır (Ruggiero, 2000: 138). Daha sonra 1957 yılında Farrell tarafından Ortalama Performans ölçütüne karşılık ortaya atılan Sınır Üretim Fonksiyonu önerisi ile şekillenmiştir. Etkinlik ve etkinliğin hesaplanması kavramlarına ilişkin başlangıç noktasının Farrell'in "**The Measurement of Productive Efficiency**" başlıklı makalesinde birden çok girdisi ve tek çıktısı olan işletmelerin etkinliklerini ölçmüştür (Farrell, 1957: 253). Farrell bu çalışmasında, mikro düzeyde etkinlik ve üretkenlik çalışmalarına ilişkin yeni yaklaşımların temelini atmıştır (Dikmen, 2007: 5 - 6).

İlk olarak 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen Veri zarflama analizi literatürdeki adıyla Data Envelopment Analysis, doğrusal programlama prensiplerine dayanan ve özellikli olarak "Karar Verme Birimleri (KVB)"nin (girdiyi çıktıya dönüştürmekten sorumlu işletme veya ekonomik kuruluşlar, literatürde "Decision Making Units" olarak anılmaktadır.) göreceli etkinliğini ölçmek için tasarlanmış olan parametresiz bir yöntemdir (Bozdağ, Altan ve Atan, 2003: 31).

VZA, son 20 yılda gerek kuramsal gerekse yöntem bilim açısından hızlı bir evrimle gelişmiştir. Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) modeli ile ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında sadece kamu sektöründeki hizmet alanlarının genel teknik verimliliğini ölçmeye çalışırken; 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper, BCC yöntemi olarak bilinen ölçeğe göre değişken getiri yöntemi ile de ölçek ve teknik verimliliği ölçer duruma gelmiştir. Böylece VZA verimsizlik kaynaklarının ölçülmesiyle beraber verimsizlik türlerini irdelenecek durum gelmiştir (Yolalan, 1993: 27).

1990'lı yıllara kadar kurumsal gelişimini büyük ölçüde tamamlayan yöntem yakın zamana kadar deterministik yapıdaki girdi ve çıktıların verimlilik analizinde kullanılırken, son yıllarda olasılıksal olarak değişen girdi ve çıktıya yönelik çalışmalar ile VZA yeni bir alana kaymış bulunmaktadır. VZA bugüne kadar sağlık, eğitim, bankacılık gibi kamu kurumları ile imalat sanayi, restoranlar, şehirler ve bölgesel gelişme gibi alanlarda; karşılaştırma yapmak, yönetim performanslarını değerlendirmek, nispi kaynak kullanım etkinliğini ölçmek amacıyla uygulanmıştır (Behdioğlu ve Özcan, 2009: 301 - 306).

VZA önerildiği ilk yıldan bugüne dek çok büyük ilgi görmüş ve bu konuda çok sayıda makale, kitap yayımlanmıştır. Tavares 2002 yılındaki çalışmasında 1978 - 2001 yılları arasında 2152 farklı yazar tarafından 3200'ün üzerinde yayın yapıldığını belirtmiştir (Oruç, 2008: 11).

2.3. Veri Zarflama Analizinin Temelleri

Veri zarflama analizi, birden çok girdi -çıktının olduğu ve girdi - çıktılarının farklı ölçü birimlerine sahip olduğu durumlarda, karar birimlerinin "Decision Making Units (DMU)" görelisi performansını ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir. Veri zarflama analizi'nde temel

varsayım, tüm işletmelerin benzer stratejik hedeflere sahip olması ve aynı tür girdi kullanıp aynı tür çıktı üretmesidir (Golany ve Yu, 1997: 28).

Karar verme birimlerinin seçilmesi: Benzer girdiler kullanarak benzer çıktılar üreten, yani üretimleri birbiri ile homojen bir yapıya sahip olan, girdileri çıktılara dönüştürmekten sorumlu işletmelere “Karar Verme Birimi” denir (Oruç, 2008: 12). Veri zarflama analizindeki ilk adım, birbirleriyle karşılaştırılmalı etkinlik ölçümü yapılacak olan karar birimlerinin seçimini içerir. Bu karar birimlerinin, üretim ve teknolojisi açısından birbirlerine benzer olmaları, diğer bir ifadeyle homojen olması elde edilecek sonuçların anlamlı olabilmesi açısından çok önemlidir (Yolalan, 1993: 96).

Seçilen karar birimlerinin etkinliklerinin sağlıklı bir şekilde ölçülebilmesi için gerekli birim sayısının girdi ve çıktı sayısının en az üç katı olması gerektiğini savunanların yanı sıra, bu sayının en az yirmi olduğunu savunanlar da vardır (Behdioğlu ve Özcan, 2009: 304). Uygulamada en çok karşılaşılan durum, seçilen karar biriminin girdi ve çıktı sayısının en az iki katı olması gerektiğidir. Ancak yine de, daha sistematik bir yaklaşımla karar birimi şöyle belirlenmektedir; girdi sayısı m , çıktı sayısı da p ise, karar birimi sayısı en az $m + p + 1$ olmalıdır (Boussofiane, Dyson ve Rhodes, 1991: 6).

Girdi ve çıktılarının seçilmesi: VZA veri tabanlı bir etkinlik ölçme tekniği olduğundan, yapılacak ölçümün sağlıklı olması seçilen girdi ve çıktılarının da anlamlı olması ile mümkündür. Bu aşamadaki amaç, üretim teknolojisini en iyi şekilde ifade edecek girdi ve çıktılarının seçilmesi ile tüm KVB’lerin girdi ve çıktı verilerinin elde edilmesidir (Yolalan, 1993: 65). Etkili yorumların yapılabilmesi ve VZA analizinin sonuçlarının yöneticiler tarafından kabul görmesi açısından, girdi ve çıktı seçimi son derece önemlidir. Girdi ve çıktı sayısını artırmak gerekiyorsa, karar birimlerinin sayısını da artırmak gerekir (Bakırcı, 2006: 250). VZA’da girdi ve çıktı sayılarının azaltılması gerekiyorsa, karşılıklı ilişkilerin derecesine bakılmalıdır (Behdioğlu ve Özcan, 2009:301-326).

VZA ile görelî etkinlik ölçümü: Karşılaştırmalı analiz yapılacak olan karar birimleri ve ilgili girdi ve çıktı seçimi yapıldıktan sonra mevcut üretim oranı için en uygun VZA modeli seçilir. Her bir karar birimi için ilgili doğrusal program (“ağırlıklı” model ya da “zarflama” modeli) çözülerek çözüm kümelerine ulaşılır (Yolalan, 1993: 96).

Etkinlik değeri: Etkin KVB’ler tarafından (etkinlik değeri 1’e eşit olan) oluşturulan kümeye referans kümesi denir (Matthews ve İsmail, 2006: 8). Etkin olmayan KVB’ler referans kümesindeki etkin birimler kullanılarak etkin hale getirilir.

Yapılan hesaplamalar neticesinde her bir karar birimi için 0 ile 1 arasında bir etkinlik değeri hesaplanır. Etkinlik değeri 1’e eşit olan birimler etkin olarak ifade edilir ve etkinlik sınırını belirlerler. Etkinlik değeri 1’den küçük olan karar birimleri ise görelî olarak etkinsizdir. Ek olarak etkinlik değeri, etkinlik sınırına olan uzaklıklarını ifade eder (Norman ve Stoker, 1991: 262) (Yavuz, 2001: 113).

Referans kümesinin belirlenmesi: VZA etkin olmayan karar birimlerinin görelî olarak etkin birimlerin uyguladığı yöntemleri uygulayarak aynı etkinlik düzeyine ulaşabilecekleri varsayımı üzerine kurulmuştur. Bir referans kümesinde yer alan etkin karar birimlerinin referans olarak güçlülüğü, bu birimlerin etkin olmayan birimlere ne kadar yoğunlukta referans gösterildiğine bağlıdır. Etkin olmayan bir karar biriminin referans kümesindeki birimlerle, sadece girdi-çıkı bileşimleri itibarıyla değil, yönetsel uygulamalar açısından da değerlendirilmesinde yarar vardır (Bakırcı, 2006: 250).

Etkin olmayan karar birimleri için hedef belirlenmesi: VZA ile etkin olmayan KVB’lere, performanslarını iyileştirebilmeleri için ulaşılabilir hedefler belirlenir. Söz konusu hedefler, genel olarak, etkin olmayan KVB’nin referans kümesindeki etkin birimlerin ağırlıklı ortalamasıdır (Aydagün, 2003: 9 - 10).

Sonuçların değerlendirilmesi: Karar birimlerinin detaylı olarak incelenmesinden sonra, sonuçlar, her bir karar birimi için bütün girdi ve çıktıların göz önünde bulundurulduğu genel bir değerlendirilmeye alınır. Karar birimlerine ait çeşitli tercihlerden dolayı belirlenen hedeflere ulaşılmasa bile, elde edilen bilginin daha sonraki çalışmalarda kullanılabilmesi ve iyileştirmelere açık olunması elde edilen önemlidir (Behdioğlu ve Özcan, 2009: 301-326).

VZA'nın sonuçları yönetsel açıdan son derece önemli bilgiler içerir. VZA'nın uygulanması sonucunda etkin KVB'ler, etkin olmayan KVB'ler, etkin olmayan KVB'ler tarafından kullanılan fazla kaynak miktarları, etkin olmayan KVB'lerin kullandıkları girdi miktarları ile üretmeleri gereken çıktı miktarları, etkin olmayan KVB'lerin referans kümesini oluşturan birimler belirlenerek değerlendirmeler yapılır (Ulucan, 2002: 189).

Veri Zarflama Analizi yöntemini anlayabilmek için bazı kavramların açıklanması gerekmektedir. VZA literatüründe en çok karşılaşılan terimler için açıklamaları aşağıda verilmiştir (Aydağün, 2003: 7).

- **Toplam Etkinlik** (Aggregate Efficiency): CCR Modelinden gelen ve etkinliğin ölçüsünü tanımlamak için kullanılan bir terimdir.

- **Tahsisli Etkinlik** (Allocative Efficiency): Üretim işleminin verimliliği anlamında gelmekte olup üretim maliyetlerinde girdi fiyatlarının en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Tahsisli etkinlik teknik etkinliğin maliyet etkinliğine oranı ile hesaplanmaktadır.

- **Ölçeğe Göre Sabit Getiri** (Constant Returns to Scale): Eğer bir ünitenin girdisindeki artış çıktısında eşit bir artışa denk geliyorsa bu ölçeğe göre sabit getiridir. Bu demektir ki ünitenin ölçeği ne olursa olsun verimliliği değişmez.

▪ **Kontrol Edilebilen Girdiler** (Controlled Discretionary Inputs): Bir kontrol edilmiş girdi, ünite idaresinin üzerinde kontrolü olanıdır. Bunun sonucunda kullanılmış olan miktarı ünite yönetimi belirleyebilir.

▪ **Maliyet Etkinliği** (Cost Efficiency): Maliyet verimliliği (ekonomik verimlilik) en az maliyetin gerçek (gözlemlenmiş) maliyete oranıdır.

▪ **Etkin / Etkinlik Sınırı** (Efficient / Efficiency Frontier): Etkinlik sınırı, en iyi performansı temsil eden ve girdi ve çıktıları en verimli şekilde birbirine dönüştüren veri kümesindeki ünitelerden oluşan sınırdır. Sınırı belirleyen üniteler %100 verimliliğe sahiptirler. Sınırdan olmayan herhangi bir ünite %100'ün altında bir verimliliğe sahiptir.

▪ **Etkinlik Skoru** (Efficiency Score): VZA her ünite içinde verimlilik skoru olarak sonuçlanır. Bu skor 0 ve 1 arasındadır. %100 skora sahip ünite etkindir. %100'den aşağıda skora sahip üniteler etkinsizdir.

▪ **Homojen** (Homogeneous): VZA çalışmaları homojen üniteler kümesini gerektirmektedir. Homojenlik, üniteler arasında benzerlik derecesini ifade eder. Ünitelerin operasyonel amaçları karakterlerinde olduğu gibi benzer olmalıdır.

▪ **Etkin Ünite** (Efficient Unit): Etkin ünite, analizlerdeki diğer üniteler tarafından başarılan gerçek performansla karşılaştırıldığında, aynı çıktıları daha az girdilerle üretebilen ya da daha yüksek seviyedeki çıktıları aynı miktardaki girdilerle üretebilen ünite olarak tanımlanmaktadır.

▪ **Girdiler** (Inputs): Ünite tarafından çıktı üretmek için kullanılan herhangi bir kaynağa girdi denir (ürün ya da servisler). Bu, ürün olmayan fakat ünitenin ürettiği çevrenin niteliği olan kaynakları da içerebilir. Bunlar kontrol edilebilir ya da edilmeyebilir.

▪ **Girdi Enazlanması** (Input Minimization): Spesifik çıktıların üretiminde kullanılan girdi miktarını küçültmeye çalışan analizlerde VZA moda adaptasyonuna girdi en azlanması denir.

▪ **Çıktı** (Output): Çıktı, girdilerin (kaynaklar) süreç ve tüketiminden sonuçlanan ürünlerdir. Çıktı, fiziksel ürün, servis ya da ünitenin amacını nasıl başardığını gösteren ölçüm olabilir.

- **Çıktı Ençoklaması:** Sabit girdi miktarıyla en fazla çıktı üretmeye çalışan analizlerde adapte edilmiş VZA metodudur.

- **Üretim Fonksiyonu** (Production Function): Üretim fonksiyonu, verilen girdiyle en fazla çıktı amaçlayan girdi ve çıktı ilişkisini tanımlamaktadır. VZA’nde üretim fonksiyonunun eşiti “Verimlilik sınırıdır”.

- **Üretkenlik** (Productivity): Tek girdi ve çıktıdan oluşan süreçlerde üretkenlik ünitenin çıktılarının girdilerine oranıdır. VZA üretkenliği ölçmez, üretim sürecinin verimliliğini ölçer.

- **Referans Katkısı** (Reference Contribution): Referans katkısı, bir ünite için verimlilik skorunun hesaplanmasına, referans ünite katkısının derecesini belirtmesinde kullanılan bir terimdir.

- **Ölçek Etkinliği** (Scale Efficiency): Ölçek etkinliği, bir ünite operasyon büyüklüğü en uygun olduğu zaman ölçek olarak verimlidir. Eğer operasyon büyüklüğü azaltılır ya da artırılırsa verimliliği düşer. Ölçek olarak verimli olan bir ünite en uygun ölçek verimliliğinde çalışıyordur. Ölçek verimliliği toplam verimliliği (CCR modeli) teknik verimliliğe (BCC modeline) bölerek hesaplanır.

- **Gevşeklik** (Slack (s)): Gevşeklik, az üretim çıktısını ya da fazla girdi kullanımını gösterir. Verimsiz üniteyi verimli hale getirmek için gerekli iyileştirme gösterir. Bu iyileştirmeler girdi ve çıktıda ki artış ya da azalma şeklinde olabilir.

- **Hedefler** (Targets): Verimli halle sonuçlanan etkin olmayan ünitenin girdi ve çıktı değerlerini ifade etmektedir.

- **Teknik Etkinlik** (Technical Efficiency): Ünite, kullanılan girdi başına çıktısını en fazla hale getiriyorsa teknik olarak verimlidir denir. Teknik olarak verimlilik, üretim ya da değişim süreci verimliliğidir. Fiyat ve maliyetlerden bağımsız olarak hesaplanır.

- **Değişkenler** (Variable): Değişkenler, ünitelerin operasyonundaki önemini belirten girdi ve çıktı faktörleridir. Örneğin çalışan sayısı, satışlar, kira, zemin boşluğu, antlaşma sayısı vb. girdi ve çıktı sınıflandırması ölçülen sürece ve ünitelerin ölçülmesine karşı olan hedeflere bağlıdır. Bir hedefler

kümesine karşı ölçüldüğü zaman girdi neyse, başka birinin altında değerlendirilen çıktı da odur.

▪ **Sanal Girdi ve Çıktılar** (Virtual Input / Output): Sanal girdiler, girdi değerini, primal model çözümü olarak verilen ünite için karşılık gelen optimal ağırlıkla çarparak bulunur. Sanal girdi ve çıktılar her faktör için öngörülen değer derecesini belirtir. Her ünitenin sanal girdilerinin toplamı daima 1'e eşittir. Sanal çıktıların toplamı ise ünitenin verimlilik skorunu eşitler.

2.4. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri

Veri Zarflama Analizinin araştırmacılar tarafından önemli bulunmasının nedenleri arasında çok girdiyi ve çok çıktıyı işleyebilmesi, girdi ve çıktıyı ilişkilendiren fonksiyona ihtiyaç duymuyor olması, karar birimlerinin etkinliklerini referans grubu ya da gruplarıyla kıyaslayabiliyor olması yer alırken; tüm bunların yanı sıra aşağıdaki özellikler de VZA'yı güçlü kılmaktadır (Kıran,2008: 31).

2.4.1. Veri Zarflama Analizinin Güçlü Yönleri

VZA'yı güçlü kılan özellikler kısaca şöyledir:

- 🚦 Çok sayıda girdi ve çıktı kullanılabilir.
- 🚦 VZA, girdi ve çıktı verilerinin deterministik olduğunu varsaymakta ve bu nedenle parametrik olmayan yöntemler için daha anlamlı analizler yapabilmektedir (Kıran, 2008: 32).
- 🚦 Üretim yapısı olarak birbirine benzeyen firmaların karşılaştırılması için kullanır.
- 🚦 Girdiler ve çıktılar farklı birimlere sahip olabilir (Yılmaz, Özdil ve Akdoğan, 2002: 176).

- ✚ Karar vericilerin üretim süreçlerini daha iyi tanımalarını sağlar.
- ✚ Veriler ve analiz sonuçları ile geniş bir veri tabanı yaratılabilir (Aydemir, 2002: 91).
- ✚ Etkinlik ölçümü ortalama etkinliğe sahip birimlerle değil, en etkin KVB'ler ile karşılaştırılarak yapılmaktadır (Ertay ve Ruan, 2005: 804).
- ✚ Etkinlik analizi, istatistiksel sınır tahmini yapmanın ortaya çıkardığı ortalama fonksiyonun yerine, en iyi gözlemlerce oluşturulan referans grubuna göre yapıldığı için, belirlenen hedefler en iyi performans göstermiş birimler örnek alınarak oluşturulmaktadır ve bu durum VZA ile yapılan etkinlik analizlerini anlamına ve geçerliliğine güç katmaktadır (Kıran, 2008: 32).

2.4.2. Veri Zarflama Analizinin Zayıf Yönleri

VZA'yı güçlü kılan özellikleri, aynı zamanda bir takım zayıf yönlerinin de ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Hem verilerin düzenlenmesinde hem de değerlendirilmesinde tüm bu özelliklerin göz önünde bulundurulmasında fayda vardır. Bu özellikler kısaca şöyledir:

- ✚ KVB'lerin etkinliğini ölçmek açısından yeterlidir, fakat bu değerlendirmenin mutlak etkinlik bazındaki yorumu ile ilgili ipucu vermez (Oruç, 2008: 35).
- ✚ VZA, parametrik olmayan bir teknik olduğu için, sonuçlara istatistiksel hipotez testlerinin uygulanması zor olmaktadır (Roll, Golany ve Seroussy, 1989: 43).
- ✚ Her KVB için ayrı doğrusal programlama modelinin çözümü gerektiğinden, büyük boyutlu problemlerin VZA ile çözümü, hesaplama açısından zaman alıcı olabilir (A-D İstatistik, 2013: 3 - 4).
- ✚ Sadece analiz edilen KVB'lerin göreceli etkinliği ölçülür.
- ✚ Ölçüm hatalarına karşı oldukça duyarlıdır (Matthews ve İsmail, 2009: 8)

- ✚ Her KVB ayrı ayrı en iyilendiğinden çok fazla sayıda karar değişkeninin hesaplanmasına yol açar. Bu durum serbestlik derecesini oldukça yükseltir (Köksal, 2001: 92).
- ✚ Gözlemlenen etkinliğin en iyi etkinliğe olan farkı, sadece verimsizliğe bağlanmaktadır ve uç gözlem noktaları için ölçüm hataları göz ardı edilmektedir. Dışsallıkların göz ardı edilmesi yanıltıcı sonuçlar doğurabilir.
- ✚ Referans kümesi içinde olan KVB'lerin diğerlerine göre üstünlüğünün göreceli olması, bu birimlerinin kendi başlarına değerlendirildiğinde de gerçekten etkin olup olmadıkları hakkında bir yorum yapılabilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle VZA ile elde edilen etkinlik sonuçları, görecelik çerçevesinde değerlendirilmelidir (Aydemir, 2002: 92).

2.5. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Yapısı

VZA modelleri, girdiye ya da çıktıya yönelik olmak üzere iki grupta incelenebilir. Girdiye ve çıktıya yönelik VZA modelleri, temelde birbirlerine çok benzemekle beraber girdiye yönelik VZA modelleri; belirli bir çıktı bileşimini en etkin şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırırken, çıktıya yönelik VZA modelleri belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini araştırmaktadır (Charnes, Cooper ve Lewin, 1994: 429).

Matematiksel olarak VZA etkinlik ölçümü, bir karar biriminin ağırlıklandırılmış çıktılar toplamının ağırlıklandırılmış girdiler toplamına oranına dayanmaktadır (Şahin, 1999:132).

Her biri m tane girdi ve s tane çıktıya sahip n tane karar verme biriminin var olduğunu varsayılırsa karar verme biriminin etkinlik skoru, Charnes ve arkadaşlarının 1978'de sunduğu aşağıdaki modelin çözümüyle elde edilir (Yeşilyurt, 2003: 108).

Bu çalışmada çıktıya yönelik VZA modeli kullanılacağı için aşağıda sadece bu modele ilişkin genel formülasyon verilmiştir.

Amaç fonksiyonu: (1)

$$\max \frac{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1 \quad \begin{matrix} r = 1, \dots, p \\ i = 1, \dots, m \end{matrix}$$

$$u_r \geq 0$$

$$v_i \geq 0$$

(1) nolu eşitlikte;

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

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

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

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

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

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

Modeldeki “u”, çıktıları üzerindeki ağırlıkları ve eşitlikteki değişkenleri oluşturur. “v” ise girdiler üzerindeki ağırlıkları ve eşitlikteki değişkenleri oluşturur. Modelin çözümü “k”, her karar birimi için, bir etkinlik değerini ve bu değere ulaşmak için gerekli ağırlıklar kümesini gösterir. Elde edilen etkinlik değerinin 1'e eşit olması, KVB'nin en iyi gözlem olduğunu yani gözlemlenen

performans ile potansiyel performansın birbirine eşit olduğunu gösterir. Bu durum gözlemlendiğinde etkinlik değeri 1'den küçük çıkan bir KVB'nin etkin olmadığı sonucuna varılır.

Veri zarflama analizinin uygulanabilmesi için sırasıyla:

- ✚ Karar birimlerinin seçilmesi,
- ✚ Girdi ve çıktıların belirlenmesi,
- ✚ Verilerin güvenilirliğinin sağlanarak göreceli etkinliğin ölçülmesi,
- ✚ Etkinlik değerlerinin bulunması ve etkin olmayan karar birimleri için potansiyel iyileştirme değerlerinin bulunması,
- ✚ Her bir karar birimi için tüm girdi ve çıktıların göz önünde bulundurulduğu genel bir değerlendirme yapılarak sonuçların değerlendirilmesi gerekmektedir (Ulucan, 2000:1).

2.6. Temel Veri Zarflama Analizini Modelleri

VZA, birçok model ile iç içe geçmiş bir düşünce, fikir ve yöntem topluluğudur (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978: 429 - 444). VZA modellerinde de sınırlayıcı kısıtlar altında, amaç fonksiyonu enazlamak ya da en çoklamak şeklindedir. Sınırlı kaynakların etkin kullanımı istendiğinden doğrusal programlama için geçerli olan;

Kesinlik	: Modelin tüm katsayılarının kesinlikle bilindiği
Orantı	: Hem amaç fonksiyonunda hem de kısıtlarda bir orantı olduğu
Toplanabilirlik	: Tüm ürünlerin birbirinden bağımsız olduğu
Bölünebilirlik	: Çözüm değerlerinin tam sayı olmasının gerekmediği
Negatif olmama	: Tüm değişkenlerin sıfır ya da pozitif olduğu varsayımları

VZA modelleri için de geçerlidir (Ünsal, Rüzgâr ve Rüzgâr, 2000: 114).

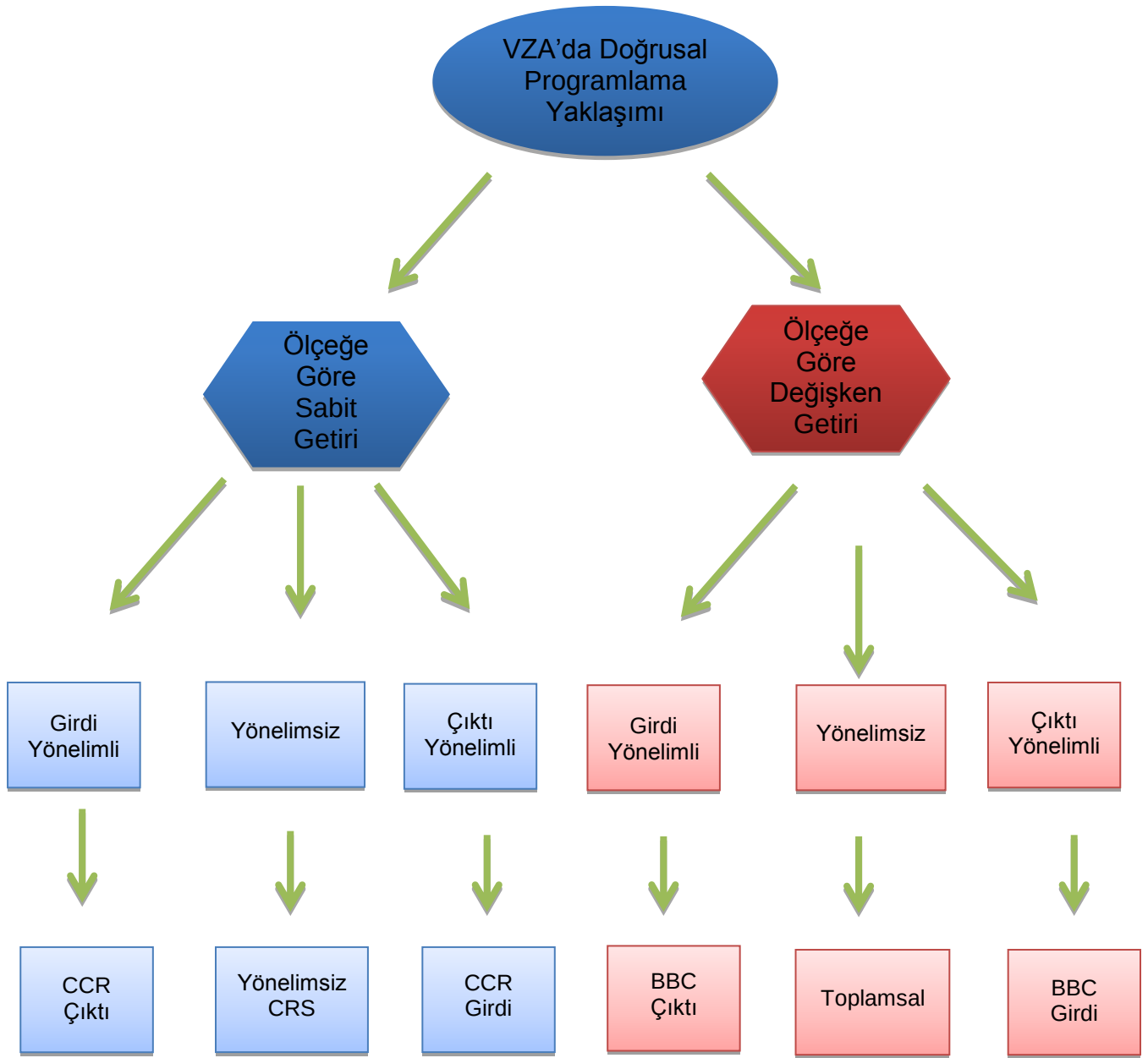
VZA'da, zarflama şekli ve etkin olmayan birimlerin etkin üretim sınırına olan uzaklıklarına göre farklı modeller tanımlanmıştır (Paradi ve Schaffnit, 2004: 721).

Zarflama şekillerine göre:

1. 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) tarafından Ölçeğe Göre Sabit Getiri (Girdilerin Bileşim Oranı Değiştirilmeden Kullanılan Girdiler £ Kat Artırıldığında, Çıktıların da £ Kat Arttığı -Constant Return to Scale - CRS) varsayımı altında,
2. 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper (BCC) tarafından Ölçeğe Göre Değişken Getiri (Girdilerin Bileşim Oranı Değiştirilmeden Kullanılan Girdiler £ Kat Artırıldığında, Çıktıların £'dan Farklı Oranda Arttığı -Variable Return to Scale - VRS) varsayımı altında modeller tanımlanmıştır.

Etkin olmayan birimlerin etkin üretim sınırına olan uzaklıklarına göre ise:

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



Kaynak: Veri Zarflama Analizi Modelleri Diyagramı (Charnes ve Lewin, 1994:3-4)

Şekil 2: VZA Modelleri

2.6.1. Charles Cooper Rhodes (CCR) Modeli

Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen ilk ve temel VZA modelidir (Kocakalay, 2003: 52). Bu model, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında karar birimlerinin toplam etkinlik skorlarını hesaplamaktadır. Toplam etkinlik skoru, teknik etkinlik ve ölçek etkinliği değerlerinin çarpımıdır ve kaynakları belirleyerek, yetersiz olanları tahmin etmektedir (Altun, 2006: 151) (Tarım, 2001: 219). Girdiye yönelik CCR modeli ile çıktıya yönelik CCR modelinde sağlanan zarflama yüzeyi aynıdır. Fakat etkin olmayan karar birimlerinin her iki yöntemde de sınır üzerinde farklı izdüşümleri alınmaktadır. Girdiye yönelik CCR modelinde etkin olan bir karar birimi çıktıya yönelik karar biriminde de mutlaka etkindir.

2.6.1.1. Girdiye Yönelik CCR Modelleri

Çıktı seviyesini değiştirmeden, en etkin şekilde bu çıktı düzeyini elde etmek için, girdi bileşiminin ne kadar azaltılması gerektiğini araştıran modeldir (Matthews ve Ismail, 2006: 7).

CCR modeli, veri zarflama analizinin temelini oluşturur. Dual ve Primal modeller bu modelin eksik yönlerini gidermek için bu modeli esas alıp, geliştirilmişlerdir.

Bu model aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Chen ve Ali, 2002: 477).

Amaç fonksiyonu:

(2)

$$\text{maks } \theta = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1 \quad \begin{array}{l} r = 1, \dots, p \\ i = 1, \dots, m \end{array}$$

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

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

Bu modelin amacı, her KVB'nin sanal çıktısının sanal girdiye oranını en fazla yapan girdi ve çıktı ağırlıklarını belirlemektir. Kısıtlar, her bir KVB için sanal çıktının, sanal girdiye oranının birden az veya 1'e eşit olmasını sağlamaktadır. Bu modelde, bu oranın 1'e eşit olması etkinlik analizinin yapıldığı KVB'nin etkin olduğunu, 1'den küçük olması ise KVB'nin etkin olmadığını göstermektedir.

2.6.1.1.1. Girdiye Yönelik CCR Dual Modeli

Veri zarflama modelinin doğrusal programlamaya dönüştürülmüş halidir. Hesaplamalar da doğrusal programlama sayesinde kolaylık sağlar. Doğrusal programlamada amaç fonksiyonunda payda olmadığından, amaç fonksiyonunun paydası 1'e eşitlenir. B eşitlik modele kısıt olarak ilave edilir.

Girdiye yönelik CCR Dual Modelin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu:

(3)

$$\text{maks } \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{io} &= 1 & r &= 1, \dots, p \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 & i &= 1, \dots, m \end{aligned}$$

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

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

(3) nolu eşitlikte;

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

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

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

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

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

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

ε : 10^{-6} düzeyinde kullanılan yeterince küçük bir değer.

olarak tanımlanmaktadır.

Görelî ölçütlük değerinin 1 olması, analizi yapılan KVB'nin etkin olduğunu gösterir. 1'den küçük olması ise KVB'nin etkin olmadığını göstermektedir.

Dual modelin amaç fonksiyonu, etkinliği ölçülen ve etkin olmadığı bulunan KVB'lere ait girdilerin kesirsel olarak ne kadar azaltılması gerektiğinin irdelenmesine olanak sağlar. Etkin olmayan karar birimi, referans kümesi sayesinde, bu kümede etkin olan KVB'lere ya da KVB değeriyle oluşturulan kuramsal birime benzetilmek suretiyle etkin hale getirilir.

2.6.1.1.2. Girdiye Yönelik CCR Primal Modeli

Bu modelde referans kümesi oluşturmak dual modele göre daha kolaydır. Dual modelde referans kümesi zahmetli olduğundan primal model geliştirilmiştir. Primal modelinde incelenen karar birimlerinin hangi girdisinin veya çıktısının ne oranda kullanılmadığını görülebilir.

Girdiye yönelik CCR Primal Modelin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu: (4)

$$E_o = \min \alpha - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha x_{io} = 0 \quad r = 1, \dots, p$$

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

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

(4) nolu eşitlikte;

- α : Göreli etkinliği ölçülen KVB'nin girdilerini ne kadar azaltabileceğini belirleyen büzülme katsayısı,
 y_{ro} : KVB_o tarafından üretilen r'inci çıktı,
 x_{ij} : KVB_o tarafında kullanılan i'inci girdi,
 y_{rj} : KVB_j tarafından üretilen r'inci çıktı,
 x_{ij} : KVB_j tarafında kullanılan i'inci girdi,
 λ_j : KVB_j 'nin aldığı yoğunluk değeri,
 s_i^- : KVB'nin i'inci girdisine ait atıl(aylak) değer,
 s_i^+ : KVB'nin r'inci çıktısına ait atıl değer,
 ε : 10^{-6} düzeyinde kullanılan yeterince küçük bir değer.

Görelî etkinlik ölçütü 1'e eşit olduğunda, söz konusu karar birimi etkindir ve girdi ve çıktı vektörlerinden herhangi biri için değışiklik yapılmaz. ($\alpha = 1, s_i^- = 0, s_r^+ = 0$) Referans kümesi de kendisine eşit olur. Etkin olmayan karar birimlerinin etkinlik ölçütü 1'den küçük olur ve bu durum, girdi vektöründe radyal olarak azaltma yapılabileceğini gösterir.

Etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde bulunan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} x^{kb} &= \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \\ y^{kb} &= \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \end{aligned} \quad (5)$$

CCR modelinde etkinlik aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

1. CCR probleminin en uygun sonucu eğer 1 ise karar birimi CCR verimli olarak tanımlanmaktadır. Aksi takdirde karar birimi verimsizdir.

2. Dual problemde en uygun çözümde aşağıdaki koşullar sağlanırsa karar birimi verimlidir aksi takdirde verimsizdir.

- $\alpha = 1$ ise
- Aylak değişkenlerin hepsi sıfıra eşitse yani; $s = 0 \ i, \dots, m$

2.6.1.2. Çıktıya Yönelik CCR Modelleri

Girdi seviyesini değiştirmeden, bu girdi düzeyi ile işletmeyi etkin hale getirebilmek için çıktı bileşiminin ne kadar artırılması gerektiğini araştıran modeldir (Matthews ve Ismail, 2006:7). Çıktıya yönelik VZA modelinin girdiye yönelik olandan farkı, ağırlıklandırılmış girdinin ağırlıklandırılmış çıktıya oranının minimize edilmesidir (Yolalan, 1993: 43). Bu model aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Amaç fonksiyonu: (6)

$$KVBo = \text{Min} \left(\frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}} \right) \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} \geq 1 \quad \begin{matrix} r = 1, \dots, p \\ i = 1, \dots, m \end{matrix}$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

(6) nolu eşitlikte;

v_i : KVBo 'nin i'inci girdisine verilen ağırlık,

- u_r : KVBo 'nin r'inci çıktısına verilen ağırlık,
 x_{io} : Etkinliği ölçülen KVB_o tarafından kullanılan i'inci girdi,
 y_{ro} : Etkinliği ölçülen KVB_o tarafından üretilen r'inci çıktı,
 x_{ij} : j'nci karar birimi (KVB_j) tarafından kullanılan i'inci girdi,
 y_{rj} : j'nci karar birimi (KVB_j) tarafından üretilen r'inci çıktı,
 ε : 10^{-6} düzeyinde kullanılan yeterince küçük bir değer.

Bu model için amaç fonksiyonunun alacağı en küçük değer 1'dir. Ölçek etkinliğinin 1 olması yine KVB'nin etkin olduğunu gösterir. Ölçek etkinliğinin 1'den büyük olması durumu için KVB'nin etkin olmadığını gösterir.

2.6.1.2.1. Çıktıya Yönelik CCR Dual Modeli

Çıktıya yönelik CCR dual modeli, çıktıya yönelik oransal VZA modelinin doğrusal programlamaya dönüştürülmüş şeklidir. Ağırlıklı girdiler en azlanarak, belli bir çıktıyı daha az girdi ile kullanmak hedeflenmiştir. Çıktıya yönelik CCR dual modelinin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu: (7)

$$KVBo = \text{Min} \sum_{i=1}^m v_i x_{io} \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} = 1 \quad r = 1, \dots, p$$

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

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

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

(7) nolu eşitlikte;

v_i : KVB₀ 'nin i'inci girdisine verilen ağırlık,

u_r : KVB₀ 'nin r'inci çıktısına verilen ağırlık,

x_{io} : Etkinliği ölçülen KVB₀ tarafından kullanılan i'inci girdi,

y_{ro} : Etkinliği ölçülen KVB₀ tarafından üretilen r'inci çıktı,

x_{ij} : j'inci karar birimi (KVB_j) tarafından kullanılan i'inci girdi,

y_{rj} : j'inci karar birimi (KVB_j) tarafından üretilen r'inci çıktı,

ε : 10^{-6} düzeyinde kullanılan yeterince küçük bir değer.

Bu model için de amaç fonksiyonunun alacağı en küçük değer 1 olacaktır. Eğer değer 1'den büyük ise KVB'nin etkin olmadığı anlamına gelir. Girdiye yönelik dual modelinde olduğu gibi bu modelde de referans kümelerinin bulunması oldukça zahmetlidir.

2.6.1.2.2. Çıktıya Yönelik CCR Primal Modeli

Bu model yardımıyla etkin olmayan karar birimlerinin hangi girdi ve çıktıları etkisiz bıraktığını ve etkin hale gelebilmesi için referans almaları gereken karar birimlerini kolayca bulabiliriz. Çıktıya yönelik CCR primal modelin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir;

Amaç fonksiyonu:

(8)

$$E_o = \max \beta - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad j = 1, \dots, b$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^b x_{ij} \lambda_j + s_i^- - x_{io} \quad \begin{matrix} r = 1, \dots, p \\ i = 1, \dots, m \end{matrix}$$

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

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

(8) nolu eşitlikte;

- β : Göreli etkinliği ölçülen k karar biriminin çıktılarının ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı,
- v_i : KVB₀ 'nin i'inci girdisine verilen ağırlık,
- u_r : KVB₀ 'nin r'inci çıktısına verilen ağırlık,
- x_{io} : Etkinliği ölçülen KVB₀ tarafından kullanılan i'inci girdi,
- y_{ro} : Etkinliği ölçülen KVB₀ tarafından üretilen r'inci çıktı,
- x_{ij} : j'inci karar birimi (KVB_j) tarafından kullanılan i'inci girdi,
- y_{rj} : j'inci karar birimi (KVB_j) tarafından üretilen r'inci çıktı,
- ε : 10^{-6} düzeyinde kullanılan yeterince küçük bir değer.

Etkin olmayan KVB'lerin etkinlik değerleri 1'den büyük olacak ve etkin olan KVB'lerin etkinlik değerleri 1 olacaktır. Ek olarak, etkin olan karar birimlerinin referans kümesinde yine kendileri bulunur. β radyal çıktı genişlemesini belirleyen katsayıdır. β 'nın alacağı sayısal değerler 1'e eşit ya da daha büyük olabilir. Etkin olmayan KVB'lerin referans kümelerinde yer

alacak etkin KVB'lerin oluşturduğu kuramsal birim girdiye yönelik CCR modeline benzer olarak hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} x^{kb} &= \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \\ y^{kb} &= \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \end{aligned} \quad (9)$$

2.6.2. Banker Charles Cooper (BCC) Modeli

Banker, Charnes, Cooper (1984) tarafından geliştirilen BCC modeli, verilen bir ölçekte teknik etkinliği verir ve ölçğe göre artan, azalan veya sabit getiri altında, teknik ve ölçek etkinliğinin ayrımını yapar (Banker, Charnes ve Cooper, 1984: 1078 - 1092). CCR modeli ölçğe göre sabit getiri altında toplam etkinliği ölçerken, BCC modeli ölçğe göre değışken getiri altında teknik etkinliği ölçmektedir.

BCC modelleri iki farklı şekilde incelenmektedir; girdiye yönelik ve çıktıya yönelik. Girdiye yönelik BCC modeli, girdilerin oransal azalması boyunca, sınır doğrultusunda en fazla hareketi çıktıya yönelik BCC modelleri ise çıktıların oransal artırımı ile sınır doğrultusunda en fazla hareketi amaçlamaktadır.

BCC modelinin uygun çözüm bölgesi CCR modelinin çözüm bölgesinin bir alt kümesidir. CCR ve BCC modellerinin amaç değeri arasındaki ilişki $\theta^b \geq \theta$ şeklindedir. Bunun sonucu olarak, CCR etkin bulunan bir KVB, ilgili BCC modelinde de etkin bulunacaktır.

2.6.2.1. Girdiye Yönelik BCC Modelleri

CCR modelinde olduğu gibi, girdiye yönelik BCC modelinde de belirli bir çıktı bileşimini en etkin şekilde üretebilmek için kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiği belirlenir.

Girdiye yönelik BBC modelinin oransal formülasyonu aşağıdaki gibidir;

Amaç fonksiyonu:

(10)

$$E_o = \text{Max} \left(\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - u_o}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \right) \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_o}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad \begin{matrix} r = 1, \dots, p \\ i = 1, \dots, m \end{matrix}$$

$$\frac{u_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \geq \varepsilon$$

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

(10) nolu eşitlikte;

u_o : Serbest değişken

2.6.2.1.1. Girdiye Yönelik BCC Dual Modeli

Girdi yönlü BCC Dual modeli, girdi yönlü CCR modeline oldukça benzemektedir. BCC Dual modele yeni bir değişken (u_o) eklenmiştir. Bu değişikliklerle etkinlik sınırının yapısı değişmiştir.

BCC girdi yönlü Dual modelin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu: (11)

$$\max Z = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - u_o \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

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

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

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

(11) nolu eşitlikte;

u_o : Serbest işaretli değişken

CCR modelinde orijinden geçen etkinlik doğrusu BCC modelinde orijinden geçmek zorunda değildir. Bu yapıyla BCC modeli CCR modelinden ayrılmaktadır. Modellerin diğer değişkenler açısından yorumunda bir farklılık yoktur.

2.6.2.1.2. Girdiye Yönelik BCC Primal Modeli

Girdi yönlü primal BCC modelinin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu:

(12)

$$\min \theta_o - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad j = 1, \dots, b$$

Kısıtlar:

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

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

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

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

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

$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ kısıtının dual problemde varlığı, elde edilen üretim imkânlar kümesinin konveks bir kabuk şeklinde olmasını sağlar. BCC modelinde amaç fonksiyonu 1'e eşit ise KVB etkindir. Diğer durumlarda KVB etkin değildir. KVB'nin en uygun çözümü ve kendisinin referans kümesi arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \theta_o^* X_k &= \sum (x_{ij} \lambda_j) + s_i^- \\ \sum (y_{rj} \lambda_j) - s_r^+ &= y_{ro} \end{aligned} \quad (13)$$

KVB'in etkinliği, girdi değerleri θ oranında azaltılarak ve sonra kalan girdi aylakları s_i^- kadar azaltılarak iyileştirilebilir. Çıktı açısından bakıldığında etkinlik, ykçığıtsı s_r^+ kadar artırılarak iyileştirilebilir (Koopmans, 1951: 33 - 97).

2.6.2.2. Çıktıya Yönelik BCC Modelleri

Bu modelin amacı da CCR modellerindeki amaçla aynıdır. Belli bir girdi bileşimi ile elde edilebilecek en fazla çıktı bileşimi araştırılmaktadır. Çıktıya yönelik BCC modellerinin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu: (14)

$$\text{Min } \theta_k = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - \rho_o \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} \geq 1 \quad \begin{aligned} r &= 1, \dots, p \\ i &= 1, \dots, m \end{aligned}$$

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

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

(14) nolu eşitlikte;

- u_r : Karar birimi “o” tarafından r’inci çıktıya verilen ağırlık,
- v_i : Karar birimi “o” tarafından i’nci girdiye verilen ağırlık,
- y_{ro} : Karar birimi “o” tarafından üretilen r’inci çıktı,
- x_{io} : Karar birimi “o” tarafından kullanılan i’nci girdi,
- y_{rj} : j’nci karar birimi tarafından üretilen r’inci çıktı,
- x_{ij} : j’nci karar birimi tarafından kullanılan i’nci girdi,
- ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı,
- ρ_o : Serbest işaretli değişken

Problemin çözümü sonrasında E_o ’nun alabileceği en küçük değer 1’dir. E_o ’nun 1’e eşit olması “o” karar biriminin etkin olduğu anlamına gelirken 1’den büyük olması da etkin olmadığını göstermektedir.

2.6.2.2.1. Çıktıya Yönelik BCC Dual Modeli

Dual modellerde, girdi yönlü BCC modelinde olduğu gibi çıktı yönlü modellerde de CCR benzerlik vardır. Dual modelde, CCR modelden farklı olarak ρ_o değişkeni bulunmaktadır. Buradaki amaç ölçeğe göre sabit olmayan getiriyi sağlamaktır. Çıktıya yönelik dual BCC modelin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu:

(15)

$$E_o = \text{Min} \left(\sum_{i=1}^m v_i x_{io} - \rho_o \right) \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} = 1 \quad r = 1, \dots, p$$

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

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

ρ_o : Serbest işaretli değişken

2.6.2.2.2. Çıktıya Yönelik BCC Primal Modeli

Primal modellerde de CCR modele benzerlik söz konusudur. Primal modelde, çıktı yönlü CCR modelinden farklı olarak θ_k 'lerin toplamı 1'e eşittir. Çıktıya yönelik primal BCC modelin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu:

(16)

$$E_k = \max \beta - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

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

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - \beta y_{rk} = 0 \quad \begin{array}{l} r = 1, \dots, p \\ i = 1, \dots, m \end{array}$$

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

$$\lambda_j \geq 0$$

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_r^+ \geq 0$$

Etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde yer alan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim çıktıya yönelik CCR modeline benzer olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} \hat{x}_o &= \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \\ \hat{y}_o &= \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \end{aligned} \quad (17)$$

CCR modelleri ile toplam etkinlik hesaplanırken, BCC modelleri ile teknik etkinlik hesaplanmaktadır. Teknik olarak etkin olan bir karar verme biriminin ölçekten kaynaklanan bir etkinsizliği varsa, toplamda da etkin olamayacaktır. Buna göre CCR modelinde etkin olarak belirlenen bir karar verme birimi BCC modeline göre de etkin olarak belirlenmektedir, fakat tam tersi bir genelleme her zaman için doğru değildir yani her BCC etkin karar birimi CCR etkin olarak kabul edilemez.

Bu noktadan hareketle, CCR modelinden elde edilen etkinlik değerin BCC modelinden elde edilen etkinlik değerine oranı, “ölçek etkinliği” olarak adlandırılmaktadır:

$$\text{Ölçek etkinliği} : \frac{E_{CCR}^*}{E_{BCC}^*} \quad (18)$$

2.6.3. Süper Etkinlik Modeli

Bir önceki CCR ve BCC modellerinde açıklandığı gibi, etkin olmayan birimlere girdi yönlü modellerde 1’den küçük etkinlik skoru, çıktı yönlü modellerde ise 1’den büyük etkinlik skoru atanırken, bu modellerde etkin olan birimlere etkinlik skoru 1 olarak atanmaktadır.

Veri zarflama analizi’nde karar verme birimleri, yapılan çözümleme sonunda bulunan etkinlik skorlarına göre sıralanmaktadır. En yüksek etkinlik skoruna sahip karar verme birimi birinci sırada yer alırken, en düşük etkinlik skoruna sahip karar verme birimi son sırada yer almaktadır. Fakat veri zarflama analizi’nde etkin bulunan karar verme birimlerinin tamamına bir etkinlik skorunun atanması, etkin birimlerin kendi aralarında bir sıralama yapılmasına olanak sağlamamaktadır. Sadece etkin olmayan karar verme birimlerinin sıralanmasında kullanılabilen veri zarflama analizi’nin bu güçlüğünü aşmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. (Çağlar, 2003: 52)

Andersen ve Petersen Yöntemi (AP), etkin KVB'lerin diğer tüm birimlerle birlikte karşılaştırılması ve sıralanması üzerine kurulmuş olan ilk sıralama yöntemidir. Bu yaklaşım, parametrik yöntemlere dayanan sıralamalarda karşılaştırmayı kolaylaştırır ve etkin birimleri sıralamak için bir temel oluşturur. AP modeli literatürde süper etkinlik modeli olarak nitelendirilmektedir (Andersen ve Peterson, 1993: 1261 - 1264). Bu

yöntemdeki ana fikir, incelenen KVB'ni, tüm diğer karar verme birimlerinin doğrusal birleşimleri ile karşılaştırmaktır. Bu amaçla, incelenen KVB referans kümeden çıkartılır. Böylece, etkin karar verme biriminin etkinliğini süper etkinlik skoru korurken, girdilerde olabilecek en büyük artış oranını da verecektir. Elde edilen süper etkinlik skorunun değerine göre en yüksek olan KVB birinci sırada, diğer KVB'ler ise süper etkinlik skor değerlerine göre büyükten küçüğe sıralanacaktır.

2.6.3.1. Girdiye Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli

Girdiye yönelik Charnes Cooper Rhodes süper etkinlik modelinin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir.

Amaç Fonksiyonu (19)

$$E_o = \min \alpha - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- - \alpha x_{ik} \leq 0 \quad r = 1, \dots, p$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - y_{rk} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad (j \neq k)$$

Çıktı yönlü Charnes Cooper Rhodes süper etkinlik modelinde herhangi bir sorun ortaya çıkmaz iken girdi yönlü Charnes Cooper Rhodes süper etkinlik modeli bazı durumlarda sınırsız çözüm vermektedir. Girdi yönlü Charnes Cooper Rhodes süper etkinlik modelinin sınırsız çözüm vermesinin gerek ve yeter koşulu, referans kümedeki tüm karar verme birimleri arasından çıktısı pozitif değerli ya da girdisi sıfır değerli olan bir karar verme biriminin olmasıdır (Thrall, 1996: 109 - 138; Zhu, 1996a: 451 - 460, Seiford ve Zhu, 1998a: 127 - 193, Seiford ve Zhu, 1999a: 55 - 75; Lovell ve Rouse, 2003: 101 - 108).

2.6.3.2. Girdiye Yönelik BCC Süper Etkinlik Modeli

Girdiye yönelik Banker Charnes Cooper süper etkinlik modelinin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu:

(20)

$$\min \theta_o - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad j = 1, \dots, b$$

Kısıtlar:

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- - \theta_o x_{io} \leq 0$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - y_{ro} \geq 0 \quad \begin{array}{l} r = 1, \dots, p \\ i = 1, \dots, m \end{array}$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad (j \neq k)$$

Sınırsız çözüm problemi Banker Charnes Cooper süper etkinlik modelinin girdi ve çıktı yönlü durumlarında da ortaya çıkmaktadır. Banker Charnes Cooper Süper etkinlik modelinin yönü ve referans kümeden çıkartılan karar verme birimlerinin etkinliğine göre farklılık gösteren gerek ve yeter koşullar Seiford ve Zhu (1999b) tarafından tanımlanmıştır (Çağlar, 2003: 55).

2.6.3.3. Çıktıya Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli

Çıktıya yönelik Charnes Cooper Rhodes süper etkinlik modelinin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu: (21)

$$E_o = \max \beta - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad j = 1, \dots, b$$

Kısıtlar:

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^b x_{ij} \lambda_j + s_i^- - x_{io} \leq 0$$

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

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^b y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - \beta y_{ro} \geq 0$$

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

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad (j \neq k)$$

2.6.3.4. Çıktıya Yönelik BCC Süper Etkinlik Modeli

Çıktıya yönelik Banker Charnes Cooper süper etkinlik modelinin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu:

(22)

$$E_k = \max \beta - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad j = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- - x_{i0} \leq 0$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - \beta y_{rk} \geq 0 \quad \begin{array}{l} r = 1, \dots, p \\ i = 1, \dots, m \end{array}$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad (j \neq k)$$

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİN UYGULANABİLMESİ İÇİN GEREKLİ ADIMLAR

3.1. Gözlem Kümesinin Seçilmesi

Veri zarflama analizi, gözlemlenen girdi ve çıktılarına dayanarak, örneklemede ya da gözlem kümesinde yer alan karar birimlerinin göreceli etkinlik değerlerini hesaplamaktadır. Etkinlik değerlerini yorumlayabilmek için öncelikle amaçlanan çalışma için karar birimlerinin ne olduğunu saptamak gerekir. Karar birimlerinin seçilmesi, VZA ile ölçüm sürecinin ilk adımıdır.

Hangi karar biriminin uygun olduğu sorusu tamamen yapılacak çalışmanın amacına ya da ana temayı hangi konunun oluşturduğuna bağlıdır. Birimler işletmenin bütünü olabileceği gibi büyük işletmelerin alt bölümleri de olabilir (Yolalan, 1993: 65).

VZA çalışmaları homojen gözlemler kümesini gerektirmektedir. Elde edilecek sonuçların anlamlı olabilmesi için karar birimlerinin birbirine benzer olması, diğer bir ifade ile gözlem kümesinin homojen bir yapıya sahip olması çok önemlidir. Homojenlik, gözlem kümeleri arasında benzerlik derecesini ifade eder. Gözlem kümesinin homojen olması; karar birimlerinin aynı çıktı bileşenlerinin ve aynı girdi bileşenlerinin sahip olması gerektiği anlamına gelir (Aydağün, 2003: 8).

Ahn, iki seçim prensibi belirlemiştir: (Ahn,1987:259-269)

1. Her bir karar birimi kullanıldığı kaynaklar ve ürettiği çıktılarından sorumlu bir birim olarak tanımlanmış olmalıdır.

2. Etkinlik sınır tahminleme sonucunun anlamlı çıkabilmesi için örneklemede yer alan karar birimi sayısı yeterince büyük olmalıdır.

3.2. Girdi ve Çıktı Kümelerinin Seçilmesi

VZA'nde kullanılan girdi ve çıktılar çalışmadaki karar birimleri konusundaki karşılaştırmanın temelini oluşturdıklarından, büyük bir dikkatle seçilmelidir. Her ne kadar fonksiyonel bir varsayım bulunmasa da üretim sürecine nedensel olarak bağlı girdi ve çıktılarının belirlenmesi gereklidir. Aynı karar birimi için farklı girdi ve çıktı grupları farklı etkinlik değerleri alabilir. Eğer modelde önemli bir değişken göz ardı edilirse, dışarıda bırakılan bu değişkeni etkin kullanmakta olan karar birimlerinin etkinliği düşük çıkacaktır. Literatürdeki uygulamalarda modele yeni girdi ve çıktılar eklenmesiyle daha önce etkinsiz görünen karar birimlerinin sınır üzerinde yer alabildiği görülmüştür (Aydagün, 2003: 108).

Ancak çok fazla girdi ve çıktı eklenmesi çözüm değildir, zira sayı arttıkça VZA'nin ayrışma yeteneği düşmektedir. Ayrıca girdi ve çıktı sayılarının artışı karar birimlerinin sayısında da artış gerektirir. Sonuçta bir VZA çalışmasına dâhil edilecek girdi ve çıktı sayısı olabildiğince küçük olmalı, ancak çalışmada incelenen karar birimlerinin gerçekleştirdiği üretimi de doğru olarak yansıtabilmelidir.

VZA'da girdi ve çıktı sayılarını azaltabilmenin bir yolu, çiftli korelasyonlara bakmaktır. Eğer iki girdi arasında mükemmel bir korelasyon mevcutsa, içlerinden biri, etkinlik değerlerinde değişime yol açmadan modelden çıkarılabilir. Çıktılar için de aynı şey geçerlidir. Eğer girdi ve çıktı çiftleri yüksek pozitif korelasyona sahip fakat birbiri yerine kullanılabilecek konumda değilse, yine de bir adedi modelden çıkarılabilir. Ancak bu durumda

etkinsiz birimlerden bazılarının etkinlik değeri düşecektir. Etkin birimler ise bu durumdan etkilenmez.

VZA'da girdi miktarları arttıkça çıktı miktarlarının da artacağı kabulü vardır. Bu konuda açıklık yoksa bir girdi ile çıktılar arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek için klasik regresyon analizi kullanılabilir. Uygulama hangi girdi-çıktı kombinasyonunun üretim teknolojisini en iyi şekilde temsil ettiği çeşitli VZA senaryoları denenerek bulunur (Bektaş, 2007: 48).

3.3. Verilerin Elde Edilebilirliği ve Güvenebilirliği

Karar birimlerinin seçilmesi ve sonra, girdi ve çıktıların tanımlanması gereklidir. Girdi ve çıktılar tanımlandıktan sonra tüm karar birimleri için girdi ve çıktı verileri elde edilir. Elde edilemeyen girdi veya çıktı birimi olursa, bu birim çalışmadan çıkartılmalıdır. Çıkartılan birimden dolayı, diğer birimlerin görel verimlilikleri olduğundan yüksek görünür. Bu yüzden çalışmanın en başında elde edilecek verilere göre uygun girdi ve çıktı birimleri seçilmelidir. Eğer girdi veya çıktı biriminin verisine ulaşamıyorsa, yakın ilişkide olabilecek ve verisi elde edilebilecek farklı bir birim araştırması yapılmalıdır.

Verilerin elde edilmesi kadar güvenilirliği de önemlidir. Doğru olmayan veriler etkinlik değerini etkileyemeyebilir veya yanlış etkileyebilir. Ayrıca doğru olmayan veriler görel verimlilikleri nedeniyle sonucu tartışmalı bir hale getirir.

3.4. Veri Zarflama Analizi İle Görel Etkinlik Ölçümü

Karar birimleri belirlenip, girdi ve çıktılar tanımlandıktan sonra girdi ve çıktı verileri elde edilir. Veriler elde edildikten sonra sıra uygulamanın etkinlik değerlerinin hesaplanması aşamasına gelir.

Karşılaştırmalı olarak analizi yapılacak olan karar birimlerinden oluşan gözlem kümesi, ilgili girdi çıktı kümeleri seçildikten ve verilerin güvenilirlikleri kontrol edildikten sonra, etkinlik ölçümünü yapacak olan analist, mevcut üretim ortamı için en uygun VZA modelini kurar ve her bir karar birimi için ilgili doğrusal programlama modellerini çözerek çözüm kümelerine ulaşır (Yolalan, 1993: 66).

Bir önceki konularda anlatılan veri zarflama analizi metotları ile elde edilen görelî etkinlik değerleri arasında farklılıklar görülebilir. Örneğin; her iki CCR ve BCC modelinde de girdinin azaltılması veya çıktının artırılması yönünde iki yaklaşım kullanılabilir. Mevcut şartları göz önüne alarak, hangi metottun uygulanacağına karar verilir. Çıktılara göre girdiler daha esnekse girdi tabanlı modeller, girdilere göre çıktılar daha esnek ise çıktı tabanlı modellerin seçilmesi daha uygun olacaktır. En uygun olan VZA modeli seçildikten sonra her bir karar birimi için amaç fonksiyonu ve kısıtlar oluşturulur. Doğrusal program ile çözümlenerek çözüm kümelerine ulaşılır.

3.5. Herbir Karar Birimi İçin Detay Analizi

VZA yöntemindeki karşılaştırmının temelinde etkin karar birimlerinin varlığı yatar. Yöntem etkin olmayan karar birimlerinin de görelî olarak verimli birimlerin uyguladığı yönetsel ya da organizasyona dayalı yöntemleri uygulayarak aynı etkinlik seviyesine ulaşabileceklerini kabul etmektedir. Gözlem grubundaki etkin olmayan karar birimlerinin her biri için VZA, etkinlik sınırı üzerindeki bir grup etkin karar birimini referans grubu olarak belirler ve karşılaştırmının gözlem grubuna oranla daha küçük bir grup ile yapılmasını sağlar.

Etkin olmayan birimler için referans kümesi oluşturulur. Referans kümesi, etkin olmayan birimlerin kısmen kendilerine yakın etkin birimlere benzetilmesi ile oluşur. Literatürde, bu yakın birimlere benzetilmesi işlemine

potansiyel iyileştirme denilmektedir. Etkinsiz birimlerde fiziksel kısıtlar olabilir ya da kontrol edilemeyen/edilmeyen girdiler olabilir. Hedeflere doğru girilen iyileştirme çabaları sonuçsuz kalabilir.

Elde edilen çözüm kümelerinden yararlanılarak etkin olmayan her bir karar biriminin yöneticisine işletmenin etkin duruma dönüştürülebilmesi için ne gibi önlemler alınması gerektiğine ilişkin bilgiler türetilmektedir. Burada bu etkin olmayan karar birimleri için rol modeli olacak diğer karar birimleri kendi göreceli etkinlik değerleri, girdi ve çıktıların aldıkları ağırlıklar ve iyileştirme durumunda olması gereken hedef girdi ve çıktı değerleri tespit edilir (Tarım, 2001: 176).

3.6. Sonuçların Belirlenmesi

Veri zarflama analizi' nin sonucunda, seçilen karar birimleri detaylı olarak incelenmiş olur. Detaylı değerlendirme sonucunda sektöre yönelik yorumlar yapılabilir.

VZA uygulaması sonucunda; etkin KVB, etkin olmayan KVB'ler, etkin olmayan KVB'ler tarafından kullanılan fazla kaynak miktarları, etkin olmayan KVB'lerin kullandıkları girdi miktarları ile üretmeleri gereken çıktı miktarları, etkin olmayan KVB'lerin referans kümesini oluşturan birimler belirlenerek değerlendirmeler yapılır.

VZA ile belirlenen hedeflere ulaşılamasa bile elde edilen bilginin daha sonra değerlendirilebilmesi, iyileştirmelere açık olunması anlayışı önemli kazanımlar.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İÇİN BİR YAZILIM UYGULAMASI

4.1. Uygulama Yazılımı Giriş Ekranı

Şekil 3'de açılış ekranı görülmektedir. Uygulama Windows tabanlı olup, kurulum için Matlab Runtime Compiler'a ihtiyaç duymaktadır. Açılış ekranında, uygulamanın açılışındaki önyükleme sürecini gösterir. Süreç çubuğu ile uygulamanın yüklenmesi takip edilebilir.



Şekil 3: Uygulama Açılış Ekranı

Şekil 4'de uygulama ana ekranı görülmektedir. Sisteme veri excel dosyası (.xls) ile eklenir. Dosya -> Excel'den oku diyerek uygulamaya excel dosyası tanıtılır ve bilgiler sisteme otomatik olarak aktarılır. Dosyanın yüklenmesi, kullanılan bilgisayarın özelliklerine göre birkaç saniye sürebilir. Dosya yüklenene kadar hiçbir butona basmadan beklenmelidir.



Şekil 4: Uygulama Ana Ekranı

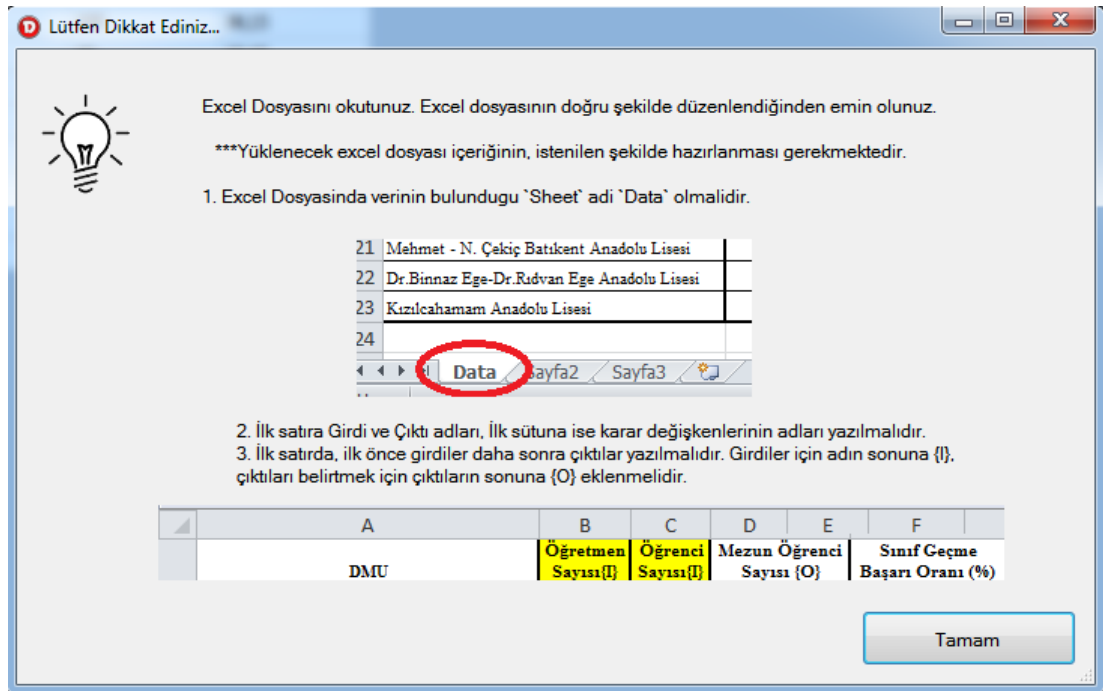
Excel dosyası tanıtıldıktan sonra sistem veriyi okur. Veri sisteme tanıtıldıktan sonra aşağıdaki gibi ekran görülmektedir. Veriler ekrandan değiştirilse bile işlem ilk yüklenen verileri kullanmaktadır. Veri de değişim yapmak için en başta yüklenen excel dosyasının güncellenmesi gerekmektedir.

VZA Analizi (Data Envelopment Analysis)				
Dosya Yöntemler Yardım				
   Satır : 8 Sütun : 4				
Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme		
	Öğretmen Sayı...	Öğrenci Sayısı(...	Mezun Öğrenc...	Sınıf Geçme Ba...
► Ankara Anadolu Lisesi	65	993	200	94,79
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	43	620	100	96,15
Çankaya Anadolu Lisesi	36	601	88	95,65
Ankara Atatürk Lisesi	92	1822	268	96,75
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	55	706	186	100
Milli Piyango Anadolu Lisesi	54	768	225	98,25
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	41	609	122	99,19
Kalaba Anadolu Lisesi	44	696	115	98,29
*				

Şekil 5: Veri Girişi Yapılmış Uygulama Ekranı

Sisteme tanıtılan excel dosyası bazı kurallara uymak zorundadır. Yardım -> Excel Dosya Biçimi'ne tıklayarak bu kuralları öğrenebilirsiniz.(Şekil 6)

- Excel dosyasında verinin bulunduğu "Sheet" adı "Data" olmalıdır.
- İlk satıra, girdi ve çıktı adları yazılmalıdır.
- İlk sütuna ise karar değişkenlerinin adları yazılmalıdır.
- İlk satırda, ilk önce girdiler, daha sonra çıktılar sırasıyla yazılmalıdır.
- Girdileri belirtmek için adın sonuna "{I}", çıktıları belirtmek için çıktıların sonuna "{O}" eklenmelidir.



Şekil 6: Uygulama'da Kullanılacak Excel Dosya Biçimi

4.2. Gözlem Kümesinin Oluşturulması

Şekil 6'daki açıklanan biçime uygun hazırlanmış bir excel dosyası uygulamaya yüklendiğinde (Girdiler için {I}, çıktılar için {O}), program girdi ve

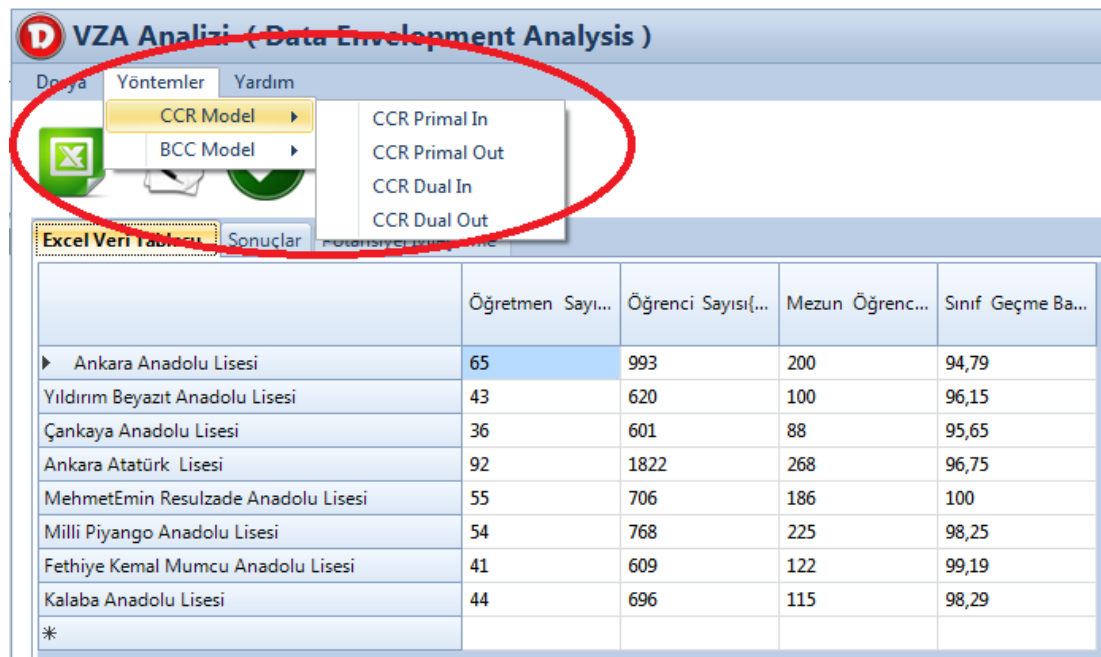
çıktıları doğru şekilde sisteme ekler. Program otomatik olarak girdi ve çıktı türünü tanır.

Sisteme yüklenmiş karar birimlerinin adlarını veya girdi ve çıktıların adlarında değişiklik yapmak için, en başta programa yüklenen excel dosyasında güncelleme yapılmalıdır. Güncellenmiş excel dosyası tekrardan programa yüklenmelidir.

4.3. Model Seçimi

Veriler seçildikten ve sisteme yüklendikten sonra istenilen modelin seçimi yapılmalıdır. Seçim iki farklı şekilde yapılır.

Üst menü yardımıyla (Şekil 7) CCR ve BCC modellerinden istenilen seçilir. Model seçildikten sonra uygulama otomatik olarak çözümü yapar ve sonucu ekrana basar. Fakat bu seçimler sadece CCR ve BCC modelinin çözümü için kullanılabilir. Süper etkinlik seçimi için diğer adım takip edilmelidir.



Şekil 7: Üst Menü (CCR ve BCC Modeli Seçimi)

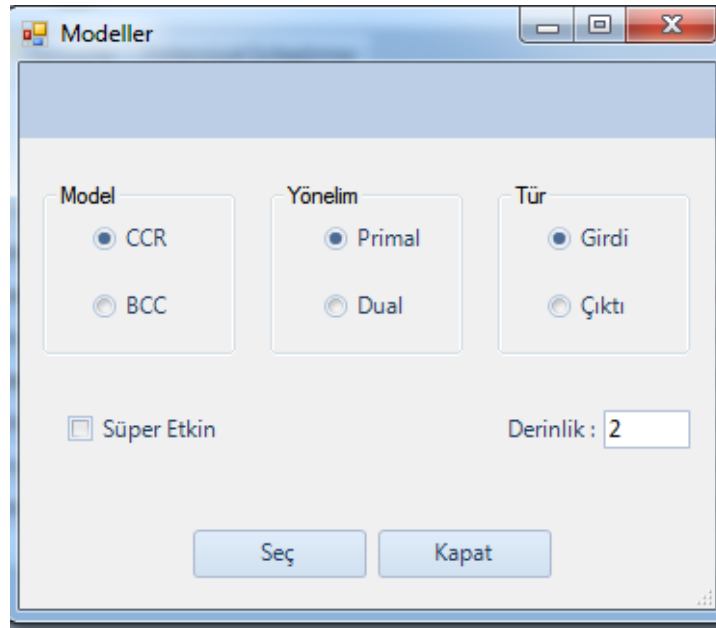
VZA modeli seçimi için, Çözüm Modelini Seç (Şekil 8) butonuna basılmalıdır.



Şekil 8 : Uygulama Kısayol Butonları

Butona basıldıktan sonra Şekil 9'daki model seçim ekranı açılacaktır. VZA modellerinden CCR ya da BCC seçimi belirtildikten sonra modelin türü Primal ya da Dual olarak işaretlenir. Daha sonra girdi ya da çıktı yöntemlerinden birisi seçilir.

Ayrıca Primal model türü seçildiğinde süper etkinlik seçeneği de aktif olur. Süper etkinlik alanı işaretlendiğinde süper etkinlik metoduyla çözüm yapılması sağlanır. Derinlik alanı, sıfırdan sonra kaç basamak kullanılacağını belirler. İlk tanımında derinlik “2” olarak belirlenmiştir.



Şekil 9: Model Seçimi Ekranı

Model seçilip, “Seç” butonuna basıldıktan sonra Model Seçim Ekranı kapanır. Şekil 8’de gösterilen “Modeli Seç ve Çözümü Görüntüle” butonuna basıldığında çözüm işlemi gerçekleşir.

4.4. Sonuçların Yorumlanması ve Herbir Karar Birimi İçin Detay Analizi

Seçilen modelin çözümü yapıldıktan sonra ekrana sonuçlar basılır. Sonuç alanından çözümün sonucunu görebilirsiniz. Her bir karar birimi için etkinlik skoru yüzde olarak ilk sütunda yer almaktadır. Sarı ile belirlenleştirilmiş alanlar etkin olan KVB’lerini göstermektedir.

VZA Analizi (Data Envelopment Analysis)				
Dosya Yöntemler Yardım				
  				
Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme		
	Etkinlik Değeri-...	S-1	S-2	S+1
► Ankara Anadolu Lisesi	76,77	0	0	0
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	95,22	0	0	0
Çankaya Anadolu Lisesi	109,82	0	0	0
Ankara Atatürk Lisesi	69,91	0	0	0
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	101,08	0	0	0
Milli Piyango Anadolu Lisesi	123,21	0	0	0
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	106,51	0	0	0
Kalaba Anadolu Lisesi	90,74	0	0	0
*				

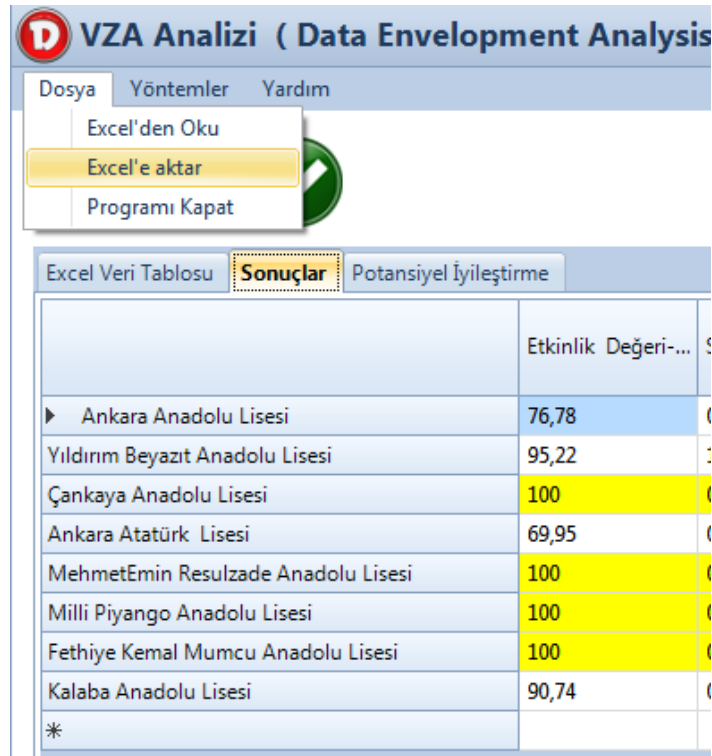
Şekil 10: Detay Analizi Sonuçları

Potansiyel iyileştirme alanında ise (Şekil 11), referans (Benchmark) sonuçlarını görebilirsiniz. Burada da etkin olan karar birimlerinin sarı ile boyandığını görebilirsiniz.

VZA Analizi (Data Envelopment Analysis)					
Dosya Yöntemler Yardım					
  					
Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme			
	Referans	Öğretmen Sayı...	Öğrenci Sayısı...	Mezun Öğrenc...	Sınıf Geçme Ba...
► Ankara Anadolu Lisesi	6(0,8) 7(0,16)	-23,45	-28,31	-0,24	-0,34
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	7(0,97)	-7,51	-4,72	18,34	0,07
Çankaya Anadolu Lisesi		9,33	-2,72	33,09	-0,45
Ankara Atatürk Lisesi	6(1,19)	-30,15	-49,84	-0,09	20,84
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi		-10,53	0,64	-0,53	-0,38
Milli Piyango Anadolu Lisesi		23,24	11,23	0,03	23,16
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi		5,73	7,34	0,8	0,77
Kalaba Anadolu Lisesi	3(0,2) 7(0,8)	-9,09	-12,73	0,17	0,2
*					

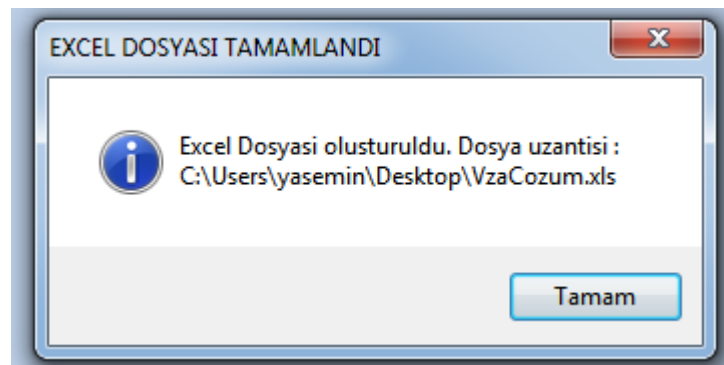
Şekil 11: Potansiyel İyileştirme Sonuçları

Bu program ile çözüm sonucunu excel'e aktarmanız mümkün. Şekil 12'de gösterildiği gibi, Dosya -> Excel'e aktar alanına tıkladığınızda, excel dosyasının oluşturulma işlemi başlar.



Şekil 12: Sonuçları Excel'e Aktarma

Masaüstünüzde "VzaCozum.xls" dosyası oluşturulur ve veriler bu dosyanın içine yazdırılır. Yazdırma işlemi bittikten sonra, işlemin tamamlandığına dair bilgi ekranı belirir.



Şekil 13: Excel Dosyası Yükleme

4.5. Veri Zarflama Analizi Bilgisayar Programları

Bu bölümde, parametrik olmayan bir yöntem olan Veri Zarflama Analizi'ni rehber olarak kullanan bilgisayar programları tanıtılmıştır.

4.5.1. DEAP v2.1.

DEAP (Data Envelopment Analysis Program) Tim Coelli tarafından 1996 yılında, üretimdeki etkinlikleri hesaplayabilmek için yazılmıştır(Coelli, 1998:1). DEAP dos ekranında çalıştığından dolayı kullanıcı dostu bir program değildir.

4.5.2. ETAKDS (Etkinlik Analizi Karar Destek Sistemi)

ETAKDS, 2000-2001 Ders yılı araştırma projesi ödevi olarak Hüseyin Güler ve Mert Ünal tarafından karar vericilerin etkinlik değerlerini hesaplamak amacıyla yazılmıştır.

4.5.3. EMS (Efficiency Measurement System)

EMS, Holger Scheels tarafından 2000 yılında yazılmış, VZA etkinlik ölçümünün çözümünü gerçekleştiren bir bilgisayar programıdır.

4.6. Programların Karşılaştırılması

Bu bölümde, çalışmamızda anlatmış olduğumuz VZA Analizi paket programımızın diğer VZA'yı rehber olarak kullanan programlar ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Modeller /Paket Programlar	VZA Analizi	ETAKDS	DEAP	EMS
CCR Girdi Yönlü Dual	✓	✓	✓	✗
CCR Girdi Yönlü Primal	✓	✓	✓	✓
BCC Girdi Yönlü Dual	✓	✓	✓	✗
BCC Girdi Yönlü Primal	✓	✓	✓	✓
CCR Çıktı Yönlü Dual	✓	✓	✓	✗
CCR Çıktı Yönlü Primal	✓	✓	✓	✓
BCC Çıktı Yönlü Dual	✓	✓	✓	✗
BCC Çıktı Yönlü Primal	✓	✓	✓	✓
CCR Girdi Yönlü Primal Süper Etkinlik	✓	✗	✗	✓
CCR Çıktı Yönlü Primal Süper Etkinlik	✓	✗	✗	✓
BCC Girdi Yönlü Primal Süper Etkinlik	✓	✗	✗	✓
BCC Çıktı Yönlü Primal Süper Etkinlik	✓	✗	✗	✓

Şekil 14 - Paket Programların Karşılaştırılması

4.6.1. Örnek Veri Seti İle Programların Karşılaştırılması

Şekil 15'te verilen girdi ve Şekil 16'da verilerin çıktılardan oluşan örnek veri seti kullanılarak VZA Analizi paket programımızın çözüm sonuçları ile Ems ve ETAKDS programlarının çözüm sonuçları aşağıdaki gibidir.

DMU	Öğretmen Sayısı	Öğrenci Sayısı	Şube Sayısı	Derslik Sayısı	Bilgisayar Sayısı	Lab. Sayısı
Ankara Anadolu Lisesi	65	993	31	24	25	4
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	43	620	16	20	8	1
Çankaya Anadolu Lisesi	36	601	27	23	18	4
Ankara Atatürk Lisesi	92	1822	47	56	22	8
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	55	706	19	24	18	3
Milli Piyango Anadolu Lisesi	54	768	23	25	12	3
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	41	609	18	21	32	4
Kalaba Anadolu Lisesi	44	696	20	24	26	2
Mamak Anadolu Lisesi	28	539	17	24	0	0
Çağrıbey Anadolu Lisesi	49	699	21	24	0	2
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	59	901	26	30	0	3
Atatürk Anadolu Lisesi	102	1396	37	46	0	6
Gazi Anadolu Lisesi	75	1288	34	38	45	8
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	29	424	14	20	2	5
Gölbaşı Anadolu Lisesi	34	464	15	17	0	2
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	15	248	11	24	0	5
Polatlı Anadolu Lisesi	39	626	21	25	0	5
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	16	342	13	16	0	2
Etimesgut Anadolu Lisesi	30	515	17	26	0	3
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	28	620	19	24	0	8
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	28	633	19	21	0	2
Kızılcahamam Anadolu Lisesi	18	248	10	21	0	5

Şekil 15 - Örnek Veri Seti (Girdiler)

DMU	Mezun Öğrenci Sayısı	Sınıf Geçme Başarı Oranı (%)	ÖYS İle Yerleştirilen Öğr. Sayısı	ÖYS Başarı Oranı (%)
Ankara Anadolu Lisesi	200	94,79	134	63,81
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	100	96,15	59	59,00
Çankaya Anadolu Lisesi	88	95,65	64	75,29
Ankara Atatürk Lisesi	268	96,75	188	70,15
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	186	100	122	65,59
Milli Piyango Anadolu Lisesi	225	98,25	169	74,45
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	122	99,19	71	58,20
Kalaba Anadolu Lisesi	115	98,29	91	79,13
Mamak Anadolu Lisesi	108	100	71	65,74
Çağrıbey Anadolu Lisesi	134	100	92	68,66
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	127	96,95	95	79,83
Atatürk Anadolu Lisesi	352	99,44	298	84,42
Gazi Anadolu Lisesi	371	98,41	307	82,75
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	87	98,86	37	42,53
Gölbaşı Anadolu Lisesi	117	100	81	69,23
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	33	100	17	54,84
Polatlı Anadolu Lisesi	62	100	32	51,61
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	38	100	22	57,90
Etimesgut Anadolu Lisesi	75	100	51	68,00
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	39	92,86	29	74,36
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	55	98,12	47	61,04
Kızılcahamam Anadolu Lisesi	43	100	23	53,49

Şekil 26 - Örnek Veri Seti (Çıktılar)

4.6.1.1. VZA Analizi Paket Programı ile Çözüm

VZA Analizi ile excel dosyası seçilerek programa yüklenir.

VZA Analizi (Data Envelopment Analysis)

Dosya Yöntemler Yardım

Excel Veri Tablosu Sonuçlar Potansiyel İyileştirme

	Öğretmen Sayı...	Öğrenci Sayısı...	Şube Sayısı[]3	Derslik Sayısı[]4	Bilgisayar Sayıs...	Laboratuar Say...	Mezun Öğrenc...	Sınıf Geçme Ba...	ÖYS İle Yerleşti...	ÖYS Başarı Ora...
► Ankara Anadolu Lisesi	65	993	31	24	25	4	200	94,79	134	63,81
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	43	620	16	20	8	1	100	96,15	59	59
Çankaya Anadolu Lisesi	36	601	27	23	18	4	88	95,65	64	75,29
Ankara Atatürk Lisesi	92	1822	47	56	22	8	268	96,75	188	70,15
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	55	706	19	24	18	3	186	100	122	65,59
Milli Piyango Anadolu Lisesi	54	768	23	25	12	3	225	98,25	169	74,45
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	41	609	18	21	32	4	122	99,19	71	58,2
Kalaba Anadolu Lisesi	44	696	20	24	26	2	115	98,29	91	79,13
Mamak Anadolu Lisesi	28	539	17	24	0	0	108	100	71	65,74
Çağrıbey Anadolu Lisesi	49	699	21	24	0	2	134	100	92	68,66
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	59	901	26	30	0	3	127	96,95	95	79,83
Atatürk Anadolu Lisesi	102	1396	37	46	0	6	352	99,44	298	84,42
Gazi Anadolu Lisesi	75	1288	34	38	45	8	371	98,41	307	82,75
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	29	424	14	20	2	5	87	98,86	37	42,53
Gölbaşı Anadolu Lisesi	34	464	15	17	0	2	117	100	81	69,23
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	15	248	11	24	0	5	33	100	17	54,84
Polatlı Anadolu Lisesi	39	626	21	25	0	5	62	100	32	51,61
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	16	342	13	16	0	2	38	100	22	57,9
Etimesgut Anadolu Lisesi	30	515	17	26	0	3	75	100	51	68
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	28	620	19	24	0	8	39	92,86	29	74,36

Şekil 37 – VZA Analizi Örnek Veri Seti

Yöntemler menüsünden istenilen model seçilerek çözüm gerçekleştirilir.

Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme	Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme
		Etkinlik Değeri-...			Etkinlik Değeri-...
► Ankara Anadolu Lisesi	105,15		► Ankara Anadolu Lisesi	95,16	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	102,32		Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	97,77	
Çankaya Anadolu Lisesi	118,35		Çankaya Anadolu Lisesi	84,51	
Ankara Atatürk Lisesi	146,03		Ankara Atatürk Lisesi	68,53	
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100		MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100	
Milli Piyango Anadolu Lisesi	100		Milli Piyango Anadolu Lisesi	100	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	117,62		Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	85,04	
Kalaba Anadolu Lisesi	111,73		Kalaba Anadolu Lisesi	89,52	
Mamak Anadolu Lisesi	100		Mamak Anadolu Lisesi	100	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	112,46		Çağrıbey Anadolu Lisesi	88,93	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	143,18		Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	69,86	
Atatürk Anadolu Lisesi	100		Atatürk Anadolu Lisesi	100	
Gazi Anadolu Lisesi	100		Gazi Anadolu Lisesi	100	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	106,92		Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	93,54	
Gölbaşı Anadolu Lisesi	100		Gölbaşı Anadolu Lisesi	100	
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	100		Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	100	
Polatlı Anadolu Lisesi	153,35		Polatlı Anadolu Lisesi	65,22	
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100		Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100	
Etimesgut Anadolu Lisesi	115,3		Etimesgut Anadolu Lisesi	86,74	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	116,02		Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	86,22	

Şekil 48 – VZA Analizi CCR Primal Çıktı Çözümü

Şekil 59 – VZA Analizi CCR Primal Girdi Çözümü

Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme
		Etkinlik Değeri...
► Ankara Anadolu Lisesi	105,12	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	102,3	
Çankaya Anadolu Lisesi	118,34	
Ankara Atatürk Lisesi	145,99	
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100	
Milli Piyango Anadolu Lisesi	100	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	117,61	
Kalaba Anadolu Lisesi	111,72	
Mamak Anadolu Lisesi	100	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	112,45	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	143,17	
Atatürk Anadolu Lisesi	100	
Gazi Anadolu Lisesi	100	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	106,91	
Gölbaşı Anadolu Lisesi	100	
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	100	
Polatlı Anadolu Lisesi	153,34	
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100	
Etimesgut Anadolu Lisesi	115,3	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	116	
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	121,61	

Şekil 20– VZA Analizi CCR Dual Çıktı Çözümü

Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme
		Etkinlik Değeri... v
► Ankara Anadolu Lisesi	95,13	0
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	97,75	0
Çankaya Anadolu Lisesi	84,5	0
Ankara Atatürk Lisesi	68,5	0
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100	0
Milli Piyango Anadolu Lisesi	100	0
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	85,03	0
Kalaba Anadolu Lisesi	89,51	0
Mamak Anadolu Lisesi	100	0
Çağrıbey Anadolu Lisesi	88,93	0
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	69,85	0
Atatürk Anadolu Lisesi	100	0
Gazi Anadolu Lisesi	100	0
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	93,54	0
Gölbaşı Anadolu Lisesi	100	0
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	100	0
Polatlı Anadolu Lisesi	65,22	0
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100	0
Etimesgut Anadolu Lisesi	86,73	0
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	86,2	0
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	82,23	0

Şekil 21– VZA Analizi CCR Dual Girdi Çözümü

Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme
		Etkinlik Değeri...
► Ankara Anadolu Lisesi	96,48	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	100	
Çankaya Anadolu Lisesi	100	
Ankara Atatürk Lisesi	70,41	
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100	
Milli Piyango Anadolu Lisesi	100	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	85,31	
Kalaba Anadolu Lisesi	100	
Mamak Anadolu Lisesi	100	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	100	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	100	
Atatürk Anadolu Lisesi	100	
Gazi Anadolu Lisesi	100	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	94,08	
Gölbaşı Anadolu Lisesi	100	
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	100	
Polatlı Anadolu Lisesi	65,22	
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100	
Etimesgut Anadolu Lisesi	100	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	100	

Şekil 22– VZA Analizi BCC Primal Girdi Çözümü

Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme
		Etkinlik Değeri...
► Ankara Anadolu Lisesi	104,24	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	100	
Çankaya Anadolu Lisesi	100	
Ankara Atatürk Lisesi	103,13	
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100	
Milli Piyango Anadolu Lisesi	100	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	100,84	
Kalaba Anadolu Lisesi	100	
Mamak Anadolu Lisesi	100	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	100	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	100	
Atatürk Anadolu Lisesi	100	
Gazi Anadolu Lisesi	100	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	101,16	
Gölbaşı Anadolu Lisesi	100	
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	100	
Polatlı Anadolu Lisesi	100,04	
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100	
Etimesgut Anadolu Lisesi	100	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	100	

Şekil 23– VZA Analizi BCC Primal Çıktı Çözümü

Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme
		Etkinlik Değeri...
► Ankara Anadolu Lisesi	96,45	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	100	
Çankaya Anadolu Lisesi	100	
Ankara Atatürk Lisesi	70,37	
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100	
Milli Piyango Anadolu Lisesi	100	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	85,3	
Kalaba Anadolu Lisesi	100	
Mamak Anadolu Lisesi	100	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	100	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	100	
Atatürk Anadolu Lisesi	100	
Gazi Anadolu Lisesi	100	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	94,07	
Gölbaşı Anadolu Lisesi	100	
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	100	
Polatlı Anadolu Lisesi	65,22	
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100	
Etmesgut Anadolu Lisesi	100	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	100	
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	83,75	

Şekil 24– VZA Analizi BCC Dual Girdi Çözümü

Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme
		Etkinlik Değeri...
► Ankara Anadolu Lisesi	104,21	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	100	
Çankaya Anadolu Lisesi	100	
Ankara Atatürk Lisesi	103,04	
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100	
Milli Piyango Anadolu Lisesi	100	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	100,82	
Kalaba Anadolu Lisesi	100	
Mamak Anadolu Lisesi	100	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	100	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	100	
Atatürk Anadolu Lisesi	100	
Gazi Anadolu Lisesi	100	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	101,15	
Gölbaşı Anadolu Lisesi	100	
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	100	
Polatlı Anadolu Lisesi	100	
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100	
Etmesgut Anadolu Lisesi	100	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	100	
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	101,92	

Şekil 25– VZA Analizi BCC Dual Çıktı Çözümü

Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme
		Etkinlik Değeri...
► Ankara Anadolu Lisesi	105,15	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	102,32	
Çankaya Anadolu Lisesi	118,35	
Ankara Atatürk Lisesi	146,03	
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	94,16	
Milli Piyango Anadolu Lisesi	83,15	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	117,62	
Kalaba Anadolu Lisesi	111,73	
Mamak Anadolu Lisesi	0,06	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	112,46	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	143,18	
Atatürk Anadolu Lisesi	67,11	
Gazi Anadolu Lisesi	76,5	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	106,92	
Gölbaşı Anadolu Lisesi	72,47	
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	87,11	
Polatlı Anadolu Lisesi	153,35	
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	71,55	
Etmesgut Anadolu Lisesi	115,3	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	116,02	

Şekil 26 – VZA Analizi CCR Primal Çıktı Süper Etkinlik Çözümü

Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme
		Etkinlik Değeri...
► Ankara Anadolu Lisesi	95,13	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	97,75	
Çankaya Anadolu Lisesi	84,5	
Ankara Atatürk Lisesi	68,5	
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	106,21	
Milli Piyango Anadolu Lisesi	120,27	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	85,03	
Kalaba Anadolu Lisesi	89,51	
Mamak Anadolu Lisesi	219,31	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	88,93	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	69,85	
Atatürk Anadolu Lisesi	149,15	
Gazi Anadolu Lisesi	130,79	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	93,54	
Gölbaşı Anadolu Lisesi	137,98	
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	114,8	
Polatlı Anadolu Lisesi	65,22	
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	139,78	
Etmesgut Anadolu Lisesi	86,73	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	86,2	

Şekil 27 – VZA Analizi CCR Primal Girdi Süper Etkinlik Çözümü

Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme
		Etkinlik Değeri...
► Ankara Anadolu Lisesi	104,24	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	102,32	
Çankaya Anadolu Lisesi	99,1	
Ankara Atatürk Lisesi	103,13	
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	94,16	
Milli Piyango Anadolu Lisesi	83,15	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	100,84	
Kalaba Anadolu Lisesi	92,16	
Mamak Anadolu Lisesi	0,06	
Çağnbey Anadolu Lisesi	99,97	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	92,88	
Atatürk Anadolu Lisesi	31,95	
Gazi Anadolu Lisesi	73,47	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	101,16	
Gölbaşı Anadolu Lisesi	72,47	
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	87,11	
Polatlı Anadolu Lisesi	100,04	
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	71,55	
Etimesgut Anadolu Lisesi	99,42	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	89,42	

Şekil 28 – VZA Analizi BCC Primal Çıktı
Süper Etkinlik Çözümü

Excel Veri Tablosu	Sonuçlar	Potansiyel İyileştirme
		Etkinlik Değeri...
► Ankara Anadolu Lisesi	95,13	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	97,75	
Çankaya Anadolu Lisesi	102,54	
Ankara Atatürk Lisesi	70,37	
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	136,84	
Milli Piyango Anadolu Lisesi	121,54	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	85,03	
Kalaba Anadolu Lisesi	177,05	
Mamak Anadolu Lisesi	808,88	
Çağnbey Anadolu Lisesi	114,75	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	150,86	
Atatürk Anadolu Lisesi	183,42	
Gazi Anadolu Lisesi	151,42	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	93,54	
Gölbaşı Anadolu Lisesi	159,83	
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	114,8	
Polatlı Anadolu Lisesi	65,22	
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	139,78	
Etimesgut Anadolu Lisesi	106,28	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	162,82	

Şekil 29 – VZA Analizi BCC Primal Girdi
Süper Etkinlik Çözümü

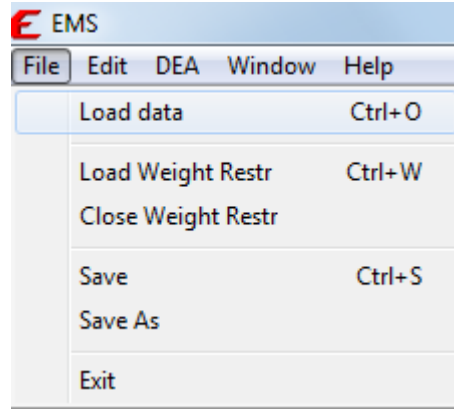
4.6.1.2. EMS Paket Programı ile Çözüm

Ems programı açılış ekranı aşağıdaki gibidir.



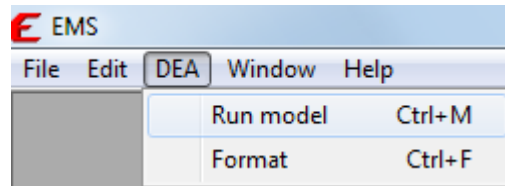
Şekil 30 – EMS Giriş Ekranı

File - Load Data (Ctrl+O) tıklayarak excel dosyası programa yüklenir. VZA Analizinde olduğu gibi program girdi/çıktı tanımlamasını otomatik olarak yapar.



Şekil 31 – EMS Excel Dosya Yükleme

DEA – Run Model butonu ile model seçimi yapılır ve çözüme ulaşılır.



Şekil 32 – EMS Model Çözümü

Program Files (x86)\EMS\Yasemin Tez EMS.xls_CRS_RA

DMU	Score
Ankara Anadolu Lisesi	105.12%
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	102.30%
Çankaya Anadolu Lisesi	118.34%
Ankara Atatürk Lisesi	145.99%
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100.00%
Milli Piyango Anadolu Lisesi	100.00%
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	117.61%
Kalaba Anadolu Lisesi	111.72%
Mamak Anadolu Lisesi	100.00%
Çağrıbey Anadolu Lisesi	112.45%
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	143.17%
Atatürk Anadolu Lisesi	100.00%
Gazi Anadolu Lisesi	100.00%
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	106.91%
Gölbaşı Anadolu Lisesi	100.00%
Nallıhan Şehit Vural Avcı Anadolu Lisesi	100.00%
Polatlı Anadolu Lisesi	153.34%
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100.00%
Etimesgut Anadolu Lisesi	115.30%
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	116.00%
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	121.61%
Kızılcahamam Anadolu Lisesi	100.00%

Şekil 33 – EMS CCR Primal Çıktı Çözümü

C:\Program Files (x86)\EMS\Yasemin Tez EMS.xls_CRS_RAD_IN

DMU	Score
1 Ankara Anadolu Lisesi	95.13%
2 Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	97.75%
3 Çankaya Anadolu Lisesi	84.50%
4 Ankara Atatürk Lisesi	68.50%
5 MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100.00%
6 Milli Piyango Anadolu Lisesi	100.00%
7 Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	85.03%
8 Kalaba Anadolu Lisesi	89.51%
9 Mamak Anadolu Lisesi	100.00%
10 Çağrıbey Anadolu Lisesi	88.93%
11 Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	69.85%
12 Atatürk Anadolu Lisesi	100.00%
13 Gazi Anadolu Lisesi	100.00%
14 Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	93.54%
15 Gölbaşı Anadolu Lisesi	100.00%
16 Nallıhan Şehit Vural Avcı Anadolu Lisesi	100.00%
17 Polatlı Anadolu Lisesi	65.22%
18 Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100.00%
19 Etimesgut Anadolu Lisesi	86.73%
20 Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	86.20%
21 Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	82.23%
22 Kızılcahamam Anadolu Lisesi	100.00%

Şekil 34 – EMS CCR Primal Girdi Çözümü

DMU	Score	DMU	Score
Ankara Anadolu Lisesi	96.45%	Ankara Anadolu Lisesi	104.21%
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	100.00%	Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	100.00%
Çankaya Anadolu Lisesi	100.00%	Çankaya Anadolu Lisesi	100.00%
Ankara Atatürk Lisesi	70.37%	Ankara Atatürk Lisesi	103.04%
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100.00%	MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	100.00%
Milli Piyango Anadolu Lisesi	100.00%	Milli Piyango Anadolu Lisesi	100.00%
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	85.30%	Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	100.82%
Kalaba Anadolu Lisesi	100.00%	Kalaba Anadolu Lisesi	100.00%
Mamak Anadolu Lisesi	100.00%	Mamak Anadolu Lisesi	100.00%
Çağrıbey Anadolu Lisesi	100.00%	Çağrıbey Anadolu Lisesi	100.00%
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	100.00%	Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	100.00%
Atatürk Anadolu Lisesi	100.00%	Atatürk Anadolu Lisesi	100.00%
Gazi Anadolu Lisesi	100.00%	Gazi Anadolu Lisesi	100.00%
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	94.07%	Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	101.15%
Gölbaşı Anadolu Lisesi	100.00%	Gölbaşı Anadolu Lisesi	100.00%
Nallıhan Şehit Vural Avcı Anadolu Lisesi	100.00%	Nallıhan Şehit Vural Avcı Anadolu Lisesi	100.00%
Polatlı Anadolu Lisesi	65.22%	Polatlı Anadolu Lisesi	100.00%
Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100.00%	Şerefli Koçhisar Anadolu Lisesi	100.00%
Etimesgut Anadolu Lisesi	100.00%	Etimesgut Anadolu Lisesi	100.00%
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	100.00%	Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	100.00%
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	83.75%	Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	101.92%
Kızılcahamam Anadolu Lisesi	100.00%	Kızılcahamam Anadolu Lisesi	100.00%

Şekil 35 – EMS BCC Primal Girdi

Şekil 36 – EMS BCC Primal Çıktı Çözümü

Çözümü

MS - [C:\Program Files (x86)\EMS\Yasemin Tez EMS.xls_CRS_R\

File Edit DEA Window Help

DMU	Score
1 Ankara Anadolu Lisesi	105.12%
2 Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	102.30%
3 Çankaya Anadolu Lisesi	118.34%
4 Ankara Atatürk Lisesi	145.99%
5 MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	94.15%
6 Milli Piyango Anadolu Lisesi	83.14%
7 Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	117.61%
8 Kalaba Anadolu Lisesi	111.72%
9 Mamak Anadolu Lisesi	0.00%
0 Çağrıbey Anadolu Lisesi	112.45%
1 Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	143.17%
2 Atatürk Anadolu Lisesi	67.05%
3 Gazi Anadolu Lisesi	76.46%
4 Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	106.91%
5 Gölbaşı Anadolu Lisesi	72.47%
6 Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	87.11%
7 Polatlı Anadolu Lisesi	153.34%
8 Şereflî Koçhisar Anadolu Lisesi	71.54%
9 Etimesgut Anadolu Lisesi	115.30%
0 Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	116.00%
1 Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	121.61%
2 Kızılcahamam Anadolu Lisesi	87.14%

Şekil 37 – EMS CCR Primal Çıktı Süper Etkinlik Çözümü

DMU	Score
Ankara Anadolu Lisesi	104.21%
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	73.00%
Çankaya Anadolu Lisesi	99.09%
Ankara Atatürk Lisesi	103.04%
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	91.94%
Milli Piyango Anadolu Lisesi	81.82%
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	100.82%
Kalaba Anadolu Lisesi	92.15%
Mamak Anadolu Lisesi	big
Çağrıbey Anadolu Lisesi	99.96%
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	92.85%
Atatürk Anadolu Lisesi	31.88%
Gazi Anadolu Lisesi	73.43%
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	101.15%
Gölbaşı Anadolu Lisesi	37.96%
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	big
Polatlı Anadolu Lisesi	100.00%
Şereflî Koçhisar Anadolu Lisesi	big
Etimesgut Anadolu Lisesi	99.41%
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	89.40%
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	101.92%
Kızılcahamam Anadolu Lisesi	big

Şekil 39 – EMS BCC Primal Çıktı Süper Etkinlik Çözümü

DMU	Score
Ankara Anadolu Lisesi	95.13%
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	97.75%
Çankaya Anadolu Lisesi	84.50%
Ankara Atatürk Lisesi	68.50%
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	106.21%
Milli Piyango Anadolu Lisesi	120.27%
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	85.03%
Kalaba Anadolu Lisesi	89.51%
Mamak Anadolu Lisesi	big
Çağrıbey Anadolu Lisesi	88.93%
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	69.85%
Atatürk Anadolu Lisesi	149.15%
Gazi Anadolu Lisesi	130.79%
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	93.54%
Gölbaşı Anadolu Lisesi	137.98%
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	114.80%
Polatlı Anadolu Lisesi	65.22%
Şereflî Koçhisar Anadolu Lisesi	139.78%
Etimesgut Anadolu Lisesi	86.73%
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	86.20%
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	82.23%
Kızılcahamam Anadolu Lisesi	114.76%

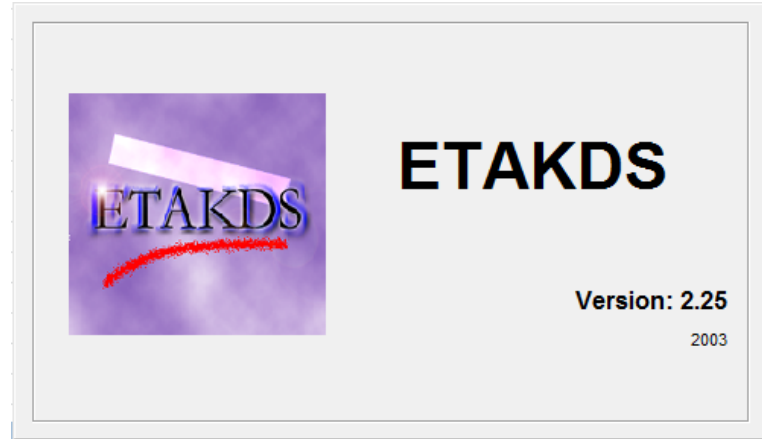
Şekil 38 – EMS CCR Primal Girdi Süper Etkinlik Çözümü

DMU	Score
Ankara Anadolu Lisesi	96.45%
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	101.45%
Çankaya Anadolu Lisesi	102.54%
Ankara Atatürk Lisesi	70.37%
MehmetEmin Resulzade Anadolu Lisesi	big
Milli Piyango Anadolu Lisesi	121.54%
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	85.30%
Kalaba Anadolu Lisesi	177.05%
Mamak Anadolu Lisesi	big
Çağrıbey Anadolu Lisesi	big
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	150.86%
Atatürk Anadolu Lisesi	big
Gazi Anadolu Lisesi	big
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	94.07%
Gölbaşı Anadolu Lisesi	big
Nallıhan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	114.80%
Polatlı Anadolu Lisesi	65.22%
Şereflî Koçhisar Anadolu Lisesi	139.78%
Etimesgut Anadolu Lisesi	106.28%
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	162.82%
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	83.75%
Kızılcahamam Anadolu Lisesi	114.76%

Şekil 40 – EMS BCC Primal Girdi Süper Etkinlik Çözümü

4.6.1.3. ETAKDS Paket Programı ile Çözüm

ETAKDS açılış ekranı aşağıdaki gibidir.



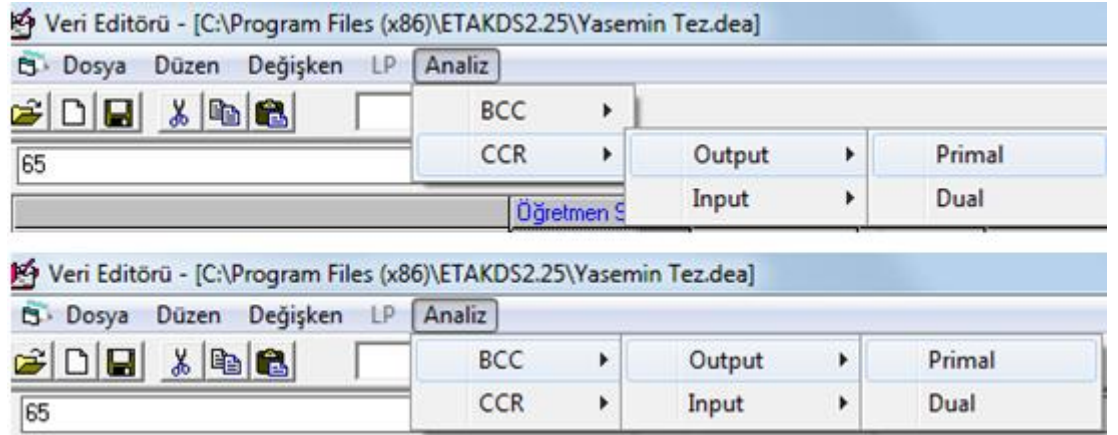
Şekil 41 – ETAKDS Açılış Ekranı

Programa excel dosyası yüklendiğinde girdi ve çıktı tanımları el ile teker teker tanıtılmalıdır. VZA Analizi programı ise “{I}” ve “{O}” olarak excel dosyasında tanımladığınız alanları otomatik olarak algılar ve el ile girdi/çıktı tanımlaması yapılmasına gerek duyulmaz.

Veri Editörü - [C:\Program Files (x86)\ETAKDS2.25\Yasemin Tez.dea]											
Dosya Düzen Değişken LP Analiz											
65											
	Öğretmen Sayısı	Öğrenci Sayısı	Şube Sayısı	Dernek Sayısı	Bilgisayar Sayısı	Laboratuvar Sayısı	Mezun Öğrenci Sayısı	Sınav Geçme Başarı Oranı (%)	ÖYS ile Yerleştirilen Öğr. Sayısı	ÖYS Başarı Oranı (%)	
Ankara Anadolu Lisesi	65	993	31	24	25	4	200	94.79	134	63.81	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	43	620	16	20	8	1	100	96.15	59	59.00	
Çankaya Anadolu Lisesi	36	601	27	23	18	4	88	95.65	64	75.29	
Ankara Atatürk Lisesi	92	1822	47	56	22	8	268	96.75	188	70.15	
Mehmet Emin Resulzade Anadolu Lisesi	55	706	19	24	18	3	186	100	122	65.59	
Milî Piyango Anadolu Lisesi	54	768	23	25	12	3	225	98.25	169	74.45	
Fethiye Kemal Müncü Anadolu Lisesi	41	609	18	21	32	4	122	99.19	71	58.20	
Kalaba Anadolu Lisesi	44	696	20	24	26	2	115	98.29	91	79.13	
Manlık Anadolu Lisesi	28	539	17	24	0	0	108	100	71	65.74	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	49	699	21	24	0	2	134	100	92	68.66	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	59	901	26	30	0	3	127	96.95	95	79.83	
Atatürk Anadolu Lisesi	102	1396	37	46	0	6	352	99.44	298	84.42	
Gazi Anadolu Lisesi	75	1288	34	38	45	8	371	98.41	307	82.75	
Beypazarı Nurettin Karaoğlu Vakfı Anadolu L.	29	424	14	20	2	5	87	98.86	37	42.53	
Gölpazarı Anadolu Lisesi	34	464	15	17	0	2	117	100	81	69.23	
Nallıhan Şehit Vural Arıç Anadolu Lisesi	15	248	11	24	0	5	33	100	17	54.84	
Polatlı Anadolu Lisesi	39	626	21	25	0	5	62	100	32	51.61	
Şerefli Köprü Anadolu Lisesi	16	342	13	16	0	2	38	100	22	57.90	
Etimesgut Anadolu Lisesi	30	515	17	26	0	3	75	100	51	68.00	
Mehmet - N. Çelik Bahçen Anadolu Lisesi	28	620	19	24	0	8	39	92.86	29	74.36	
Dr.Binnaz Ege Dr.Fidran Ege Anadolu Lisesi	28	633	19	21	0	2	55	98.12	47	61.04	
Kocahasanlı Anadolu Lisesi	18	248	10	21	0	5	43	100	23	53.49	

Şekil 42 – ETAKDS Excel’den Verilerin Aktarılması

ETAKDS programında Analiz butonundan istenilen model seçilerek çözüme ulaşılır.



Şekil 43 – ETAKDS Model Seçimi

ETAKDS programında CCR Çıktı yönlü model haricinde Dual çözüm üretememiştir. VZA Analizi programında tüm çözümler elde edilebilmiştir.

Çözüm		Çözüm	
CCR Input Oriented – Primal Modeli:		CCR Output Oriented – Primal Modeli:	
Karar Verici	Teta	Karar Verici	Fi
Ankara Anadolu Lisesi	0.9513316	Ankara Anadolu Lisesi	1.051154
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	0.9775188	Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	1.022999
Çankaya Anadolu Lisesi	1	Çankaya Anadolu Lisesi	1.183438
Ankara Atatürk Lisesi	0	Ankara Atatürk Lisesi	1.459882
Mehmet Emin Resulzade Anadolu Lisesi	1	Mehmet Emin Resulzade Anadolu Lisesi	1
Milli Piyango Anadolu Lisesi	1	Milli Piyango Anadolu Lisesi	1
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	0	Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	1.176088
Kalaba Anadolu Lisesi	0.8950937	Kalaba Anadolu Lisesi	1.117202
Mamak Anadolu Lisesi	1	Mamak Anadolu Lisesi	0
Çağrıbey Anadolu Lisesi	0.8904772	Çağrıbey Anadolu Lisesi	1.124518
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	0.6984785	Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	1.431683
Atatürk Anadolu Lisesi	0	Atatürk Anadolu Lisesi	1
Gazi Anadolu Lisesi	0	Gazi Anadolu Lisesi	1
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	0	Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	1.069109
Gölpazarı Anadolu Lisesi	1	Gölpazarı Anadolu Lisesi	1
Nalihan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	0	Nalihan Şehit Vural Arıcı Anadolu Lisesi	1
Polatlı Anadolu Lisesi	0.666776	Polatlı Anadolu Lisesi	1.533385
Şenol Fıçıcılar Anadolu Lisesi	1	Şenol Fıçıcılar Anadolu Lisesi	1
Etimesgut Anadolu Lisesi	0.8813989	Etimesgut Anadolu Lisesi	1.152996
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	0.8620415	Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	1.160029
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	5.467993E-12	Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	1.216055
Kızılcahamam Anadolu Lisesi	1.54395E-12	Kızılcahamam Anadolu Lisesi	1

Şekil 44 – ETAKDS CCR Primal Girdi Çözümü

Şekil 45 – ETAKDS CCR Primal Çıktı Çözümü

Çözüm

CCR Output Oriented – Dual Modeli:

Karar Verici	q	t
Ankara Anadolu Lisesi	1.051141	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	1.023003	
Çankaya Anadolu Lisesi	1.183441	
Ankara Atatürk Lisesi	1.459848	
Mehmet Emin Resulzade Anadolu Lisesi	1	
MİB Fıyango Anadolu Lisesi	1	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	1.176081	
Kalaba Anadolu Lisesi	1.117197	
Mamak Anadolu Lisesi	0	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	0	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	1	
Atatürk Anadolu Lisesi	1	
Gazi Anadolu Lisesi	1	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	1.069108	
Gölbasi Anadolu Lisesi	0	
Nalhan Şehit Vural Anı Anadolu Lisesi	1	
Polatlı Anadolu Lisesi	1.533394	
Serelli Koçhisar Anadolu Lisesi	1	
Etimesgut Anadolu Lisesi	1.153002	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	1.160029	
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	1.216059	
Kızılcahamam Anadolu Lisesi	1	

Şekil 46 – ETAKDS CCR Dual Çıktı Çözümü

Çözüm

BCC Output Oriented – Primal Modeli:

Karar Verici	F _i	S
Ankara Anadolu Lisesi	1.042115	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	1	
Çankaya Anadolu Lisesi	1	
Ankara Atatürk Lisesi	1.030448	
Mehmet Emin Resulzade Anadolu Lisesi	1	
MİB Fıyango Anadolu Lisesi	1	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	1.008166	
Kalaba Anadolu Lisesi	1	
Mamak Anadolu Lisesi	1	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	1	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	1	
Atatürk Anadolu Lisesi	1	
Gazi Anadolu Lisesi	1	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	1.011531	
Gölbasi Anadolu Lisesi	1	
Nalhan Şehit Vural Anı Anadolu Lisesi	1	
Polatlı Anadolu Lisesi	1	
Serelli Koçhisar Anadolu Lisesi	1	
Etimesgut Anadolu Lisesi	1	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	1	
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	1.01916	
Kızılcahamam Anadolu Lisesi	1	

Şekil 47 – ETAKDS BCC Primal Çıktı Çözümü

Çözüm

BCC Input Oriented – Primal Modeli:

Karar Verici	Teta	S
Ankara Anadolu Lisesi	0.9645011	
Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi	1	
Çankaya Anadolu Lisesi	1	
Ankara Atatürk Lisesi	1	
Mehmet Emin Resulzade Anadolu Lisesi	1	
MİB Fıyango Anadolu Lisesi	1	
Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi	1	
Kalaba Anadolu Lisesi	1	
Mamak Anadolu Lisesi	1	
Çağrıbey Anadolu Lisesi	1	
Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	1	
Atatürk Anadolu Lisesi	1	
Gazi Anadolu Lisesi	1	
Beypazarı Nurettin Karaoğuz Vakfı Anadolu L.	1	
Gölbasi Anadolu Lisesi	1	
Nalhan Şehit Vural Anı Anadolu Lisesi	1	
Polatlı Anadolu Lisesi	0.6726211	
Serelli Koçhisar Anadolu Lisesi	1	
Etimesgut Anadolu Lisesi	1	
Mehmet - N. Çekiç Batıkent Anadolu Lisesi	1	
Dr.Binnaz Ege-Dr.Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	1	
Kızılcahamam Anadolu Lisesi	1	

Şekil 48 – ETAKDS BCC Primal Girdi Çözümü

SONUÇ

Son yıllardaki yoğun rekabet ve küreselleşme koşulları işletmelerin kaynaklarını daha etkin kullanmaya zorlamaktadır. Bundan dolayı etkinlik ölçümüne ilginin artması, etkinlik ölçümlerinden Veri zarflama analizine olan ilgiyi de artırmıştır.

Günümüzde el ile kolaylıkla yapılamayacak pek çok hesaplama bilgisayar destekli çözüm yöntemleri ile kısa sürede hatasız bir şekilde yapılmaktadır. Bu konuda dünyada yeteri kadar uygulamanın olmaması ve ayrıca Türkçe uygulamanın bulunmaması ve çoğu yazılım programı DOS versiyonunda olduğunda dolayı kullanıcı dostu olmaması bu uygulamanın yapılmasına ön ayak olmuştur.

Bu uygulama kullanıcının kolaylıkla anlayabileceği şekilde tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Veri zarflama analizi modellerinden CCR ve BCC metotlarının girdi-çıkıtlı yönlü primal- dual çözümleri hesaplanabilmektedir. Her bir karar biriminin detaylı analizi ve süper etkinlik çözümlemesi yapabilmektedir.

Uygulama Windows işletim sistemleri için tasarlanmıştır. Yeni nesil bilgisayarların 32-bit işlemciden 64-bit işlemcilere geçişinden dolayı 64-bit işlemciler için kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Herhangi bir veri tabanına ihtiyaç duymadan çalışabilmekte ve Excel uygulaması ile veri alışverişi yapabilmektedir. Excel verileri kullanacağından dolayı programın kullanılacağı bilgisayarlarda Excel 2003 veya daha güncel versiyonunun yüklü olması gerekmektedir. Açık kaynak kodlu olması ve “.NET” teknolojisi ile yazılması isteyenlerin uygulamayı geliştirmesine olanak sağlamaktadır.

Bu tez çalışmasında tasarlanan yazılımı diğer VZA çözümü yapabilen ücretsiz elde edilebilen diğer paket programlar ile karşılaştırıldığında, en önemli avantajlarından biri Türkçe dilini desteklemesidir. Ayrıca detay analiz

sonuçlarında, referans sınırlarının hesaplanmasına ek olarak potansiyel iyileştirme sonuçlarını yani karar vericilere doğrudan girdi ve çıktı değerlerinde yapılması gereken yüzde değişim değerlerini hesaplamasıdır. Bu hesaplama sadece bu yazılım ile yapılabilmektedir. Etkin olmayan karar birimlerini etkin hale getirmek için yapılması gerekli işlemlere yönelik bilgilerin bulunduğu potansiyel iyileştirme adımı, hedeflenen girdi/çıktı değerlerinin hesaplanmasında kolaylık sağlar. Diğer programlarda ise en fazla bu hesaplamaların yapılmasını sağlayan referans sınırları verilmektedir. Yüzde değişim hesaplaması kullanıcıya bırakılmaktadır. Oysa bu tez çalışmasında ortaya konan yazılımda bu sorun giderilmiştir. Ayrıca bu programa süper etkinlik modeli eklenerek çözüm kümesi genişletilmiştir. Süper etkinlik çözümü sayesinde diğer programlarda karşılaştırılması yapılamayan etkin olan birimlerin karşılaştırılması bu program ile mümkündür. Sadece etkin olmayan karar birimlerinin sıralanmasında kullanılabilen veri zarflama analizi'nin bu eksikliğini giderebilmek için geliştirilen sıralama yöntemi sayesinde etkin birimlerinde sıralanabilmesi sağlanmıştır.

Bu yazılımda son yıllarda endüstri kolları içerisinde yer alan işletmelerde geniş kullanım alanı bulan Veri Zarflama Analizi-VZA ile işletmelerinin performans değerlendirmesi için nasıl bir yöntem izlenebileceği noktasında bir yöntem önermesi yapılmaya çalışılmıştır.

KAYNAKÇA

ABBOTT. M., DOUCOULIAGOS. C.; **“The Efficiency of Australian Universities: a Data Envelopment Analysis”**, Economics of Education Review, 22, 2003.

AHN, T.; **“Efficiency Related Issues in Higher Education: A Data Envelopment Analysis Approach”**, Ph. D. Thesis, The University of Texas, Austin, 1987.

ALTUN, D.; **“Türk Telekomünikasyon A.Ş. İl Telekom Müdürlüklerinin Etkinlik Ölçümü”**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.

ANDERSEN. Petersen PETERSEN. N. C.; **“A Procedure for Ranking Efficient Units In Data Envelopment Analysis”**, Management Science, 39 (10), 1993, 1261-1264.

AYDAGÜN, Alper; **“Veri Zarflama Analizi”**, HUTEN Yıl Sonu Seminer Çalışması, Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul, 2003.

AYDEMİR, Zeynep Canan; **“Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması”**, Uzmanlık Tezi, Yayın No:2664, Ankara, 2002.

BAKIRCI, F.; **“Üretimde Etkinlik ve Verimlilik Ölçümü Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama”**, Atlas Yayınları, Tokat, 2006.

BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER, W. W.; **“Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”**, Management Science, 30 (9), 1984, 1078-1092.

BAYSAL, M. Emin vd.; “Veri Zarflama Analizi ile TCDD Limanlarında Bir Etkinlik Ölçümü Çalışması”, **Gazi Üniv., Müh., Mim., Fak., Dergisi**, Cilt: 19, No: 4, Ankara, 2004.

BEHDİOĞLU, S. ve ÖZCAN, G.; “Veri Zarflama Analizi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama”, **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 14(3), 2009, s.301 – 326.

BEKTAŞ, A.; “Ankara’daki Özel Liselerin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi İle Ölçümü”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.

BOUSSOFIANE, A., DYSON, R. ve RHODES, E.; “Applied Data Envelopment Analysis”, **European Journal of Operational Research**, Vol. 2, No: 6, 1991, 1 – 15.

BOZDAĞ, N., ALTAN, Ş., ATAN, M.; “Toplam Etkinlik Ölçümü: Türkiye’deki Özel ve Kamu Bankaları için Bir Uygulama”, **Ekonometri Seçme Yazıları**, Ankara, 2003.

CHARNES, A., COOPER, W. W., LEWIN, A. Y., LAWRENCE, Seifod; “**Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications**”, Kluwer Academic Publisher, Boston, 1994.

CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E.; “Measuring The Efficiency Of Decision Making Units”, **European Journal of Operational Research**, 2, 1978, 429-444.

CHEN, Yao, ALI, A. J.; “Continuous Optimization Output–Input Ratio Analysis and DEA Frontier” **European Journal of Operational Research**, Volume: 142., 2002.

CİNGİ, S, TARIM, A, “Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü: DEA - Malmquist TFP Endeksi Uygulaması” **Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliğleri Serisi**, Sayı: 1, 2000.

COELLI, Tim, vd.; “**An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**”, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998, 1.

ÇAĞLAR, Atalay; “**Veri Zarflama Analizi ile Belediyelerin Etkinlik Ölçümü**”, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2003.

DEMİR, Gül Ay; “**İstatiksel Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama**”, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas, 2004.

DİKMEN, Cengiz; “Veri Zarflama Analizi İle Üniversitelerin Etkinliğinin Ölçülmesi”, **Kocaeli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Yıl: 3-4, Sayı: 3-6, Haziran-Aralık 2007-2008.

<http://adistatistik.com/blog/veri-zarflama-analizi-VZA-nedir-nasil-yapilir.html>, A-D İstatistik, Erişim Tarihi: 23.07.2013

ERTAY, Tijen, RUAN, Da, (2005) “Decision Aiding Data Envelopment Analysis Based Decision Model for Optimal Operator Allocation in CMS”, **European Journal of Operational Research**, Volume: 164, 2005, s.800-810.

ERTUĞRUL, A., Zaim, O. “**Türk Bankacılığında Etkinlik: Tarihi Gelişim Kantitatif Analiz**”, Bilkamat İşletme ve Finans Yayınları No: 3, Ankara, 1996

FARRELL M. J.; "The Measurement of Productive Efficiency", **Journal of the Royal Statistical Society**, 120, 1957, s.253-290.

GHALAYINI, A. M., NOBLE J. S. and CROWE T. J., "**An Integrated Dynamic Performance Measurement System for Improving Manufacturing Competitiveness**", *International Production and Economies*, 1997, s 48.

GOLANY, B. ve G. YU, "Theory and Methodology Estimating Returns to Scale in DEA", **European Journal of Operational Research**, Volume: 103, 1997, s.28-37.

İNAN, E. A.; "Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon Sürecinde Bankacılıkta Etkinlik", **Bankacılar Dergisi**, 2000, s 34.

KIRAN, Berna; "**Kalkınmada Öncelikli İllerin Ekonomik Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Değerlendirilmesi**", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana, 2008.

KOCAKALAY, S.; "**Veri Zarflama Analizi ve Uygulamasına Yönelik Bir Araştırma**", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 2003.

KOOPMANS, T. C.; "**An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities**", In Koopmans, T. C. Editor, *Activity Analysis Of Production And Allocation*, John Wiley&Sons, New York, 1951.

KÖKSAL, Can Deniz; "**Veri Zarflama Analizi ile Bankacılıkta Görel Verimlilik Ölçümü**", Yayınlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2001.

LOVELL, C. A. K, ROUSE, A. P. B.; “Equivalent Standart DEA Models To Provide Super-Efficiency Scores”, **Journal of the Operational Research Society**, 2003.

MATTHEWS, Kent, ISMAIL, Mahadzir; “Efficiency and Productivity Growth of Domestic and Foreign Commercial Banks in Malaysia”, **Cardiff Economics Working Papers**, Cardiff, U.K, 2006.

NORMAN, M. ve STOKER, B; “**Data Envelopment Analysis**”, John Wiley&Sons, 1991.

ORUÇ, Kenan Oğuzhan; “**Veri Zarflama Analizi ile Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama**”, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2008.

PARADI, Joseph C. , SCHAFFNIT, Claire; “Commercial Branch Performance Evaluation and Results Communication in a Canadian Bank – A DEA Application” **European Journal of Operational Research**, 156, 2004, s.719-735.

ROLL, Y., Golany B., Seroussy, D., “Measuring The Efficiency of Maintenance Units In The Israelli Air Force”, **European Journal of Operational Research**, 1989, s.136-142.

RUGGIERO, John; “Theory and Methodology Measuring Technical Efficiency”, **European Journal of Operational Research**, 121, 2000, s.138-150.

SEIFORD, L.M., ZHU, J.; “Stability Regions for Maintaining Efficiency in Data Envelopment Analysis”, **European Journal of Operational Research**, 1998a, s.127-139.

SEIFORD, L.M., ZHU, J.; “Sensitivity And Stability of the Classifications of Returns to Scale in Data Envelopment Analysis”, **Journal of Productivity Analysis**, 1999a, s.55-75.

SEIFORD, L. M., ZHU, J.; “**Infeasibility of Super - Efficiency Data Envelopment Analysis Models**”, **INFOR**, 37(2), 1999b, 174-186.

SEVİMESER, Nuri Cemhan; “**Yabancı Bankaların Gelişmekte Olan Ülkelerdeki Faaliyetleri ve Etkileri: Türkiye Açısından Bir Değerlendirme**”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana, 2005.

ŞAHİN, İsmet; “Sağlık Kurumlarında Göreceli Verimlilik Ölçümü: Sağlık Bakanlığı Hastanelerinin İllere Göre Karşılaştırmalı Verimlilik Analizi”, **Amme İdaresi Dergisi**, Cilt 32, Sayı 2, Ankara, 1999.

TARIM, A.; “Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Göreceli Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı”, **Sayıştay Yayınları**, No:15, 2001.

TAVARES, Gabriel; “**A Bibliography of Data Envelopment Analysis**”, Rutger Research Report, Rutgers University, 2002.

THRALL, R. M.; “**Duality, Classification and Slacks in DEA**”, **Annals of Operations Research**, 66, 1996 s.109-138.

ULUCAN, Aydın, “İSO 500 Şirketlerinin Etkinliklerinin Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı: Farklı Girdi Çıktı Bileşenleri ve Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımları ile Değerlendirmeler”, **Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 57, Sayı: 2, 2002, s.185-201.

ULUCAN, Aydın; “Şirket Performanslarının Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı: Genel Sektörel Bazda Değerlendirmeler”, **Hacettepe Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Dergisi**, c.18, s.1, 2000.

ÜNSAL, Fahri, RÜZGÂR, Bahaddin, RÜZGÂR, Nursel; “**İşletme ve Ekonomi için Bilgisayar Uygulamalı Sayısal Yöntemler**”, Türkmen Kitapevi, İstanbul, 2000.

YAVUZ, İknur; “**Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü (Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama)**”, MPM Yayınları No: 654, Ankara, 2001.

YEŞİLYURT, Cavit; “**Matematik Programlama Tabanlı Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinden Veri Zarflama Analizi ile Orta Öğretimde Etkinlik Ölçümü**”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas, 2003.

YILMAZ, Cengi, ÖZDİL Tuncay, AKDOĞAN, Güray; “Seçilmiş İşletmelerin Toplam Etkinliklerinin Veri Zarflama Yöntemi ile Ölçülmesi” **Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Kırgızistan - Türkiye Manas Üniversitesi Yayınları: 20, Süreli Yayın Dizisi: 6, Sayı: 4, Kırgızistan, 2002.

YOLALAN, Reha; “**İşletmeler arası Göreli Etkinlik Ölçümü**”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 483, Ankara, 1993.

ZHU, J.; “Robustness of the Efficient DMUs in Data Envelopment Analysis”, **European Journal of Operational Research**, 90, 1996a, s.451-460.

EK-1: VZA Analizi Kodları

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.Threading;
using MathWorks.MATLAB.NET.Arrays;
using MathWorks.MATLAB.NET.Utility;
using com.Fonksiyonlar;
namespace VZA_Analizi_v1._0
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        //GLOBAL DEĞİŞKENLER.
        MWArray[] ndata = null;
        MWArray[] Sonuclar = null;
        MWArray[] Sonuclar2 = null;
        public int[] satirlar = null;
        MatlabFonksiyonlar yontemler = new MatlabFonksiyonlar();
        //FonksiyonlarClass yontemler = new FonksiyonlarClass();
        int ondalik = 2;
        public int modelYonelimTur=111;
        public Boolean superEtkinlik = false;
        List<string> iyilestirme = new List<string>();
        List<int> Plid = new List<int>();
        public Form1()
        {
            Thread t = new Thread(new ThreadStart(BaslangicEkrani));
            t.Start();
            Thread.Sleep(3000);
            InitializeComponent();
            t.Abort();
        }
    }
}

```



```

        ExcelOkuPBox.MouseEnter += new
System.EventHandler(ExcelOkuPBox_MouseEnter);
        ExcelOkuPBox.MouseLeave += new
System.EventHandler(ExcelOkuPBox_MouseLeave);
        ModelsPbox.MouseEnter += new System.EventHandler(ModelsPbox_MouseEnter);
        ModelsPbox.MouseLeave += new System.EventHandler(ModelsPbox_MouseLeave);
        SolvePBox.MouseEnter += new System.EventHandler(SolvePBox_MouseEnter);
        SolvePBox.MouseLeave += new System.EventHandler(SolvePBox_MouseLeave);
        ExcelGrid.ReadOnly = true;
        PIGrid.ReadOnly = true;
        hedefGrid.ReadOnly = true;
        sonucGrid.ReadOnly = true;
        ExcelGrid.RowHeadersWidthSizeMode =
DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllHeaders;
        PIGrid.RowHeadersWidthSizeMode =
DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllHeaders;
        hedefGrid.RowHeadersWidthSizeMode =
DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllHeaders;
        sonucGrid.RowHeadersWidthSizeMode =
DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllHeaders;
        ekranAyarla();
    }
    public void BaslangicEkrani()
    {
        Application.Run(new SplashScreen());
    }
    public void ekranAyarla()
    {
        this.Location = new Point(0, 0);
        AnaTaslak.Location = new Point(0, 0);
        this.WindowState = FormWindowState.Maximized;
        int width = SystemInformation.VirtualScreen.Width;
        int height = SystemInformation.VirtualScreen.Height;
        int uzunluk;
        uzunluk = height * 220 / 768;
        GridTab.Width = width - 20;
        GridTab.Height = height - uzunluk;
        hedefGrid.Width = width - 30;

```

```

        hedefGrid.Height = height - uzunluk - 30;
        sonucGrid.Width = width - 30;
        sonucGrid.Height = height - uzunluk - 30;
        ExcelGrid.Width = width - 30;
        ExcelGrid.Height = height - uzunluk - 30;
        PIGrid.Width = width - 30;
        PIGrid.Height = height - uzunluk - 30;
        this.Height = height;
        this.Width = width;
        AnaTaslak.Width = width;
        AnaTaslak.Height = height;
    }
    private void KapatButon_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        this.Close();
    }
    public void sifirla(int excelSifirla)
    {
        hedefGrid.DataSource = null;
        sonucGrid.DataSource = null;
        PIGrid.DataSource = null;
        if (excelSifirla == 1)
            ExcelGrid.DataSource = null;
    }
    public int KontrolEt(string hata)
    {
        switch (hata)
        {
            case "Excel":
            {
                if (ndata == null)
                {
                    HataEkrani hataekran = new HataEkrani("Excel");
                    hataekran.ShowDialog();
                    hataekran.Dispose();
                    return 1;
                }
            }
            else return 0;
        }
    }

```

[illegible]

```

// //////////////////////////////////////
public void CCR_Primal_Out()
{
    if (KontrolEt("Excel") != 1)
    {
        sifirla(0); // 0:Excel grid sifirlanmasin
        Sonuclar = null;
        if (superEtkinlik == true)
        {
            Sonuclar = yontemler.CCR_Out_Primal_SuperEtkin(3, ndata[3], ndata[4]);
        }
        else
        {
            Sonuclar = yontemler.CCR_Out_Primal(3, ndata[3], ndata[4]);
        }
        Primal_Yazdir();
        this.GridTab.SelectedPage = SonucTab;
    }
}
// //////////////////////////////////////
// BCC PRIMAL IN COZUMLERI
// //////////////////////////////////////
public void BCC_Primal_In()
{
    if (KontrolEt("Excel") != 1)
    {
        sifirla(0); // 0:Excel grid sifirlanmasin
        Sonuclar = null;
        if (superEtkinlik == true)
        {
            Sonuclar = yontemler.BCC_In_Primal_SuperEtkin(3, ndata[3], ndata[4]);
        }
        else
        {
            Sonuclar = yontemler.BCC_In_Primal(3, ndata[3], ndata[4]);
        }
        Primal_Yazdir();
        this.GridTab.SelectedPage = SonucTab;
    }
}

```

```

    }
}
// //////////////////////////////////////
// BCC PRIMAL OUT COZUMLERI
// //////////////////////////////////////
public void BCC_Primal_Out()
{
    if (KontrolEt("Excel") != 1)
    {
        sifirla(0); // 0:Excel grid sifirlanmasin
        Sonuclar = null;
        if (superEtkinlik == true)
        {
            Sonuclar = yontemler.BCC_Out_Primal_SuperEtkin(3, ndata[3], ndata[4]);
        }
        else
        {
            Sonuclar = yontemler.BCC_Out_Primal(3, ndata[3], ndata[4]);
        }
        Primal_Yazdir();
        this.GridTab.SelectedPage = SonucTab;
    }
}
// //////////////////////////////////////
// CCR-BCC Primal Cozum Sonucu DataGridView Aktarma/////
/// KB ve A0 yazilacak          ///
// //////////////////////////////////////
public void Primal_Yazdir()
{
    ///
    MWNumericArray sonuc = (MWNumericArray)Sonuclar[0];
    MWNumericArray score = (MWNumericArray)Sonuclar[1];
    MWNumericArray Amatrıs = (MWNumericArray)Sonuclar[2];
    DataTable denemeTablo = new DataTable();
    DataRow row;
    int sayac = 0;
    // Sutunlar olusturuldu.
    for (int i = 0; i < sonuc.Dimensions[1]; i++)

```

```

{
    if (i == 0)
    {
        denemeTablo.Columns.Add("Etkinlik Değeri-TETA (%)", typeof(string));
        //MessageBox.Show("sifir");
    }
    else
    {
        if (i <= ndata[3].Dimensions[1])
        {
            denemeTablo.Columns.Add("S-" + (i).ToString(), typeof(string));
            //MessageBox.Show("--"+i.ToString());
        }
        else
            if (i <= ((int)ndata[3].Dimensions[1] + (int)ndata[4].Dimensions[1]))
            {
                denemeTablo.Columns.Add("S+" + (i -
(int)ndata[3].Dimensions[1]).ToString(), typeof(string));
                // MessageBox.Show("+" + i.ToString());
            }
            else
            {
                sayac++;
                denemeTablo.Columns.Add("Lambda" + sayac.ToString(), typeof(string));
            }
        }
    }
}

sonucGrid.DataSource = denemeTablo.DefaultView;
for (int i = 1; i <= sonuc.Dimensions[0]; i++)
{
    row = denemeTablo.NewRow();
    for (int j = 1; j <= sonuc.Dimensions[1]; j++)
    {
        if(j==1)
            row[j - 1] = Math.Round((double)score[i, 1],ondalik).ToString();
        else
            row[j - 1] = Math.Round((double)sonuc[i, j],ondalik).ToString();
    }
}

```

```

        denemeTablo.Rows.Add(row);
    }
    // -----Satirlar olusturuldu.
    sonucGrid.DataSource = denemeTablo.DefaultView;
    // -----Satir Adlari olusturuldu.
    MWCellArray satirAdlari = (MWCellArray)ndata[2];
    for (int i = 0; i < satirAdlari.Dimensions[0]; i++)
    {
        sonucGrid.Rows[i].HeaderCell.Value = satirAdlari[i + 1, 1].ToString();
    }
    //Potansiyel iyilestirme %lik sonuclarin goruntulendigi bolum
    Primal_Iyilestirme(Amatris);
}

////////////////////////////////////
// CCR-BCC Primal Cozum Sonucu DataGridView Aktarma/////
/// Hedef Değerler ve Potansiyel İyileştirme      ///
/// KB ve A0 yazilacak                          ///
/// //////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

public void Primal_Iyilestirme(MWNumericArray Amatris)
{
    MWNumericArray sonuc = (MWNumericArray)ndata[0];
    MWCellArray sutunAdlari = (MWCellArray)ndata[1];
    MWCellArray satirAdlari = (MWCellArray)ndata[2];
    iyilestirme.Clear();
    Plid.Clear();
    MWNumericArray fval = (MWNumericArray)Sonuclar[1];
    double[,] PI = new double[sonuc.Dimensions[0], sonuc.Dimensions[1]];
    double[,] hedefdegerler = new double[sonuc.Dimensions[0], sonuc.Dimensions[1]];
    double hedef = 0;
    double a, b;
    //this.GridTab.SelectedPage = HedefTab;
    string sayac = "";
    for (int i = 1; i <= sonuc.Dimensions[0]; i++)
    {
        for (int j = 1; j <= sonuc.Dimensions[1]; j++)
        {
            sayac = "";

```

```

for (int t = 1; t <= sonuc.Dimensions[0]; t++)
{
    a = Math.Round((double)sonuc[t, j], ondalik);
    b = Math.Round((double)Amatris[i, t], ondalik);
    if (b > 0)
    {
        sayac += t.ToString() + "(" + b.ToString() + ") ";
        hedef = hedef + (a * b);
    }
}
hedefdegerler[i - 1, j - 1] = hedef;
PI[i - 1, j - 1] = Math.Round(((hedef*100 / (double)sonuc[i, j]) - 100), ondalik);
hedef = 0;
}

```

```

a = (double)fval[i, 1];
if (superEtkinlik == true)
{
    if ((modelYonelimTur % 10) == 1)//Input
    {
        if ((double)fval[i, 1] >= 100)
        {
            iyilestirme.Add("");
            Plid.Add(i - 1);
        }
        else
            iyilestirme.Add(sayac);
    }
    else //Output
    {
        if ((double)fval[i, 1] <= 100)
        {
            iyilestirme.Add("");
            Plid.Add(i - 1);
        }
        else
            iyilestirme.Add(sayac);
    }
}

```



```

    }
}
else
{
    if (Math.Round((double)fval[i, 1], ondalik) == 100)
    {
        iyilestirme.Add("");
        Plid.Add(i-1);
    }
    else
        iyilestirme.Add(sayac);
}
}
////////////////////
// HEDEF DATAGRIDVIEW OLUSTURULUYOR/////
////////////////////
// Sutunlar olusturuldu.
DataTable denemeTablo = new DataTable();
DataRow row;
for (int i = 1; i <= sutunAdlari.Dimensions[1]; i++)
{
    denemeTablo.Columns.Add(sutunAdlari[1, i].ToString() + i.ToString(),
typeof(string));
}
// -----Sutunlar olusturuldu.
for (int i = 0; i < hedefdegerler.GetLength(0); i++)
{
    row = denemeTablo.NewRow();
    for (int j = 0; j < hedefdegerler.GetLength(1); j++)
    {
        row[j] = Math.Round(hedefdegerler[i, j], ondalik).ToString();
    }
    denemeTablo.Rows.Add(row);
}
hedefGrid.DataSource = denemeTablo.DefaultView;
for (int i = 0; i < satirAdlari.Dimensions[0]; i++)
{
    hedefGrid.Rows[i].HeaderCell.Value = satirAdlari[i + 1, 1].ToString();
}

```

```

    }
    this.GridTab.SelectedPage = IyilestirmeTab;
    ///////////////////////////////////
    // IYILESTIRME DATAGRIDVIEW OLUSTURULUYOR/
    ///////////////////////////////////
    string[] referans = iyilestirme.ToArray();
    denemeTablo = new DataTable();
    // Sutunlar olusturuldu.
    denemeTablo.Columns.Add("Referans");
    for (int i = 1; i <= sutunAdlari.Dimensions[1]; i++)
    {
        denemeTablo.Columns.Add(sutunAdlari[1, i].ToString() + i.ToString() + "(%)",
typeof(string));
    }
    // -----Sutunlar olusturuldu.
    for (int i = 0; i < PI.GetLength(0); i++)
    {
        row = denemeTablo.NewRow();
        row[0] = referans[i];
        for (int j = 0; j < PI.GetLength(1); j++)
        {
            row[j + 1] = PI[i, j].ToString();
        }
        denemeTablo.Rows.Add(row);
    }
    PIGrid.DataSource = denemeTablo.DefaultView;

    for (int i = 0; i < satirAdlari.Dimensions[0]; i++)
    {
        PIGrid.Rows[i].HeaderCell.Value = satirAdlari[i + 1, 1].ToString();
    }

    SonucAnalizi();
}
// ///////////////////////////////////
// Sariya Boyanıyor Etkin olan satırlar bulunuyor
// ///////////////////////////////////

```

```

public void SonucAnalizi()
{
    MWNumericArray fval = (MWNumericArray)Sonuclar[1];
    Array score2 = fval.ToArray();
    satirlar = Plid.ToArray();

    int sayac = 0;
    int sayac2 = 0;
    if (satirlar.Length > 0)
    {
        foreach (DataGridViewRow row in sonucGrid.Rows)
        {
            if (sayac <= satirlar[satirlar.Length - 1])
            {
                if (satirlar[sayac2] == sayac)
                {
                    row.DefaultCellStyle.BackColor = System.Drawing.Color.Yellow;
                    sayac2++;
                }
            }
            sayac++;
        }

        sayac = 0;
        sayac2 = 0;
        foreach (DataGridViewRow row in PIGrid.Rows)
        {
            if (sayac <= satirlar[satirlar.Length - 1])
            {
                if (satirlar[sayac2] == sayac)
                {
                    row.DefaultCellStyle.BackColor = System.Drawing.Color.Yellow;
                    sayac2++;
                }
            }
            sayac++;
        }
    }
}

```

```

        sayac = 0;
        sayac2 = 0;
        foreach (DataGridViewRow row in hedefGrid.Rows)
        {
            if (sayac <= satirlar[satirlar.Length - 1])
            {
                if (satirlar[sayac2] == sayac)
                {
                    row.DefaultCellStyle.BackColor = System.Drawing.Color.Yellow;
                    sayac2++;
                }
            }
            sayac++;
        }
    }
}

// ////////////////////////////////////////
// CCR DUAL IN COZUMLERI
// ////////////////////////////////////////
public void CCR_Dual_In()
{
    if (KontrolEt("Excel") != 1)
    {
        sifirla(0); // 0:Excel grid sifirlanmasin
        Sonuclar = null;
        if (superEtkinlik == true)
        {
            Sonuclar2 = yontemler.CCR_In_Dual_SuperEtkin(2, ndata[3], ndata[4]);
            Sonuclar = yontemler.CCR_In_Primal_SuperEtkin(3, ndata[3], ndata[4]);
        }
        else
        {
            Sonuclar2 = yontemler.CCR_In_Dual(2, ndata[3], ndata[4]);
            Sonuclar = yontemler.CCR_In_Primal(3, ndata[3], ndata[4]);
        }
        Dual_Yazdir();
        this.GridTab.SelectedPage = SonucTab;
    }
}

```

```

}
// ////////////////////////////////////////
// CCR DUAL OUT COZUMLERI
// ////////////////////////////////////////
public void CCR_Dual_Out()
{
    if (KontrolEt("Excel") != 1)
    {
        sifirla(0); // 0:Excel grid sifirlanmasin
        Sonuclar = null;
        if (superEtkinlik == true)
        {
            Sonuclar2 = yontemler.CCR_Out_Dual_SuperEtkin(2, ndata[3], ndata[4]);
            Sonuclar = yontemler.CCR_Out_Primal_SuperEtkin(3, ndata[3], ndata[4]);
        }
        else
        {
            Sonuclar2 = yontemler.CCR_Out_Dual(2, ndata[3], ndata[4]);
            Sonuclar = yontemler.CCR_Out_Primal(3, ndata[3], ndata[4]);
        }
        Dual_Yazdir();
        this.GridTab.SelectedPage = SonucTab;
    }
}
// ////////////////////////////////////////
// BCC DUAL IN COZUMLERI
// ////////////////////////////////////////
public void BCC_Dual_In()
{
    if (KontrolEt("Excel") != 1)
    {
        sifirla(0); // 0:Excel grid sifirlanmasin
        Sonuclar = null;
        if (superEtkinlik == true)
        {
            Sonuclar2 = yontemler.BCC_In_Dual_SuperEtkin(2, ndata[3], ndata[4]);
            Sonuclar = yontemler.BCC_In_Primal_SuperEtkin(3, ndata[3], ndata[4]);
        }
    }
}

```



```

MWNumericArray W = (MWNumericArray)Sonuclar2[0];
MWNumericArray fval = (MWNumericArray)Sonuclar2[1];
MWNumericArray Amatris = (MWNumericArray)Sonuclar[2];

```

```

Array sayi = W.ToArray();
Array score2 = fval.ToArray();
DataTable denemeTablo = new DataTable();
DataRow row;
int sayac = 0;
// Sutunlar olusturuldu.
for (int i = 0; i <= sayi.GetLength(1); i++)
{
    if (i == 0)
    {
        denemeTablo.Columns.Add("Etkinlik Değeri (%)", typeof(string));
    }
    else
    {
        if (i <= (int)ndata[3].Dimensions[1]) //Girdinin sutunu kadar
        {
            denemeTablo.Columns.Add("v" + (i).ToString(), typeof(string));
        }
        else
        {
            sayac++;
            denemeTablo.Columns.Add("Nü" + sayac.ToString(), typeof(string));
        }
    }
}

```

```

for (int i = 0; i < sayi.GetLength(0); i++)
{
    row = denemeTablo.NewRow();
    row[0] = Math.Round((double)score2.GetValue(i, 0), ondalik).ToString(); //score ilk
sutuna ekleniyor

```

```

for (int j = 1; j <= sayi.GetLength(1); j++)

```

```

        {
            row[j] = Math.Round((double)sayi.GetValue(i, j - 1), ondalik).ToString();
        }
        denemeTablo.Rows.Add(row);
    }
    // -----Satirlar olusturuldu.
    sonucGrid.DataSource = denemeTablo.DefaultView;
    // -----Satir Adlari olusturuldu.
    MWCellArray satirAdlari = (MWCellArray)ndata[2];
    for (int i = 0; i < satirAdlari.Dimensions[0]; i++)
    {
        sonucGrid.Rows[i].HeaderCell.Value = satirAdlari[i + 1, 1].ToString();
    }

    //Potansiyel iyilestirme %lik sonuclarin goruntulendigi bolum
    Primal_Iyilestirme(Amatris);

}
////////////////////////////////////
// Excel Oku                      /////
/// //////////////////////////////////
public void excelOku()
{
    this.GridTab.SelectedPage = ExcelVeriTab;
    // DOSYA SECIP OKUMA
    OpenFileDialog browsedFile = new OpenFileDialog();
    browsedFile.Filter = "Excel Files (*.xml;*.xls;*.xlsx;*.xlsm;*.xlsb)" +
        "(*.xml;*.xls;*.xlsx;*.xlsm;*.xlsb)|All files (*.*)*.*";

    if (browsedFile.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {
        //ExcelPath.Text = browsedFile.FileName;
        string Exceluzanti = browsedFile.FileName;
        ndata = yontemler.Excel_v2_Oku(5, Exceluzanti);
        // [ndata, sutunAdlari, satirAdlari,in,out,Basliklar]=Excel_v2_Oku(PathName)
        // -----DOSYA SECIP OKUMA
        MWNumericArray sonuc = (MWNumericArray)ndata[0];
        MWCellArray sutunAdlari = (MWCellArray)ndata[1];
    }
}

```



```

MWCellArray satirAdlari = (MWCellArray)ndata[2];

Array sayi = sonuc.ToArray();

DataTable denemeTablo = new DataTable();
DataRow row;
bilgilendirme.Text = "Satır : " + sayi.GetLength(0).ToString() + " Sütun : "
+sayi.GetLength(1).ToString();
// Sutunlar olusturuldu.
for (int i = 1; i <= sutunAdlari.Dimensions[1]; i++)
{
    denemeTablo.Columns.Add(sutunAdlari[1, i].ToString() + i.ToString(),
typeof(string));
}
// -----Sutunlar olusturuldu.
// Satirlar bulunup yaziliyor.
for (int i = 0; i < sayi.GetLength(0); i++)
{
    row = denemeTablo.NewRow();
    for (int j = 0; j < sayi.GetLength(1); j++)
    {
        row[j] = sayi.GetValue(i, j).ToString();
    }
    denemeTablo.Rows.Add(row);
}
// -----Satirlar olusturuldu.
ExcelGrid.DataSource = denemeTablo.DefaultView;

for (int i = 0; i < satirAdlari.Dimensions[0]; i++)
{
    ExcelGrid.Rows[i].HeaderCell.Value = satirAdlari[i + 1, 1].ToString();
}

}

}

private void excelOkuToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)

```

```

{

    if (MessageBox.Show("Excel Dosyası yüklenirken lütfen bekleyiniz. Dosyanın
yüklenmesi zaman alabilir.", "UYARI", MessageBoxButtons.OK,
System.Windows.Forms.MessageBoxIcon.Information) == DialogResult.OK)
    {
        excelOku();
    }
}

private void excelDosyaBiçimiToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    HataEkrani hataekran = new HataEkrani("Excel");
    hataekran.ShowDialog();
    hataekran.Dispose();
}

private void ExcelOkuPBox_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //if (MessageBox.Show("Excel Dosyası yüklenirken lütfen bekleyiniz. Dosyanın
yüklenmesi zaman alabilir.", "UYARI", MessageBoxButtons.OK,
System.Windows.Forms.MessageBoxIcon.Information) == DialogResult.OK)
    {
        excelOku();
    }
}

private void ModelsPbox_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Modeller ekran = new Modeller();
    ekran.ShowDialog();
    if (ekran.sayfaKapatildi == false)
    {
        this.modelYonelimTur = ekran.modelYonelimTur;
        this.ondalik = ekran.ondalik;
        this.superEtkinlik = ekran.superEtkinlik;
    }
    else

```

```

    {
        this.modelYonelimTur = -1;
        this.superEtkinlik = false;
    }
    ekran.Dispose();
}

private void SolvePBox_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (KontrolEt("Excel") == 0 & KontrolEt("ModelTurYontem") == 0)
    {
        switch (modelYonelimTur)
        {
            case 111:
            {
                CCR_Primal_In();
                break;
            }
            case 110:
            {
                CCR_Primal_Out();
                break;
            }
            case 101:
            {
                CCR_Dual_In();
                break;
            }
            case 100:
            {
                CCR_Dual_Out();
                break;
            }
            case 011:
            {
                BCC_Primal_In();
                break;
            }
        }
    }
}

```

```

        case 010:
        {
            BCC_Primal_Out();
            break;
        }
        case 001:
        {
            BCC_Dual_In();
            break;
        }
        case 000:
        {
            BCC_Dual_Out();
            break;
        }
        default:
            break;
    }

}

}

// Resimlerin uzerine gelindiginde degismesini saglayan fonksiyonlar
private void ExcelOkuPBox_MouseEnter(object sender, EventArgs e)
{
    ExcelOkuPBox.Image = Properties.Resources.Office_Excel_icon2;
    bilgilendirme.Text = "Excel Dosyasını Seç.";
}

private void ExcelOkuPBox_MouseLeave(object sender, EventArgs e)
{
    ExcelOkuPBox.Image = Properties.Resources.Office_Excel_icon;
    bilgilendirme.Text = "";
}

private void ModelsPbox_MouseEnter(object sender, EventArgs e)
{
    ModelsPbox.Image = Properties.Resources.Solve2;
    bilgilendirme.Text = "Çözüm Modelini Seç.";
}

private void ModelsPbox_MouseLeave(object sender, EventArgs e)

```

```

{
    ModelsPbox.Image = Properties.Resources.Solve;
    bilgilendirme.Text = "";
}
private void SolvePBox_MouseEnter(object sender, EventArgs e)
{
    SolvePBox.Image = Properties.Resources.kuba_icon_ok2;
    bilgilendirme.Text = "Modeli Çöz ve Çözümü Görüntüle.";
}
private void SolvePBox_MouseLeave(object sender, EventArgs e)
{
    SolvePBox.Image = Properties.Resources.kuba_icon_ok;
    bilgilendirme.Text = "";
}
private void programıKapatToolStripMenuitem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Close();
}
////////////////////
/// Excel EXPORT
/// Tum degerleri Excel'e Kaydedecek
////////////////////
private void exceleAktarToolStripMenuitem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (ExcelGrid.Rows.Count > 0 && ExcelGrid.Rows[0].Cells.Count > 0)
    {
        string DesktopPath =
Environment.GetFolderPath(Environment.SpecialFolder.Desktop).ToString() +
"\\VzaCozum.xls";
        if (System.IO.File.Exists(DesktopPath))
        {
            //if (File.Exists(path)) File.Move(path, path + ".old");

            System.IO.File.Delete(DesktopPath);
        }
        MWCellArray satirAdlari = (MWCellArray)ndata[2];
        List<string> baslik = new List<string>();
        MWCellArray excelData = null;
    }
}

```

```

MWCellArray PIData = null;
MWCellArray hedefData = null;
MWCellArray sonucData = null;
excelData = new MWCellArray(ExcelGrid.Rows.Count,
ExcelGrid.Rows[0].Cells.Count + 1);
for (int satir = 1; satir < ExcelGrid.Rows.Count; satir++)
{
    excelData[satir + 1, 1] = satirAdlari[satir, 1];
}

for (int satir = -1; satir < ExcelGrid.Rows.Count - 1; satir++)
{
    for (int sutun = 0; sutun < ExcelGrid.Rows[0].Cells.Count; sutun++)
    {
        if (satir == -1)
        {
            excelData[1, sutun + 2] = ExcelGrid.Columns[sutun].HeaderText;
        }
        else
        {
            excelData[satir + 2, sutun + 2] =
ExcelGrid.Rows[satir].Cells[sutun].Value.ToString();
        }
    }
}

if (sonucGrid.Rows.Count > 0 && sonucGrid.Rows[0].Cells.Count > 0)
{
    sonucData = new MWCellArray(sonucGrid.Rows.Count,
sonucGrid.Rows[0].Cells.Count + 1);
    for (int satir = 1; satir < sonucGrid.Rows.Count; satir++)
    {
        sonucData[satir + 1, 1] = satirAdlari[satir, 1];
    }

    for (int satir = -1; satir < sonucGrid.Rows.Count - 1; satir++)
    {
        for (int sutun = 0; sutun < sonucGrid.Rows[0].Cells.Count; sutun++)
        {

```

```

        if (satir == -1)
        {
            sonucData[1, sutun + 2] = sonucGrid.Columns[sutun].HeaderText;
        }
        else
        {
            sonucData[satir + 2, sutun + 2] =
sonucGrid.Rows[satir].Cells[sutun].Value.ToString();
        }
    }
}
}
if (hedefGrid.Rows.Count > 0 && hedefGrid.Rows[0].Cells.Count > 0)
{
    hedefData = new MWCellArray(hedefGrid.Rows.Count,
hedefGrid.Rows[0].Cells.Count + 1);
    for (int satir = 1; satir < hedefGrid.Rows.Count; satir++)
    {
        hedefData[satir + 1, 1] = satirAdlari[satir, 1];
    }

    for (int satir = -1; satir < hedefGrid.Rows.Count - 1; satir++)
    {
        for (int sutun = 0; sutun < hedefGrid.Rows[0].Cells.Count; sutun++)
        {
            if (satir == -1)
            {
                hedefData[1, sutun + 2] = hedefGrid.Columns[sutun].HeaderText;
            }
            else
            {
                hedefData[satir + 2, sutun + 2] =
hedefGrid.Rows[satir].Cells[sutun].Value.ToString();
            }
        }
    }
}
}

```

```

if (PIGrid.Rows.Count > 0 && PIGrid.Rows[0].Cells.Count > 0)
{
    PIData = new MWCellArray(PIGrid.Rows.Count, PIGrid.Rows[0].Cells.Count +
1);

    for (int satir = 1; satir < PIGrid.Rows.Count; satir++)
    {
        PIData[satir + 1, 1] = satirAdlari[satir, 1];
    }
    for (int satir = -1; satir < PIGrid.Rows.Count - 1; satir++)
    {
        for (int sutun = 0; sutun < PIGrid.Rows[0].Cells.Count; sutun++)
        {
            if (satir == -1)
            {
                PIData[1, sutun + 2] = PIGrid.Columns[sutun].HeaderText;
            }
            else
            {
                PIData[satir + 2, sutun + 2] =
PIGrid.Rows[satir].Cells[sutun].Value.ToString();
            }
        }
    }
    MWArray[] sonuc = yontemler.ExcelExport(1, DesktopPath, excelData, sonucData,
PIData);

    MWLogicalArray dosyaYazildimi = (MWLogicalArray)sonuc[0];
    if ((Boolean)dosyaYazildimi[1] || (Boolean)dosyaYazildimi[2] ||
(Boolean)dosyaYazildimi[3] || (Boolean)dosyaYazildimi[4])
    {
        if (MessageBox.Show("Excel Dosyasi olusturuldu. Dosya uzantisi : " +
DesktopPath, "EXCEL DOSYASI TAMAMLANDI", MessageBoxButtons.OK,
System.Windows.Forms.MessageBoxIcon.Information) == DialogResult.OK)
        { }
    }
    else
        MessageBox.Show("Excel Dosyasi olusturulamadi.", "HATA");
} // Excel Veri kontrol "if"

```



```

        else
        {
            KontrolEt("Excel");
        }
    }
    private void simgeDurumunaKucult_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        this.WindowState = FormWindowState.Minimized;
        this.ShowInTaskbar = true;
    }
    private void programıKapatToolStripMenuItem_Click_1(object sender, EventArgs e)
    {
        this.Close();
    }
    //////////////////////////////////////
    // MENUSTRIP'DEN SECILEN MODELLER//
    //////////////////////////////////////
    private void cCRPrimalInToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        CCR_Primal_In();
    }
    private void cCRPrimalOutToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        CCR_Primal_Out();
    }
    private void cCRDualInToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        CCR_Dual_In();
    }
    private void cCRDualOutToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        CCR_Dual_Out();
    }
    private void bCCPrimalInToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        BCC_Primal_In();
    }
    private void bCCPrimalOutToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)

```

```

{
    BCC_Primal_Out();
}
private void bCCDualInToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    BCC_Dual_In();
}
private void bCCDualOutToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    BCC_Dual_Out();
}
private void kopyalaToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Copy to clipboard
    DataObject dataObj = ExcelGrid.GetClipboardContent();
    if (dataObj != null)
        Clipboard.SetDataObject(dataObj);
}
private void kopyalaToolStripMenuItem2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Copy to clipboard
    DataObject dataObj = PIGrid.GetClipboardContent();
    if (dataObj != null)
        Clipboard.SetDataObject(dataObj);
}
private void kopyalaToolStripMenuItem1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Copy to clipboard
    DataObject dataObj = sonucGrid.GetClipboardContent();
    if (dataObj != null)
        Clipboard.SetDataObject(dataObj);
}
}
}

```