

T.C
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
SAYISAL YÖNTEMLER BİLİM DALI

146 752

DOKTORA TEZİ

KARAR VERMEDE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ ve
VZA YARDIMIYLA ÜNİVERSİTE ETKİNLİKLERİNİN
ÖLÇÜLMESİ

F.Cengiz DİKMEN

9625020106

146 752

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Öner ESEN

İSTANBUL – 2004

T.C
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüz **SAYISAL YÖNTEMLER** Bilim Dalında **2502960106** numaralı **F.CENGİZ DİKMEN**'in hazırladığı “**KARAR VERMEDE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE VZA YARDIMIYLA ÜNİVERSİTE ETKİNLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ**” konulu **YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZİ** ile ilgili **TEZ SAVUNMA SINAVI**, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 28.Maddesi uyarınca **24/06/2004 PERŞEMBE** günü saat:**15.30**'da yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin**Kabulü**....'ne* **OYBİRLİĞİ** /**OYÇOKLUĞU**LA karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ(*)	İMZA
PROF.DR.ÖNER ESEN	Kabulü	
PROF.DR.İBRAHİM DOĞAN	Kabulü	
PROF.DR.BESİM AKIN	Kabulü	
DOÇ.DR.ERHAN ÖZDEMİR	Kabulü	
YRD.DOÇ.DR.MEHPARE TİMOR	Kabulü	

ÖZ

Bu çalışmada aynı girdiyi kullanarak aynı çıktıyı üreten homojen karar birimlerinin etkinliğinin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan ; etkinsiz olunması durumunda etkinsizlik kaynaklarını ve bu birimler için rol modeli olabilecek karar birimlerini belirleyen doğrusal programlama tabanlı çok amaçlı karar verme yöntemlerinden Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi kullanılarak kamu alanında hizmet veren üniversitelerin göreceli etkinlik ölçüleri belirlenerek üniversitelerin bu ölçülere göre sıralanması, kaynak kullanımındaki aylaklığı belirleyerek yönetim kadrolarına kısa ve uzun vadede verimliliğe nasıl ulaşabilecekleri konusunda yardımcı olarak, bu yöntemin diğer kamu ve özel sektör işletmelerinde etkinlik ölçümünde yaygınlaşmasına katkıda bulunmak amaçlanmaktadır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çok amaçlı karar vermeye ilişkin temel kavramlar ile çok amaçlı karar verme yöntemlerinin bir bölümü kısaca tanıtılmaya çalışılmaktadır. İkinci bölümde etkinlik ölçümünde kullanılan Veri Zarflama Yöntemi ile bu yöntemin temel kavramları ve modelleri açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde Türk üniversitelerinin belli bir eğitim-öğretim yılındaki verileri temel alınarak etkinlikleri ölçülmüş ve bu ölçülere dayanarak üniversitelerin etkinlik sıralaması ve hangi kaynakların ne miktarda verimsiz kullanıldığına ilişkin sonuçlar ortaya konmuş ve yorumlanmaya çalışılmıştır.

ABSTRACT

This study aims to assist the administrative bodies in achieving short and long-term productivity, by determining the idleness in utilizing the sources; by using the ranking of the universities in accordance with the criteria established here; by specifying the comparative activity criteria for the universities providing services for the public; by using Data Envelopment Analysis (DEA), which is a method of multi-objective decision-making based on linear programming that establishes decision-making units (DMU) that may serve as role models for certain other units and that establishes the sources of inefficiency in cases of inefficiency, which is widely used in measuring the efficiency of homogeneous decision units producing the same outputs by using the same inputs. It is aimed to contribute to the proliferation of this method in efficiency measurement in other public and private sector enterprises through the utilization of this method.

The study consists of three parts. In the first part, basic concepts around multi-objective decision making processes and some of the multi-objective decision making methods are introduced. The second part, presents the Data Envelopment Analysis used in efficiency measurement and the basic concepts and models of this method. In the third part, efficiencies of Turkish universities in any given academic year are measured depending on the data available, and the results regarding the identification and extend of the inefficient use of sources and universities ranking of efficiency based on these criteria are revealed and interpreted.

ÖNSÖZ

Dünyada kaynaklar sınırlıdır. Dolayısıyla günümüz küresel rekabetçi ortamında gerek kamu gerekse özel alanında faaliyet göstererek varlıklarını sürdüren işletmeler çıktılarını olası en az kaynakla üretmek sorunu ile karşı karşıyadırlar. Başka bir ifadeyle işletmeler ellerinde bulundurdıkları kaynakları mevcut teknoloji çerçevesinde etkin bir şekilde kullanmak zorundadırlar. En uygun kaynak kullanım sorunu gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülke işletmeleri için önemlidir. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ve bugünlerde ekonomik kriz sürecinin yaşandığı ülkemiz sınırlı kaynakları düşünüldüğünde kaynakların etkin kullanımı sorunu daha önemli bir boyut kazanmaktadır.

Çağdaş yöneticiler, etkinliklerini doğru olarak ölçebildikleri oranda kendi faaliyetlerini denetleyebilirler ve böylelikle geleceğe dönük planlama faaliyetlerini yürütebilirler. Etkinlik ölçüsü, işletme faaliyetlerinin başarısının bir göstergesidir. Etkin olmaktan amaç mevcut teknoloji çerçevesinde çıktılarını olası en az kaynakla üretebilme yeterliliğidir. Ancak etkin olabilen işletmeler rekabetçi bir ortamda varlıklarını sürdürebilme olanağı bulabilirler.

Tezimde ortaya koymaya çalıştığım gibi çok girdili ve çok çıktılı durumda özel ve kamu sektöründe faaliyette bulunan işletmelerin etkinlik ölçümünde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de Veri Zarflama Yöntemidir. Yöntemin en önemli özelliği homojen karar birimlerinin etkinliklerinin ölçülmesi yanında, etkinsizliğe yol açan atıl girdi kaynaklarının ve miktarlarının belirlenmesi, ilgili karar birimi için bu etkinlik ölçüsünü belirleyen faktör ağırlıklarının saptanması ve birimlerin etkinlik ölçülerine göre sıralanmasına olanak tanımasıdır.

Tez çalışmasının her aşamasında bilgi ve düşüncelerinden yararlandığım değerli danışman hocam Sayın Prof.Dr. Öner ESEN'e teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Ayrıca tez hazırlama sürecinde her türlü özveriye katlanan ve özel desteklerini esirgemeyen eşim ve çocuklarıma sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖZ.....	III
ÖNSÖZ.....	IV
İÇİNDEKİLER LİSTESİ.....	V-VI
TABLolar.....	VII-VIII
ŞEKİLLER TABLOSU.....	IX
GİRİŞ.....	1
1. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME YÖNTEMLERİ.....	3
1.1. KARAR VERME	3
1.2. TEK VE ÇOK AMAÇLI KARAR VERME	5
1.3. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME SÜRECİ	9
1.3.1. Çok Ölçütlü Karar Vermede Temel Kavram Ve Tanımlar	11
1.4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR PROBLEMLERİ.....	15
1.4.1. Çok Amaçlı Programlama Problemleri	16
1.4.1.1. Çok Amaçlı Programlama Problemlerinin Sınıflandırılması	18
1.4.2. Çok Nitelikli Problemler	25
1.4.2.1. Çok Nitelikli Karar Problemlerinin Sınıflandırılması	30
1.4.3. VZA ve Çok Ölçütlü Karar Verme İlişkisi	43
2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE TEMEL MODELLERİ.....	45
2.1. GİRİŞ	45
2.2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE UYGULAMA ALANLARI.....	49
2.2.1. Dünya Yazınında VZA İle İlgili Çalışmalar	52
2.2.2. Türk Yazınında VZA ile ilgili Çalışmalar	55
2.3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİN UYGULAMA AŞAMALARI	58
2.4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNDE TEMEL KAVRAM VE VARSAYIMLAR	62
2.4.1. Üretim Olanakları Kümesi ve Varsayımları	62
2.4.2. Üretim Sınırı (Production Frontier)	68
2.4.3. Etkinlik ve Verimlilik	74
2.4.3.1. Teknik Etkinlik	77
2.4.3.2. Tahsis Etkinliği	79
2.4.3.3. Ölçek Etkinliği	80
2.4.4. Ölçeğe Göre Getiri	84
2.4.5. En Verimli Ölçek Büyüklüğü	89
2.5. VERİ ZARFLAMA ANALİZİYLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ.....	89
2.5.1. VZA Modellerinin Sınıflandırılması ve Model Seçimi	92
2.5.2. Girdiye Yönelik Modeller	96

2.5.2.1. Girdiye Yönelik Zarflama ve Ağırlıklı CCR Modelleri.....	96
2.5.2.2. Girdiye Yönelik Zarflama ve Ağırlıklı BCC Modelleri.....	109
2.5.3. Çıktıya Yönelik Modeller	114
2.5.3.1. Çıktıya Yönelik Zarflama ve Ağırlıklı CCR Modelleri	114
2.5.3.2. Çıktıya Yönelik Zarflama ve Ağırlıklı BCC Modelleri	119
2.5.4. Toplayıcı Model (Additive Model).....	121
2.5.5. Temel VZA Modellerinin Eklentileri.....	126
2.5.5.1. Denetim Dışı Değişkenlerin Modele Dahil Edilmesi Durumunda VZA Modeli	127
2.5.5.2. Kategorik Değişkenlerin Olması Durumunda VZA Modelleri....	129
2.5.5.3. Verimlik Değişiminin Ölçülmesi (İşinsal Malmquist Endeksi)...	131
2.5.5.4. Fiyat yada Tahsis Etkinliklerinin Ölçülmesi ile ilgili Modeller ..	138
2.5.5.4.1. Maliyet Enazlama Etkinlik Modeli	138
2.5.5.4.2. Gelir Ençoklama Etkinlik Modeli	140
2.5.6. VZA Uygulamalarının Güçlü ve Zayıf Yönleri	142
2.5.6.1. VZA Yönteminin Güçlü Yönleri	142
2.5.6.2. VZA Yönteminin Zayıf Yönleri ve Uygulamada Karşılaşılan Güçlükler.....	145
3. ÜNİVERSİTE ETKİNLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ	149
3.1. GİRİŞ	149
3.2. ÜNİVERSİTE ETKİNLİKLERİNİN VZA YARDIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN ÇALIŞMALAR	149
3.3. UYGULAMANIN KAPSAMI VE AMACI.....	153
3.4. YÖNTEM.....	155
3.4.1. Uygulamanın evreni.....	155
3.4.2. Veri Kaynakları	155
3.4.3. Üniversite Etkinliklerinin Değerlendirilmesinde Model Seçimi.....	158
3.4.4. Model Çözümleri	160
3.4.4.1. Üniversitelerin Genel Performansı.....	160
3.4.4.2. Üniversitelerin Eğitim Performansı	166
3.4.4.3. Üniversitelerin Araştırma Performansı	169
3.5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	176
KAYNAKÇA.....	179
EKLER.....	190
EK1:Model I Ayrıntılı Çözüm Sonuçları	
EK2:Model II Ayrıntılı Çözüm Sonuçları	
EK3:Model III Ayrıntılı Çözüm Sonuçları	
EK4:Model IV Ayrıntılı Çözüm Sonuçları	
ÖZGEÇMİŞ.....	221

TABLolar

Sayfa No

TABLO 1-1 KARAR MATRİSİ	15
TABLO 1-2 ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	20
TABLO 1-3 SEÇENEKLER KÜMESİ ÜZERİNDE FORMÜLE EDİLEBİLECEK PROBLEM TÜRLERİ.....	29
TABLO 1-4 ÇOK NİTELİKLİ KARAR PROBLEMLERİNE UYGULANAN YÖNTEMLER	30
TABLO 1-5 ELECTRE YÖNTEMLERİ VE UYGULANDIKLARI PROBLEM TÜRLERİ	32
TABLO 1-6 KARŞILAŞTIRMADA KULLANILAN ÖNEM DERECELERİ TABLOSU.....	37
TABLO 1-7 RASTGELE UYUM GÖSTERGE TABLOSU	42
TABLO 2:1 ÜRETİM OLANAKLARI KÜMELERİNİN TANIMLARI VE.....	67
TABLO 2:2 ZARFLAMA VE AĞIRLIKLI MODEL İLİŞKİLERİ.....	94
TABLO 2:3 ÖRNEK PROBLEM VERİLERİ	95
TABLO 2:4 ÖLÇEĞE GÖRE SABİT GETİRİ DURUMUNDA GİRDİYE YÖNELİK CCR MODELİN ÇÖZÜM SONUÇLARI	106
TABLO 2:5 ÖLÇEĞE GÖRE SABİT GETİRİ DURUMUNDA GİRDİYE YÖNELİK AĞIRLIKLI CCR MODELİN ÇÖZÜM SONUÇLARI	108
TABLO 2:6 ÖLÇEĞE GÖRE DEĞİŞKEN GETİRİ DURUMUNDA GİRDİYE YÖNELİK ZARFLAMA MODELİNİN ÇÖZÜM SONUÇLARI	111
TABLO 2:7 ÖLÇEĞE GÖRE DEĞİŞKEN GETİRİ DURUMUNDA GİRDİYE YÖNELİK AĞIRLIKLI MODELİN ÇÖZÜM SONUÇLARI.....	112
TABLO 2:8 ÖLÇEĞE GÖRE SABİT GETİRİ DURUMUNDA ÇIKTIYA YÖNELİK ZARFLAMA MODELİN ÇÖZÜM SONUÇLARI	116
TABLO 2:9 ÖLÇEĞE GÖRE SABİT GETİRİ DURUMUNDA ÇIKTIYA YÖNELİK AĞIRLIKLI MODELİN ÇÖZÜM SONUÇLARI	118
TABLO 2:10 ÖLÇEĞE GÖRE DEĞİŞKEN GETİRİ DURUMUNDA ÇIKTIYA YÖNELİK MODELİN ÇÖZÜM SONUÇLARI	120
TABLO 2:11 ÖLÇEĞE GÖRE DEĞİŞKEN GETİRİ DURUMUNDA ÇIKTIYA YÖNELİK AĞIRLIKLI MODELİN ÇÖZÜM SONUÇLARI.....	121
TABLO 2:12 TOPLAYICI MODELİN EN UYGUN ÇÖZÜM SONUÇLARI	125
TABLO 3:1 MODELLERİN ÇÖZÜMÜNDE ESAS ALINAN ÜNİVERSİTELERE AİT VERİ TABLOSU	157
TABLO 3:2 MODEL I GİRDİ/ÇIKTI FAKTÖRLERİ.....	161
TABLO 3:3 ÜNİVERSİTELERİN MODEL-I ETKİNLİK DEĞERLERİ VE SIRALAMALARI...	161
TABLO 3:4 ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİNE AİT MODEL I ÇÖZÜM SONUÇLARI	163
TABLO 3:5 ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİNİN ETKİN FAALİYETİ İÇİN GİRDİ FAKTÖR BİLEŞİMİ.....	164
TABLO 3:6 MODEL-I ÇÖZÜMLERİNE GÖRE DİĞER BİRİMLERE GÖSTERGE OLAN ÜNİVERSİTELER	165

TABLO 3:7 BALIKESİR ÜNİVERSİTESİNE AİT MODEL I ÇÖZÜM SONUÇLARI.....	165
TABLO 3:8 KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİNE AİT MODEL I ÇÖZÜM SONUÇLARI.....	166
TABLO 3:9 MODEL II GİRİDİ/ÇIKTI FAKTÖRLERİ	167
TABLO 3:10 ÜNİVERSİTELERİN MODEL-II ETKİNLİK DEĞERLERİ VE SIRALAMALARI	167
TABLO 3:11 MODEL-II ÇÖZÜMLERİNE GÖRE DİĞER BİRİMLERE GÖSTERGE OLAN ÜNİVERSİTELER	169
TABLO 3:12 MODEL III GİRİDİ/ÇIKTI FAKTÖRLERİ.....	170
TABLO 3:13 MODEL IV GİRİDİ/ÇIKTI FAKTÖRLERİ.....	170
TABLO 3:14 ÜNİVERSİTELERİN MODEL-III ETKİNLİK DEĞERLERİ VE ARAŞTIRMA PERFORMANSLARINA GÖRE SIRALAMALARI	171
TABLO 3:15 ÜNİVERSİTELERİN MODEL-IV ETKİNLİK DEĞERLERİ VE ARAŞTIRMA PERFORMANSLARINA GÖRE SIRALAMALARI	172
TABLO 3:16 HACETTEPE ÜNİVERSİTESİNE AİT MODEL III ÇÖZÜM SONUÇLARI.....	174
TABLO 3:17 MODEL-III ÇÖZÜMLERİNE GÖRE DİĞER BİRİMLERE GÖSTERGE OLAN ÜNİVERSİTELER	175
TABLO 3:18 MODEL-IV ÇÖZÜMLERİNE GÖRE DİĞER BİRİMLERE GÖSTERGE OLAN ÜNİVERSİTELER	175
TABLO 3:19 ÜNİVERSİTE PERFORMANSLARININ GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ.....	176

ŞEKİLLER TABLOSU

Sayfa No

ŞEKİL 1:1 ÇOK AMAÇLI KARAR VERME SÜRECİNE İLİŞKİN AKIŞ ÇİZELGESİ.....	10
ŞEKİL 1:2 ÇOK NİTELİKLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	31
ŞEKİL 2:1 KARAR VERİCİ BİRİMİN GİRDİYİ ÇIKTIYA DÖNÜŞTÜRME SÜRECİ	59
ŞEKİL 2:2 VZA UYGULAMA AKIŞ ÇİZELGESİ	61
ŞEKİL 2:3 ÜRETİM İMKANLARI KÜMESİ	67
ŞEKİL 2:4 ÇEŞİTLİ ÜOK'LERİNE GÖRE ÜRETİM SINIRLARI VE ORTALAMA ÜRETİM FONKSİYONU.....	73
ŞEKİL 2:5 VERİMLİLİK VE ETKİNLİK KAVRAMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	76
ŞEKİL 2:6 TEKNİK ETKİNLİĞİN ÖLÇÜMÜ.....	78
ŞEKİL 2:7 ENUYGUN FAKTÖR BİLEŞİMİ	79
ŞEKİL 2:8 ÖLÇEK ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ	83
ŞEKİL 2:9 ÖLÇEĞE GÖRE GETİRİNİN HESAPLANMASI	87
ŞEKİL 2:10 ÖRNEK VERİLERİN GRAFİK GÖSTERİMİ	107
ŞEKİL 2:11 VRS VARSAYIMI ALTINDA ÖRNEK VERİLERİN GRAFİKSEL GÖSTERİMİ....	110
ŞEKİL 2:12 CRS VARSAYIMI ALTINDA TEKNİK ÇIKTI ETKİNLİKLERİNİ DEĞERLENDİRİLMESİ	117
ŞEKİL 2:13 TOPLAYICI MODELİN ZARFLAMA YÜZEYİ	124
ŞEKİL 2:14 VERİMLİLİK DEĞİŞİMİNİN ÖLÇÜLMESİ.....	133
ŞEKİL 2:15 TEKNİK DEĞİŞİMİN OLMASI DURUMUNDA VERİMLİLİK DEĞİŞİMİNİN ÖLÇÜLMESİ.....	135

GİRİŞ

Küresel rekabetçi bir ortamda faaliyet yürüten günümüz işletmeleri çıktılarını en az kaynakla üretmek, başka bir ifadeyle, ellerinde bulundurdıkları kaynakları mevcut teknoloji çerçevesinde etkin bir şekilde kullanmak zorundadırlar. Bu sorun enuygun kaynak kullanımı sorunudur . Dolayısıyla işletmeler verimli ve etkin kaynak kullanımını sağlamak durumundadır. Etkinlik işletme faaliyetlerinin başarısının bir göstergesidir. Etkin olmaktan amaç mevcut teknoloji çerçevesinde çıktıları olası en az kaynakla üretebilme yeterliliğidir. Bu bağlamda işletmeler en az kaynakla olası en büyük çıktıyı elde edebilmek için kısa yada uzun vadede çeşitli kararlar almak durumundadırlar.

Bilindiği gibi, işletmeler çeşitli amaçları ve hedefleri olan karar birimleridir. İstenen amaç ve hedeflere erişebilmek için kararların nasıl alınacağı sorusu bağlamında çeşitli yaklaşımlardan sözedilmektedir. Karar verici geçmiş deneylerine, sezgilerine ve gözlemlerine dayanarak karar verilebileceği gibi karar vermeyi ve sorun çözmeyi bilimsel yöntemlere dayandıran sistem yaklaşımı ile de karar verilebilir. Çok amaçlı karar verme süreci ve modelleri bu yaklaşımın önemli bir grubunu oluşturmaktadır.

İşletmeler çoklu, çatışan amaçları gerçekleştirmekle karşı karşıyadırlar. Tek amaç ve tek ölçüt olduğu durumlarda bir karar vermeden söz edilemez. İşletmeler sadece işletme karını ençoklamak yada sadece maliyetleri enazlamak gibi tek amaçlı kararlar yetinemezler. İşletme karını ençoklarken kaynak kullanımını enazlamak, kaliteyi artırmak, satış sonrası hizmetlerini yetkinleştirmek ve yaymak, işgören ihtiyaçlarını iyileştirmek, çevre kirliliğini önlemek gibi çeşitli amaçları da aynı anda gözetmek zorundadır. Kısaca bu amaçlar vb. amaçlar arasında bir denge kurmalıdır.

Ayrıca işletmeler çoklu çatışan amaçlarını en uygun kaynak bileşeni ile başarmalıdır. Artan küresel rekabet bunu bir zorunluluk durumuna getirmiştir. Çoklu çatışan amaçlar arasında denge sağlamayı hedefleyen çok sayıda karar alma yöntemleri vardır. Bu karar verme yöntemlerinden biri de yabancı yazında Data

Envelopment Analysis, kısaca DEA olarak adlandırılan yöntemdir. Türkçe yazında Veri Zarflama Analizi, kısaca VZA olarak adlandırılan yöntem, işletmelerin gerçekleştirmiş faaliyet sonuçlarını temel alarak işletmelerin diğer rakipleri karşısında ne ölçüde etkin , başarılı olduğunun ölçüsünü sağlayan bir yöntemdir. Yöntem, etkinliği ölçülen karar birimi için seçilen en uygun ağırlıklar çerçevesinde etkinlik ölçüsünü belirlemeye çalışır. Kendisi için en uygun ağırlıklarla etkin olamayan başka bir deyişle etkinsiz karar birimi için, bu ağırlıklarla etkin olabilen karar birimleri belirlenir. Böylece etkinsiz olan karar birimi kendisine göstere olabilecek karar birimlerinin faaliyetlerini taklit ederek hangi kaynaklardan ne miktarda kullanarak etkinliğe ulaşabileceğinin kararını verebilir. Sonuç olarak işletmeler mevcut çıktı düzeyini korurken en uygun girdi düzeyini yada mevcut girdi düzeyiyle en uygun çıktı düzeyini belirleyerek faaliyet gösterdikleri sektörde etkinliklerini artırarak diğer rakiplere üstünlük sağlayabilirler. Ayrıca, en uygun kaynak kullanımı yoluyla da ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlamış olurlar.

Çalışmanın birinci bölümünde karar alma, karar alma süreçleri ile çok amaçlı karar alma yöntemleri ve VZA'nın çok amaçlı karar alma ile ilişkisi açıklanmaya çalışılmaktadır. İkinci bölümde VZA kuramsal ve ayrıntılı olarak incelenmekte, bir örnek problem yardımıyla etkinlik ölçümünde nasıl kullanılabileceği tartışılmaktadır.

Bilindiği üzere, yüksek öğrenim önemli bir kamu hizmet alanıdır. Ve her yıl milyonlarca öğrenci bu hizmeti alma yarışı içindedir. Dolayısıyla bu alanda yapılan kamu harcamalarının ne ölçüde etkin kullanıldığı önemli bir sorun olmalıdır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde , VZA yardımıyla önemli bir bölümü eğitim amaçlı olan 51 devlet üniversitesinin göreceli etkinlik ölçüleri saptanmaya ve kaynakların ne ölçüde verimli kullanıldığı ortaya konmaya çalışılmaktadır. Ayrıca elde edilen etkinlik ölçüleri kullanılarak üniversitelerin bu sonuçlara göre sıralaması da yapılmaya ve yorumlanmaya çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇOK AMAÇLI KARAR VERME YÖNTEMLERİ

1.1.KARAR VERME

Yönetim, kaynak kullanımı (insan, sermaye, enerji, malzeme, zaman,vb.) aracılığıyla belirli hedefleri yada amaçları başarmak için kullanılan bir süreçtir. Kullanılan kaynaklar girdileri, hedeflerin erişilme düzeyleri sürecin çıktılarını oluşturmaktadır. Yöneticinin yaptığı işin başarı derecesi, çoğunlukla çıktı ve girdiler arasındaki, karar biriminin verimliliğini gösteren oranla ölçülmektedir. Verimlilik her bir işletme için temel ilgi alanıdır ve yönetim sürecinde alınan kararların işletme amaçlarıyla ne kadar uygun olduğunun bir göstergesidir. Verimlilik düzeyi yada yönetimin başarısı planlama, örgütleme, yönetme ve denetleme gibi yönetsel işlevlere bağlı bir olgudur. Yöneticiler bu işlevleri yerine getirmek için sürekli bir süreç olan karar verme ile ilgilenmektedirler. Bu bağlamda yönetim ve karar verme birbirine denk iki süreçtir¹. Dolayısıyla karar ve karar verme süreci işletme amaçlarına ulaşmak için incelenmesi gereken önemli bir konudur.

Karar eylemi için çok çeşitli tanımlar yapılmaktadır:dar anlamda karar verme, çeşitli seçenekler arasından birini seçme eylemi olarak tanımlanmaktadır². “Karar bir kişinin yada grubun bir amacı yada amaçları başarmak için mevcut iki yada daha fazla alternatif eylem planı arasından seçim yapma ile varılan bir sonuçtur. Bu süreç karar verme olarak adlandırılmaktadır”³. Yöneylem araştırması ve yönetim bilimlerinde kullanıldığı anlamda bir karar problemi “belli bir seçenek kümesinden en az bir amaç yada ölçüte en uygun seçeneklerin belirlenmesi” olarak da tanımlanmaktadır⁴. Bir başka tanımda karar verme ; “bir amaca ulaşabilmek için

¹ Efraim Turban, Jack R.Meredith, *Fundamentals of Management Science*, Fifth Edition, Boston, Irwin, Inc., 1991, s.4

² H.Öner Esen, *İşletme Yönetiminde Sistem Yaklaşımı*, İstanbul, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayın No.256,1990, s.56

³ Turban, , a.g.e., s.24

⁴ Mustafa.R Yılmaz, “Çok ölçütlü Karar Verme Yöntemlerine Eleştirisel Bir Bakış”, *Yöneylem Araştırması Bildiriler*’78, Gebze, Yöneylem Araştırması Derneği Yayını, 1978, s.289-313

eldeki olanak ve koşullara göre mümkün olabilecek çeşitli eylem biçimlerinden en uygun görüneni seçme” eylemi olarak da tanımlanmaktadır⁵.

Karar vermeye ilişkin verilen tüm tanımlar göz önüne alındığında bir karar probleminin şu öğelerden oluştuğu görülmektedir⁶:

- Karar verici
- Amaç yada Ulaşılabacak Sonuç
- Karar Ölçütü
- Seçenekler
- Olaylar
- Sonuç

Yönetmel başarıyı yakalamada, işletmeler nasıl karar almalıdır sorusunun yanıtı aranmalıdır. Karar alma sürecinde farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. İşletmelerin faaliyet gösterdikleri çevre sürekli bir değişim içindedir ve işletmelerin bugün içinde yaşadıkları çevre öncesine göre daha da karmaşıklaşmakta ve karmaşıklığın artma eğilimi sürmektedir. Karar alma süreci artan bir biçimde, teknoloji, bilgisayar/internet, örgütsel büyüklük, yapısal karmaşıklık, rekabet, uluslararası etkiler, tüketim eğilimi ve hükümet düzenlemeleri gibi çeşitli faktörlerin etkisi altında bulunmaktadır. Tüm bu etkiler göz önüne alındığında, verimliliği artırma yönünde alınacak yaşamsal kararlar yöneticinin yaratıcılığına, sezgisine, deneyimlerine yada kişisel yargısına dayanarak alınmaktan çok sistematik analitik yaklaşımlara dayandırılmalıdır.

Bireyler ve örgütler tanımlanmış amaçlarını gerçekleştirmek ve yaşamlarını sürdürebilmek çabası içerisinde iken karşılaştıkları sorunları çözmede, tarih boyunca, üç temel yaklaşım göstermişlerdir. Sorunlar sistemini çözüme kavuşturmada ilk yaklaşım öncülüğünü Bacon’ın yaptığı “Deneysel Yaklaşımdır”. Bu yaklaşıma göre

⁵ Ahmet Öztürk, **Yöneylem Araştırması**, Genişletilmiş 6.Baskı, Ekin Kitabevi Yayınlar, 1997, s.5

⁶ Osman Halaç, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)**, İstanbul, İ.Ü.Yayın No.2501, Arpaz Matbaacılık, 1978, s.21

çözüm, gözlem ve deneylere dayanmaktadır. İkinci yaklaşım Rene Descartes'in öncülüğünü yaptığı "Analitik Yaklaşım" dır. Bu yaklaşımın temel felsefesi bir sorunlar sistemini elemanlarına ayırarak her birini ayrı ayrı analiz etmek ve sonuçta onları tekrar birleştirmektir. Üçüncü yaklaşım "Tümdengelim" yada "Bütünsellik" yaklaşımı olarak bilinen ve Bertalamfy'in "Genel Sistem Teorisi" görüşü ile temelleri atılan "Sistem Yaklaşımı" felsefesine dayanan yaklaşımdır. Bu yaklaşımın ayırıcı özelliği, karar vermeyi bilimsel yöntemle dayandırmasıdır. Çok amaçlı karar verme süreci ve modelleri, "Sistem Yaklaşımı" felsefesinin etkin uygulama alanlarından yöneylem araştırması tekniklerinin önemli bir grubunu oluşturmaktadır"⁷. Yöneylem araştırması, karmaşık problemlere çözüm getiren, karar verme sürecini bilimsel yöntemlere dayandıran ve çeşitli yöntemleri içeren bilimsel bir yaklaşımdır. Dolayısıyla, işletme yöneticileri bu bilimsel yöntemlerden birini kullanarak karar problemlerine çözüm aramalıdır.

1.2.TEK VE ÇOK AMAÇLI KARAR VERME

Karar vermeye ilişkin tüm tanımlarda, karar verme eylemi için amaç yada amaçların olması gerektiği görülmektedir. Ancak, "karar probleminin öğeleri arasında yer alan amacın tek yada tek bir karar ölçütü olması ve karar probleminin tüm öğeleri ile tam olarak belirlendiği durumlarda gerçek bir karar probleminden söz edilememektedir. Böyle durumlarda en iyi kararın verilmesi, seçenekler arasında belirlenen amaç yada ölçüte en uygun olanının bulunması (örneğin, maliyetin enazlanması gibi) anlamına gelmektedir ki bu da mekanik bir eniyileme çabasıdır başka bir şey gerektirmemektedir. Bir başka deyişle, böyle bir problem karar vericiden bağımsız olarak, örneğin bir bilgisayarla çözülebilmektedir. Birden fazla amaçlı bir karar probleminde tek bir seçeneğin tüm ölçütlere ne kadar uygun olduğu açık bir anlam taşımamaktadır ve karar vericinin buna ilişkin değer yargıları önem kazanmaktadır. Bu yaklaşıma göre tüm ölçütlerin tek bir seçenek tarafından

⁷ Ayşe Kuruüzüm, , **Karar Destek Sistemlerinde Çok Amaçlı Yöntemler**, Antalya, Akdeniz Üniversitesi Yayın No:72, 1998, s.19

eniyelemeyeceği varsayılmaktadır ve karar problemlerinde durum çoğu kez böyle olmaktadır”⁸.

Günümüzde, karmaşık bir çevrede faaliyet gösteren yönetsel karar verici, çatışan çıkarların, eksik bilginin ve sınırlı kaynakların bulunduğu bir çevrede örgütsel amaçlarının tümünü mümkün olduğu kadar başarma çabasında olan bir kişidir. Karar verme eyleminin güvenilirliği alınan kararlar, başarılı örgütsel amaçların derecesiyle ölçülmektedir. Dolayısıyla, örgütsel amaçların belirlenmesi karar verme eyleminin temelini oluşturmaktadır. Alınacak örgütsel karar, hükümetin aldığı düzenleyici kararlar, kamu yararı ve kararın uzun dönemli etkilerini içeren çevresel kirlenme, yaşam kalitesi, yenilenemeyen kaynak kullanımı gibi çevresel koşullarla kısıtlanmıştır. Bu bağlamda karar seçenekleri arasından en iyi eylem planını seçmek için, çoklu ve çoğunlukla çatışan amaçların ayrıntılı bir incelemesini gerektirmektedir. Yöneylem araştırmasının en önemli ve zor alanlarından biri çok amaçlı yönetimdir. Sonuç olarak, herhangi bir karar probleminin en önemli ve zor yönü, işletme örgütünün çeşitli bileşenlerinin çoklu ve çatışan amaçları arasında dengeyi sağlayabilmektir⁹. Peter F.Drucker’e göre bir işletmeyi yönetmek, çeşitli gereksinim ve amaçları dengelemektir. Bu da çoklu amaçları gerektirmektedir¹⁰. Yöneylem araştırmasında, problem çözümlerinde çoğunlukla en iyi çözüm değeri elde edilmeye çalışılmaktadır. İşletmecilik problemlerinde kar ençoklaması bir en iyi sonuç oluştururken, maliyet enazlaması da ayrı bir en iyi sonuç oluşturmaktadır.. Yöneylem Araştırması yöntemlerinden Doğrusal Programlama yöntemindeki amaç fonksiyonu kar ençoklaması yada maliyet enazlaması biçiminde ifade edilmektedir. Oysa gerçek hayatta kişi yada kuruluşların tek bir amaçları bulunmamaktadır. Bunun yerine aynı anda gerçekleşmesi arzu edilen birden fazla amacı bulunmaktadır¹¹.

⁸ Yılmaz, a.g.e., s.290

⁹ Sang M. Lee, **Goal Programming Methods for Multiple Objective Integer Programs**, Atlanta, Or Monograph Series No.2, 1979, s.1

¹⁰ Milan Zeleny, **Multiple Criteria Decision Making**, New York, , McGraw-Hill Book Company, 1982, s.1

¹¹ Mehpare Timor, **Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları**, İstanbul, İşletme Fakültesi Yayın No:280, 2001, s.194

Çok amaçlı karar verme, geçen son iki on yılda hızla büyüyen problem alanlarından biridir. Karar alma ortamları karar alana göre tek kişilik karardan çok kişili (grup) karara ve amacına göre tek ölçütlü karardan çok amaçlı karar ortamlarına dönüşmüştür. 1960'lı yıllardan başlayarak bu tür problemleri çözmek için kuramsal olarak çok sayıda yöntem önerilmiş ve geliştirilmiştir. Problemdeki karar değişkenlerinin süreklilik ve süreksizlik (kesikli) özelliklerine göre çok amaçlı problemlerin çözümünde iki kuramsal akımdan sözedilmektedir. Bu iki akım çerçevesinde geliştirilen yöntemlerin tümü çok amaçlı karar verme yöntemleri olarak adlandırılmaktadır.

Birinci akım, problem karar değişkenlerinin sürekli değişken olduğunu ve dolayısıyla sürekli çözüm uzay varsayımı yapan “Çok Amaçlı Karar Verme-Multi-Objective Decision Making (**MODM**)” yöntemleridir. Bu yöntemler, çözülecek problemin matematiksel programlama modeli olarak modellenebileceğini varsayan ve en uygun uzlaşık çözümleri belirlemeye çalışan yöntemlerdir.

İkinci kuramsal akım, problem karar değişkenlerinin kesikli değerler aldığı, sayılabilir az sayıda seçeneğin bulunduğu kesikli karar uzay varsayımı yapan yöntemlerdir. Bu yöntemler temel olarak kesikli(discrete) matematik yaklaşımını kullanan yöntemlerdir. Yöneylem araştırması yazınında bu yöntemler, “Çok Nitelikli Karar Verme – Multi-Attribute Decision Making (**MADM**)” yöntemleri olarak adlandırılmaktadır¹². Bu yöntemler, çeşitli derecelendirme ve sıralama prosedürleri aracılığıyla çeşitli ölçütlere göre en uygun karar seçeneğini derecelendirerek yada mevcut karar seçenekleri arasından en uygun olanını seçen yöntemlerdir. Yöneylem araştırması yazınında MADM ve MCDM (Çok Ölçütlü Karar Verme - Multiple Criteria Decision Making) terimleri sık sık aynı türdeki problem modellerini ifade etmek için kullanılan terimlerdir.

Çok ölçütlü karar verme, birkaç ölçüte göre puan, değer, tercih yoğunluğu ile ifade edilen değerlendirme temelinde, nesneleri (adaylar, ürünler, projeler vb) tanımlamada, değerlendirmede, sıralamada, derecelendirmede, seçmede yada

¹² Evangelos Triantaphyllou, **Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study**, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2000, s.xxiii

reddetmede karar vericiye yardımcı olan kavramlar, yaklaşımlar, modeller ve yöntemler olarak tanımlanmaktadır¹³

Korhonen ve Wallenius'un ifade ettikleri gibi çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin iki ortak özelliği bulunmaktadır¹⁴:

- Bu yöntemlerin ortak amacı, karar vericiye doyum sağlayacağı iyi(etkin) karar vermede yardımcı olmaktır. Doyum sağlama için evrensel bir tanım vermek zor olduğundan, mevcut çözümün model kullanılarak bulunabilecek en çok tercih edilen çözüm olduğunu hissettiğinde karar vericinin elde edilen çözümle doyduğu varsayılmaktadır.
- Çok ölçütlü karar verme yöntemleri karar vericinin tercih yapısı ve davranışlarına ilişkin çeşitli varsayımlar yapmaktadır. Bu tür yöntemlerde karar vericiden değiş-tokuş, ikili karşılaştırma, kabul edilebilirlik düzeyi vb. biçiminde *a priori*, *progressive*, *a posteriori* tercih bilgi girişi yapması istenmektedir. Karar vericinin yanıtları bilgisayar sistemi tarafından umut veren geliştirilmiş çözümler üretmek için kullanılmaktadır. Etkileşimli sistemlerde, en iyi tercih edilen çözüme varmadan önce genellikle birçok yineleme gerekli olmaktadır. En çok tercih edilen çözümü araştırma, bir durma kuralı kullanılarak yada basit olarak karar verici mevcut çözümün yeterince iyi olduğunu hissettiğinde sona ermektedir. Bu yöntemlerin altında yatan varsayımlar, hangi çözümlerin mümkün uzlaşık çözümler olarak kabul edileceğini belirlemektedir. Bu bağlamda, gerçekçi olmayan yada yanlış varsayımlar doyum sağlamayan sonuçlar üretebilmektedir. Bu nedenledir ki, bu konuların çok ölçütlü karar yöntemlerinin tasarımı ve geliştirilmesi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.

¹³ Gerard Colson, Christian De Byrun, "Models and Methods in Multiple Objectives Decision Making", **Mathl. Compt. Modelling**, Vol.12, No.10/11, s.1201-1211

¹⁴ Colson, a.g.e., s.1201-1211

1.3.ÇOK AMAÇLI KARAR VERME SÜRECİ

Bu süreçten amaç, karar vericinin ortaya çıkan karmaşık problemler hakkında sistematik olarak düşünmesini sağlamak ve sonuçlanan kararların kalitesini yükseltmektir.

Çok ölçütlü karar verme süreci, problem çözme süreci ile ilgilidir. Çok ölçütlü problem karar vericinin karar vermesini gerektiren bir durumun ortaya çıkmasıyla başlar, yani ortada karar verilmesi gereken bir problemin varlığı gerekmektedir. Problemle ilgili karar vericiyi ilgilendiren bir çok ölçüt bulunmaktadır. Bazı bakımlardan ölçütlerin tümü yada bir kısmına hitap eden birkaç farklı eylem yönü vardır. Karar verici ölçütleri en iyi ve kısıtları tamamen sağlayacak seçenek yada eylem yönünü belirleme problemi ile karşı karşıyadır.

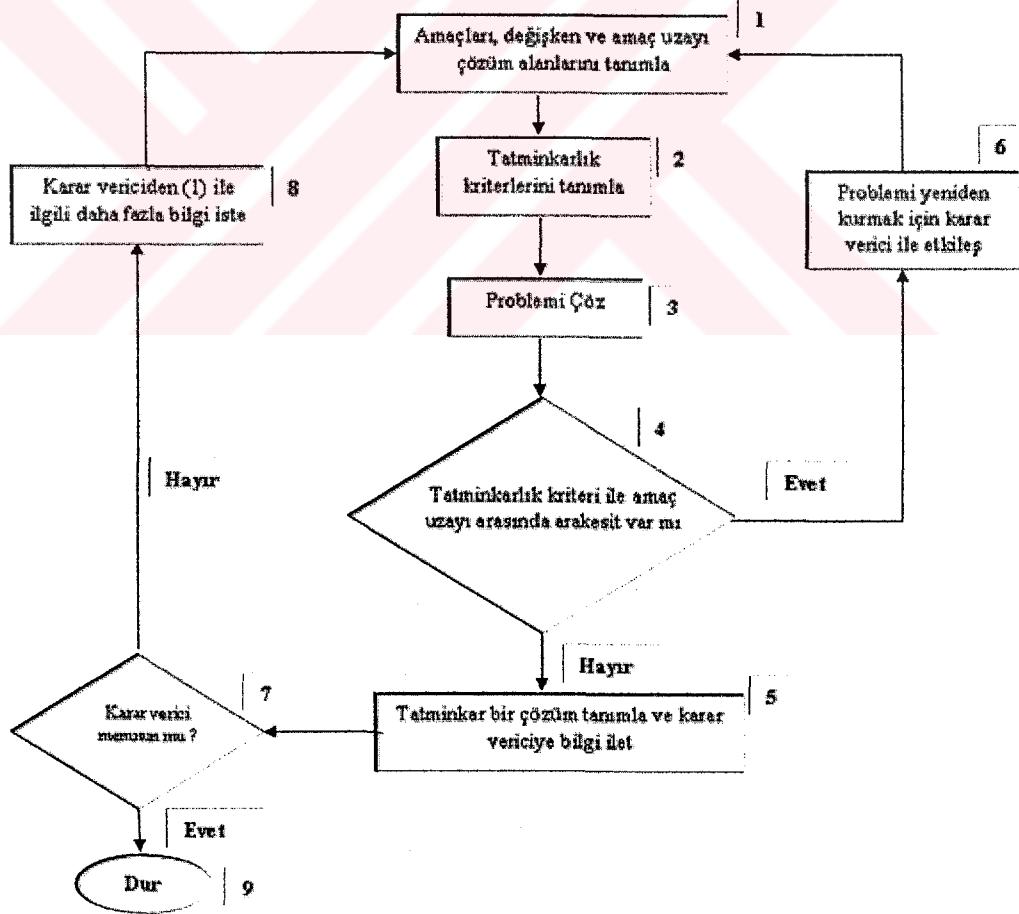
Karar verme süreci karar verici bir problemin varlığını algıladığında yada karmaşık bir seçim yapma durumu ile karşı karşıya olduğunda başlamaktadır. Bundan sonra, mevcut durum teşhis edilmekte, genel ihtiyaçlar ve amaçlar belirlenmektedir. Amaçların belirlenmesinden sonraki adım, her amaca ilişkin performans ölçülerini yada niteliklerini tanımlamaktır. Nitelik, değeri belirli bir amacın başarıma derecesini yansıtan ölçülebilir bir miktardır. Örneğin, amaç maliyetleri en küçükleme ise, bu amaca ilişkin nitelik para cinsinden ölçülebilir. Bir amaca ilişkin niteliğin değerleri bir model tarafından verilebilir, doğrudan ölçülebilir, yada öznel olarak değerlendirilebilir. Örneğin farklı üretim düzeylerinde bir çok sayıda farklı ürün arasından seçim yaparken her bir ürünün para cinsinden maliyeti açık bir fonksiyonla hesaplanırken, diğer nitelikleri doğrudan ölçülebilir, gözlemlenebilir, yada öznel olarak değerlendirilebilir. Örnek olarak farklı markaya sahip otomobiller arasından seçim yaparken, renkleri, yakıt tüketimi yada rahatlığı gibi nitelikleri gözlemle yada öznel olarak değerlendirmek mümkündür.

Nitelikler yada performans ölçütleri tanımlandıktan sonra amaçları başarmada yardımcı olabilecek aday seçenekler belirlenir. Seçim bu adaylar arasından yapılmaktadır. Sonraki aşama, inceleme ve değerlendirme adıımıdır. Her bir seçenek diğerlerine göre önceden belirlenmiş karar kuralları çerçevesinde

değerlendirilmektedir. Karar kuralına göre en yüksek dereceye sahip seçenek, uygulanmak üzere seçilir ve karar uygulamaya konur. Bazen seçeneklerden hiç biri belirlenen amaçlara uygun düşmeyebilir. Bu gibi durumlarda karar sürecinin başına dönülerek problem ve amaçların yeniden tanımlanması yapılır ve süreç yinelenir.

Karar verme sürecinin inceleme ve değerlendirme adımlarında kullanılabilecek çok sayıda yöntem vardır. Bu yöntemlerden hangisinin kullanılacağı problemin türüne bağlı olmaktadır.

Çok amaçlı modellerin çözüm yaklaşımını özetleyen bir değerlendirme yapmak gerekirse bunu bir akış çizelgesiyle göstermek mümkündür. Şekil 1.1 bu çözüm sürecini göstermektedir¹⁵.



Şekil 1:1 Çok Amaçlı Karar verme Sürecine İlişkin Akış Çizelgesi

¹⁵ Kuruüzüm, a.g.e., s.37

1.3.1. Çok Ölçütlü Karar Vermede Temel Kavram Ve Tanımlar

Çok amaçlı karar yöntemleri birbirlerinden kapsam olarak farklılık gösterebilir de çoğu için ortak olabilecek belirli yönleri bulunmaktadır. Bu yöntemler için ortak olabilecek kavram ve düşünceler şunlardır:

Seçenekler: Seçenekler amaçların gerçekleşmesini sağlayan birbirinden farklı stratejilerdir. Her bir seçeneğin en az bir veya daha çok, beklenen sonucu bulunmaktadır¹⁶. Bu tür problemlerde karar vericinin sonlu sayıda seçenek arasından $A_i, i=1, \dots, m$ seçim yapacağı varsayılmakta ve bu küme, seçenek kümesi $A' = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ olarak adlandırılmaktadır.

Nitelikler: Her çok ölçütlü karar problemi seçeneklerin tümünü ilgilendiren çok sayıda niteliği kapsamaktadır. Nitelikler, karar ölçütü yada amaçlar olarak da adlandırılmaktadır. Nitelik, karar vericinin nesnel bir gerçeklikle ilişkilendirdiği değerleri ifade etmektedir. Bu değerler, karar vericinin isteklerinden bağımsız olarak ölçülmekte ve karar değişkenlerinin matematiksel fonksiyonu olarak ifade edilmektedir¹⁷. Başka bir tanıma göre, nitelik bir nesnenin, bir ölçme ölçeğine göre tek yada çok sayıda kişinin öznel yada nesnel olarak değerlendirdiği özelliğidir¹⁸. Nitelikleri değerlendirmek için farklı ölçme ölçekleri kullanılmaktadır. Nitelikler seçeneklerin değerlendirilebileceği farklı boyutları göstermektedir. Örneğin bir ev satın alma probleminde, evin konumlandığı semt, fiyatı, dış boyası, yönü, projesi, garajının olup olmaması, alışveriş ve iş merkezlerine yakınlığı gibi nitelikler eve ilişkin farklı boyutlardır. Başka bir örnek olarak kar ve satış geliri verilebilir. Kar ve satış geliri karar vericinin değerlerini yansıtan iki niteliktir.

Ölçüt sayısının oldukça büyük olduğu durumlarda, ölçütler sıradüzensel bir yapıda düzenlenmektedir. Başka bir deyişle, bazı ölçütler diğer ölçütlerle

¹⁶ Esen, a.g.e., s.57

¹⁷ Enrique Ballester, Carlos Romero, **Multiple Criteria Decision Making and Its Applications To Economic Problems**, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1998, s.5

¹⁸ Colson, a.g.e., s.1202

karşılaştırıldığında daha önemli temel, ölçütler olabilmektedir. Bu durumda, temel ölçütler yada üst düzey ölçütler çeşitli alt düzey ölçütlerle sıradüzensel bir yapı oluşturacak biçimde ilişkilendirilmektedirler. Genellikle, sonlu sayıda ölçüt $C_1, C_2, \dots, C_n$ olduğu varsayılmaktadır.

Amaç: Amaçlar niteliklerin gelişme yönünü ifade etmektedir. Gelişme yönü “daha fazla daha iyidir”, yada “daha az daha iyidir” şeklinde yorumlanır. Başka bir deyişle, amaçlar karar vericinin herhangi bir niteliğin daha fazla yada daha az olması yönündeki isteğini ifade etmektedir. Bir nitelik ile ilgili daha fazla olma isteği ençoklama, daha az olma isteği enazlama sürecine karşılık gelmektedir. Karı ençoklama, maliyetleri enazlama, riski enazlama ekonomik amaçlara verilebilecek örneklerdir. Matematiksel olarak amaçlar, x karar değişkenleri vektörü olmak üzere **Max $f(x)$** yada **Min $f(x)$** biçiminde yazılmaktadır.

Hedef: Erişim düzeyi (target) yada kabul edilebilirlik düzeyi (aspiration level), herhangi bir nitelik için kabul edilebilir başarımlar düzeyini göstermektedir. Başka bir ifadeyle, karar vericinin tatmin olacağını düşündüğü miktardır. Herhangi bir niteliğin erişim düzeyiyle ilişkisel işlemci kullanılarak ($=, \geq, \leq$ birleştirilmesi hedefi oluşturmaktadır. Örneğin, bir işletme yöneticisinin en az 1000 TL satış geliri isteği hedefi oluşturmaktadır.

Çatışma: Farklı ölçütler ya da nitelikler nesnelerin farklı boyutlarını gösterdiklerinden birbirleriyle çatışma içinde olabilmektedir. Ev satın alma probleminde olduğu gibi evin fiyatı ile konumlandığı semt birbirleriyle çatışan iki farklı niteliktir. Doğal olarak evin konumlandığı semt kamuoyu tarafından iyi bir semt olarak algılanıyorsa evin fiyatı yüksek olacaktır.

Farklı Ölçü Birimlerinin varlığı: Bazı durumlarda seçeneklere ilişkin niteliklerin aynı ölçü birimi cinsinden değerlendirilmesi mümkün olmayabilmektedir. Farklı nitelikler farklı ölçü birimleriyle ifade edilebilmektedir. Ev örneğinde evin fiyatı lira cinsinden, evin iş merkezlerine uzaklığı kilometre cinsinden ölçülebilmektedir.

Niteliklerin Ağırlıkları: Çoğu çok ölçütlü karar problemlerinde, ölçütlere önem derecesini gösteren ağırlıklar $w_j, j=1,...,n$, verilmektedir. Genellikle bu ağırlıklar toplamı bir olacak biçimde normleştirilmektedir.

Pareto-Enuygun Çözümler: Pareto enuygunluğu 1896 yılında İtalyan ekonomist Vilfredo Pareto tarafından öne sürülen ve ekonomik kuramda temel alınan bir kavramdır. Pareto bu kavramın başlangıç formülasyonunda ortaklığın, ortaklık içindeki bir kişinin, yine ortaklık içindeki öteki kişilerin (en az bir kişinin) durumunu kötüleştirmeden (aleyhine bir durum yaratmadan) kendi durumunu geliştirme olanağının olmadığı en uygun durum olarak ifade etmektedir. Bu tür enuygunluk Paretian enuygunluk olarak da anılmaktadır. Pareto enuygunluğu kavramı çok amaçlı karar verme alanına, verilen tanımdaki kişi ögesi yerine ölçüt ögesi konarak taşınmaktadır. Bu bağlamda, çok ölçütlü karar verme probleminde, bir çözüm kümesinin elemanları, başka bir olurlu çözüm elemanlarının tüm ölçütler için aynı yada daha iyi performansı başaramadığı ve en azından bir ölçüt için kesinlikle daha iyi olmadığı bir durumda olurlu bir çözümse, Paretian etkin çözüm olarak kabul edilmektedir. Paretian etkinlik herhangi bir çok ölçütlü karar verme yaklaşımı ile sağlanan bir çözümün rasyonelliğini güvence altına alan gerekli koşul olmaktadır¹⁹. Pareto enuygunluğu, matematiksel olarak şöyle ifade edilmektedir²⁰: X tüm olurlu çözümler kümesi olduğunda, bir etkin çözüm, her bir amaçta onunla aynı yada daha iyi olan başka herhangi bir olurlu çözümün, $x \in X$, var olmadığı olurlu bir çözümdür, $x^* \in X$. Başka bir ifadeyle, tüm amaçlar için $f_i(x) \geq f_i(x^*), i=1,...,p$ ve en azından bir i amacı için $f_i(x) > f_i(x^*)$ olduğu bir x çözümü yoktur. Genellikle etkin çözüm tek çözüm değildir. Tüm etkin çözümler topluluğu karar uzayında olurlu bölgenin bir alt kümesidirler²¹.

¹⁹ Ballesterio, a.g.e, s.7

²⁰ Mansoorreh Mollaghasemi, Julia Pet-Edwards, **Technical Briefing**, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, 1997, s.10

²¹ a.e.

Üstün Çözüm: Üstün çözüm tüm amaçları eşanlı ençoklayan çözümdür. x^0 çözümü, sadece ve sadece tüm amaçlar $(i = 1, \dots, p)$ ve $x \in X$ için $x^0 \in X, f_i(x^0) \geq f_i(x)$ ise üstün çözüm olmaktadır.

En çok tercih edilen (en iyi uzlaşık) çözüm: En iyi uzlaşık çözüm, karar vericinin bütünsel tercih fonksiyonuna bağlı olarak son kararını gösteren etkin bir çözümdür. En iyi uzlaşık çözüm, aynı problemde farklı karar vericiler için farklı olabilmektedir.

Sırasal yada sayısal derecelendirme: Sırasal derecelendirme seçeneklerin sadece sırasal derecelendirmesini sağlamaktadır. Bu tür derecelendirme iki seçenek arasında sadece hangi seçeneğin diğerine tercih edildiğini belirlemektedir. Seçenekler arasındaki tercih farkının ne kadar olduğu belirlenememektedir. Sayısal derecelendirme iki seçenek arasında sayısal derecelendirme yanında tercih farkının ne kadar olduğunu belirlemektedir.

Değiş-Tokuş Oranı: Belli bir noktada f_1 ve f_2 amaçları arasındaki değiş-tokuş oranı yada marjinal ikame $(\partial U / \partial f_1) / (\partial U / \partial f_2)$ oranıdır. Bu tanımda U , karar vericinin f_1 ve f_2 fonksiyonları cinsinden tanımlanan tercih yapısını, faydasını ifade etmektedir. Bu oran, belli bir noktada $(\partial U / \partial f_1) / (\partial U / \partial f_2) = r$ olduğunda karar vericinin f_2 bir birim artırıldığı sürece f_1 'deki r birim azalmaya kayıtsız kalacağını göstermektedir²².

Karar Matrisi: Farklı niteliklerin yada ölçütlerin değerlendirilebilmesi için bir A karar matrisi oluşturulmaktadır. Karar matrisi performans tablosu olarak da adlandırılmaktadır. Matrisin her bir satırı n .inci niteliğe göre i .inci seçeneğin performansını göstermektedir. Her bir sütun tüm seçeneklerin j .inci niteliğe göre karar vericinin kabul ettiği değerlendirmeleri göstermektedir²³. m sayıda seçenek ve n sayıda niteliğin yada ölçütün olduğu çok ölçütlü bir karar probleminde a_{ij} ,

²² Mollaghasemi, a.g.e., s.11

²³ Jean-Charles Pomerol, Sergio Barba-Romero, **Multicriterion Decision in Management: Principles and Practice**, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2000, s.19

$A_i, i=1, \dots, n$ seçeneğini, $C_j, j=1, \dots, n$ inci niteliğin performans göstergesi olmak üzere karar matrisi $m \times n$ boyutlu bir matristir. Karar vericinin karar ölçütlerinin göreceli önemlerini gösteren ağırlıkları, $(w_j, j=1, \dots, n)$ belirlediği varsayılmaktadır. A karar matrisi en genel biçimiyle Tablo 1.2’de gösterildiği biçimde ifade edilmektedir:

Tablo 1-1 Karar Matrisi

	C_1	C_2	C_3	...	C_n
Seçenekler	(w_1)	w_2	w_3	...	w_n
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
.				...	
.				...	
A_m	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}	...	a_{mn}

1.4.ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR PROBLEMLERİ

Çok ölçütlü karar verme, karar vermenin en çok bilinen dallarından biridir. Bu alanda çalışan çoğu yetkin yazara göre çok ölçütlü karar verme ikiye ayrılmaktadır²⁴:

- **Çok amaçlı programlama problemleri.** Yukarıda değinildiği gibi bu tür problemler, amaçları ve kısıtları fonksiyonel olarak karar değişkenleri ile ilişkilendirilen büyük sayıda olurlu seçeneklere sahip problemlerdir. Bu sınıfa giren yöntemler karar uzayının sürekli olduğu karar problemlerini incelemektedirler. Bu modellerin tipik örnekleri çoklu amaç fonksiyonlarına sahip matematiksel programlama problemleridir. Vektör ençoklama problemi olarak da bilinen bu tür problemlere ilk referans için Kuhn ve Tucker (1951) ‘e gönderme yapılmaktadır²⁵.

²⁴ Colson, a.g.e., s.1201-1211

²⁵ Triantaphyllou, a.g.e, s.1

- **Çok nitelikli (ölçütlü) karar problemleri:** Bu tür problemler seçeneklerin nitelikler cinsinden temsil edildiği göreceli olarak daha az sayıda seçeneği olan problemlerdir. Bu tür yöntemler kesikli (discrete) karar uzayına sahip problemler üzerine yoğunlaşırlar ve karar seçenekleri kümesi önceden belirlenmektedir²⁶.

1.4.1. Çok Amaçlı Programlama Problemleri

Çok amaçlı matematiksel programlama çoklu amaçları açıkça ve aynı anda matematiksel programlama çerçevesinde göz önüne alan yöntemlerdir. Temelleri Pareto'nun 1896 yılındaki çalışmasıyla atılmıştır.

Çok amaçlı programlama problemleri p amaç sayısını göstermek üzere, olurlu kararlar kümesi üzerine tanımlanmış $p > 1$ amaç fonksiyonuna sahip problemlerdir. Amaç fonksiyon sayısının iki olması durumu problemi iki ölçütlü karar verme problemine dönüştürmektedir. (Bicriteria Decision Making) . Amaç fonksiyonu sayısının ikiden çok olduğu problemler de, çok ölçütlü karar verme problemi olarak adlandırılmaktadır. Çok amaçlı karar verme problemleri, p amaç fonksiyon sayısı, m kısıt sayısı, ve x n -boyutlu karar değişkenleri vektörü olmak üzere $(x_1, x_2, \dots, x_n) \equiv X, (X \in R^n)$, matematiksel olarak şöyle ifade edilmektedir:

$$\text{Max}(f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x))$$

Kısıtlar :

$$g_k(x) \leq 0, k = 1, 2, \dots, m$$

$$x \geq 0$$

Amaçları ençoklama, her bir p ölçütünü hesaba katarak karar vericinin tercih yapısına göre amaçlar arasında en iyi uzlaşının arandığını belirtmektedir.

Problemin amaç fonksiyonu birden çok amaç fonksiyonu içeren bir vektördür. Bu nedenle problem, vektör ençoklama problemi (VMP) olarak bilinmektedir.

²⁶ a.e.

Problemin eniyi çözümü tüm amaçları olurlu bölge içinde, X , aynı anda ençoklayan çözümdür. Bu durum matematiksel olarak şöyle ifade edilmektedir ²⁷: Yalnız ve yalnız,

$$a) \quad x^* \in X$$

$$b) \quad f_i(x^*) \geq f_i(x), i=1, \dots, p \text{ ve } x \in X \text{ tüm } x\text{'ler için}$$

ise, x^* , VMP'nin eniyi çözümü olmaktadır. Başka bir ifadeyle, x^* çözüm kümesi, X olurlu bölge içinde olmak koşuluyla, bu çözüm kümesine ait değerler amaç fonksiyonlarında yerlerine konduklarında elde edilen amaç fonksiyon değerleri, diğer tüm çözüm kümelerinin amaç fonksiyonlarında yerine konmasıyla elde edilen amaç fonksiyon değerlerinden daha büyük yada en azından onlara eşitse, x^* çözümü problemin eniyi çözümüdür. Çok amaçlı karar problemlerinde amaçlar genellikle birbirleriyle çelişen amaçlardır. Bu nedenle çok amaçlı problemlerin tüm amaçları olurlu bölge içinde aynı anda ençoklayan bir çözümü bulunmamaktadır. Amaçları olurlu bölge içinde ayrı ayrı ençoklayan çözüm kümesine o amacın ideal çözümü denir. Tüm amaçları aynı anda ençoklayan çözüm genellikle olurlu bölge dışındadır, ve bu çözüm problemin ideal çözümü olarak adlandırılmaktadır²⁸. Bu tür çözümler nadiren var olmaktadır. Amaçların çelişen yapısından ötürü, başka bir deyişle bir amaçtaki herhangi bir iyileştirme diğer amaç aleyhine kötüleşmeyle sonuçlanacağından karar verici çoğunlukla herhangi bir amacında iyileştirme sağlamak için diğer bir amaçtan ne kadar özveride bulunacağı karar sorunu ile karşı karşıyadır. Bu durum amaçlar arasında değer değiş-tokuşunu gerektirmektedir.

²⁷ Ramazan Evren, Fisun Ülengin, **Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme**, İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, Sayı:1490, 1992, s.13

²⁸ a.e., s.15

1.4.1.1. Çok Amaçlı Programlama Problemlerinin Sınıflandırılması

Çok amaçlı karar problemlerini çözmek için her biri kendi özelliklerine sahip çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler farklı yollarla sınıflandırılmaktadırlar. Kullandıkları veri türüne göre²⁹ ;

- Deterministik karar verme yöntemleri
- Stokastik karar verme yöntemleri
- Bulanık karar verme yöntemleri

Karar sürecindeki karar verici sayısına göre ;

- Tek kişili karar verme yöntemleri
- Grupsal karar verme yöntemleri

Uygulama alanlarındaki kullanımlarına göre³⁰ ;

- Makroekonomik politika üretme alanlarında
- Mikroekonomik problem çözümlerinde
- Uzun-dönem stratejik kararların verilmesinde
- Kısa dönem plan ve programların hazırlanmasına yönelik kararların verilmesinde kullanılan yöntemler.

Amaç fonksiyonlarının ve kısıtların yapısına göre çok amaçlı karar verme yöntemleri:

- Amaç fonksiyonlarının ve uygun çözüm alanının sürekli olduğu modeller

²⁹ Triantaphyllou, a.g.e., s.3

³⁰ Kuruözüm, a.g.e., s.22

- Amaç fonksiyonlarının ve uygun çözüm alanının sadece kesikli değerler alabildiği modeller
- Kesikli ve sürekli değerlerin bileşimlerini kullanan modeller,

Çok amaçlı karar probleminin çözüm süreci boyunca karar verici ile olan ilişkiye göre ;

- Etkileşimsiz yöntemler
- Etkileşimli yöntemler

Yöntemlerin diğer bir sınıflandırması, problem çözümleyici ile karar verici arasındaki ilişkiye dayanan ve model çözümleri ile yargısal tercihlerini bildirme zamanına göre de yapılmaktadır. Yöntemlerin bir kısmı, problemlerin çözüm sürecinde karar verici tercihlerinin de kurulan karar modeline katılmasını gerektirmektedir. Karar verici tercihlerinin karar sürecine katılma zamanlamasına bağlı olarak çok amaçlı karar verme yöntemleri üç gruba ayrılmaktadır³¹ ;

- i. Karar vericinin tercih yapısını (preference structure) eniyileştirme sürecine başlamadan önce, tercihlerin önceden açıkça ifade edildiği yöntemler. Hedef programlama, çok nitelikli fayda yada çok nitelikli değer fonksiyonunun kullanımına dayanan yöntemler bu grupta sayılmaktadır.
- ii. Karar verici tercih yapısının eniyileştirme sürecindeki gelişmeye bağlı olarak, ardışık olarak ifade edildiği yöntemlerdir. Karar vericinin tercih yapısını eniyileştirme sürecinde ifade edebildiği etkileşimli yöntemler olarak da adlandırılmaktadırlar.
- iii. Karar verici tercihlerinin eniyileştirme sonrası ifade edildiği yöntemler. Bu yöntemler ele alınan problemin mümkün tüm baskın çözümlerini bulmaya çalışan yöntemlerdir. Karar vericinin bulunan baskın çözümler içinden birini tercih etmesi

³¹ Mollaghasemi, a.g.e., s.11

istenmektedir. Bu yöntemler içinde yaygın kullanım alanı bulmuş Veri Zarflama Analizi örnek olarak verilebilir. Bu gruba giren diğer yöntemler arasında, parametrik ağırlık yöntemi, kısıt yöntemi ve MOLP yöntemi sayılmaktadır³².

Çok ölçütlü karar verme yöntemlerini içeren en geniş kapsamlı sınıflama Tablo 1.3'deki gibi tanımlanmaktadır³³:

Tablo 1-2 Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Karar Vericiden Tercih Konusunda Bilgi İsteyen Yöntemler	Tercih Bilgisinin Başlangıçta Verildiği Yöntemler	Çözüm Süreci Boyunca Tercih Bilgisine İhtiyaç Duyan Yöntemler	Tercih Bilgisine Sonradan İhtiyaç Duyan Yöntemler
1) Global Kriter Yöntemi	Temel Tercih Bilgisine İhtiyaç Duyan Yöntemler	İkame Bilgisini Açıkça İsteyen Yöntemler	1) Çok Amaçlı Linceer Programlama
	1) Fayda Fonksiyonu Yöntemi	1) Geoffrion, Dyer ve Feinberg Yöntemi	2) ϵ Kısıt Yöntemi
	2) Sınırlandırılmış Amaçlar Yöntemi	2) Etkileşimli Hedef Programlama	3) DEA Yöntemi
	Sıralı Tercih Bilgisine İhtiyaç Duyan Yöntemler	3) Amaç Değerlerinin İkamesi Yöntemi	4) Ağırlıklandırma Yöntemi
	1) Leksikografik Yöntem	4) Zionts ve Wallenius Yöntemi	
	2) Hedef Programlama	5) Tatminkar Hedefler Modeli	
	3) Hedefe Erişme Yöntemi	İkame Bilgisini Dolaylı Olarak İsteyen Yöntemler	
		1) STEM (STEP) Yöntemi	
		2) Steuer Yöntemi	
		3) SEMOPS Yöntemi	
		GPSTEM Yöntemi	

³² Kuruüzüm, a.g.e., s.24

³³ Seyhan Sipahi, "Ülkemiz İllerinin Yaşanabilirlik Açısından Analitik Hiyerarşi Prosesi Tekniği ile Sıralanması", **Doktora Tezi**, İ.Ü Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2002, s.47

Çoklu çatışan amaçlar içeren karar problemlerinin çözümünde yönetsel karar vermeye yardımcı olan yöntemlere örnek olarak, yaygın kullanım alanı olan Hedef Programlama yöntemi verilebilir. Bilindiği gibi, çok sayıda çatışan amaç olduğunda tüm amaçları aynı anda sağlayan ideal bir çözüm olmamaktadır. Hedef programlama yaklaşımında, karar vericinin çözümleme öncesi her bir amaç için belirlediği hedef değerlerden sapmaları enazlama temel düşüncesi yatmaktadır. “Bu yöneme göre tercih edilen çözüm, bu hedef değerlerden sapmaları enazlayan çözümdür”³⁴. Bu yöntemin bir diğer yaklaşımı da, karar vericiye amaçları önceliklerine göre sıraya dizmesine olanak sağlamasıdır. Yöntem öncelikler ilişkisine göre önce yüksek öncelikli olan hedefleri tam başarmaya çalışmakta ve daha sonra öncelik ilişkisine göre sırasıyla diğer amaçlar için çözüm aramaktadır. Öncelik ilişkisine göre daha alt düzeyde bulunan amaçlar için çözüm aranırken daha üst düzeydeki amaçlar için bulunan çözümlerin bozulmaması esas alınmaktadır. Birden çok amaç aynı öncelik düzeyinde olabilmekte ve bu durumda karar verici aynı öncelik düzeyindeki amaçlara farklı ağırlıklar vererek amaçlar içinden öncelikle sağlanmasını istediği amacı belirlemiş olmaktadır.

Hedef programlama doğrusal programlamanın bir varyasyonudur. Klasik doğrusal programlamada amaç fonksiyonu tektir ve amaç fonksiyonu, var olan kısıtlar altında enazlanarak yada ençoklanarak en uygun çözüm aranmaktadır. Hedef programlamada amaç fonksiyonu ve kısıt fonksiyonlarının yapısı ve kullanımı doğrusal programlamaya göre farklıdır. Belirlenen amaçların bir kısmı yada tümü amaç fonksiyonunda yer almaktadır. Bu yöntemde amaçlar modelde ilgili amaç için belirlenen hedef değerden yada kabul edilebilirlik düzeyinden negatif yada pozitif sapmayı temsil eden sapma değişkenlerini içeren bir kısıt fonksiyonu olarak yer almaktadır. Amaçların öncelik ve ağırlık ilişkilerine göre sapma değişkenleri de amaç fonksiyonunu oluşturmaktadır. Hedef programlama sapma değişkenlerinin toplamından oluşan amaç fonksiyonunu enazlamaya çalışmakta ve bu bağlamda tüm hedef programlama problemlerinin enazlama problemi olduğu ifade edilmektedir³⁵.

³⁴ Evren, a.g.e., s.54

³⁵ Davis, K.R., McKeown, P.G., **Quantative Models for Management**, Boston, Kent Publishing Company, 1985, s.25

Hedef programlamanın üç farklı biçimi vardır³⁶:

- **Archimedean Hedef Programlama:** Ağırlıklı HP yada “minsum” olarak da bilinmekte ve hedeflerden istenmeyen mutlak sapmaların toplamını enazlamayı araştırmaktadır.
- **Chebyshev Hedef Programlama:** “Minimax” HP olarak da adlandırılmakta ve istenmeyen hedef sapmalarının en kötüsünü yada en büyüğünü enazlamayı araştırmaktadır.
- **Archimedean olmayan Hedef Programlama:** “Lexicographic” HP olarak da bilinir. İstenmeyen hedef sapmalarının oluşturduğu sıralı vektörün en küçüğünü araştırır.

Hedef programlama yöntemleri kurulan modeldeki karar değişkenlerinin fonksiyonel ilişkilerine, karar değişkenlerinin özelliklerinden alabilecekleri değerlere, teknoloji katsayılarının özelliklerine göre genel bir ayrımı şöyle yapılmaktadır³⁷:

- Amaç fonksiyonlarına göre
 - I. Doğrusal Hedef Programlama
 - II. Doğrusal olmayan Hedef Programlama
- Karar değişkenlerine göre
 - I. Sürekli değer alabilen
 - II. Kesikli değer alabilen
 - Tüm sayı olan
 - Karışık tamsayı olan
 - 0-1 değerleri alabilen
- Katsayıların özelliklerine göre

³⁶ James P. Ignizio, *Introduction to Linear Goal Programming*, Beverly Hills, Sage Publications, 1985, s.12

³⁷ Kuruüzüm, a.g.e., s.97

- I. Deterministik
- II. Stokastik
- III. Bulanık

Hedef programlamanın diğerk bir ayrımı da karar vericiyle etkileşimine bağılı olarak yapılmaktadır:

- Etkileşimli hedef programlama
- Etkileşimsiz hedef programlama

Hedef programlama yöntemi, doğrusal modeller için ilk kez 1960'lı yılların ilk yıllarında (1961) A.Charnes ve W.W.Cooper tarafından tanıtılmış ve çözüm algoritması tasarlanmıştır. Yöntem Y.Ijiri tarafından yeniden gözden geçirilmiş ve geliştirilmiştir. Doğrusal olmayan hedef programlama modellerinin çözümü için ilk yazılım 1962 yılında J.P.Ignizio tarafından geliştirilmiş ve yazılmıştır³⁸. Yöntemin ayrıntılı açıklamaları ve sayısız uygulamaları J.P.Ignizio ve Sang Lee tarafından 1970'li yıllarda gerçekleştirilmiştir.

Hedef programlama birçok gerçek hayat karar problemine uygulanabilen bir yöntemdir. İşletmenin muhasebe, finans, yöneylem araştırması, pazarlama, işgücü planlama gibi çeşitli fonksiyon ve faaliyetlerine ilişkin uygulama alanı bulan hedef programlama yöntemi daha özel olarak şu alanlarda uygulanabilmektedir³⁹:

- Medya planlama
- İşgücü planlama
- Üretim planlama
- Akademik kaynak paylaşımı
- Finansal planlama
- Öğrenci performans tahmini

³⁸ Ignizio, a.g.e., s.13

³⁹ James P. Ignizio, **Goal Programming and Extensions**, Lexington, Lexington Books, 1976, s.40

- Program seçimi ve sermaye bütçeleme
- Belediye faaliyetlerinin ekonomik planlaması

Hedef programlamanın varyasyonlarından biri olan etkileşimli hedef programlama, Archimedean ve öncelikli hedef programlamanın özelliklerini etkileşimli bir biçimde birleştiren bir yöntemdir. Bu yöntemle göre, karar verici önce $\leq, =, \geq$ biçiminde ifade edilebilen hedef türlerini belirlemekte ve bir sonraki adım da hedefler için, hedef değerlerinin, kabul edilebilirlik düzeylerini belirlemektedir. Sonra hedefler öncelik düzeylerine göre gruplandırılmakta, birden çok hedef içeren grup içindeki her bir hedef için, karar verici bir ağırlık puanı vermektedir. Model kurulduktan sonra, öncelikli hedef programlama çözüm yöntemi kullanılarak çözülmektedir. Çözüm sonrası karar verici ile çözümleyici arasında etkileşim başlamaktadır. Önce karar vericiye çözüm sonuçları sunulmakta ve hedef türünde, hedef değerlerinde, hedeflerin önceliklerinde yada ağırlıklarında herhangi bir değişiklik yapıp yapılmayacağı sorulmakta ve gerekli değişikliklerden sonra model yeniden çözülmektedir. Etkileşim süreci, elde edilen çözümün karar verici açısından tatminkar olmasına dek sürmektedir⁴⁰.

Etkileşimli hedef programlama yönteminin bir uzantısı olarak P.Korhonen tarafından 1987 yılında geliştirilen görsel etkileşimli hedef programlama (VIG) yönteminden söz edilebilir. Bu yöntemin etkileşimli hedef programlamaya katkısı, kabul edilebilirlik düzeyindeki değişimlerin etkilerini karar vericinin her aşamada görsel olarak gözlemleyebilmesidir. Yöntem kullanıcıya çok amaçlı doğrusal programlama probleminin etkin sınırı arayabilmesine olanak tanımaktadır. Yöntem, etkin sınırı arayarak karar vericiye sadece etkin, üstün çözümleri sunarak basılgın çözümleri otomatik olarak elemiş olmaktadır⁴¹.

m sayıda amaç fonksiyonuna, n sayıda karar değişkenine sahip birçok amaçlı karar problemi için genel doğrusal hedef programlama modelinin matematiksel modeli şöyle ifade edilmektedir:

⁴⁰ Mollaghasemi, a.g.e., s.63

⁴¹ a.e.

$$\begin{aligned}
Min Z &= \sum_{k=0}^t \sum_{i=1}^m P_k (w_{ik}^- d_i^- + w_{ik}^+ d_i^+) \\
s.t \\
\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ &= b_i, (i = 1, 2, \dots, m) \\
g(\mathbf{x}) &\leq 0 \\
x_j, d_i^-, d_i^+ &\geq 0
\end{aligned}$$

Burada,

$P_k \Rightarrow (P_k \gg \gg P_{k+1})$ olmak üzere **k** hedefine atanmış öncelik düzeyi

$w_{ik}^-, w_{ik}^+ \Rightarrow$ **k** öncelik düzeyinde **i** hedefine verilen ağırlık katsayısı

$d_i^-, d_i^+ \Rightarrow$ hedeflerden sapmaları gösteren negatif ve pozitif sapma değişkenleri

$a_{ij} \Rightarrow$ **i** amaç fonksiyonunda x_j karar değişkeninin teknoloji katsayısı

$b_i \Rightarrow$ **i** amacı için kabul edilebilirlik düzeyi

Doğrusal hedef programlama modellerinin çözümünde grafik çözüm ve değiştirilmiş simpleks yöntemi kullanılmaktadır. Karar değişken sayısı üçten fazla olduğunda değiştirilmiş simpleks yöntemi uygulanmaktadır.

1.4.2. Çok Nitelikli Problemler

Çok nitelikli yöntemler, Churchman ve Ackoff'un 1954 yılındaki çalışmalarıyla başlamış ve Debreu(1960), Luce ve Tukey(1964), Krantz (1964), ve Scott(1964) tarafından aksiyomlaştırılmışlardır. Bu ilk öncül çalışmalardan sonra, bu yöntemlerle ilgili gelişmeler 1970, 1980 ve 1990 yıllarında artarak süregelmektedir⁴².

Çok nitelikli problemler genellikle **n** sayıda sonlu seçenek kümesini ve göreceli olarak daha büyük **p** sayıda nitelik kümesini kapsayan türde problemlerdir. Bu gruba

⁴² Mollaghasemi, a.g.e., s.5

giren yöntemlerin hemen hemen tümü, başlangıçta $n \times p$ boyutunda hücre değerleri karar vericinin değerlendirmelerini gösteren bir karar matrisi oluşturmakta ve karar vericinin amacına göre seçenekler arasından seçme, tasnif etme, sıraya koyma yada derecelendirme işlemlerini uygulayan çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

Bu tür problemler için ortak olabilecek dört eleman bulunur: (1) karar verici (2) seçim kümesi, (3) nitelikler ve ölçütler, (4) karar matrisi.

Karar Verici: Karar probleminin çözüm sürecinde karar vericinin var olduğu varsayılmaktadır. Karar verici tek bir kişi olabileceği gibi bir grup da olabilmektedir.

Seçenek Kümesi: Problemin ikinci elemanı seçenek kümesi ya da seçeneklerdir. Karar vericinin sonlu sayıdaki seçenekler arasından seçim yapacağı varsayılmaktadır. Ayrıca, başka ifade edilmediği sürece, seçeneklerin birbirinden farklı ve karar kümesinin tümünü oluşturduğu varsayılmaktadır. Karar verici yeni seçenekler bulduğunda problem çözme sürecinin yinelenmesi gerekmektedir.

Nitelikler ve ölçütler: Karar verici seçenekler arasından seçim yaparken karar matrisinde en az bir değerlendirme satırı olduğu varsayılmaktadır. Değerlendirme satırı seçeneklerin nitelikleri (özellikleri, değerlendirme eksenini) olarak adlandırılmaktadır. Burada sınırlı sayıda ölçüt olduğu varsayılmaktadır.

Her bir seçeneğin, niteliklerin aldığı değerlere göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirme karar vericinin tam ve kesin tercihlerini gösteren ölçütlere dayandırılmaktadır. Ölçüt gerçek probleme ilişkin bir yada birkaç tercih ölçeği temelinde tanımlanmaktadır. Ölçekler sürekli yada kesikli, ordinal ve kardinal olabilmektedir. Niteliklere bu ölçek türleri kullanılarak değerler verilerek karar matrisi oluşturulmaktadır.

Karar Matrisi: Karar matrisinin satırları, karar vericinin seçenek kümesindeki herhangi bir A_i seçeneği için bir niteliğe göre sayısal ya da sembolik değerlendirmesini ifade eden a_{ij} değerlerinden oluşmaktadır.

Bu elemanların bir araya getirilmesiyle çok nitelikli karar modeli kurulmuş olmaktadır. Bundan sonraki adım, modelin çözüm aşamasını oluşturmaktadır.

Genel olarak çözüm aşamasında seçenekler arasında ikili ilişki tanımları kullanılarak, gerçek değerlere sahip olduğu varsayılan çeşitli ölçüt kavramları, f , tanımlanmaktadır. İkili ilişkiler, seçenek kümesindeki, A_1 ve A_2 gibi iki seçenek arasında, $f(A_1)$ ve $f(A_2)$ sırasıyla her iki seçeneğin f ölçütüne göre değerlendirilmelerini göstermek üzere:

- $A_1 P_f A_2$ ilişkisi, A_1 seçeneğinin A_2 seçeneğine kuvvetle tercih edildiği
- $A_1 Q_f A_2$ ilişkisi, A_1 seçeneğinin A_2 seçeneğine çok az (weakly) tercih edildiği
- $A_1 I_f A_2$ ilişkisi, A_1 seçeneği ile A_2 seçeneğine arasında kayıtsız kalındığı
- $A_1 R_f A_2$ ilişkisi, A_1 seçeneği ile A_2 seçeneğinin karşılaştırılmaz olduğu

şeklinde tanımlanmaktadır.

Bu ilişkiler kullanılarak üç farklı ölçüt kavramı tanımlanmaktadır:

- Ordinary ölçüt

Yalnız ve yalnız $f(A_1) > f(A_2)$ ise $A_1 P_f A_2$ olur.

Yalnız ve yalnız $f(A_1) = f(A_2)$ ise $A_1 I_f A_2$ olur.

- Pseudo-ölçüt: Bu ölçütte kayıtsızlık (q_f) ve tercih p_f eşik değerleri tanımlanmakta ve seçenekler arasındaki farklara uygulanmaktadır.

Yalnız ve yalnız $f(A_1) - f(A_2) > p_f(f(A_2))$ ise $A_1 P_f A_2$ olur.

Yalnız ve yalnız $p_f(f(A_2)) \geq f(A_1) - f(A_2) > q_f(f(A_2))$ ise $A_1 Q_f A_2$ olur.

Yalnız ve yalnız $q_f(f(A_2)) \geq f(A_1) - f(A_2) > 0$ ise $A_1 I_f A_2$ olur.

- Quasi-ölçüt: iki eşik değerinin, $q_f = p_f$, eşit olduğu özel bir pseudo ölçüttür.

Bu üç ölçüt türü, seçeneklerin üç farklı tercih sıralamasıyla sonuçlanmasına yol açmaktadır:

- Eksiksiz sıralama (total pre-order): $\{P_f, I_f\}$
- Pseudo-sıralama: $\{P_f, I_f, Q_f\}$
- Yarı sıralama (semi-order): $\{P_f, I_f\}$

Seçeneklerin sıralanmasında, çeşitli ölçütler arasında karşılaştırma yapmak için yaygın olarak ek bilgiler de kullanılmaktadır. Analitik Hiyerarşi Yönteminde olduğu gibi, ölçütler arasında sıradüzensel ilişkiler şeklinde ifade edilen bir yapı oluşturulmaktadır. Ayrıca, karar vericinin her bir f ölçütüne verdiği önemi gösteren ağırlıklar da verilmektedir⁴³

$$w_f \geq 0 \quad \sum_f w_f = 1$$

Birkaç niteliğin varlığı, karar vericinin amacına göre farklı problem formülasyonlarına yol açmaktadır. Çok nitelikli problem formülasyonları, karar vericinin Tablo 1.1’de verilen amaçları olduğunu varsaymaktadır.⁴⁴

⁴³ Jacques Teghem JR, C. Delhay, Pierre L. Kunsch, “An Interactive Decision System (IDSS) For Multicriteria Decision Aid, **Mathematical and Computer Modelling**”, Vol.12.No.10/11, 1989, s.1311-1320

⁴⁴ Colson, a.g.e., s.1203

Tablo 1-3 Seçenekler Kümesi Üzerinde Formüle Edilebilecek Problem Türleri

Problem Formülasyonunun Türü	Problemin Amacı	Modelin Çıktısı
α	İncelenenler arasından en uygun sayılan eylemi seçmede yardımcı olmak	Seçim yada seçme yöntemi
β	İncelenenler arasından en iyi gözüken tüm eylemleri tasnif etmede yardımcı olmak	Tasnif etme yada bölümlendirme yöntemi
γ	İncelenenler arasından en uygun gözüken eylemleri azalan tercih sırasına koymada yardımcı olmak	Sıraya koyma yada derecelendirme yöntemi

Karar vericinin amacına ve modelin çözüm sonucundan beklentisine göre çeşitli çok nitelikli karar verme yöntemleri bulunmaktadır. A, seçenek kümesi içinden “en iyi” seçeneğin aranması, Roy’un P_α problemine karşılık gelen seçme problemidir. Çok nitelikli bir karar probleminde tüm ölçütleri aynı anda sağlayan bir seçenek olmadığı durumda karar verici için mümkün olduğunca tatminkar olan seçenekler alt kümesi aranmaktadır.

İkinci tür problem formülasyonu, seçeneklerin önsel (a priori) olarak tanımlanan bir sınıfa atanması problemini kapsamaktadır. Başka bir deyişle, bu tür problemler bir tasnif etme yada sıralama problemleridir. Bu tür problemler Roy’un tanımladığı, P_β problemi olarak adlandırılmaktadır. Örneğin sınava girecek adaylar için önceden belirlenmiş üç sınıf olabilir: sınavı kazananlar, sınavda başarısız olanlar ve sözlü sınavı kazananlar. Bu durumda problem her bir sınava girecek adayların listesinin istenmesi yada bir sınıfa atanması problemi olmaktadır.⁴⁵

Üçüncü tür problemler, A seçenekler kümesinin tümünü karar vericinin tercihiye göre yeniden sıraya koyma yada derecelendirme problemidir. P_γ problemi olarak bilinmektedir.

⁴⁵ Pomerol, a.g.e., s.49

1.4.2.1. Çok Nitelikli Karar Problemlerinin Sınıflandırılması

Çok nitelikli karar problemlerinin sınıflandırılmasında çok farklı yollar bulunmaktadır . Tablo 1.3’de belirtilen problem türü, ölçüt kavramı, ve ölçüt için verilen ek bilgiler göz önüne alındığında çok nitelikli problemler için çözüm arayan yöntemlerin bir kısmını Tablo 1.4’de gösterildiği şekilde sınıflamak mümkün olmaktadır⁴⁶:

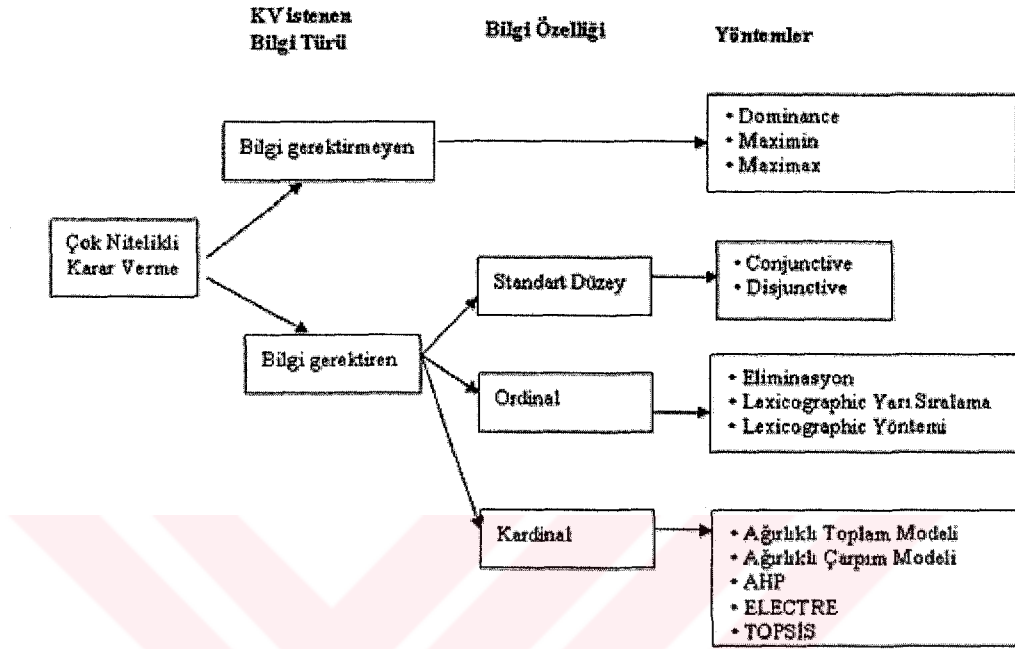
Tablo 1-4 Çok Nitelikli Karar Problemlerine Uygulanan Yöntemler

Yöntem	Ölçüt Türü	Ek Bilgi	Problem Türü
ELECTRE I	Quasi	Ağırlık	P_{α}
ELECTRE II	Quasi	Ağırlık	P_{γ}
ELECTRE III	Pseudo	Ağırlık	P_{γ}
ELECTRE IV	Pseudo	Hiçbiri	P_{γ}
PROMETHEE I	Herhangi biri	Tercih Fonksiyonu	P_{γ}
PROMETHEE II	Herhangi biri	Tercih Fonksiyonu	P_{γ}
PROMETHEE III	Herhangi biri	Tercih Fonksiyonu	P_{γ}
ORESTE	Ordinary	Eksiksiz sıralama	P_{γ}
PREFCALC	Ordinary	Ağırlık	P_{γ}
MELCHIOR	Pseudo	Herhangi bir ilişki	P_{γ}
Saaty	Ordinary	Sıradüzensel	P_{γ}

Çok nitelikli karar verme yöntemlerini karar vericiden istenen bilgi ve bilginin göze çarpan özelliklerine göre de Şekil 1.2’deki gibi sınıflandırmak da mümkündür⁴⁷:

⁴⁶ Teghem, a.g.e., s.1316

⁴⁷ Triantaphyllou, a.g.e., s.5



Şekil 1:2 Çok Nitelikli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Tablo 1.4'e bakıldığında en çok P_y türü problemlere çözüm arayan yöntemler ağırlık kazanmaktadır. Bu yöntemler genelde karar vericiden göreceli olarak az bilgi gerektiren yöntemlerdir. Derecelendirme yöntemleri seçeneklerin sırasal derecelendirilmesini (bazen sadece kısmen sıralanmasını) sağlayan çok nitelikli karar verme yöntemlerinin bir sınıfıdır. Başka bir deyişle iki seçeneğin karşılaştırılması durumunda bu yöntemler, sadece bir seçeneğin diğer seçeneğe tercih edildiğini belirten ancak ne miktarda tercih edildiğini belirtmeyen yöntemler sınıfıdır⁴⁸.

Bu sınıfa giren yöntemler seçeneklerin değerlendirilmesinde derecelendirme ilişkisini, "S", kullanırlar. Örneğin A_1 ve A_2 gibi iki seçenekli bir durumda, " A_1 S A_2 " ilişkisi, A_1 seçeneğinin en az A_2 seçeneği kadar iyi olduğu anlamına gelmektedir. Derecelendirme uyumluluk ve uyumsuzluk kavramları üstüne

⁴⁸ Mollaghasemi, a.g.e., s.41

kurulmaktadır. Uyumluluk, önemli sayıda ölçüt için A_1 seçeneğinin A_2 seçeneğine ne kadar yeğlendiğini ölçmektedir. Uyumsuzluk A_2 seçeneğinin A_1 seçeneğinden daha iyi olduğu, ne kadar ölçüt olmadığını ölçmektedir.

Derecelendirme yöntemleri olarak ELECTRE (French **EL**imination Et **Choix** Traduisant la **Realite**), PROMETHEE, TOPSIS (**T**echnique for **O**rdre **P**reference by **S**imilarity to **I**deal **S**olution – 1981), ORESTE (**O**rganization, **R**angement Et **S**ynthese de donnees relaTionnElles-1982), TACTIC (**T**raitement des **A**ctions **C**ompte **T**enu de l'Importance des **C**riteres – 1986), MAPPAC (**M**ulticriterion **A**nalysis of **P**references by means of **P**airwise **A**lternatives and **C**riterion comparisons – 1986,1990,1991), PRAGMA (**P**reference **R**anking **G**lobal frequencies in **M**ulticriterion **A**nalysis – 1988), MELCHIOR (**M**ethode d'**EL**imination et de **Choix** **I**ncluant les relation d'**ORD**re – 1984) gibi yöntemler sayılmaktadır⁴⁹. En eski ve en iyi bilinen derecelendirme yöntemi ELECTRE başlangıçta Roy(1968 yılında) tarafından önerilen bir yöntemdir. Daha sonraları bu yöntemin sırasıyla **ELECTRE II**, **ELECTRE III**, **ELECTRE IV**, **ELECTRE TRI**, **ELECTRE IS** gibi biçimleri (versiyonları) önerilmiştir. Genel adıyla ELECTRE olarak anılan bu yöntemlerin ilk ortaya çıkışları ve ne tür problemlere yanıt verdiği aşağıda Tablo 1.6'da gösterilmektedir⁵⁰.

Tablo 1-5 ELECTRE Yöntemleri ve Uygulandıkları Problem Türleri

ELECTRE	İlk Gönderme	Ağırlık Gerekli mi ?	Problem türü
I	Roy(1968)	Evet	Seçme
II	Roy ve Bertier(1973)	Evet	Derecelendirme
III	Roy(1978)	Evet	Derecelendirme
IV	Roy & Hogonnard(1982)	Hayır	Derecelendirme
IS	Roy ve Skalka (1985)	Evet	Seçme

⁴⁹ Pomerol, a.g.e., s.202

⁵⁰ a.e., s.184

ELECTRE yöntemi çok nitelikli karar verme problemlerinde en iyi seçeneğin seçiminde karar vericiye yardımcı olan bir derecelendirme yöntemidir. Bu yöntem sınırlı sayıda seçeneğin bulunduğu çok ölçütlü problemler için uygun bir yöntemdir. ELECTRE I yönteminin temel düşüncesi çoğu ölçütler için tercih edilen ve herhangi bir ölçüt için kabul edilemez memnuniyetsizlik düzeyine neden olmayan seçenekleri seçmektir⁵¹. Uyumluluk göstergesi, uyumsuzluk göstergesi, eşik değerleri ve derecelendirme ilişkisi bu yöntemin ana kavramlarını oluşturmaktadır.

ELECTRE yöntemi sınırlı sayıdaki seçenekler arasından baskın olan seçenekleri incelemekte ve karar verici için belli bir dereceye kadar uyumsuzluğun kabul edilebilir olduğu baskın çözümler alt kümesini oluşturmaya çalışmaktadır. Örneğin, A_1 seçeneği tüm ölçütler açısından A_2 seçeneğine baskın ise A_1 seçeneği baskın çözümler alt kümesine dahil edilmekte ve baskın çözümler alt kümesi karar vericinin tercihlerini gösteren derecelendirme ilişkisinin tanımlanmasıyla oluşturulmaktadır. Tercih ilişkisi A_1 ve A_2 seçenekleri arasındaki her bir ölçüt için kurulmakta ve sonra bu tercih ilişkileri derecelendirme ilişkisini oluşturmak için her bir seçenek için birleştirilmektedir. Bu ilişki her bir düğümü baskın seçeneği temsil eden çizgeyi kurmak için kullanılmakta ve sonuç olarak elde edilen çizge yardımıyla tercih edilen seçenekler belirlenmektedir.

Derecelendirme ilişkisini kullanan diğer yöntem TOPSIS yöntemidir. TOPSIS (for the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi Yoon ve Hwang tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntemin dayandığı temel kavram şöyle açıklanmaktadır: Seçilecek seçenek, geometrik anlamda ideal çözümden en kısa uzaklığa ve anti-ideal çözümden en uzun uzaklığa sahip olmalıdır. Yöntem her ölçütün yeknesak olarak artan yada azalan fayda eğilimi olduğunu varsaymaktadır. Seçeneklerin ideal çözüme göreceli yakınlığını değerlendirmek için Öklit uzaklık yaklaşımı önerilmektedir. Böylelikle, seçeneklerin tercih sırası bu göreceli uzaklıkların karşılaştırılması ile elde edilmektedir⁵².

⁵¹ Girish, H.Subramanian, Gershon, M., "The Selection of Computer Aided Software Engineering Tools: A Multi-Criteria Decision Making Approach", *Decision Science*, Vol.22,1991, s.1109-1123

⁵² Triantaphyllou, a.g.e, s.18

Yöntemin başlangıcında önce, m seçenek sayısını ve n ölçüt sayısını göstermek üzere her bir elamanı, x_{ij} , i .inci seçeneğin j ölçütü cinsinden performans ölçüsünü gösteren bir karar matrisi oluşturulmaktadır.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Karar matrisinin oluşturulmasından sonra TOPSIS yöntemi aşağıdaki adımları izleyerek çözüme varmaktadır⁵³.

Adım 1: Birinci adımda normalize edilmiş karar matrisinin, R , elemanları hesaplanmakta:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}}$$

Adım 2: İkinci adımda, karar vericinin tanımladığı ve toplamı $\sum w_i = 1$ olan $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ağırlıkları kullanılarak ağırlıklı normalize karar matrisi hesaplanmakta:

$$V = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & w_3 r_{13} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & w_3 r_{23} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & w_3 r_{m3} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 3: A^+ , ideal ve A^- , anti-ideal çözümleri göstermek üzere:

⁵³ a.e., s.18-21

$$A^* = \{(\max_i v_{ij} \mid j \in J), (\min_i v_{ij} \mid j \in J'), i = 1, 2, 3, \dots, m\}$$

$$= \{v_{1*}, v_{2*}, \dots, v_{n*}\}$$

$$A^- = \{(\min_i v_{ij} \mid j \in J), (\max_i v_{ij} \mid j \in J'), i = 1, 2, 3, \dots, m\}$$

$$= \{v_{1-}, v_{2-}, \dots, v_{n-}\}$$

tanımları kullanılarak ideal ve anti-ideal çözümler belirlenmektedir.

Bu tanımda,

$J = \{j=1, 2, 3, \dots, n \text{ ve } j \text{ karar vericinin seçenekler arasında en büyük değeri almasını istediği ölçütlerle ilgilidir.}\}$

$J' = \{j=1, 2, 3, \dots, n \text{ ve } j \text{ karar vericinin seçenekler arasında en küçük değeri almasını istediği ölçütlerle ilgilidir.}\}$

Adım 4: n-boyutlu Öklit uzaklık yöntemi kullanılarak her bir seçenek için ideal ve anti-ideal çözümden ayrılma uzaklıkları hesaplanmakta:

$$S_{i*} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j*})^2}, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$S_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j-})^2}, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

Adım 5: Herhangi bir A_i seçeneğinin, A^* ideal çözümüne göreceli yakınlığı,

$$C_{i*} = \frac{S_{i-}}{S_{i*} + S_{i-}}, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$1 \geq C_{i*} \geq 0$$

$A_i = A^*$ ise $C_{i*} = 1$ ve $A_i = A^-$ ise $C_{i-} = 0$ olur.

tanımı kullanılarak hesaplanmakta,

Adım 6: En uygun seçenek C_{i*} 'ın tercih sırasına göre belirlenmekte ve ideal çözümden en kısa uzunluğa sahip seçenek, tercih edilen seçenek olmaktadır.

Çok nitelikli karar problemlerinin çözümünde sıklıkla başvurulmuş ve yaygın olarak kullanılan yöntemlerden bir diğeri de AHP yöntemidir. Çok nitelikli bir karar probleminde karar verici için ölçütlerin her biri önemliyse çeşitli seçeneklerden bu ölçütleri en iyi biçimde sağlayacak birini seçmek zor olmaktadır. AHP çok nitelikli bir problemde en iyi seçeneğin belirlenmesinde hem nesnel hem de öznel etkenleri göz önüne alan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biridir. AHP seçeneklerden en iyisinin belirlenmesinde fikirlerin, duygu ve heyecanların karar seçeneklerinin sayısal bir ölçekle sıralanmasını sağlayacak şekilde ölçüldüğü durumlara farklı bir yaklaşım getiren bir yöntemdir⁵⁴. AHP, özgün olarak Thomas Saaty tarafından 1970 yılların ortalarında geliştirilmiştir. Yöntem başlangıcından bu yana ekonomi, planlama, enerji politikaları, sağlık, çatışma çözümü, proje seçimi ve bütçe dağıtımı gibi çok çeşitli dallarda uygulama alanı bulmuş bir yöntemdir.

AHP genel olarak şu tür problemlere uygulanabilmektedir⁵⁵:

- ◆ Önceliklerin belirlenmesi
- ◆ Seçenek kümesi oluşturma
- ◆ En iyi politika seçeneğini seçme
- ◆ İhtiyaçların belirlenmesi
- ◆ Kaynak Tahsisi
- ◆ Risk değerlendirme
- ◆ Performans ölçme
- ◆ Sistem Tasarlama
- ◆ Eniyileme
- ◆ Planlama
- ◆ Çatışma çözümü
- ◆ Sistem dengesini sağlama
- ◆ Maliyet ve yararları kullanarak karar verme.

Bu yöntem üç temel ilkeye dayanmaktadır⁵⁶.

⁵⁴ Hamdy A. Taha, **Yöneylem Araştırması**, çev., Ş.Alp Baray, Şakir Esnaf, İstanbul, Literatür, 2000, s.511

⁵⁵ Saaty, L.T., Vargas, L.G., **Prediction, Projection, and Forecasting**, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2001, s.12-13

- Ayrışma ilkesi
- Karşılıklı yargılama ilkesi
- Önceliklerin bileşimi (sentezi) ilkesi

Ayrışma ilkesine göre karar problemi sıradüzen (hiyerarşik) bir yapı göstermekte ve bu yapı çeşitli düzeylere ayrılabilir. Böylece karmaşık problemler, problemi oluşturan bileşenlerin sıradüzen ilişkilerinin belirlenmesi sayesinde daha anlaşılabilir bir duruma getirilebilmektedir⁵⁷. Bu sıradüzen yapının en üst düzeyinde genel amaçlar ve hedefler bulunmaktadır. Örneğin, çeşitli yatırım seçenekleri arasından (döviz, hisse senedi, hazine bonosu,vb.) çeşitli ölçütlere göre değerlendirilmeleri sonucu en iyi yatırım aracının seçimi probleminde amaç en iyi yatırım aracının seçimi kararıdır. Sıradüzende bir alt düzey, alt amaçları, ölçütleri ve alt ölçütleri kapsamakta ve yapının en alt düzeyini, seçenekler oluşturmaktadır.

Karşılıklı yargılama ilkesi, seçeneklerin herhangi bir ölçüte göre ikili karşılaştırmasını ifade etmektedir. İkili karşılaştırmalar göreceli önem ölçeğine göre yapılmakta ve bir faktörün bir diğerine olan göreceli önemi Tablo 1.6 'da verilen karşılaştırma ölçek tablosu kullanılarak yerine getirilmektedir⁵⁸.

Tablo 1-6 Karşılaştırmada Kullanılan Önem Dereceleri Tablosu

Önem Derecesi	Göreceli Önemi	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	Her iki etmen aynı öneme sahiptir.
3	Orta derecede önemli	Bir etmen diğerine göre biraz daha önemlidir
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir etmen diğerinden kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir etmen diğerine göre yüksek derecede kuvvetle tercih edilmektedir.
9	Mutlak derecede önemli	Etmenlerden biri diğerinden çok yüksek derecede önemlidir.
2, 4, 6, 8	Ara değerler	İki etmen arasındaki tercihte küçük farklar olduğunda kullanılır.
Önem Derecesinin Ters (1/x)	İki seçenek karşılaştırıldığında biri x önemde ise diğeri (1/x) önem derecesindedir.	

⁵⁶ Mollaghasemi, a.g.e., s.34

⁵⁷ Timor, a.g.e, 213

⁵⁸ A.e., s.215

Karşılaştırmalar sonucu elde edilen değerlendirme sonuçları, satırları seçenekleri sütunları ölçütleri gösteren bir karşılaştırma matrisinde toplanmakta ve matrisin her bir elemanı bir sonraki adımda herhangi bir düzeydeki yerel öncelikleri gösteren oran ölçülerini çıkarsamak için kullanılmaktadır⁵⁹.

Önceliklerin birleşimi ilkesi; her bir sıradüzen düzey için yerel öncelikleri gösteren oran ölçüleri, seçenekleri bütünsel olarak derecelendiren öncelikler kümesini oluşturmada kullanılmaktadır.

AHP'nin kullanımı dört varsayıma dayanmaktadır⁶⁰:

- **İki taraflılık.** Birinci varsayım, ikili karşılaştırmalarda kullanılan ölçekle ilgilidir. Karşılaştırmaların göreceli önem ölçeğine göre yapıldığını varsaymaktadır. Herhangi iki seçeneğin karşılaştırılmasında yada bir ölçüte göre karşılaştırılmasında, örneğin A_1 seçeneği A_2 seçeneğine göre 3 kat daha önemliyse, A_2 seçeneği de A_1 'e göre $1/3$ oranında önemlidir.
- **Türdeşlik.** Karşılaştırılacak değerler arasında türdeşlik olması varsayımdır. Türdeşlik olmaması durumunda karşılaştırmaların tutarlı olabilmesi için ölçütler yada seçenekler daha türdeş yapılarda toplanmalıdır. Herhangi bir etmen bir diğeriyle kesinlikle karşılaştırılmaz ise kümeleme teknikleri uygulanarak karşılaştırmaların yapılması olası hale getirilmektedir⁶¹. Örneğin bir araba alıcısının fiyat düzeyinde 400 milyarlık bir Jaguar ile 8 milyarlık bir yerli otomobili karşılaştırması tutarlı değildir. Alıcının seçenekler arasından daha iyi bir seçim yapabilmesi için otomobillerin binek, spor, yarış gibi çeşitli ölçütlere göre sınıflandırılacak türdeş gruplar içindeki seçenekleri karşılaştırması daha tutarlı olacaktır.
- **Sıradüzensel bileşim.** Sıradüzensel yapı kurulurken her bir düzeydeki elemanlar arasındaki içsel ve dışsal bağımlılıklar göz önüne alınmaktadır.

⁵⁹ Mollaghasemi, a.g.e., s.34

⁶⁰ A.e.

⁶¹ Saaty, a.g.e., s.18

Birkaç düzeyli bir sıradüzensel yapıda, yapıyı oluşturan elemanların ayrıştırılması, daha ayrıntılı elemanların yüksek düzeyli amacın altında kümelenmesini gerektirmektedir. Başka bir deyişle, düşük düzeyli elemanlar bağlı oldukları bir üst düzeye bağlı olmaktadır. Herhangi bir düzeydeki elemanlar da, başka düzeydeki bir özelliğe göre kendi içlerinde birbirlerine bağlı olmalıdır ve buna içsel bağımlılık adı verilmektedir.

- **Sıradüzensel yapının eksiksiz olması.** Bu varsayım sıradüzensel yapı kurulurken değerlendirmeye alınacak hiçbir seçeneğin yada ölçütün yapı dışında bırakılmaması ile ilgilidir.

AHP yönteminin uygulama sürecinin ilk adımı, seçenekleri değerlendirmede kullanılacak ölçüt yada niteliklerin belirlenmesi adımıdır. Bir sonraki adımda belirlenen nitelikler, sıradüzensel bir yapıda düzenlenmektedir. Sıradüzensel yapının her düzeyi, birkaç ölçütten oluşmakta ve her ölçüt de sırasıyla alt ölçütlere ayrıştırılmaktadır. Sıradüzensel yapının en alt düzeyini seçenekler oluşturmaktadır.

Sıradüzensel yapının kurulmasından sonra yapıdaki her bir elemanın öncelikleri yada göreceli önemleri belirlenmektedir. Bu işlem elemanların hemen bir üst düzeydeki elemana göre ikili karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu karşılaştırmaların sonuçları bir İkili Karşılaştırma Matrisi'nde toplanmakta ve önem derecelerinin belirlenmesi sıradüzensel yapının en üst düzeyinden başlanarak en alt düzeye dek sürmektedir. Verilen bir düzeydeki ölçütün önem derecesi bağlı olduğu bir üst düzey ölçüte göre belirlenmektedir. Örneğin dört ölçütlü ve beş seçenekli bir problemde beş ayrı ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır. Bir matris ölçütlerin kendi içlerindeki ikili karşılaştırma sonuçlarını içeren matris, ve her bir ölçüte göre seçeneklerin ikili karşılaştırma sonuçlarını içeren dört matris olacaktır. AHP'de kullanılan beş seçenekli bir problem için ikili karşılaştırma örneği aşağıda verilmektedir.

Ölçüt j	Seçenek 1	Seçenek 2	Seçenek 3	Seçenek 4	Seçenek 5
Seçenek 1	1	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
Seçenek 2	$1/a_{12}$	1	a_{23}	a_{24}	a_{25}
Seçenek 3	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1	a_{34}	a_{35}
Seçenek 4	$1/a_{14}$	$1/a_{24}$	$1/a_{34}$	1	a_{45}
Seçenek 5	$1/a_{15}$	$1/a_{25}$	$1/a_{35}$	$1/a_{45}$	1

Önem derecelerinin belirlenmesi şöyle yapılmaktadır: ikili karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra matrisin her bir sütun elemanı kendi sütun toplamına bölünerek ve normalleştirilen matrisin, N , her bir satırının toplamı alınmakta ve her bir satır toplamı tüm satırların toplamına bölünerek normalleştirilmektedir. Böylelikle **önem dereceleri (ağırlıkları)** belirlenmiş olmaktadır. Normalleştirilen matrisin tüm sütun elemanları diğer sütun elemanlarının benzeri ise ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu kabul edilmektedir. Tutarlılık, karar vericinin ölçütleri yada seçenekleri ikili karşılaştırmasında tutarlı bir yargıyla değerlendirmesinin bir ifadesidir. Örneğin, karar verici ikili karşılaştırmasında birinci etmenin ikinci etmeden kuvvetli derecede önemli olduğunu, ikinci etmenle üçüncü etmenin eşit derecede önemli olduğunu belirttikten sonra, birinci ve üçüncü etmenlerin karşılaştırılmasında karar vericinin tutarlı olması açısından birinci etmenin üçüncü etmeden de kuvvetli derecede önemli olduğunu belirtmesi gerekmektedir. Ancak üçüncü etmenin birinciden kuvvetli derecede önemli olduğunu belirtirse, karar vericinin yargısında bir tutarsızlık olduğu kabul edilmektedir. Matematiksel olarak bir ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılığı şöyle ifade edilmektedir⁶²:

Tüm i, j , ve k için $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$ olmalıdır.

Tam tutarlı bir ikili karşılaştırma matrisi, A , tüm sütun elemanları türdeş bir normalleştirilmiş N matrisi ile sonuçlanmalıdır⁶³:

⁶² Taha, a.g.e., s.524

⁶³ A.e.

$$N = \begin{bmatrix} w_1 & w_1 & \dots & \dots & w_1 \\ w_2 & w_2 & \dots & \dots & w_2 \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ w_n & w_n & \dots & \dots & w_n \end{bmatrix}$$

A matrisi tutarlı ise, A matrisi, N matrisinin i.inci sütun elemanlarının w_i ile bölünebilmesiyle elde edilebilmelidir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

A ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olması için sadece ve sadece $Aw = nw$ olmalıdır⁶⁴.

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ . \\ . \\ nw_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix}$$

A karşılaştırma matrisi tutarlı değilse tutarlılık oranı **C.R** hesaplanmakta ve bu oran üç faktörün fonksiyonu olmaktadır: a) ikili karşılaştırma matrisinin boyutu

⁶⁴ A.e., s.525

(NxN) **b) R.I** rastgele uyum göstergesi **c)** baskın özdeğer ($\lambda_{\max}$) ⁶⁵. Tutarlılık oranı şöyle hesaplanmaktadır:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad CI = \frac{n_{\max} - n}{n - 1} \quad RI = \frac{1.98(n - 2)}{n}$$

CI = A matrisinin uyum göstergesi

RI = A matrisinin rastgele uyum göstergesi

$n_{\max}$ şöyle hesaplanmaktadır: Tutarlı bir A karşılaştırma matrisi normalleştirilir ve bu normalleştirilmiş matrisin her bir satırının ortalaması alınarak $\bar{w}_i$ ağırlıkları hesaplanır .Faktör ağırlıklarının A matrisi ile çarpımından elde edilen vektör elemanlarının toplamı, $n_{\max}$ değerini vermektedir⁶⁶.

$$n_{\max} = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{w}_j \right)$$

Rastgele uyum göstergesi, çeşitli n değerleri için aşağıda verilen Tablo 1.8 ‘den elde edilmektedir⁶⁷.

Tablo 1-7 Rastgele Uyum Gösterge Tablosu

N	2	3	4	5	6	7	8
R.I	0,00	0,52	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41

Kabul edilebilir tutarlılık oranı **CR < 0,1**’dir. **CR** oranı K0,1’den büyük çıkarsa karar vericinin A karşılaştırma matrisindeki ikili karşılaştırmaları yeniden gözden geçirmektedir.

⁶⁵ Mollaghasemi, a.g.e., s.39

⁶⁶ Taha, a.g.e., s.526

⁶⁷ Saaty, a.g.e., s.17

Süreçteki son adım seçeneklerin her bir ölçüte göre belirlenmiş önem dereceleri ile sıradüzensel yapının en alt düzey ölçüt ağırlıklarının birleştirilmesidir. Birleştirme sonucu en yüksek ağırlığa sahip seçenek en uygun seçenek olmaktadır.

1.4.3. VZA ve Çok Ölçütlü Karar Verme İlişkisi

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri içinde tercih bilgisine sonradan ihtiyaç duyan yöntemler sınıflandırmasına giren DEA⁶⁸ yönteminin temel odağı, tükettikleri girdi miktarı ve ürettikleri çıktı miktarı farklı olan çok sayıda karar birimlerini karşılaştırmaktır. Karar birimleri kamu sektörüne bağlı okullar, hastaneler, bakım birimleri vb. karar birimleri olabildiği gibi özel sektörde faaliyet gösteren birimler de olabilmektedir. Yöntemin genel amacı çeşitli ölçütlere göre en uygun olan çok sayıdaki karar birimlerinden birini seçmekten çok, mühendislik oranı olarak ifade edilen çıktıların ağırlıklı toplamının girdilerin ağırlıklı toplamına oranı temelinde etkinliklerini belirlemek ve etkinsizliğin ortaya çıktığı kaynakları ve miktarlarını saptamaktır. Bunun yanında yöntem, tahmini bir üretim fonksiyonu elde edilmesini sağlamak ve bu üretim fonksiyonu değerlendirmeye alınan gözlem kümesindeki karar birimlerinin karşılaştırabilecekleri bir benchmark (kıyas) oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak, karar birimlerinin etkinliklerine göre sıraya konabilmesi yada derecelendirilebilmeleri mümkün olmaktadır⁶⁹.

VZA ve çok ölçütlü karar verme problemi arasındaki ilişkiyi şöyle ifade etmek mümkündür: Etkinliği değerlendirmeye alınacak karar birimlerinin ($k=1,...,n$), girdileri ($x_{ki}, i=1,...,m$) enazlanacak, çıktıları ($y_{kr}, r=1,...,s$) ençoklanacak karar ölçütlerini oluştursun; etkinlik için tanımlanan mühendislik oranı kullanıldığında her bir karar birimi (k), kendisi için en uygun çıktı (u_{kr}) ve girdi (v_{ki}) ağırlıklarıyla etkinliğini(e_k) ençoklamak isteğinde olacaktır:

⁶⁸ DEA Türkçe yazında VZA(Veri Zarflama Analizi) olarak kullanılmaktadır. Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde bu geleneğe uygun olarak gerektiğinde VZA kısaltması kullanılmaya çalışılmıştır.

⁶⁹ Theodor J. Stewart, " Relationships between Data Envelopment Analysis and Multicriteria Decision Analysis", **Journal of the Operational Research Society**, 1996, Vol.47, No.5, s.654-665

$$e_k = \frac{y_{k1} + \dots + y_{ks}}{x_{k1} + \dots + x_{km}}$$

Tüm ağırlıkların ($u_{kr}, v_{ki} \geq 0$) olma ve tüm etkinliklerin $[0,1]$ aralığında hesaplanması kısıtları altında problem, çok ölçütlü karar problemi olarak şu biçimde ifade etmek mümkün olmaktadır⁷⁰:

$$\begin{aligned} & \text{Max } e_k \\ & \text{s.t} \\ & u_{kr}, v_{ki} \geq 0; r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \\ & e_k \leq 1; k = 1, \dots, n \end{aligned}$$

Bu çalışmada üniversite etkinliklerinin ölçülmesinde ve üniversitelerin etkinlik ölçülerine göre sıraya konmasında yada derecelendirilmesinde VZA yöntemi kullanılmaktadır. Yöntemin ayrıntılı açıklamaları ikinci bölümde verilmeye çalışılmaktadır.

⁷⁰ J Doyle, R. Green, "Data Envelopment Analysis and Multiple Criteria Decision Making", **Omega**, Vol.21., No.6., 1993, s.713-715

İKİNCİ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE TEMEL MODELLERİ

2.1.GİRİŞ

İşletmeler insan ihtiyaçlarını karşılamak üzere pazar ortamında –değişen teknoloji, çevre ve artan rekabet koşullarında- etkinlik gösterirken varlığını sürdürme ve büyüme yönünde karlılığını ençoklama amacıyla olan karar birimleridir. İşletme için verilen bu tanıma göre işletmeler belirlenen amaçlar doğrultusunda ihtiyaçları karşılamak üzere etkinlik gösterirler. Ancak işletmeler değişen çevre ve diğer koşulların zorladığı kıt kaynaklarla etkinlikte bulunmak durumundadırlar. Kıt kaynakların varlığı sorununu aşmak için işletmelerin kaynakları en verimli bir şekilde kullanmalarını gerektirmektedir. Başka bir deyişle işletmeler varlıklarını sürdürebilmek ve büyüme için verimli çalışmak zorundadırlar.

Maliyeti enazlama, karı ençoklama ve etkin üretim gibi temel yönetsel hedeflere erişebilmek için çağdaş işletmeler başlıca iki alt sisteme gereksinim duymaktadırlar. Birincisi, geçmişe yönelik faaliyetlerdeki başarı düzeyinin ölçülüp değerlendirilmesi için gerekli olan “kontrol” alt sistemidir. Bu alt sistem, arzulan sonuçlara ne ölçüde erişildiğini yada erişilemediğini araştırmaktadır. Eğer bir işletme, sahip olduğu kontrol alt sistemi sayesinde, kendisinin ve rakiplerinin güçlü ve zayıf yönlerini zamanında saptayabilir ve gerekli önlemleri zamanında alabilirse pazar dinamiği içindeki başarı düzeyini artırma şansına sahip olabilir. Aksi takdirde, söz konusu işletmenin uzun vadede ayakta kalabilme şansı oldukça düşüktür. İkinci alt sistem, kontrol alt sisteminin ürettiği bilgilerin ışığı altında ileriye yönelik kararların alınması için gerekli olan “planlama” alt sistemidir. Söz konusu bu iki alt sistemin eşzamanlı ve uyumlu olarak yürütülmesi, işletmelerin rekabet güçlerini ve başarı düzeylerini artırmalarına olanak sağlar¹.

Çağdaş yöneticiler, işletmelerinin çıktılarıyla girdileri arasındaki ilişkileri ele alan verimlilik düzeylerini doğru olarak ölçebildikleri oranda ileriye yönelik

¹ Reha Yolalan, R., *İşletmelerarası Görelî Etkinlik Ölçümü*, Ankara, MPM Yayınları, No:483, 1993, s.3

planlama faaliyetlerini etkin duruma dönüştürebilecekleri gerçeğini kavramışlardır. Bu nedenle, her işletmenin kendi örgütsel yapısına uygun bir şekilde geliştirilmiş olan kontrol alt sistemi bünyesindeki verimlilik ölçütleri işletmenin gelecek dönemlerdeki başarıları açısından çok yararlı göstergelerdir².

Ekonomik anlamda verimlilik şöyle tanımlanmaktadır:

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

Bu tanımda girdi, genellikle hammadde, sermaye ve emek gibi kaynaklardır. Çıktı bu girdilerden pazar payı, kar marjı, üretilen ürün miktarı gibi üretilen maddelerdir. Verimlilik göstergesi olarak bu oranının en büyük olması istenir. Başka bir ifadeyle, işletme ihtiyaçlarını karşılamak için faaliyette bulunurken, kıt kaynak kısıtı altında belirli bir girdiyle enbüyük (maksimum) çıktıyı elde etmeye çaba göstermelidir. Bu verimlilik oranı, tek başına işletmenin etkin olduğunu göstermekte yeterli bir ölçü değildir. Karar birimlerinin verimliliklerini birbirinden bağımsız olarak ölçmek mümkün olduğundan, bu anlamda verimlilik göreceli (relative) bir kavram değildir. İçinde bulunduğu sektörde aynı girdileri kullanarak aynı çıktıları üreten rakip işletmelerin verimlilikleri de göz önüne alınmalıdır. Kendisine rakip olan işletmelerin verimlilikleriyle karşılaştırıldığında ancak bir işletmenin verimli olup olmadığı öne sürülebilmektedir. Bu durumda işletmenin verimliliği göreceli verimlilik özelliği kazanır. Faaliyette bulundukları çevreye göre verimi düşük olan işletmelerin kıt kaynakları daha özenli kullanmak zorunda oldukları ortadadır. Öyleyse işletmeler çıktılarını üretirken hangi kaynaktan ne miktarda kullanacaklarına ilişkin ekonomik kararlar vermek durumundadırlar.

İşletme verimliliklerinin ölçülmesine ve karşılaştırılmasına yönelik olarak kullanılan yöntemler üç gruba ayrılmaktadır³:

- Oran analizleri
- Parametrik Yöntemler
- Parametrik Olmayan Yöntemler

² a.e

³ İnan, E.A., "Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon sürecinde Bankacılıkta Etkinlik", **Bankacılar Dergisi**, Sayı.34, 2000, s.82-96

Oran analizleri kapsam ve amaç açısından tek boyutlu analizlerdir. “Bu yöntem bir tek girdi ile bir tek çıktının birbirleriyle oranlanması sonucu oluşan bir oranın zaman içinde izlenmesi şeklinde uygulanmaktadır”⁴. Çoğunlukla işletmelerin alt birimlerinin verimliliklerini ölçmek için kullanılırlar. Örneğin bankacılıkta kullanılan, Net Kar/Toplam Aktifler, Net Kar/Öz Sermaye gibi karlılıkla ilgili oranlar, Personel Giderleri/Toplam Aktifler, Net Faiz Geliri/Personel Sayısı gibi insan gücü verimliliği ile ilgili oranlar, Toplam Aktifler/Şube Sayısı, Toplam Krediler/Şube Sayısı gibi şube verimlilikleriyle ilgili oranlar örnek olarak verilebilir. Verilen bu oranlar özenle incelendiğinde ancak tek bir çıktı ve tek bir girdi arasında yorum yapmayı zorunlu kıldığı görülmektedir. İşletmenin genel verimliliği hakkında yorum yapmaya olanak tanımadıkları gibi çok girdi çok çıktı olması durumunda işletme verimliliğine ilişkin inceleme yapma olanağı tanımamaktadırlar. Oysa, verimlilik ölçümü çalışmalarında değişik oranların en anlamlı bir şekilde ağırlıklandırılarak tek bir ölçütün türetilmesine fazlasıyla gereksinim duyulmaktadır. Örneğin, kısmi verimlilik kavramı toplam üretim miktarını tek bir girdi ile ilişkilendiren bir orandır. Bu bağlamda, oran analizi tek boyutlu bir yöntem olarak görülmektedir⁵.

Parametrik yöntemlerde genel olarak bir gözlem kümesi vardır ve bu küme içinde en iyi performansın regresyon çizgisi üzerinde olduğu varsayılmaktadır. Bu çizgiden sapma göstermeyen gözlemler etkin; bu gözleme göre başarısız olan diğer gözlemler de etkinsiz olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte hiçbir gözlemin tam olarak çakışmadığı bir etkinlik sınırının bulunması her zaman mümkün olmaktadır. Bu yöntemlerde çözümleyici, bağımsız (girdi) ve bağımlı (çıkıtı) arasındaki ilişkileri doğrusal ilişki yöntemlerini kullanarak incelemektedir. Geometrik olarak basit doğrusal ilişki yöntemi, xy düzleminde gözlemlenen tüm noktalar arasındaki uzaklığın kareli toplamını enazlayan bir denklem hesaplamaktadır. Başka bir deyişle, ilişki analizi gibi geleneksel istatistik yöntemler merkezi eğilimleri aramakta ve ana kütle ortalamaları üzerine odaklanmaktadır. Ortalamalar üzerine odaklanma, bireysel

⁴ A.e.

⁵ Yolalan, a.g.e., s.5

gözlemler arasındaki farklılıkları belirsizleştirmekte ve gözlemlerdeki uç değerler analizi ters yönde etkilemektedirler⁶.

Parametrik yöntemler her zaman rassal hatanın olacağını varsaymaktadır. Tam etkin olan gözlemler hatanın sıfır olduğu gözlemlerdir. Dolayısıyla, bir gözlemin etkinsiz olduğuna ancak ölçüm hatalarının giderilmesinden sonra karar verilebilmektedir⁷. Bunun yanında, parametrik yöntemler, örneğin regresyon analizi, mutlak surette işletme etkinliğine ilişkin üretim fonksiyonunun belli bir analitik formunun varlığını varsaymaktadır. Bu yöntemlerde, birden fazla açıklayıcı değişken ve bir tane açıklanan değişken kullanabilmek mümkün olduğundan, tek girdi tek çıktı ve tek çıktı çok girdili durumlar için uygun verimlilik ölçümleri ve değerlendirmeleri için kullanılabilirler. Bununla birlikte, çok girdi ve çok çıktı bir durumda verimlilik analizi yapmak mümkün olamamaktadır. Başka bir ifadeyle bu yöntemler de işletmenin genel verimliliği konusunda analiz yapmaya olanak tanımamaktadırlar. Parametrik yöntemler işletmeleri ortalama bir verimliliğe göre karşılaştırarak verimlilikleri hakkında yorum yapma olanağı tanır. Kısaca bu yöntemler ortalama verimliliğe odaklanmış yöntemlerdir.

Verimlilik ölçülmesi ve değerlendirilmesinde kullanılan diğer bir yaklaşım da parametrik olmayan yöntemlerdir. Bu yöntemler daha önce sözü edilen iki yöntemin işletmenin genel etkinliğinin değerlendirilmesiyle ilgili yetersizliklerini ortadan kaldırarak bu konuda verimlilik analizi yapmaya olanak sağlarlar. Ayrıca bu yöntemler, parametrik yöntemlerin önceden belirlenmiş bir üretim fonksiyonunun varlığına ilişkin öngörüye gerek duymadan verimlilik analizi yapılabilir. Öte yandan bu yöntemler çok girdi çok çıktı olması durumunda da verimlilik analizine olanak tanımaktadırlar. Girdi ve çıktılar ölçüm birimlerinden bağımsız olduklarından işletmenin değişik boyutlarının aynı zamanda ölçülebilmesi mümkün olmaktadır.

Parametrik olmayan yöntemlerden en tanınmış ve yaygın kullanım alanı bulmuş olan yöntem, yabancı yazında DEA (Data Envelopment Analysis), Türkçe

⁶ B. H. Nathanson, T.L. Higgins, R. J. Giglio, I.A. Munshi, J. S. Steingrub, "An Explatory Study using DEA to Assess Neurotrauma Patients in the Intensive Care Unit", **Health Care Management Science**, Vol.6, 2003, s.43-55

⁷ İnan, a.g.e., s.85

yazında VZA (Veri Zarflama Analizi) olarak bilinen yöntemdir. Yöntem doğrusal programlama teorisinin prensiplerine dayanan ve özellikle “karar birimlerinin” görelî etkinliklerini ölçmek ve değerlendirmek için geliştirilmiş parametresiz bir yöntemdir. VZA, özgün olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından Farrell’in sınır üretim fonksiyonları kavramına dayanılarak, kamu programlarına katkıda bulunan, önce kar amacı gütmeyen kuruluşların teknik etkinliklerini ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. VZA, geleneksel istatistik yöntemlerin tersine merkezi eğilimler yerine gözlem kümesi içinde iyi performans gösteren uç değerlere sahip gözlemlerin faaliyetlerini anlamaya çalışmaktadır. Matematiksel olarak VZA, regresyonun genelleştirilmiş bir biçimidir. VZA, tüm veri noktaları için eniyileştirilmiş tek bir denklem hesaplamak yerine n karar verici birim sayısı olmak üzere, n sayıda doğrusal program hesaplamaktadır. Yöntemin ilgi alanı ortalama faaliyet gösteren bir karar verici birim yerine en iyi performansı, başka bir ifadeyle enbüyük etkinliği gösteren karar birimleri olmaktadır.⁸

2.2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE UYGULAMA ALANLARI

Doğanın etkinliği araması düşüncesi bilimsel düşünmenin başlangıcına uzanmaktadır. 18 yüzyılda Pierre de Maupertius (1698-1759), hareket halindeki tüm nesneler için doğanın en etkin yolu seçtiğini ifade eden, biyoloji, jeoloji, ve hatta teoloji gibi farklı disiplinlere de uygulanabileceğine inandığı Asgari Eylem İlkesini (Principle of Least Action) önermiştir. Daha sonra gelen bilim adamları Pierre de Maupertius’un bu düşüncesini inceleyerek geliştirmişler ve doğanın en arzu edilî durumunun en büyük etkinliği yansıttığı düşüncesi, farklı formülasyonlarda ve kapsamlarda bilimsel bir öğreti olarak kalmıştır. Etkinliğin bu temel kavramı yöneylem araştırmasında yeni, önemli bir gelişmenin, VZA’nın temelini oluşturmuştur⁹.

⁸ Nathanson, a.g.e., s.44

⁹ Nathanson, a.g.e., s.43-44

Etkinlik ve etkinliğin hesaplanması kavramlarına ilişkin başlangıç noktası Farrell'in 1957 yılındaki "The Measurement of Productive Efficiency" adlı orijinal çalışması gösterilmektedir. Farrell bu çalışmasında, mikro düzeyde etkinlik ve üretkenlik çalışmalarına ilişkin yeni yaklaşımların temelini atmıştır. Yöneylem araştırması alanında üretim birimleri için etkinliğin ölçümü Abraham Charnes, William W. Cooper ve Edwardo Rhodes'in özgün çalışması olan "Measuring the Efficiency of Decision Making Units" adlı makaleden sonra hız kazanmıştır. Etkinlik ölçülerini hesaplamada doğrusal programlama yöntemlerinin deneysel kullanımının artan yaygınlığı bu üç araştırmacının(Charnes Cooper Rhodes-CCR) VZA modelini araştırma kamuoyuna tanıtmasına bağlanmaktadır. Zira CCR makalesi 1999 yılına dek sosyal bilimler alıntı indeksinde(SSCI) 700'den fazla alıntıya sahip olmuştur¹⁰.

VZA yönteminin 1978 yılından başlayarak günümüze dek geçen 25 yıllık tarihine bakıldığında parametresiz verimlilik ölçüm tekniği olarak, hem kuramsal hem de metodolojik olarak oldukça hızlı bir evrim geçirdiği görülmektedir. VZA, başlangıçta deterministik bir yapıda kullanıma sunulmuş ve ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı altında sadece kamu sektöründeki hizmet alanlarının genel teknik verimliliğinin ölçümünde kullanılmıştır. 1980'li yıllarda yönetime ilişkin çeşitli varsayımlar ile kavramların incelenmesine yönelik önemli çalışmalar yapılmıştır. VZA'nın başlangıç varsayımı CRS, daha sonraları Banker, Charnes ve Cooper (BCC) tarafından (1984) yapılan bazı değişikliklerle ölçeğe göre değişken getirinin (VRS) olduğu durumlarda ölçek ve teknik verimliliğin ayrı ayrı ölçülmesine olanak sağlayacak biçime getirilmiştir. BCC daha sonra ölçek getirisi ve teknik verimliliğin tahmini için amaç fonksiyonunda Cobb-Douglas türü (çarpımsal) bir üretim fonksiyonunun ençoklamasına yönelik CCR'nin doğrusal programlama formülasyonunda bir değişikliği öngörmüşler ve çarpımsal (multiplicative) (1982, 1983), ile yönelimsiz toplamsal (non-oriented additive) (1985), VZA modelini geliştirmişlerdir. Banker ve Morey (1986) ve Kamakura (1988) kategorik değişkenlerin de VZA modeline dahil edilmesine yönelik çalışmalar yapmıştır. 1990'lı yıllarda VZA'nın kuramsal gelişimi büyük ölçüde tamamlanmış ve modelin

¹⁰ Finn R.Forsund, Nikias Sarafoglu, "On the Origins of Data Envelopment Analysis", Memorandum published by University of Oslo, No.24, 2000, s.2

duyarlık analizi ve diğer modellerle karşılaştırılması yönünde (Charnes, et al.,1989, 1990, Valdmanis) çalışmalar yapılmıştır. VZA yakın geçmişe dek deterministik bir yapıda olan girdi ve çıktılarının verimlilik analizinde kullanılmıştır. Ancak son yıllarda girdi ve çıktılarının stokastik olarak değişebileceği durumlara yönelik çalışmalar da (Sengupta,1987, 1988) yapılmış ve bu VZA'nın yeni yönelim alanı olmuştur¹¹.

VZA yöntemi başlangıçta daha çok kamu hizmet alanında etkinlik ölçümünde kullanılmış ancak sonraları özel sektör alanında da uygulamaları görülmüştür. Nitekim, Lawrence M.Seiford¹² 1978-1992 yıllarını kapsayan bibliyografik çalışmasında, teknik ve çalışma raporları dışında VZA ile ilgili olarak 472 makale ve tezin yayınlandığını belirtmektedir. Aynı yazarın 1978-1996 yıllarını kapsayan bibliyografik çalışmasında VZA ile ilgili 800 yayın yapıldığı ifade edilmektedir¹³. Gabriel Tavares'in yayınladığı bibliyografyada VZA ilgili yayın sayısının hızla arttığı görülmektedir. 1978-2001 yıllarını kapsayan bibliyografyaya¹⁴ göre 49 ülkede, 305 kurumda (213 üniversite, 73 bölüm, vb) 2152 farklı yazar tarafından yapılan yayın sayısı toplamı (1259 dergi makalesi, 115 araştırma raporu, 1469 uygulama, 50 kitap ve 171 tez) 3203'e ulaşmıştır. Kuramsal ve uygulamadaki artış, verimlilik ölçümüne ne kadar önem verildiğinin bir göstergesidir.

Tavares'e göre Türkiye'de VZA ile ilgili toplam yayın sayısı 17'dir. Ancak 1994 yılından 2001 yılına dek sadece yüksek lisans ve doktora düzeyinde VZA konusunda yapılan tez sayısı 18'i bulmaktadır. VZA konusunda Türkiye'de yapılan ilk tezlerden biri¹⁵ "Performans Yönetim Sistemi ve Veri Zarflama Analizi'nin Sağlık Sektöründe Uygulanması" adlı tezdır. Hazırlanan tez konuları sigorta şirketlerini, Türk Silahlı Kuvvetleri'ni, bakım birimlerini, orta eğitimi, turizm alanında otelleri,

¹¹ İsmet Şahin, "Sağlık Bakanlığı Hastanelerinin İllere Göre Karşılaştırmalı Verimlilik Analizi: Veri Zarfla Analizine Dayalı Bir Uygulama", **Doktora Tezi**, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 1998, s.30-31

¹² Abraham Charnes, v.d., **Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application**, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1994, s.437

¹³ Lawrence M. Seiford, "A Bibliography for Data Envelopment Analysis (1978-1996)", **Annals of Operations Research**, Vol.73, 1997, s.393-438

¹⁴ Gabriel Tavares, "A Bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-2001)", **Rutcor Research Report, RRR 01-02**, 2002, s.1-186

¹⁵ Türkiye'de yapılan ilk tez savı, Yüksek Öğrenim Kurumuna bildirilen tezler kapsamında geçerlidir. YÖK Yayın ve Dökümantasyon Dairesi Tez Merkezi 1987 Haziran ayından itibaren hazırlanmış olan tezleri bünyesinde toplamaktadır.

ve çeşitli sağlık kuruluşlarına (Sağlık Bakanlığı, SSK) bağlı hastaneleri kapsamaktadır. Bu çalışmaların dışında, dergilerde VZA uygulamaları ile ilgili yayınlanmış çok sayıda araştırma bulunmaktadır.

2.2.1. Dünya Yazınında VZA İle İlgili Çalışmalar

VZA yöntemi dünya yazınında kuramsal ve uygulama alanında çok sayıda çalışmayı kapsamaktadır. Sağlık, bankacılık ve eğitim gibi hizmet alanlarında VZA ile ilgili çok sayıda uygulamaya rastlamak mümkündür. Bu alanlar ile daha özgün alanlarda yapılan uygulamalara ilişkin çalışmalar küçük başlıklarla verilmeye çalışılmıştır.

Eğitim alanında: Beasley (1995), VZA yöntemi ile İngiltere'deki 52 üniversitenin aynı disiplinle ilgili bölümlerinin öğretim ve araştırma etkinliklerini incelemiştir. Söz konusu üniversitelerin fizik ve kimya bölümlerine ilişkin belli bir yıla ait veriler ile kurulan modelde, lisans öğrenci sayısı, eğitilen yüksek lisans öğrenci sayısı, araştırmacı yüksek lisans öğrenci sayısı, araştırma geliri, ilgili bölümlerin araştırma başarı düzeyine göre araştırmada çok başarılı, ortalamanın üstünde, orta düzeyde, ortalamanın altında olup olmama ölçüleri çıktı faktörleri, büyük bölümü çalışanların ücretlerinden oluşan genel harcamalar, araç-gereç harcamaları ve araştırma geliri (hem girdi hem de çıktı faktörü olarak kullanılmıştır) girdi faktörleri olarak dahil edilmiştir. Etkinlik değerlendirmesi sonucu elde edilen bilgilere göre üniversitelerin kimya bölümünden 3'ü öğreti etkin, 8'i araştırma etkin, fizik bölümlerinden 1'i eğitim etkin ve 8'i araştırma etkin olduğu sonucuna varılmaktadır¹⁶.

Abbott ve Doucouliagos(2003), diğer ülkelerde olduğu gibi Avustralya'da genç nüfusun hızla artması sonucunda eğitim için artan talep karşısında Avustralya hükümetinin yüksek öğretim olanakları sağlama sorununu daha etkin kaynak kullanımı ile aşabileceğini söylemektedir. Üniversitelerin beşeri sermayenin oluşumunda önemli bir bileşen ve vergi ödeyenler için büyük bir harcama alanı

¹⁶ J.E. Beasley, "Determining Teaching and Research Efficiencies", *Journal of the Research Society*, Vol.46, 1995, s.441-452

olduğunu ifade ederek etkinliğin önemli bir kamu politikası konusu olduğunu vurgulamaktadırlar. Avustralya üniversitelerinin teknik ve ölçek etkinliklerini ölçmede VZA yöntemi kullanılmıştır. 37 devlet üniversitesinin 1995 yılı verileri temel alınarak yapılan araştırmada, elde edilen teknik ve ölçek etkinlik sonuçlarına göre, Avustralya üniversitelerinin karşılaştırmalı olarak oldukça yüksek bir etkinlikte faaliyet gösterdikleri sonucuna varılmakta, ancak birkaç üniversitede daha etkinliğin geliştirilmesinin ve Avustralya üniversite sisteminin daha fazla araştırılması gerektiğini vurgulamaktadırlar¹⁷.

Seçim Kampanyası: Coates(1999), 1984 seçimlerinde Amerikan Temsilciler Meclisine yeniden seçilmek isteyen adayların seçim kampanya harcamalarının etkinliğini çözümlmek için VZA yöntemini kullanmıştır. Etkinlik ölçüleri 576 aday için ölçeğe göre değişken getiri altında çıktıya yönelik VZA modeli kullanılarak hesaplanmış ve adaylardan beşi etkin bulunmuştur. VZA yöntemiyle elde edilen etkinlik ölçüleri, seçim bölgelerinin ve aday özelliklerinin adayların etkinliği üzerindeki etkisini belirlemek üzere ilişki analizi kullanılarak incelenmiştir. İlişki analizi sonuçları adayların etkinliği üzerinde seçim bölgesinin ve aday özelliklerinin önemli olduğunu göstermiştir. Beyaz olmayan adayların beyazların yoğun olduğu seçim bölgelerinde etkinsiz olduğu sonucuna varılmaktadır¹⁸.

Spor: Haas ve diğerleri(2001), 1999/2000 futbol sezonunda Alman Birinci Futbol liginde oynayan futbol takımlarının etkinliklerini VZA yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Oyuncuların ve teknik direktörlerin aldıkları ücret girdi ve takımların aldıkları puan, stadyum gişe geliri, stadyum kapasite kullanımı çıktı faktör değişkenleri olarak modele dahil edilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucuna göre etkinlik ölçülerinin takımların ligde aldıkları derecelerle ilişkili olmadığı sonucuna varmışlardır. Orta yada küçük büyüklükteki takımların, iyi bilinen ve büyük sayılan takımlardan sık sık daha etkin olduklarını ileri sürmüşlerdir. CRS ve VRS varsayımları altında kurulan modellerde sadece Bayern München ve Werder Bremen

¹⁷ M. Abbott, C. Doucouliagos, "The Efficiency of Australian Universities: A Data Envelopment Analysis", *Economics of Education Review*, Vol.22, 2003, s.89-97

¹⁸ Dennis Coates, "The Effects of Campaign Spending on Electoral Outcomes: A Data Envelopment Analysis", *Public Choice* 99, 1999, s.15-37

takımları etkin olarak belirlenmiştir. Yazarlar çeşitli değerlendirmeler sonucunda futbol takımlarının etkinliklerinin belirlenmesinde VZA yönteminin uygun bir araç olduğu sonucuna varmışlardır¹⁹.

Polis Gücü: Carrington ve arkadaşları (1997), New South Wales hükümetinin polis güçlerinin ve diğer kamu hizmeti sağlayan mahkemelerin ve hastanelerin performans ölçümünde VZA yönteminin kullanıldığını belirtmektedir. Vaka olarak polis güçlerinin etkinliğini ele almışlar ve yaptıkları değerlendirme sonuçlarına göre polis güvenlik hizmetinin sağlanmasında kullanılan kaynaklarda etkin bir yönetimle, ortalama olarak %13.5 oranında indirimle gidilebileceğini ve faaliyet gösterdikleri sosyo-ekonomik ve bölge gibi çevre farklılıklarının polis güçlerinin etkinlikleri üzerinde etkileri olmadığını saptamışlardır. Bu çalışmada, 1994-95 yılına ait 163 polis karakolunu kapsayan bir örnek üzerinde iki aşamalı bir prosedür uygulayarak polis karakollarının teknik etkinliklerini değerlendirmişler ve bunun için girdi yönelimli bir VZA modeli kurmuşlardır. Değerlendirme sonuçlarına göre 163 polis karakolundan 29'unun etkin, 134'ünün etkinsiz olduğunu belirtmişlerdir. Polis hizmetlerini sabit tutarken etkinsiz olan polis karakolların aylıklık analizi sonucuna göre 10 karakolun polis araçlarında ortalama 1.96, 62 karakolun çalıştırılan sivil personeline 2.24, ve 8 karakolun polis gücünde 11.32 oranında azaltma yaparak polis hizmetlerinin sağlanmasında etkinliğe ulaşılabileceğini belirtmişlerdir²⁰.

Karayolu Taşımacılığı: Husain ve diğerleri(2000), Malezyada kamu kesiminde faaliyet gösteren Karayolu Taşıma Departmanı'na bağlı 46 hizmet biriminin etkinliğini 1998 Ocak ayı verilerine VZA yöntemini uygulayarak değerlendirmişlerdir. VZA yönteminin etkin olan birimler yanında etkin olmayan birimlerin belirlenmesinde yeterli bir yöntem olduğunu ve etkinlik/etkinsizliğe ilişkin bilgilerin olası nedenleri tanımlanabildiğinde daha anlamlı sonuçlar elde edilebileceği sonucuna varmışlardır. İşgörenlerin çalıştıkları iş ve çalışma ortamı ile

¹⁹ Dieter Haas, Martin G. Kocher, Matthias Sutter, "Measuring of Efficiency of German Football Teams by Data Envelopment Analysis", (Çevrimiçi) <http://www.mpiew-jena.mpg.de/esi/sutter/pdfs/bundesliga.pdf> 10 Nisan 2004

²⁰ Roger Carrington, v.d., "Performance Measurement in Government Service Provision: The Case of Police Services in New South Wales", *Journal of Productivity Analysis*, Vol.8., 1997, s.415-430

ilgili doyumları ve birimdeki kaynak yönetiminin etkisi gibi stratejik bilgilerin etkinlik/etkinsizlik konularına yararlı yanıtlar sağlayacağını öne sürmüşlerdir²¹.

Mahkemeler: Lewin ve diğerleri(1982), mahkemelerin verdikleri yargısal kararlar yanında diğer kamu kurumları gibi yönetsel etkinlikleri açısından değerlendirilmeleri gerektiğini; yeni bir yaklaşım olan VZA yöntemiyle mahkemelerin yönetsel etkinliklerinin değerlendirilebileceğini; girdi ve çıktı ağırlıklarının mahkemenin Pareto-Koopmans etkinliğini hesaplayacak biçimde seçilmesi durumunda, herhangi bir mahkeme etkinliğinin, ağırlıklı çıktı toplamının ağırlıklı girdi toplamına oranı olarak hesaplandığını belirtmiş ve yöntemi Kuzey Carolina eyaletinde 30 yargı bölgesinde bulunan 100 ağır ceza mahkemesine ilişkin 1976 yılı verilerini kullanarak uygulamıştır. Oran analizlerinin tersine, VZA yönteminin çoklu girdi ve çıktı durumunda önsel (*a priori*) ağırlık yada fiyat gerektirmediği ve görelî etkinlik ölçüsünü tek boyuta indirgediğini belirtmiştir. Aylıklık çözümlemesi yardımıyla etkinsizlik kaynaklarının belirlenebileceği ve sonuç olarak VZA yönteminin diğer kamu örgütleri yanında en etkin ve az etkin mahkemeleri ayırt etmede yararlı bir tanı aracı olabileceğini vurgulamıştır²²

2.2.2. Türk Yazınında VZA ile ilgili Çalışmalar

Sağlık hizmetleri: Şahin(1999), 1996 yılı itibariyle Türkiye'nin idari ve coğrafi olarak 80 ile ayrıldığını; sağlık hizmetleri arz kaynaklarının ülke genelinde dağıtımı ve bu kaynakları etkin ve verimli kullanım sorumluluğunun Sağlık Bakanlığına ait olduğunu; hizmeti sağlayan birim yöneticilerinin yönettikleri sistemin performansını artırmak için mevcut üretim faktörlerini en fazla üretim sağlayacak yani en az kaynakla maksimum çıktıyı sağlayacak biçimde düzenleme sorumluluğunda olduklarını ve bu nedenle sorumlu oldukları karar birimlerini verimlilik esaslarına uygun olarak işletmeleri ve bu bağlamda verimlilik ölçümlerini bilimsel bir temele dayandırmaları gerektiğini ifade ederek, modern verimlilik ölçüm

²¹ Nooreka Husain, Mokhtar Abdullah, Suresh Kuman, "Evaluating public sector efficiency with data envelopment analysis(DEA): a case study in Road Transport Department, Selengor, Malaysia", **Total Quality Management**, Vol.11.No 4/5&6, 2000, s.830-836

²² Arie Y. Lewin, Richard C. Morey, Thomas J. Cook, "Evaluating the Administrative Efficiency of Courts", **Omega**, Vol.10, No.4, 1982, s.401-411

yaklaşımı olarak VZA yöntemine dayalı Sağlık Bakanlığı hastanelerinin kalkınmada öncelikli olan ve olmayan iller bazında verimlilik analizi yapmış ve kullanılan değişkenler açısından verimsizlik etkenlerini incelemeye çalışmıştır. Çalışmada “Sağlık Bakanlığı Yataklı Tedavi Kurumları İstatistik Yıllığı 1996” verilerine göre kalkınmada öncelikli olan iller ile diğer illerin VZA yöntemiyle değerlendirmesine göre; kalkınmada öncelikli olan illerin %50’sinin diğer illerin ise %36.6’sının verimsiz oldukları belirlenmiştir. Ayrıca, $\alpha = 0.5$ önem derecesine göre kalkınmada öncelikli iller ile diğer illerin verimlilik durumu bakımından gruplar arasında anlamlı bir farkın olup olmadığı ki-kare istatistiği ile incelenmiş ve farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak kamu kesiminde faaliyet gösteren birim yöneticilerinin verimlilik ilkelerine uygun yönetsel anlayışa ve kültüre sahip olmaları gerektiği ve örgütsel verimlilik anlayış ve bilincinin bir yansıması olarak VZA gibi kamu örgütlerinin verimlilik ölçümüne olanak sağlayan tekniklerin kullanımının kaynak tahsis kararlarında yaygınlaştırılması sonucuna varmıştır²³.

Perakende Mağazacılık: Alp ve Gölcüklü(2001), VZA yönteminin perakende mağazacılık alanında market şubelerinin görelî etkinliklerinin hesaplanmasında kullanılabileceğini ve bu etkinlik bilgisinin market yöneticilerinin her zaman ilgi alanına girdiğini ifade etmişlerdir. Uygun bir ölçek ile market şubelerinin performansları nesnel olarak değerlendirilerek girdileri azaltılabilecek, çıktıları artırılabilir şubelerin belirlenebileceğini ve VZA yöntemi ile tam etkin olmayan şubelerin etkin sınıra taşınması için çözüm yollarının bulunabileceğini savlamışlardır. Yapılan araştırmada Türkiye’nin çeşitli kentlerinde faaliyet gösteren bir marketler zinciri firmasına ait bilgiler ve isimler gizli tutularak, firmanın 23 şubesi değerlendirilmiştir. Dört farklı model kurularak şubelerin ekonomik, teknik, saf teknik ve ölçek etkinlikleri ölçülmüştür. Ekonomik etkinlik ölçüsüne göre 9, teknik etkinlik ölçüsüne göre 10, saf teknik etkinliğe göre 8 ve ölçek etkinliğe göre 11 şube etkin bulunmuştur. Ayrıca küçük bir marketin bir hipermarket kadar girdi tüketmesi ve o miktarda çıktı üretmesi beklenmeyeceği öne sürülerek büyük market şubeleri ile küçük ve orta büyüklükteki market şubeleri olarak iki gruba ayrılmış ve

²³ İsmet Şahin, “Sağlık Bakanlığı Hastanelerinin Kalkınmada Önceliği Olan ve Olmayan İllere Göre Karşılaştırmalı Verimlilik Analizi”, II. Ulusal Sağlık Kuruluşları ve Hastane Yönetimi Sempozyumu Bildiri Kitabı, Haberal Eğitim Vakfı Yayınları, 1999, s.367-378

ekonomik etkinlik ölçüleri bakımından iki grup arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak için Mann-Whitney istatistiği uygulanmıştır. İstatistik sonuçlarına göre, $\alpha = 0.5$ anlamlılık düzeyinde büyük market şubelerinin etkinliklerinin dağılımı ile küçük ve orta ölçekli market şubelerinin etkinlikleri dağılımı arasında istatistiksel bir fark olmadığını tespit etmişlerdir²⁴.

Bankacılık: Ülengin ve Tunçbilek(1998), bir bankanın bir diğerine göreli olarak etkin olup olmadığını sağlıklı bir şekilde söyleyebilmek için kullanılan ölçütlerin doğru ve kabul edilebilir olmasına bağlı olduğunu belirterek, genellikle karlılığın bir bankanın güvenilirlik ve prestij göstergesi olarak algılandığını oysa söz konusu bankanın işgücü verimliliği, şube verimliliği gibi ölçütler açısından doyurucu sonuçlar vermediğinde karlılığın öneminin kaybolduğunu ifade etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada Türkiye’de mevcut 22 banka arasında etkinlik göstergesi olarak uzmanlarca önemli görülen ve karlılık, şube ve işgücü verimliliğine ilişkin 5 ölçüte dayalı değerlendirmeyi VZA yöntemini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmadan ortaya çıkan en önemli sonuçlardan biri, kamu bankaları ve büyük çaplı özel bankaların niteliklerinin ele alınan ölçütler içinde fazla farklı görünmediği, buna karşın küçük çaplı özel bankaların hem daha karlı çalışma yaptıkları, hem de personeline pazarın çok üzerinde ücret ödemeleridir. Ayrıca birçok bankada personel giderleri ve şube sayısı verimliliğinin düşük çıktığını saptamışlardır²⁵.

Bal ve Gölcüklü(2002), VZA yönteminin iyi bilinen etkinlik ölçümü ve karar verme aracı olduğunu ifade etmişler ve banka müşterilerine yol göstermek üzere bu yöntemi 21 Türk Bankasının etkinliğini değerlendirmede kullanmışlardır. Yapılan çalışmanın aynı hizmeti veren firmalar arasından bir karar verici olarak müşteriye, firma seçiminde kullanılabilecek müşteri tabanlı VZA uygulama örneği olduğunu belirtmişlerdir. Mevduat faizlerinin müşterilerin gelirini oluşturduğu anlamında kurdukları modele Türk lirasına, dolara ve marka verilen faiz oranlarını çıktı değişkenleri, ve müşterilere verilen kredi faizleri, tüketici, otomobil ve konut kredi

²⁴ İhsan Alp, Ayhan Gölcüklü, “Market Şubelerinin Etkinlik Analizi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt.14, No.2, 2001, s.383-397

²⁵ Füsün Ülengin, Yener Kaan Tunçbilek, “Türk Bankacılık Sektöründe Verimlilik”, *GSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Vol.1., No.1, 1998, s.8-25

faiz oranları çıktı değişkenleri olarak katmışlardır. Bankaların etkinliklerinin değerlendirilmesinde Hürriyet gazetesinin 2.18.2001 tarihli nüshasında yayınlanan verileri kullanmışlardır. Etkin ve etkin olmayan bankalar belirlenmiş ve bu sonuçlara göre halen belli bir banka müşterisi olan müşterinin bu ölçümler karşısında bankasına karşı tutumunu belirleyebileceği gibi henüz herhangi bir bankada mevduatı olmayan müşterilerin bu sonuçlara göre bankasını seçebileceğini belirtmişlerdir²⁶.

2.3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİN UYGULAMA AŞAMALARI

VZA yöntemi ile etkinlik değerlendirme çalışmasında üç temel aşama vardır²⁷:

- Çözümlemeye girecek karar birimlerinin tanımı ve seçimi
- Seçilen karar birimlerinin göreceli etkinliğini değerlendirmek için uygun ve ilgili girdi ve çıktı faktör değişkenlerinin belirlenmesi
- VZA modelin kurulması, uygulanması ve sonuçların analizi

Her karşılaştırmalı performans ölçme süreci, açık yada kapalı olarak değerlendirme biriminin tanımı ile başlamaktadır. Değerlendirme birimi, kendi türünün diğer varlıklarıyla karşılaştırmaya niyetlendiğimiz varlıklardır. VZA açısından bu tür varlıklar aynı girdiyi kullanarak aynı çıktıyı üreten okul, hastane, banka şubesi, mahkemeler, spor takımları gibi karar birimleridir. VZA yazınında bu varlıklar, karar verici birim²⁸ (DMU-Decision Making Unit) olarak adlandırılmaktadır. VZA yazınında değerlendirme birimlerinin KB olarak değerlendirilmesi, bu birim yöneticilerin kaynakları kullanarak sonuç üretme süreci üzerinde denetimleri olduğu düşüncesinden kaynaklanmaktadır. VZA yönteminde kaynaklar *girdi* (input) ve sonuçlar *çıkıtı* (output) olarak adlandırılmaktadır. Bir KB, Şekil 2.1’de gösterilen süreçte girdileri çıktıya dönüştüren birimlerdir.

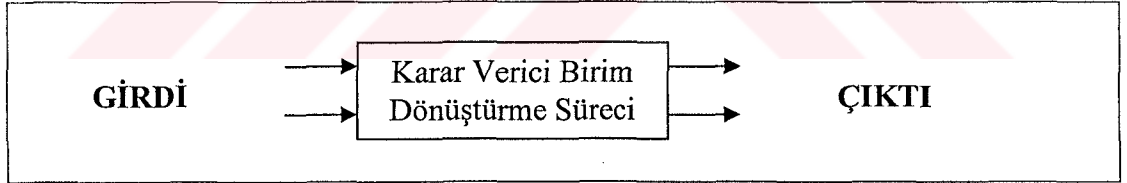
²⁶ Hasan Bal, Ayhan Gölcüklü, “Data Envelopment Analysis: An Application to Turkish Banking Industry”, *Mathematical & Computational Applications*, Vol.7, No.1, 2002, s.65-72

²⁷ B.Golany, Y. Roll, “An Application Procedure for DEA”, *Omega*, Vol.17, No.3, 1989, s.237-250

²⁸ Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde bu terim kısaltılarak KB biçiminde kullanılmaktadır

Yöntemin ilk adımında çözümlemeye girecek karar birimleri tanımlanmakta ve karar birim sayısı belirlenmektedir. VZA yöntemi performanslarının geliştirilebileceği düşüncesiyle karşılaştırılabilir birimlerin göreceli etkinliklerini değerlendiren bir yöntemdir. Bu bakış açısı benzer birimler arasında performans farkının var olduğu ve ölçülebilir olduğu temel varsayımına dayanmaktadır. Dolayısıyla, bu yöntemle bir yandan benzer birimler kümesi aranırken, öte yandan bu birimler arasındaki farklılıklar tanımlanmaya çalışılmaktadır. VZA yönünden benzer birimler, şu özelliklere sahip olmalıdırlar:²⁹

- Değerlendirmeye alınan birimler benzer amaçları olan ve aynı görevi yerine getiren birimlerdir.
- Gözlem kümesinde yer alan tüm birimler, aynı pazar koşullarında faaliyet göstermelidir. Bu özellik özellikle kar amacı gütmeyen okul, ordu, devlet hastaneleri ve mahkemeler gibi birimler için özel bir öneme sahiptir.
- Gözlem kümesinde yer alan tüm birimler için yoğunluk ve büyüklük farklılıkları dışında, tüm girdi ve çıktı faktörleri benzer olmalıdır.



Şekil 2:1 Karar Verici Birimin Girdiyi Çıktıya Dönüştürme Süreci

Değerlendirmeye alınacak KB gözlem kümesi büyüklüğünün belirlenmesinde çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Golany'e göre karar birimlerinin sayısı, girdi ve çıktı faktörü sayısının en az iki katı olmalıdır³⁰. Avkıran'a³¹ göre girdi ve çıktı değişken sayısı toplamının en az üç katı bir örnek büyüklüğü seçilmelidir.

²⁹ Golany, a.g.e., s.239

³⁰ A.e.

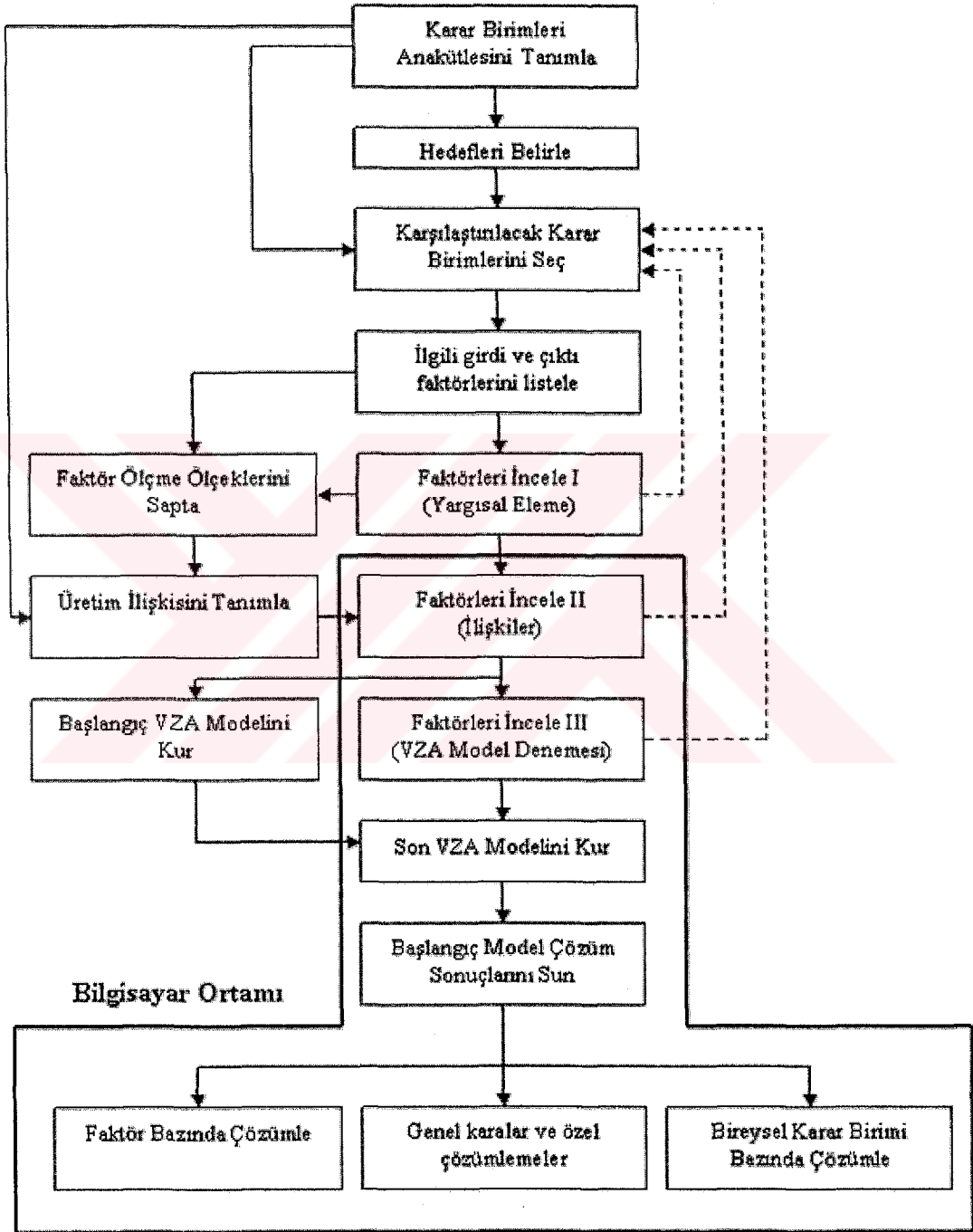
³¹ Nemci K. Avkıran, *Productivity Analysis in the Service Sector with Data Envelopment Analysis*, Kendi Yayını, Camira, 1999, s.47

Yöntemin ikinci adımı, çözümlemeye girecek girdi ve çıktı faktör değişkenlerinin seçimidir. Golany'e göre çözümlemeye girecek girdi ve çıktı faktör değişkenleri başlangıç listesi olduğunca geniş tutulmalıdır. Değişiklikleri değerlendirmeye alınan karar biriminin etkinliğini etkileyecek faktörler başlangıç listesinde bulunmalıdır. Bu tür faktörler kısmen yada tamamen karar verici birimin denetimi altında olabileceği gibi, yöneticinin denetimi altında olmayan çevresel faktörler de olabilmektedir. Başlangıç listesinin belirlenmesinden sonra faktörler arasından yargısal eleme, VZA tabanlı çözümleme yada VZA dışı sayısal çözümlemeye yoluyla modele dahil edilecek faktörler seçilmektedir. Thanassoulis³², prensip olarak karar birimlerinin işlevleriyle ilgili faktörlerin modele dahil edilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Faktörlerin belirlenmesi aşamasında KB yöneticileriyle karşılıklı görüşerek hangi çıktı faktörlerinin birimin işlevlerine ilişkin olduğunun ve hangi çevresel ve girdi faktörlerinin söz konusu çıktı faktörlerini etkilediğinin saptanması gerekmektedir. Faktör sayısı arttıkça VZA yönteminin değerlendirilen karar birimi arasındaki ayrıştırma gücü azalmaktadır. Bu bağlamda VZA modeline dahil edilecek faktör sayısı mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır. Thanassoulis'e göre faktör sayısının azaltılmasında ikili ilişki testi kullanılabilmektedir. Bir girdi çifti arasında, tam bir pozitif ilişki varsa, dolayısıyla biri diğerinin katı ise, belirlenen etkinlikleri etkilemeden faktörlerden biri modelden çıkartılabilir. Aynı test çıktı faktörleri için de kullanılabilmektedir. Girdi yada çıktı çifti arasında tam bir ilişki varsa fakat birbirlerinin katları değilse, faktörlerden biri modelden çıkartılabilir. Ancak bu durum etkinsiz bazı karar birimlerinin etkinlik oranlarını azaltabilmekte, ancak etkin olan birimleri etkilememektedir.

VZA yönteminin uygulanmasındaki üçüncü adım VZA modelinin kurulması, uygulanması ve sonuçların yorumlanması aşamasıdır. Bu aşamadaki adımlar ayrıntılarıyla ilerleyen bölümlerde açıklanmaya çalışılmaktadır. Yöntemin uygulama

³² E. Thanassoulis, R.G. Dyson, M.J. Foster, "Relative Efficiency Assesments Using Data Envelopment Analysis: An Application to Data on Rates Departments", **Journal of the Operational Research Society**, 1987, Vol.38, No.5, 397-411

aşamaları daha ayrıntılı adımları kapsamaktadır. Yöntemin ayrıntılı uygulama aşamaları Şekil 2.2’de gösterilmektedir.³³



Şekil 2:2 VZA Uygulama Akış Çizelgesi

³³ Golany, a.g.e., s.239

2.4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNDE TEMEL KAVRAM VE VARSAYIMLAR

Her yöntemde olduğu gibi VZA yönteminin uygulanabilmesi için de bazı varsayımların yapılması ve ayrıca yöntemin anlaşılabilmesi açısından yöntemle ilgili temel kavramların anlamlarını açıklama gereği vardır. İzleyen bölümlerde bu varsayım ve kavramlar verilmeye çalışılmaktadır.

2.4.1. Üretim Olanakları Kümesi ve Varsayımları

Üretim teknolojisi basit olarak bir üretim sürecinde girdilerin çıktılara dönüştürülme sürecidir. Bu dönüşümün etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi, belirli bir girdi bileşimini kullanarak en çok çıktıyı elde etmekle yada belirli bir çıktı bileşimini en az girdiyi kullanarak elde etmekle olasıdır. Üretim Olanakları Kümesi(ÜOK) (Production Possibility Set) ise belirli bir üretim teknolojisi tarafından mümkün kılınan etkin yada etkin olmayan tüm girdi-çıkıtı dönüşümlerini içermektedir. Herhangi bir endüstri dalında etkinlik ölçümü yapabilmek için, öncelikle o endüstriyi oluşturan çeşitli ekonomik KB'lerin kullandıkları girdi ve çıktı miktarlarının ölçümüne gereksinim duyulmaktadır. Gözlemlenmiş girdi-çıkıtı değerlerinden hareket edilerek söz konusu endüstri dalına ait ÜOK, bazı anlamlı varsayımların kabulüyle elde edilmektedir³⁴.

VZA yönteminde ÜOK, gözlemlenen karar birimlerine ait girdi ve çıktı değerleri kullanılarak oluşturulmaktadır. Yukarıda değinildiği gibi, VZA, etkinliği değerlendirmeye alınan karar birimlerinin benzer faaliyetler ve karşılaştırılabilir ürün yada hizmet ürettikleri; tüm birimlerin benzer kaynaklara sahip olduğu ve benzer çevrede faaliyet gösterdikleri gibi bir dizi homojenlik varsayımları yapmaktadır³⁵. Karar birimlerinin karşılaştırılabilmesi için üretim teknolojileri açısından homojen yapıya sahip olmaları gerekmektedir. Homojenlik varsayımıyla ÜOK'u karakterize

³⁴ Yolalan, a.g.e., s.7

³⁵ R.G Dyson, v.d., "Pitfalls and Protocols in DEA", *European Journal of Operational Research*, Vol.132, 2001, s.245-259

etmek (tanımlamak) ve özellikle de gözlemlenen verilere dayanarak etkin karar alt kümesini belirlemek amaçlanmaktadır. Bu bağlamda, ÜOK gözlemlenmiş değerlerden hareketle ve bazı varsayımlara dayanılarak tanımlanmaktadır..

Etkinliği değerlendirilecek n sayıda KB'nin oluşturduğu gözlem kümesi $G = \{1, 2, \dots, n\}$ olduğunda; $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$, herhangi bir j karar birimi için gözlemlenmiş girdi vektörü; $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})$, gözlemlenmiş çıktı vektörü olmak üzere; en azından bir çıktı ve en azından bir girdi pozitif varsayıldığında üretim olanakları kümesi, T , şöyle tanımlanmaktadır³⁶:

$$T = \{(X, Y) \mid Y \geq 0 \text{ ve } X \geq 0 \text{ üretilebilir}\}$$

Shephard, girdi ve çıktılar için ayrı ayrı girdi ve çıktı olanak kümesi tanımlarını ortaya atmıştır. Bu tanımların dayandığı varsayımlar, sınır koşullarını, mevcut girdilerin kullanılması ile elde edilen çıktıların (veya ters olarak ifade edilirse, belirli çıktıları elde etmede kullanılan girdilerin) arasında kapalı bir ilişki olduğunu, ölçek değişikliklerinde doğrusal ilişkiyi içermektedir. Buna göre, her Y çıktı matrisi için $L(Y)$ girdi imkan kümesi,

$$L(Y) = \{X \mid (X, Y) \in T\}$$

ve her X girdi matrisi için $P(X)$ çıktı olanak kümesi,

$$P(X) = \{Y \mid (X, Y) \in T\}$$

şeklinde tanımlanmıştır.³⁷

Üretim olanakları kümesiyle ilgili varsayımlar şunlardır:

³⁶ R. D. Banker, Abraham Charnes, William W. Cooper, "Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis", **Management Science**, Vol.30., No.9, September, 1984, s.1079-1092

³⁷ Kemal Güven Gülen, "İşletme Performans Ölçüm Teknikleri ve Çimento Sanayi Uygulaması", **Doktora Tezi**, İ.Ü. S.B.E, İstanbul, 1994, s.35

Varsayım 1: a) $(X, Y) \in T, Y \neq 0, X \neq 0$

b) $(X, Y) \in T$, X sınırlıdır, o halde Y 'de sınırlıdır.

Bu varsayımın anlamı şöyle ifade edilmektedir: Pozitif bir çıktı vektörünü elde etmek için yine pozitif bir girdi vektörüne gereksinim vardır. Girdi vektörü sonlu ise, bu özelliğe sahip bir girdi vektörü ile elde edilecek çıktı vektörü de sonludur³⁸.

Varsayım 2: Dışbükeylik Varsayımı (Convexity): Eğer $(X_j, Y_j) \in T, j = 1, \dots, n$ ve $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ olmak üzere $\lambda_j \geq 0$ negatif olmayan büyüklüklerse, $(\sum_{j=1}^n \lambda_j X_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j) \in T$ dır. (λ , yoğunluk vektörü olarak adlandırılmaktadır)

Bu varsayım $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ olmak üzere, gözlemlenen KB'lerin girdi ve çıktı değerlerinin, doğrusal bileşimlerinin, henüz gözlemlenmemiş girdi-çıkıtı bileşimi olsalar bile, varolan koşullar altında gerçekleşebilir üretim olduğunu, başka bir deyişle ÜOK'una ait olduğunu ifade etmektedir. Bu varsayım enterpolasyon (interpolation) varsayımı olarak da adlandırılmaktadır. Olurlu girdi-çıkıtı üretim ilişkileri arasında enterpolasyon, ilke olarak olurlu girdi-çıkıtı üretim ilişkileriyle sonuçlanmaktadır³⁹.

Varsayım 3: Etkinsizlik (Inefficiency) veya düzgünlük (monotonicity) varsayımı:

a) $(X, Y) \in T$ ve $\bar{X} \geq X$ ise, $(\bar{X}, Y) \in T$ olur. Belirli bir çıktı vektörü, Y , gözlemlenen X girdi düzeyiyle elde edilebiliyorsa, daha büyük $\bar{X}$ düzeyi ile de aynı çıktı vektörü, Y , elde edilebilir.

³⁸ Yolalan, a.g.e., s.9

³⁹ Emmanuel Thanassoulis, *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis: A foundation text with integrated software*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2001, s.38

- b) $(X, Y) \in T$ ve $\bar{Y} \leq Y$ ise, $(X, \bar{Y}) \in T$ olur. Belirli bir girdi vektörü ile gözlemlenen Y çıktı düzeyi elde edilebiliyorsa aynı girdi düzeyi ile gözlemlenen Y çıktı düzeyinden daha küçük $\bar{Y}$ çıktı miktarının üretilbileceğini ifade etmektedir.

Bu varsayım ekonomik yazında “Free Disposability” olarak da adlandırılmaktadır⁴⁰. Sonuç olarak, etkinsizlik varsayımı daha fazla girdi ile daha az çıktı biçimindeki etkin olmayan üretimin her zaman olası olduğunu ifade etmektedir.

Varsayım 4: Işın Sınırsızlığı (Unboundedness):

- a) $(kX, kY) \in T, k \in (0,1]$

- b) $(kX, kY) \in T, k \in [1, \infty)$

Bu varsayım ölçek etkisini göz önüne almaktadır. Bu varsayıma göre, olurlu bir girdi-çıkıtı üretim ilişkisinin girdi düzeyleri aşağı yada yukarı ölçeklendiğinde, çıktı düzeylerinin girdi düzeyiyle aynı faktörle ölçeklendiği olurlu bir girdi-çıkıtı üretim ilişkisi elde edilmektedir. Ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı olarak da bilinmektedir. CRS varsayımı, bir KB'nin verimliliği üzerinde faaliyet ölçeğinin etkisi olmadığını varsaymaktadır⁴¹. Başka bir ifadeyle, karar birimi hangi üretim ölçeğinde faaliyet gösterirse gösterebilir, faaliyet ölçeğini artırdığında yada azalttığında verimlilik oranının değişmeyeceğini ifade etmektedir.

Varsayım 5: Tüm $(X_j, Y_j) \in T, \forall j \in G$

Bu varsayımın anlamı şöyle ifade edilebilir: G gözlem kümesine ait, girdi-çıkıtı vektörlerinin tümü faaliyette bulundukları endüstri dalına ait üretim teknolojisini anlamlı şekilde temsil ettikleri ve ampirik ÜOK'u türetebilecek derecede gerçekçi oldukları varsayılmaktadır.

⁴⁰ Banker, a.g.e., s.1079-1092

⁴¹ Thanassoulis, a.g.e., s.40

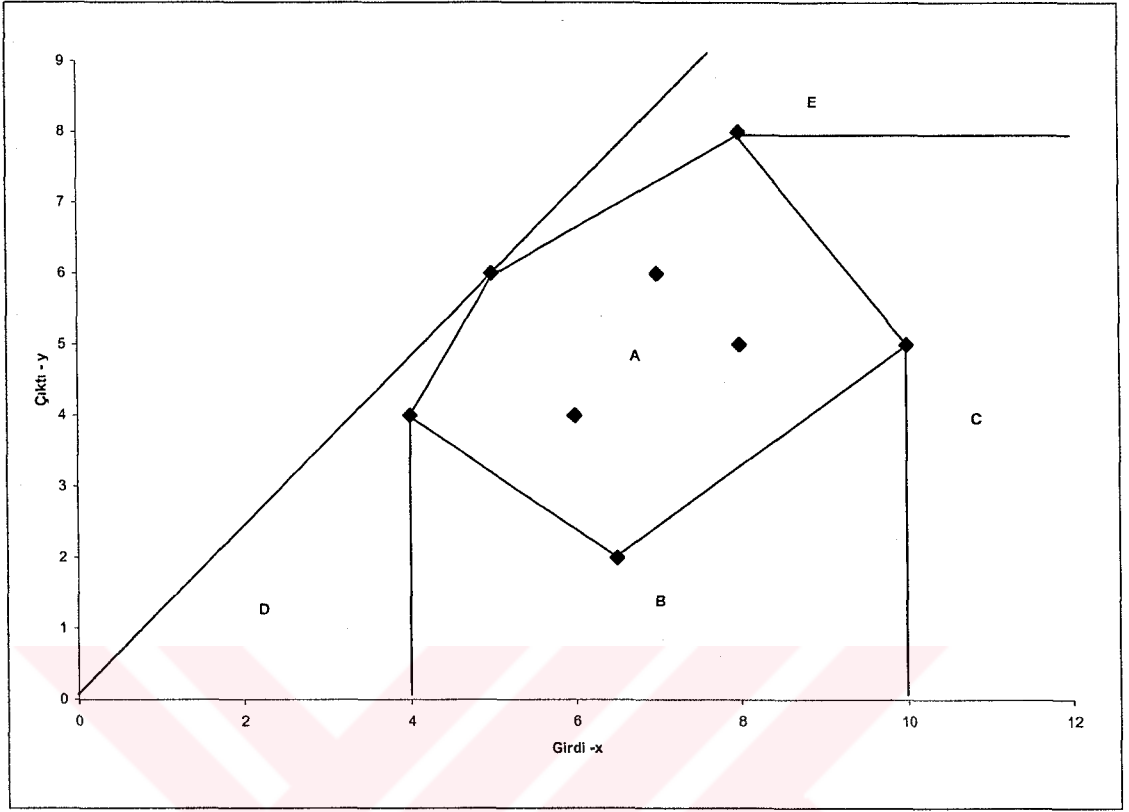
Varsayım 6: En küçük Ekstrapolasyon Varsayımı: ÜOK, T , 1, 2 ve 3'üncü varsayımları sağlayan ve her gözlemlenmiş $(X_j, Y_j) \in \hat{T}, j = 1, \dots, n$ vektörü olması koşuluna bağlı tüm $\hat{T}$ 'lerin kesişim kümesidir. Başka bir ifadeyle bu varsayım, etkinlik düzeyi, mevcut gözlemlerden daha iyi olup gözlemlenmemiş karar birimlerinin bulunmadığını ifade etmektedir⁴². T kümesi, üretim olanakları kümesi için varsayılmış özelliklere ve gözlemlenmiş verilere uygun en küçük kümedir⁴³. Bu varsayım ile ilgili olarak başka bir yorum şöyle yapılmaktadır: üretim teknolojisine ait herhangi bir önbilginin bulunmadığı durumlarda, mevcut gözlemler arasında en az girdi ile en çok çıktıyı üretenlerden daha iyi yada daha etkin bir girdi-çıkıtı karmasının varlığı kabul edilmemektedir⁴⁴.

Şekil 2.3'de tek girdi, x , ve tek çıktı, y , faktörünün bulunduğu bir durum için sekiz birime ait üretim noktaları gösterilmiştir. Etkinlik yazınında, yukarıda belirtilen çeşitli varsayımların göz önüne alınmasıyla bu üretim noktalarını kapsayan farklı ÜOK tanımlanabilmektedir. Şekil 2.3'de bu ÜOK'lar, A, B, C, D ve E bölgeleri ile gösterilmektedir.

⁴² Armağan Tarım, **Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Göreli Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı**, Ankara, Sayıştay Yayın İşleri Müdürlüğü, Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi:15, 2001, s.7

⁴³ Banker, a.g.e., s. 1079-1092

⁴⁴ Yolalan, a.g.e., s.10



Şekil 2:3 Üretim İmkanları Kümesi

Şekil 2.3’de gösterilen bölgeler için kabul edilen varsayımlar ve tanımladıkları kümelerin özellikleri Tablo 2.1’de özetlenmektedir ⁴⁵:

Tablo 2:1 Üretim Olanakları Kümelerinin Tanımları ve Kabul Edilen Varsayımlar

Üretim Olanakları Kümesi	Kabul edilen varsayımlar ve açıklamaları
A	1, 2, 5 ve 6 numaralı varsayımların kabulü ile tanımlanmaktadır.
$A \cup B$	1 ,2, 3.b, 5 ve 6 numaralı varsayımların kabulü ile tanımlanmaktadır.
$A \cup B \cup C$	Yukarıda $A \cup B$ kümesi için kabul edilen varsayımlara 3.a varsayımının eklenmesiyle tanımlanmaktadır. Elde edilen ÜÖK’un

⁴⁵ Tarım, a.g.e., s.7

	sınırları, üretim sınırını göstermektedir. Kabul edilen varsayımlar çerçevesinde bu sınırın dışında herhangi bir KB'yi gözlemlemek imkansızdır; sınırın ötesi ÜOK dışında kalmaktadır. Bu ÜOK'ı, ölçeğe göre değişken getirili, VRS, bir ÜOK'u ifade etmektedir.
$A \cup B \cup C \cup D$	$A \cup B \cup C$ kümesi için kabul edilen varsayımlara 4.a varsayımı eklendiğinde, ölçeğin küçülmesiyle orantılı olarak, çıktı miktarının da azalacağını gösteren, ölçeğe göre azalan getirili, DRS, ÜOK tanımlanmaktadır.
$A \cup B \cup C \cup E$	4.b varsayımının kabul edilmesiyle, $A \cup B \cup C$ kümesine E bölgesi eklenmektedir. Böylelikle ölçeğin artmasıyla orantılı olarak çıktı miktarının da artacağını gösteren bir ÜOK tanımlanmaktadır (IRS).
$A \cup B \cup C \cup D \cup E$	$A \cup B \cup C$ kümesine, 4.a ve 4.b varsayımlarının birlikte kabul edilmesiyle D ve E bölgeleri eklenerek, ölçeğe göre sabit getirili ÜOK tanımlanmaktadır. (CRS)

2.4.2. Üretim Sınırı (Production Frontier)

Çeşitli sektörlerde faaliyet gösteren firmaların yada üretim birimlerinin yönetsel farklılıklarının ortaya konabilmesi için, etkinliklerinin ölçülmesi ve firma etkinliğinin ölçülebilmesi için de üretim fonksiyonunun yada üretim sınırının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun yanında sadece tek bir firmanın etkinliğinin ölçülmesi o firmanın başarısının bir ölçüsü olmayacağından, firma etkinliğinin, içinde bulunduğu sektördeki diğer firmaların etkinlikleriyle karşılaştırılması gerekmektedir.

Geleneksel etkinlik ölçümü, üretim sınırının veya etkin üretim fonksiyonunun bilindiği varsayımı altında yapılmaktadır. Başka bir deyişle, firmanın gözlemlenen performansı mutlak (veya mükemmel) etkinlik standardı ile kıyaslanmaktadır. Farklı standartlara bağlı olarak etkinlik ölçüm sonuçları da farklı olmaktadır. Bu bağlamda,

etkinlik ölçümlerinin hangi standarda göre yapılacağını bilmesi açısından üretim fonksiyonunun belirlenmesi gerekmektedir⁴⁶.

Üretim teorisi bir firmanın ürünlerini (çıktılarını) üretmek için kaynakların (girdilerin) kullanıldığı yöntemlerle ilgilidir. Üretim fiziksel malların üretimi yanında hizmetlerin sağlanmasını da kapsayan oldukça geniş bir kavramdır. Her iki durumda da üretim teorisi firma ürünlerinin yaratılmasında çeşitli girdilerin etkin kullanımına odaklanmaktadır. Üretim teorisi açısından, üretim fonksiyonu basit olarak girdi ile çıktı arasındaki ilişkidir. Geniş anlamda üretim, çıktı üretmek için girdilerin birleştirilerek kullanıldığı fiziksel dönüştürme sürecidir. Bu bağlamda, üretim fonksiyonu verili teknik (teknolojik) yöntemlerle etkin dönüştürme olanaklarını tanımlayan tamamen teknik bir ilişki olarak yorumlanmaktadır. Firma etkinliklerinin değerlendirilmesinde sınır performanslarının karşılaştırılması da üretim fonksiyonunun bu tanımından kaynaklanmaktadır⁴⁷. Bu tanımla, verili bir teknikle mümkün olan çıktı arasındaki ilişkiyi teorik olarak ortaya koymak mümkün olmaktadır. Başka bir deyişle, girdi ve çıktı arasındaki bu teorik ilişki üretim sınırını oluşturmaktadır. Bu teorik üretim ilişkisini başarabilen firmalar da etkin firmalar olarak tanımlanmaktadır. Teknik bir ilişki olarak belirlenen üretim sınırı, aynı zamanda aynı sektörde faaliyet gösteren tüm firmalar için de bir üretim standardı oluşturmaktadır. Firmaların etkinliklerini de bu standarda göre karşılaştırmak mümkün olmaktadır.

Üretim fonksiyonunun tahmininde kullanılan diğer bir yaklaşım da en küçük kareler yöntemidir⁴⁸. Ganley ve Cubbin'e göre bu yöntemle elde edilen ortalama üretim fonksiyonu hem teorik hem de pratik açıdan etkin üretim olanaklarının yanıltıcı göstergesidir. Pratik açıdan ortalama performans standardı etkinsizliği kurumlaştırma eğilimindedir. Ortalama standardın üstünde üretim olanaklarını gözlemlemek mümkün olacağından firma etkinliğinin bu ortalama standarda göre yapılması performansın daha fazla iyileştirilmesinde engelleyici bir rol

⁴⁶ Tarım, a.g.e., s.5

⁴⁷ J.A. Ganley, J. S. Cubbin, **Public Sector Efficiency Measurement: Applications of Data Envelopment Analysis**, Amsterdam, 1992, s.9

⁴⁸ A.e.

oynamaktadır. Bu durumda performans iyileştirilmesi gözlemlenen performansa göre değil de ortalamaya göre yapılmaktadır. Üretim teorisine göre girdi-çıktı ilişkisinde amaç, verili bir teknolojiyle ve belli bir girdi miktarıyla mümkün olan en büyük(maksimum) çıktıyı üretmektir. Başka bir ifadeyle, amaç ençoklama yönelimlidir. Ortalama üretim fonksiyonu, ençoklama yönelimini yansıtan sınır fonksiyonunun kuramsal düşüncesiyle tutarlı olmamaktadır.⁴⁹

Sonuç olarak etkinlik karşılaştırmalarının yapılabilmesi için başka bir üretim sınırı tanımının yapılması gerekmektedir. Kuramsal olarak ortaya konan üretim sınırı, teknolojik olarak mümkün olsa bile, içsel ve dışsal çeşitli etmenlerin etkisi altında karmaşık bir yapıya sahip olan bir işletme için, kuramsal hedefi başarmak zordur. Ayrıca çoğu durumda üretim fonksiyonu için bilinen bir fonksiyonel biçim yoktur. Bu gibi durumlarda bir üretim fonksiyonundan söz etmek mümkün olamamaktadır. Örneğin, sağlık ve eğitim gibi kamu sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin üretimleri(hizmetleri) için bir üretim fonksiyonu biçiminin varlığından söz etmek yanıltıcı olmaktadır. Hammadde (işlenmemiş ürün) alıp, işleyip satmak yada transfer etmek üzere bitmiş mal üretmekle ilgili olmayan özel sektör firmaları da bu duruma bir başka örnek olarak verilebilir.⁵⁰

Üretim fonksiyonunun belirlenmesinde diğer yaklaşım, bu çalışmanın ana konusunu oluşturan, üretim fonksiyonunun biçimi konusunda varsayım yapmayan parametresiz VZA yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, üretim fonksiyonu deneyimsel olarak en iyi uygulamayı yansıtan gözlemlenmiş girdi ve çıktılarından kurulmaktadır. Bu üretim fonksiyonu parçalı doğrusal, gerçek fonksiyona çok yakın tahmini bir fonksiyondur.⁵¹ Bu fonksiyonun sadece performansları karşılaştırılan gözlem kümesindeki birimler için üretim sınırını oluşturmaktadır.

VZA yaklaşımında, firmaların karşılaştırmalı etkinlikleri bu üretim sınırına göre yapılmakta ve üretim fonksiyonu olası gözlem aralığı üzerinde bir sınır

⁴⁹ A.e.

⁵⁰ Michael Norman, Barry Stoker, **Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance**, Chichester, John Wiley & Sons, 1991, s.12

⁵¹ A.e.

oluşturmaktadır Değerlendirmeye alınacak sektör için ÜOK (T) belirlendiğinde, üretim sınırı T'nin bir alt kümesi olarak belirlenebilmektedir ($E(T) \subset T$).

Matematiksel olarak üretim sınırı şöyle ifade edilmektedir⁵²:

$$E(T) = \{(x, y) : x' \leq x, y' \geq y, (x', y') \neq (x, y) = (x', y') \notin T\}$$

Bu ifade, üretim sınırı üzerinde yer alan bir (x,y) üretim vektöründen daha az girdi kullanarak daha fazla çıktı elde eden başka bir üretim vektörünün (x', y'), sözkonusu ÜOK'nın T'ye ait olmadığı anlamına gelmektedir. Başka bir deyişle, üretim bu sınırın üzerinde yada altında gerçekleşebilmekte, üstünde gerçekleşemeyeceğini ifade etmektedir. Bir karar birimine ait üretim düzeyinin bu sınırın altında kalan miktarına, göreceli etkinliğin ölçüsü olarak bakılmaktadır.⁵³

Üretim fonksiyonunun bir sınır olarak ilk deneysel uygulaması 1957 yılında Farrell ve 1962 yılında Farrell ve Fieldhouse tarafından birlikte yapılmıştır. Farrell'in etkinlik yaklaşımının altında şu varsayımlar yatmaktadır⁵⁴: Farrell'e göre;

- Üretim sınırı en etkin birimler tarafından belirlenmektedir. Her zaman, diğer tüm etkinsiz birimlerin altında yer aldığı üretim sınırını tanımlayan en az bir birim vardır.
- Üretim birimlerinin faaliyet gösterdiği teknolojiye ölçeğe göre sabit getiri geçerlidir. Bu varsayım, üretim sınırının sabit eğimli ve orijinden geçen bir ışın olduğunu ima etmektedir. Bu nedenle, tek girdi ve tek çıktı durumunda, en etkin birim en yüksek çıktı/girdi oranına sahip olan birim kabul edilmektedir.
- Üretim sınırı orijine göre dışbükeydir ve hiçbir yerde pozitif eğime sahip değildir. Buna göre, bir girdinin azaltılarak kullanımı, mevcut çıktı düzeyini korumak için diğer girdilerin kullanımında artış gerektirmektedir

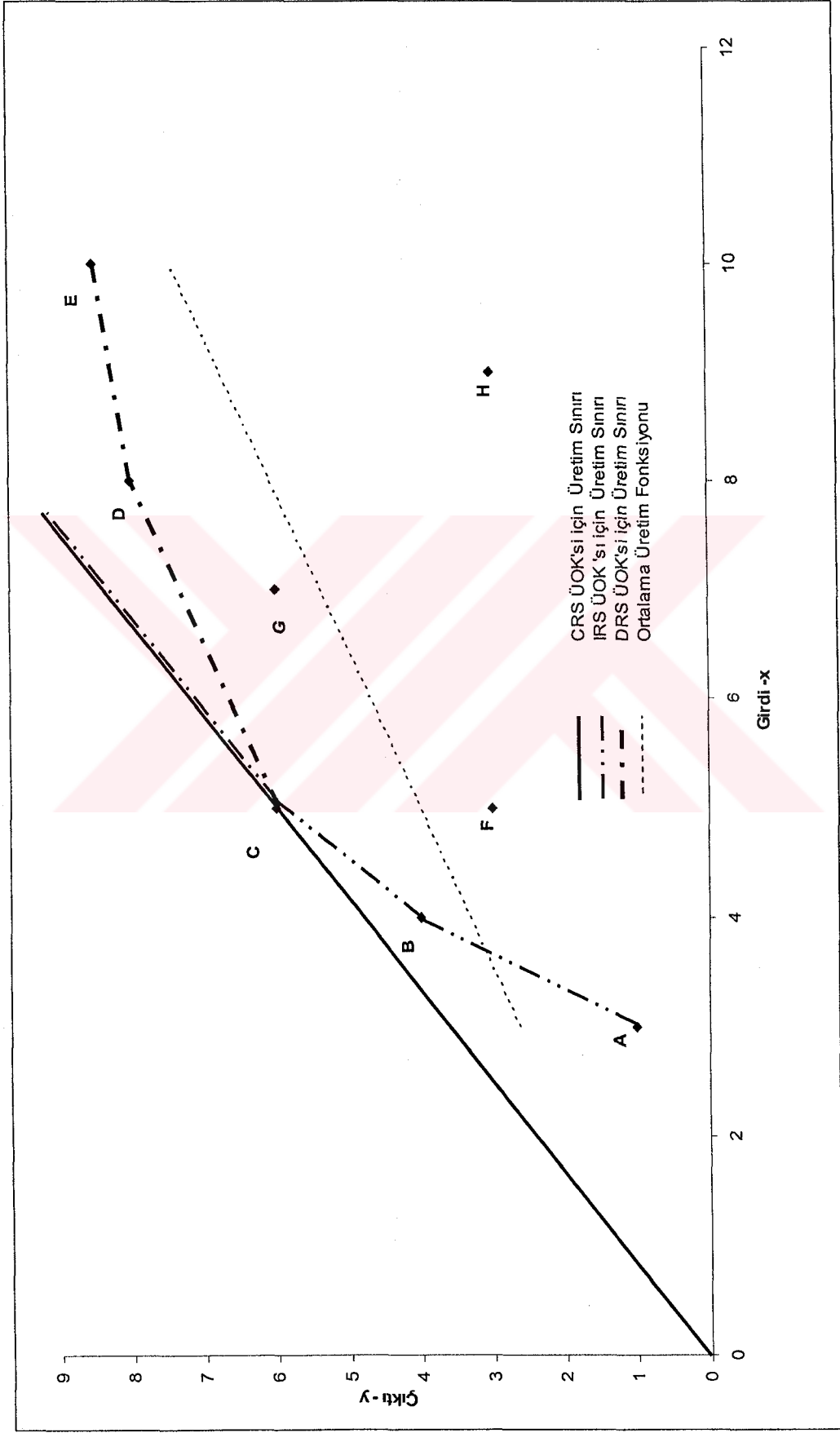
⁵² Yolalan, a.g.e., s.13

⁵³ Ganley, a.g.e., s.12

⁵⁴ P.Smith, D. Mayston, "Measuring Efficiency in The Public Sector", **OMEGA Int.Journal of Management Science**, Vol.15, No.3, 1987, s.181-189

Tablo 2.1’de tanımlanan ÜOK’lara göre VZA yaklaşımında kullanılabilecek üretim sınırları Şekil 2.4’de gösterilmektedir.





Şekil:2.4 Çeşitli ÜOK'lerine göre Üretim Sınırları ve Ortalama Üretim Fonksiyonu

Şekil 2.4’de tek çıktı elde etmek için tek girdi kullanan çok sayıda karar birimine ait girdi-çıktı düzeyleri gösterilmektedir. Bu karar birimlerine ait girdi-çıktı düzeyleri teknoloji veri iken üretilebilecek mümkün üretim olanakları kümesini oluşturmaktadır. Şekilde gözlem kümesindeki üretim birimleri için kabul edilen farklı ÜOK varsayımlarına göre farklı üretim sınırları gösterilmektedir. VRS varsayımı yapıldığında, belli bir girdi düzeyiyle en büyük çıktıyı elde eden A, B, C, D, E karar birimlerine ait üretim noktalarını birleştiren doğru parçaları üretim sınırını belirlemektedir. En küçük kareler yöntemi kullanılarak veri kümesi için ortalama üretim fonksiyonunu belirleyen regresyon doğrusu kesikli çizgiyle gösterilmiştir. VZA ve ilişki analizi yaklaşımına göre karar birimlerinin etkinlik değerlendirmeleri şöyle yapılmaktadır: En küçük kareler yöntemiyle elde edilen ortalama üretim fonksiyonuna göre örneğin G karar birimi bu fonksiyonun üstünde üretim yaptığından etkin karar birimi olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte aynı birim, VZA yaklaşımına göre üretim sınırının altında yer aldığından etkinsiz bir karar birimi olarak kabul edilmektedir.

VZA yaklaşımında hesaplamalar karar birimlerinin gerçek gözlem değerlerine dayandıklarından, sadece görelî etkinlik ölçülerini ortaya koymaktadır. Her bir karar biriminin görelî etkinliği gözlem kümesine giren diğer karar birimlerine göre hesaplanmaktadır. VZA yaklaşımı ampirik doğrusal parçalı üretim yüzeyi tanımlamaktadır. Başka bir ifadeyle bu üretim sınırı, kanıtlanmış(gerçekleşmiş) en iyi uygulamaları içeren üretim sınırıdır. Bu üretim sınırı girdi düzeyleri veri iken, gözlem kümesindeki her hangibir karar biriminden deneyimsel olarak elde edilebilecek maksimum çıktıları temsil etmektedir.⁵⁵

2.4.3. Etkinlik ve Verimlilik

Etkinlik kavramının tam olarak anlaşılabilmesi açısından karar birimlerinin performanslarının karşılaştırılmasında ölçüt olarak kullanılan verimlilik (productivity) ve etkinlik (efficiency) kavramları arasındaki farklılığın ortaya konması gerekmektedir. Verimlilik yada diğer adıyla üretkenlik kavramı en basit

⁵⁵ Charnes, v.d., a.g.e., s.6

tanımıyla çıktının girdiye oranı olarak tanımlanmaktadır. Ancak elde edilen bu verimlilik oranı tek başına işletmenin etkin olduğunu göstermekte yeterli değildir. Karar birimlerinin verimliliklerini birbirinden bağımsız olarak ölçmek olasıdır. Bu bağlamda da verimlilik göreceli (relative) bir kavram değildir⁵⁶. İşletmenin içinde bulunduğu sektörde aynı girdileri kullanarak aynı çıktıları üreten rakip işletmelerin verimlilikleri de göz önüne alınmalıdır. Kendisine rakip olan işletmelerin verimlilikleriyle karşılaştırıldığında ancak bir işletmenin etkin olup olmadığı öne sürülebilir. Verimlilik bireysel ve örgütsel performansta, dolaylı olarak etkililiği(effectiveness) ve etkinliği(eficiency) kapsamaktadır. Etkililik, belirlenen amaçların başarıma ve etkinlik, sonuçları en az kaynakla elde etme başarısının ölçüsü olarak tanımlanmaktadır⁵⁷.

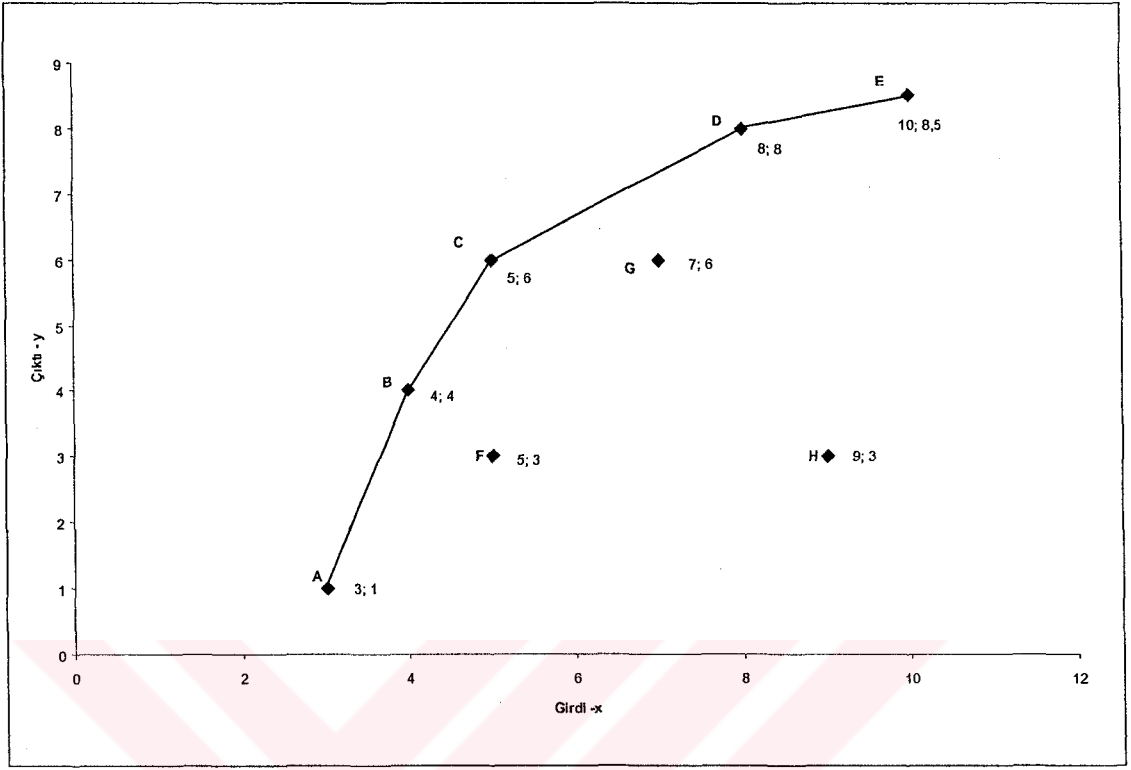
Bu çalışmada, çıktının girdiye oranı söz konusu olduğunda verimlilik, çıktıların en az kaynakla elde edilme başarısı söz konusu olduğunda etkinlik terimleri kullanılmaya çalışılmaktadır.

Bu iki kavram arasındaki farklılık tek girdi kullanarak tek çıktı üreten karar birimlerine ait veriler kullanılarak elde edilen Şekil 2.5 yardımıyla açıklanmaya çalışılmaktadır.

Verilen verimlilik tanımına göre bir KB için verimlilik, Y_{KB} / X_{KB} olarak ölçülmektedir. Başka bir deyişle, orijinden başlayan ve ilgili karar birimini temsil eden noktadan geçen doğrunun eğimi bu birim için verimlilik değerini vermektedir. Doğrunun eğiminin artması verimliliğin yükseldiğini göstermektedir. Buna göre F karar biriminin verimliliği A'ya göre daha yüksek olmaktadır. F ve C karar birimleri aynı ölçekte faaliyet göstermelerine karşın C karar biriminin verimliliği F'ye göre daha yüksektir.

⁵⁶ Tarım, a.g.e., s.11

⁵⁷ Harold Koontz, Heinz Weihrich, **Management**, McGraw-Hill Book Company, New York, 1988, s.8



Şekil 2:5 Verimlilik ve Etkinlik Kavramlarının Karşılaştırılması

Etkinlik kavramı açısından karar birimleri için şu değerlendirmeler yapılabilir: A, B, C, D, E üretim noktalarını birleştiren doğru parçaları üretim sınırını oluşturmaktadır. Buna göre bu sınır üzerinde bulunan tüm karar birimleri etkin, sınırın altında kalanlar ise etkinsiz kabul edilmektedir. F birimi A birimine göre daha verimli olmasına karşın belirlenen üretim sınırına göre etkinsiz olmaktadır. A üretim sınırı üzerinde yer aldığından etkin birim olarak kabul edilmektedir. Mevcut teknoloji çerçevesinde faaliyette bulunduğu ölçeğe göre en az kaynakla mümkün olan maksimum çıktıyı üretme başarısını göstermektedir. F birimi C ile aynı ölçekte faaliyet göstermekte ancak aynı girdi düzeyiyle daha düşük üretim yaptığından etkinsiz olmaktadır.

Etkinlik kavramı, belirlenen amaçlara göre iki farklı yönetime göre ele alınmaktadır. Amaç, belli bir düzeydeki çıktı miktarını en az girdiyle elde etmek olduğunda girdiye, belli bir girdi miktarıyla en büyük çıktı miktarını elde etmek olduğunda çıktıya yönelik etkinlikten söz etmek mümkün olmaktadır. Etkinliği ölçmek için kullanılan VZA modelleri de bu ayrıma uygun olarak geliştirilmişlerdir.

Farrell'e göre KB'lerin genel etkinliği çarpım şeklinde iki bileşene ayrılmaktadır⁵⁸:

$$OE(\text{Genel Etkinlik}) = \text{Teknik Etkinlik}(TE) * \text{Tahsis Etkinliği}(AE)$$

Teknik etkinlik de, yerel teknik etkinlik ve ölçek etkinlik bileşenlerinden oluşmaktadır.⁵⁹

2.4.3.1. Teknik Etkinlik

Teknik etkinlik, eldeki girdi bileşiminin en uygun biçimde kullanılarak mümkün olan maksimum çıktının üretilmesindeki başarı olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, çıktıya yönelik teknik etkinlik tanımıdır. Girdiye yönelik teknik etkinlik, mevcut çıktı düzeyini mümkün olan en az kaynak kullanımını ile elde etme başarısı olarak tanımlanmaktadır.

Teknik etkinlik ile ilgili ölçüm yaklaşımı tek-girdi tek-çıktı durumu için şekil 2.6 yardımıyla açıklanmaya çalışılmaktadır. şekil 2.6'da KB'ler için varsayılan teknolojiye göre üretim sınırı üzerinde olan A, B, C, D karar birimleri teknik etkin geri kalan birimler teknik etkinsizdir. F karar biriminin verimliliği F_y / F_x olarak ifade edilir. Mevcut teknoloji ile F birimi etkin olabilseydi üretmesi gereken çıktı miktarı C_y olmalıydı. Bu bağlamda gerçekleşen ve olması gereken çıktı miktarından hareketle F biriminin çıktıya yönelik teknik etkinliği, kendi verimliliği ile aynı ölçekte faaliyet gösteren C biriminin verimliliği oranlanarak hesaplanmaktadır:

$$(F_y / F_x) / (C_y / C_x) = F_y / C_y$$

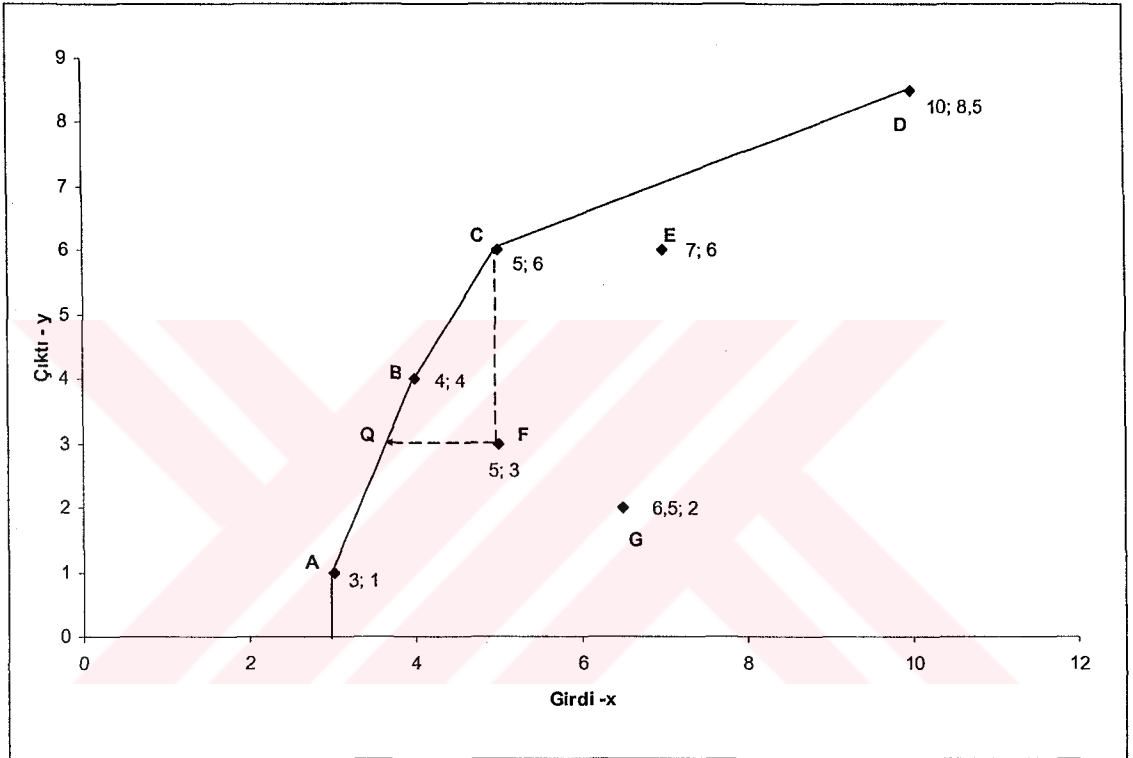
Girdiye yönelik teknik etkinlik ölçümünde amaç mevcut çıktı düzeyini sabit tutarken, kullanılan teknolojiyle mümkün olan en az kaynak kullanımını sağlamaktır. Q noktasında faaliyet gösteren sanal KB, F birimi ile aynı çıktı miktarını

⁵⁸ Ganley, a.g.e., s.10

⁵⁹ William W. Cooper, Lawrence M. Seiford, Kaoru Tone, **Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000, s.136

üretmektedir. F birimi teknik etkin olabilseydi kullanması gereken kaynak miktarı Q_x olmalıydı. Dolayısıyla, F biriminin girdiye yönelik teknik etkinliği şöyle hesaplanmaktadır:

$$(F_y / F_x) / (Q_y / Q_x) = Q_x / F_x$$



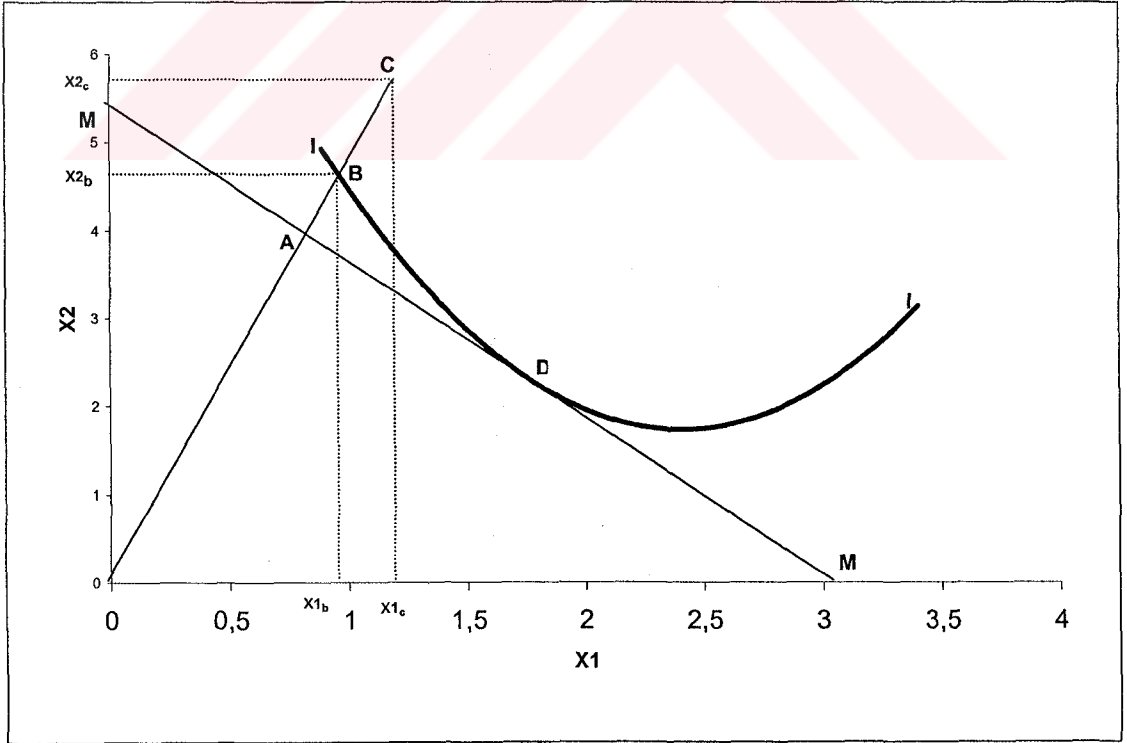
Şekil 2:6 Teknik Etkinliğin Ölçümü

Belirli bir KB'nin üretim sınırından ışınsal uzaklığı, teknik etkinlik derecesini belirlemektedir. Işınsal uzaklık arttıkça performansı kötüleşeceğinden teknik etkinliği de azalmaktadır. Bu durumda, teknik etkinlik sıfıra yaklaşmaktadır. Performansı arttıkça teknik etkinliği 1'e yaklaşmaktadır. Bundan ötürü teknik etkinlik ölçüsü 0 ve 1 arasında değişmektedir. ($0 \leq TE \leq 1$)

2.4.3.2. Tahsis Etkinliği

Tahsis etkinliğini tanımlamak için, eş-maliyet ve eş-ürün eğrilerinin tanımından yararlanılmaktadır. Bilindiği gibi, eş-maliyet doğrusu, “üreticinin belirli bir bütçe ile faktör fiyatları veri iken iki faktörden satın alabileceği bileşimleri veren noktaların, eş-ürün eğrisi, “girişimciye herhangi bir malın belirli bir üretim düzeyini elde etmesini sağlayan çeşitli faktör bileşimlerinin geometrik yeri”⁶⁰ olarak tanımlanmaktadır. Üretim fonksiyonunun tanımında da belirtildiği gibi ussal davranacağı varsayılan bir karar birimi, ya belli bir bütçeyle en büyük çıktıyı üretme yada belli bir çıktıyı en az maliyetle üretme çabası içinde olacağından en uygun faktör bileşim oranını seçmeye yönelmektedir. En uygun faktör bileşimi eş-ürün eğrisinin eş-maliyet doğrusuna teğet olduğu noktada oluşmaktadır.

Tahsis etkinliği, eş-ürün ve eş-maliyet eğrisi ve Şekil 2.7 yardımıyla açıklanmaya çalışılmaktadır.



Şekil 2:7 Enuygun Faktör Bileşimi

⁶⁰ Zeynel Dinler, *Mikro Ekonomi*, Ekin Kitabevi, Bursa, 2000, s.128

Şekil 2.7’de eş-ürün eğrisi **II** eğrisi, eş-maliyet doğrusu **MM** doğrusu ile gösterilmektedir. Şekle göre en uygun faktör bileşimi eş-ürün eğrisiyle, eş-maliyet doğrusunun teğet olduğu **D** noktasında gerçekleşmektedir. **C** karar birimi üretim sınırının üstünde yer aldığından teknik etkinsizdir. **C** karar birimi teknik etkisizliğini gidermek için her iki girdi miktarında azaltma yaparak **B** noktasında teknik etkinliğe ulaşabilir. Bu noktada teknik olsa da, bir birimlik ürünü elde etmek için daha fazla bütçe kullandığından tahsis etkin olamayacaktır. Teknik etkinliğe ulaşması durumunda tahsis etkinliği, $AE = OA / OB$ olarak hesaplanmaktadır.

Tahsis etkinliği 0-1 arasında değer alabilen işınsal bir ölçüdür. Tahsis etkinliğinin karar birimi açısından araştırılmasının önemi şudur: bir karar birimi için sınır üretimi yapmak, maliyetleri enazlamak için yeterli olmamaktadır. Genel etkin olabilmek için aynı anda hem teknik etkin hem de tahsis etkin olmak gerekmektedir. Başka bir deyişle, $AE = TE = 1.0$ olmalıdır.⁶¹ Şekil 2.7’de gösterilen **D** noktasındaki girdi bileşimine ve bütçe doğrusuna sahip bir karar birimi genel etkinliğe sahip birim olmaktadır.

2.4.3.3. Ölçek Etkinliği

Karar birimlerinde ortaya çıkabilecek etkinsizlik kaynaklarının bulunması yönetsel açıdan önemli ve araştırılması gereken bir konudur. Etkinsizlik, KB’nin kendi etkin olmayan faaliyetlerinden yada birim için dezavantaj oluşturan koşullardan kaynaklanabilmektedir. Bu nedenle KB için en uygun sayılabilecek ölçek büyüklüğü ve bu büyüklüğün etkinlik üzerindeki etkisinin ölçüsü araştırılması gereken bir konu olmaktadır.

Ölçek etkinliği için çeşitli tanımlar yapılmaktadır. Thanassoulis’e göre ölçek etkinliği ölçek büyüklüğünün KB’nin verimliliği üzerindeki etkisini ölçmektedir⁶². Başka bir yazarın tanımına göre ölçek etkinliği KB’nin en verimli ölçek

⁶¹ Ganley, a.g.e., s.11

⁶² Thanassoulis, a.g.e., s.140

büyükliğünde yada yakınında faaliyet göstermekle israfı önlemedeki yeteneğinin ölçüsüdür⁶³. Matematiksel olarak ölçek etkinliği ise şöyle ifade edilmektedir:

$$\text{Ölçek etkinliği (SE)} = \text{Karar biriminin teknik etkinliği} / \text{Karar biriminin yerel teknik etkinliği}$$

Tarım'a göre ölçek etkinliği en verimli ölçek büyüklüğüne yakınlığın göstergesidir.⁶⁴

VZA yaklaşımında ölçek etkinliğinin belirlenmesi için CCR ile BCC modelinin sonuçları irdelenmektedir. CCR modeli karar birimlerinin CRS teknolojisi altında faaliyet gösterdiklerini varsaymaktadır. Bu varsayıma göre T ÜOK'unu oluşturan karar birimleri ıııısal olarak genişleyebilmekte ve büzülebilmektedir. Bunun bir doğal sonucu olarak da bunların negatif olmayan bileşimleri de mümkün olmaktadır. Bu nedenle, CCR etkinlik ölçüsü tam teknik etkinlik⁶⁵ (global pure technical efficiency) olarak adlandırılmaktadır. BCC modeli karar birimlerinin VRS teknolojisi altında faaliyet gösterdiklerini varsaymaktadır. Buna göre, ÜOK'ni gözlemlenen karar birimlerinin dışbükey bileşimleri olarak kabul etmektedir. Bu bağlamda BCC modelinin etkinlik ölçüsü yerel teknik etkinlik (local pure technical efficiency) olarak adlandırılmaktadır. Performansı değerlendirilen herhangi bir karar birimi her iki modelin çözümünde %100 etkin ise bu karar biriminin en verimli ölçek büyüklüğünde faaliyet gösterdiği sonucuna varılmaktadır.⁶⁶ Performansı değerlendirilen herhangi bir karar birimi, BCC modelinde tam etkin ve fakat CCR modelinde düşük etkinliğe sahip olduğunda, faaliyette bulunduğu ölçek büyüklüğüne göre yerel olarak etkin, global olarak tam teknik etkin bulunmadığı sonucuna varılmaktadır. Bu nedenle, bir karar biriminin ölçek etkinliği bu iki modelden elde edilen etkinlik ölçülerinin oranı olarak ifade edilmektedir. Herhangi bir karar birimi için CCR modeline göre etkinlik ölçüsü θ_{CCR}^* , ve BCC modeline göre etkinlik ölçüsü

⁶³ Richard Webster, Steven Kennedy, Leanne Johnson, "Comparing Techniques for Measuring the Efficiency and Productivity of Australian Private Hospitals, **Working Papers in Econometrics and Applied Statistics**, Australian Bureau of Statistics, Canberra, 1998, s.11

⁶⁴ Tarım, a.g.e., s.17

⁶⁵ Tam teknik etkinlik VZA yazınında kısaca teknik etkinlik olarak ifade edilmektedir ve her iki terim birbirinin yerine kullanılabilir.

⁶⁶ Cooper, v.d., a.g.e., s.136

θ_{BCC}^* ise, bu karar biriminin ölçek etkinliği SE (Scale Efficiency) şöyle ölçülmektedir:⁶⁷

$$SE = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*} \leq 1$$

Tanıma göre ölçek etkinliği 1'den büyük olamamaktadır. Dolayısıyla, CCR tam etkin olan bir KB, BCC etkin ise, ölçek etkinliği 1 olacağından bu karar biriminin en verimli ölçek büyüklüğünde faaliyet gösterdiği sonucuna varılmaktadır.

Ölçek etkinliği için verilen oransal ilişki kullanılarak teknik etkinlik iki bileşene ayrılmaktadır;⁶⁸ yerel teknik etkinlik ve ölçek etkinliği.

$$[Teknik\ etkinlik\ (TE)] = [Yerel\ teknik\ etkinlik\ (PTE)] \times [\text{Ölçek etkinliği}\ (SE)]$$

Etkinliğin bu biçimde bileşenlerine ayrılması, ilgili karar biriminin etkinsizliğinin kendi etkin olmayan faaliyetlerinden mi yoksa olumsuz koşulların yarattığı dezavantajlardan mı kaynaklandığı sorusunun yanıtını verebilmektedir. Yerel teknik etkinlik ölçüsü (PTE) karar biriminin etkinsizliğinin kendi etkin olmayan faaliyetlerinden kaynaklandığını; ölçek etkinliği, karar birimindeki etkinsizliğin koşulların dayattığı bir etkinsizlik olduğunu göstermektedir.⁶⁹

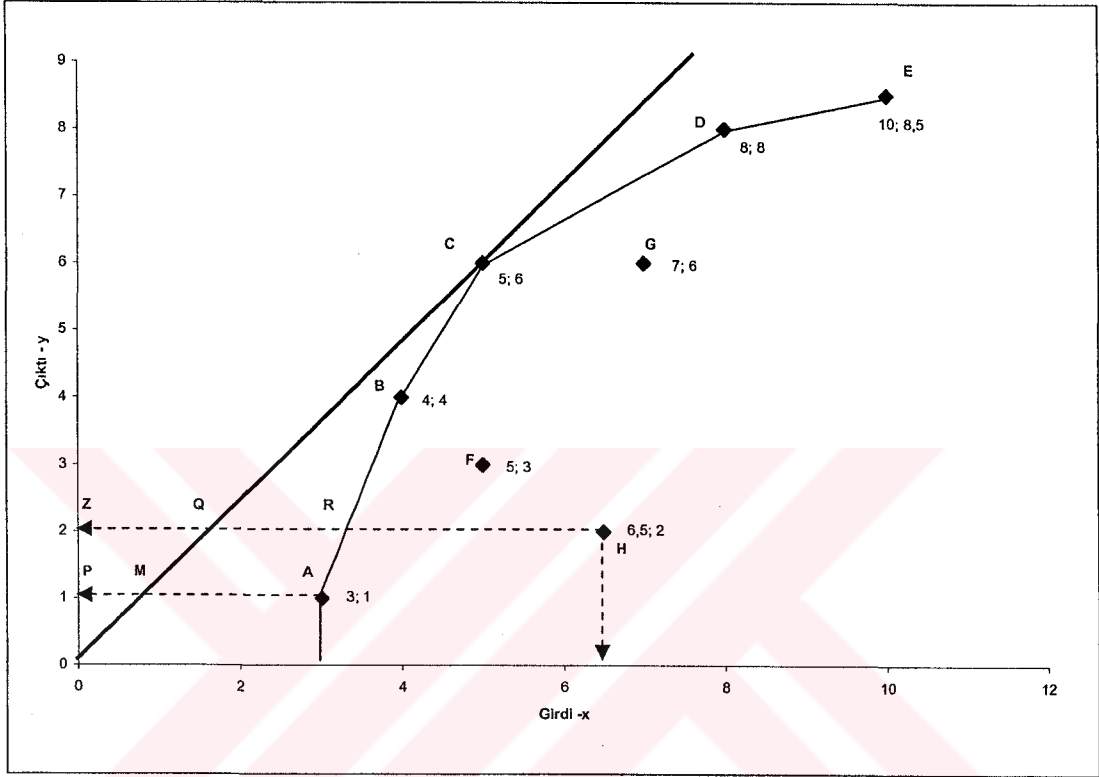
Yapılan açıklamalar grafiksel olarak Şekil 2.8 yardımıyla açıklanmaya çalışılmaktadır. CCR modelinin CRS varsayımına göre, karar birimleri için üretim sınırını OC doğrusu, BCC modelinin VRS varsayımına göre üretim sınırını A, B, C, D ve E noktalarını birleştiren doğru parçalarının birleşimi göstermektedir. A karar birimi BCC modeline göre üretim sınırı üzerinde yer aldığından yerel teknik etkindir ($\theta_{BCC}^* = 1$). Ancak bu birim CCR modeline göre üretim sınırının altında bulunduğundan teknik etkinsiz $\theta_{BCC}^* \leq 1$ sayılmakta ve dolayısıyla tam teknik etkin

⁶⁷ Cooper, v.d., a.g.e., s.136

⁶⁸ A.e., s.137

⁶⁹ A.e.

olamamaktadır. CCR modeli için, A biriminin girdiye yönelik teknik etkinliği ırsnsal olarak $TE_A = \frac{PM}{PA}$ hesaplanmaktadır.



Şekil 2:8 Ölçek Etkinliğinin Ölçülmesi

Dolayısıyla A biriminin ölçek etkinliği şöyle hesaplanmaktadır:

$$SE_A = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*} = \frac{\frac{PM}{PA}}{1} = \frac{PM}{PA} < 1$$

A biriminin etkinlikleri için şu yorumlar yapılabilir: A birimi yerel olarak etkin faaliyette bulunmakta (PTE=1), ancak tam teknik etkin faaliyet göstermemektedir. Tam teknik etkinsizliği, ölçek etkinsizliğinden kaynaklanmaktadır. Başka bir deyişle, A karar biriminin etkinsizliğinin kaynağı ölçek büyüklüğüdür. C karar birimi hem CCR, hem de BCC etkin olduğundan ölçek etkinliği 1'e eşittir. Bu nedenle en verimli ölçek büyüklüğünde faaliyet göstermektedir. H karar birimi her iki modele

göre de etkinsizdir. Bu karar birimi için tam teknik etkinlik, yerel teknik etkinlik ve ölçek etkinliği şöyle hesaplanmaktadır:

$$TE = \frac{ZQ}{ZH}, PTE = \frac{ZR}{ZH}, SE = \frac{\frac{ZQ}{ZH}}{\frac{ZR}{ZH}} = \frac{ZQ}{ZH} \times \frac{ZH}{ZR} = \frac{ZQ}{ZR}$$

2.4.4. Ölçeğe Göre Getiri

Ölçeğe göre getiri tüm girdi faktörlerindeki orantısal artışın toplam üretimi nasıl etkileyeceği sorusunun yanıtı ile ilgilidir. Girdi faktörlerindeki orantısal artışa karşı toplam üretimdeki değişim üç farklı durumla sonuçlanabilir: 1) Toplam üretim girdi faktörlerindeki orantısal artışa uygun olarak aynı oranda artabilir, 2) Toplam üretim girdi faktörlerindeki orantısal artıştan daha az oranda artabilir yada 3) Daha yüksek oranda artabilir.

Girdi faktör sayısı birden fazla olduğunda ve girdi faktör bileşimi sabit tutulduğunda, girdi faktörlerinin birinde yada bir kısmında artış yapılması durumunda çıktı faktörlerindeki artış daha büyük oranda artışla sonuçlanırsa ölçeğe göre artan getiri (IRS-Increasing Returns to Scale), çıktıdaki artış oranı girdi faktörlerindeki artış oranından daha az ise ölçeğe göre azalan getiri (DRS-Decreasing Returns to Scale), çıktıdaki artış oranı girdideki artış oranıyla aynı ise ölçeğe göre sabit getiri (CRS-Constant Returns to Scale) durumları ortaya çıkmaktadır.⁷⁰

Matematiksel olarak ölçeğe göre getiri, etkinlik sınırına ait bir $(x, y) \in T$ noktası üzerinden geçen ve ÜOK'si T'ye teğet olan herhangi bir yüzey için tanımlanan,

⁷⁰ Norman, a.g.e., s.97

$$\mu'Y - v'X - we' \leq 0$$

$$\mu'y - v'x - w = 0$$

$$\mu > 0$$

$$v > 0$$

ifadelerindeki w değeri ile belirlenmektedir. (μ, v) vektörleri etkinlik yüzeylerini belirleyen pozitif normal vektörlerdir. Bu vektörler etkinlik sınırı üzerinde, (1) üretim faktörleri arasındaki marjinal ikame oranları, (2) üretim faktörlerinin marjinal üretkenlik değerlerini belirlemektedir⁷¹.

Seçilen ÜOK'a bağlı olarak w 'nin aldığı değerlere göre ölçeğe göre getiri şöyle tanımlanmaktadır:

- i. w kısıtsız: ölçeğe göre değişken getiri. Etkinlik sınırı üzerinde IRS, DRS, ve CRS olabileceğini ifade etmektedir. (VRS)
- ii. $w \geq 0$: ölçeğe göre azalan getiri (DRS)
- iii. $w \leq 0$: ölçeğe göre artan getiri (IRS)
- iv. $w = 0$: ölçeğe göre sabit getiri (CRS)

w ve marjinal üretkenliğin nasıl hesaplandığı Şekil 2.9'da gösterilen birimlere ait değerler kullanılarak açıklanmaya çalışılmaktadır.

Etkinlik sınırını oluşturan $[AB]$ aralığı için marjinal üretkenlik ve w şöyle hesaplanmaktadır:

$$\frac{v}{\mu} = \frac{4-1}{4-3} = \frac{3}{1} \Rightarrow \mu = 1, v = 3$$

Ölçeğe göre getiri $\mu'y - v'x - w = 0$ ifadesinden $A(3,1)$ ve $B(4,4)$ gözlem değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$\mu = 1, v = 3$$

⁷¹ Yolalan, a.g.e., s.13

$$A: 1*1 - 3*3 - w = 0; w = -8 \quad B: 1*4 - 3*4 - w = 0; w = -8$$

$w \leq 0$ olduğundan [AB] aralığında IRS geçerlidir ve marjinal üretkenlik 3 olarak hesaplanmaktadır. Bu aralıkta etkinlik sınırını oluşturan hiperdüzlem şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$S_1[AB] = \{\mu' y - v' x - w = 0 : \mu = 1; v = 3; w = -8\}$$

[BC] aralığı için benzer işlemler yapıldığında;

$$\frac{v}{\mu} = \frac{6-4}{5-4} = \frac{2}{1} \Rightarrow \mu = 1, v = 2$$

$$B: 1*4 - 2*4 - w = 0; w = -4 \quad C: 1*6 - 2*5 - w = 0; w = -4$$

$$S_2[BC] = \{\mu' y - v' x - w = 0 : \mu = 1; v = 2; w = -4\}$$

$w \leq 0$ olduğundan [BC] aralığında IRS geçerlidir ve marjinal üretkenlik 1 olur.

[CD] aralığı için;

$$\frac{v}{\mu} = \frac{8.5-6}{10-5} = \frac{1}{2} \Rightarrow \mu = 1, v = \frac{1}{2}$$

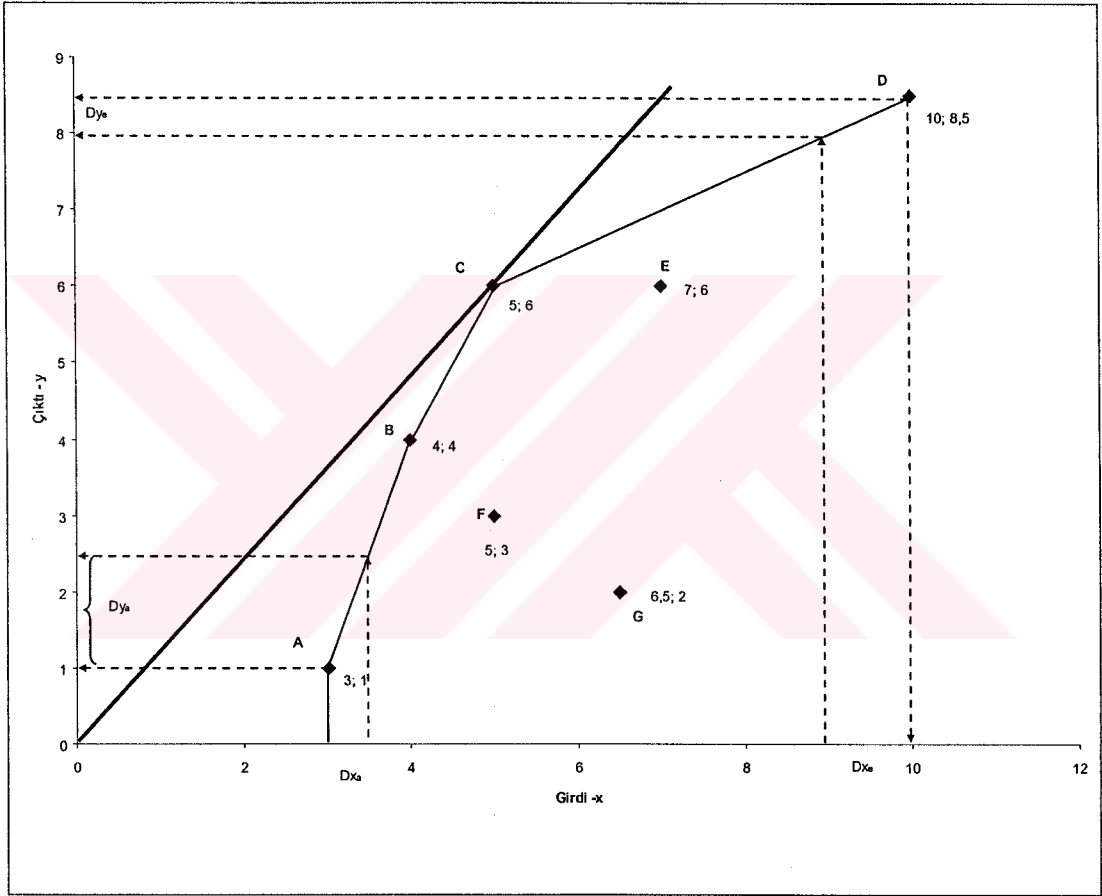
$$C: 1*6 - \frac{1}{2}*5 - w = 0; w = 3.5 \quad D: 1*8.5 - \frac{1}{2}*10 - w = 0; w = 3.5$$

$$S_3[CD] = \left\{ \mu' y - v' x - w = 0 : \mu = 1; v = \frac{1}{2}; w = 3.5 \right\}$$

$w \geq 0$ olduğundan [CD] aralığında DRS geçerlidir ve marjinal üretkenlik 2/7 hesaplanmaktadır.

Matematiksel olarak gösterilen ölçeğe göre getiri kavramları Şekil 2.9 yardımıyla açıklanmaya çalışılmaktadır. Verimlilik tanımına göre Şekil 2.9'da

gösterildiği gibi karar birimleri içinde en verimli karar birimi C'dir. Bu nedenle C birimi en verimli ölçek büyüklüğüne sahip birim olmaktadır. Bu ölçeğin her iki yanında faaliyet gösteren birimler daha düşük verimle faaliyet göstermektedirler. Teknik etkinlik ve ölçek etkinlik için verilen açıklamalar göz önüne alındığında, C biriminin tam teknik etkin dolayısıyla ölçek etkin olduğu, öte yandan A, B, ve D birimlerinin yerel teknik etkin fakat ölçek etkin olmadıkları sonucuna varılmaktadır.



Şekil 2:9 Ölçeğe Göre Getirinin Hesaplanması

A karar birimi yerel teknik etkinliğini korumak koşuluyla ölçek büyüklüğünü artırarak, yani en verimli ölçek büyüklüğüne yaklaşarak verimliliğini artıracığı yorumu yapılmaktadır. Ölçek büyüklüğünde yapacağı artış çıktılarında oransal olarak daha büyük bir artışa neden olacaktır. Bu durum, yukarıda belirtildiği gibi IRS olarak adlandırılmaktadır.⁷² Şekil 2.7'ye göre A birimi için:

⁷² Cooper, v.d., a.g.e., s.117

$$\frac{Dy_a}{y_a} > \frac{Dx_a}{x_a} \text{ dir. Burada,}$$

$Dy_a \rightarrow y'$ deki artış miktarı

$Dx_a \rightarrow x'$ deki artış miktarıdır.

Ekonomi yazınında çıktıdaki görelî değişimin girdideki değişimine oranı olan bu ölçü esneklik olarak adlandırılmaktadır. Ortalama verimlilik y/x oranı ve marjinal verimlilik dy/dx ile ölçülmektedir. En verimli ölçek büyüklüğünde ortalama verimlilik en yüksek değerini almaktadır. En verimli ölçek büyüklüğünde ortalama verim marjinal verime eşit olduğundan $\{y/x = dy/dx\}$ esneklik katsayısı birdir. Dolayısıyla çıktıdaki değişimin girdideki değişime oranı değişmemektedir. Bu durum CRS olarak adlandırılmaktadır.⁷³ Buna göre A birimi için $dy/dx > y/x$ olduğundan $e(x) > 1$ dir. Sonuç olarak, en verimli ölçek büyüklüğünün solunda kalan ölçek büyüklükleri için IRS'nin geçerli olduğu söylenebilir. D birimi, yerel teknik etkinliğini koruyarak ölçek küçülttüğünde ortalama verimliliği artacak ancak marjinal verimliliği azalacaktır. Başka bir ifadeyle, $dy/dx < y/x$ olacağından esneklik katsayısı $e(x) < 1$ hesaplanacaktır. Bu durum DRS olarak adlandırılmaktadır. Bu durum genelleştirilirse en verimli ölçek büyüklüğünün sağında kalan ölçek büyüklükleri için ölçeğe göre azalan getiri geçerli olmaktadır.⁷⁴

KB açısından ne tür ölçeğe göre getiri durumuna sahip olunduğunun bilinmesi yönetsel karar verme açısından büyük önem taşımaktadır. Ölçeğe göre artan getirinin geçerli olduğu bir ölçekte faaliyet gösteren bir karar birimi için, eğer ölçek büyüklüğünü artırmak kendi denetimi altındaysa ek girdi gereksinmelerinin çıktı düzeylerinde daha büyük bir artışla karşılanacağından, ölçek artırma yolunu seçmelidir. Benzer bir yorumla ölçeğe göre azalan getirinin geçerli olduğu bir ölçek büyüklüğünde faaliyet gösteren bir karar birimi ölçek boyutunu küçültmelidir. Karar

⁷³ A.e., s.115

⁷⁴ A.e.

birimi için faaliyette bulunacağı ideal ölçek büyüklüğü ölçeğe göre sabit getirinin geçerli olduğu büyüklüktür.⁷⁵

2.4.5. En Verimli Ölçek Büyüklüğü

En verimli ölçek büyüklüğü en yüksek verimliliğe sahip karar birimlerinin faaliyet gösterdiği ölçek büyüklüğüdür. Thanassoulis'e göre bir üretim imkanı için, teknik ve ölçek etkinliği 1 ise, bu ölçek en verimli ölçek büyüklüğüdür. Bu bağlamda CRS altında etkin olan bir KB en verimli ölçek büyüklüğüne sahip birim olmaktadır. Ancak bu yargının tersi doğru değildir. KB en verimli ölçek büyüklüğünde faaliyet gösterebilir ancak etkin olmayabilir. Bu durum şöyle açıklanabilir: Şekil 2.9 incelendiğinde C birimi CRS altında, teknik etkin ve en verimli ölçek büyüklüğüne sahip bir birimdir. C birimi ile aynı ölçekte faaliyet gösteren F birimi en verimli ölçek büyüklüğünde faaliyet göstermesine karşın kaynaklarını verimli kullanmadığından etkin olamamıştır.

2.5. VERİ ZARFLAMA ANALİZİYLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

VZA yazınında etkinliğin oransal formdaki tanımı Charnes ve arkadaşları tarafından kamu programlarında yer alan kar amaçlı olmayan birimlerin faaliyetlerini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada belirtilmektedir. Charnes ve arkadaşlarının bu çalışmasında herhangi bir karar biriminin (VZA geleneğine uygun olmak üzere "0" birimi) etkinliği, her bir karar birimi için benzer oranların bire eşit yada küçük olması koşulunun bulunması kısıtı altında, mühendislik oranı olarak bilinen çıktı/girdi oranından türetilen ağırlıklı çıktılar toplamının ağırlıklı girdiler toplamına oranının en büyüğü olarak tanımlanmaktadır⁷⁶. Bu tanıma göre s sayıda çıktı üretmek için m sayıda girdi kullanan n sayıdaki KB'nin bulunması durumunda "0" karar biriminin girdiye yönelik etkinliği, u_r ve v_i ağırlıkları negatif olmamak koşulu ile,

⁷⁵ Thanassoulis, a.g.e., s.144

⁷⁶ Abraham Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes, "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, Vol.2, 1978, s.429-444

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \text{ kısıtını sağlayan } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \text{ oranının en büyüğüdür.}^{77}$$

Burada, y_{rj} , x_{ij} , j'inci KB'nin bilinen girdi ve çıktıları; $u_r, v_i \geq 0$ problemin çözümüyle belirlenecek ağırlık değişkenleridir. Belirli bir KB'nin etkinliği, n sayıdaki KB'ye göre ölçüleceğinden, her bir karar birimine ait sanal çıktının sanal girdiye oranının ≤ 1 olması gerektiğini ifade eden normalize edici kısıt kümesi formülasyona eklendiğinde girdiye yönelik etkinlik ölçüm modeli şöyle ifade edilmektedir:

$$\begin{aligned} Max h_0 &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \\ st. \\ \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} &\leq 1; j = 1, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq 0; r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (M2.1)$$

Model kesirli programlama formundadır. Kesirli form çözüm zorluğu yarattığından, değişken dönüşümü ile oransal form eşdeğer doğrusal programlama modeline dönüştürülerek çözülmektedir.

$$\begin{aligned} w_i &= tv_i; i = 1, \dots, m \\ \mu_r &= tu_r; r = 1, \dots, s \\ t^{-1} &= \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \end{aligned}$$

değişken dönüşümü ile doğrusal programlama formu şu şekilde ifade edilmektedir:

⁷⁷ A.e.

$$\begin{aligned}
\text{Max } h_0 &= \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} \\
\text{s.t.} \\
\sum_{i=1}^m w_i x_{i0} &= 1 \\
\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m w_i x_{ij} &\leq 0; j = 1, \dots, n \\
\mu_r, w_i &\geq 0; r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m
\end{aligned} \tag{M2.2}$$

Bu model VZA yazınında girdiye yönelik ağırlıklı yada değer tabanlı model olarak adlandırılmaktadır. Her iki modelde yer alan, girdi ve çıktı ağırlıklarını belirleyen (u_r, v_i) yada (μ_r, w_i) değerlerinin negatif olmama kısıtı, herhangi bir KB'nin tek bir girdi yada tek bir çıktıya daha fazla ağırlık vererek etkin olmasının yaratacağı sakıncayı ortadan kaldırmak için $(u_r, v_i \geq \varepsilon)$ biçiminde değiştirilebilmektedir. Bu değişiklikle elde edilen modeller Arşimedgil olmayan model (non-Archimedean) olarak adlandırılmaktadır. Arşimedgil olmayan modellerde yer alan ε , pratikte 10^{-6} gibi küçük bir değer alınmakta ve Arşimedgil olmayan büyüklük olarak adlandırılmaktadır⁷⁸.

Çıktıya yönelik etkinlik ölçüm modeli de şöyle ifade edilmektedir:

$$\begin{aligned}
\text{Min } p_0 &= \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}} \\
\text{st.} \\
\frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} &\geq 1; j = 1, \dots, n \\
u_r, v_i &\geq 0; r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m
\end{aligned} \tag{M2.3}$$

Uygun dönüşümler yapılarak oransal formdaki M2.3 modeli doğrusal programlama formunda aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

⁷⁸ Tarım, a.g.e., s.52

$$\begin{aligned}
\text{Min } \rho_0 &= \sum_{i=1}^m w_i x_{i0} \\
\text{s.t.} \\
\sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} &= 1 \\
\sum_{i=1}^m w_i x_{ij} &\geq \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj}; j = 1, \dots, n \\
\mu_r, w_i &\geq 0; r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m
\end{aligned} \tag{M2.4}$$

Diğer VZA modelleri bu modeller temel alınarak sınıflandırılmaktadır. Girdiye ve çıktıya yönelik olarak ifade edilen ağırlıklı modellerin ikilikleri VZA yazınında zarflama modelleri olarak adlandırılmaktadır. Yukarıda verilen modeller KB'lerin CRS varsayımı altında faaliyet gösterdiklerini varsaymaktadırlar. Bu modellere ölçeğe göre değişken getiri varsayımını ifade eden $\sum_{j=1}^n \lambda_j$ kısıtının eklenmesiyle diğer temel VZA modelleri elde edilebilmektedir.

2.5.1. VZA Modellerinin Sınıflandırılması ve Model Seçimi

VZA modellerinde göreceli etkinlik ölçümü girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır: Girdiye yönelik etkinlik ölçüsü, karar birimi girdi karmasını korurken performansını artırma yoluyla çıktılarında azalma olmadan girdi düzeyinde ne dereceye kadar azaltma yapabileceğini göstermektedir. "Girdiye yönelik VZA modelleri, belirli bir çıktı bileşimini en etkin şekilde elde etmek amacıyla en uygun girdi bileşimini araştıran modellerdir"⁷⁹ Benzer bir ifadeyle, çıktıya yönelik etkinlik ölçüsü de, karar birimi çıktı karmasını korurken performansını artırma yoluyla ek kaynağa gereksinme duymadan çıktı düzeyinde ne dereceye kadar genişleme yapabileceğini göstermektedir. Çıktıya yönelik modeller de belli bir girdi miktarıyla üretilebilecek en büyük çıktı bileşimini araştıran modellerdir. Bu bağlamda, VZA modelleri girdiye ve çıktıya yönelik modeller olarak sınıflandırılmaktadır.

⁷⁹ Ülengin, a.g.e., s.8-25

KB etkinliğinin değerlendirilmesinde girdiye yada çıktıya yönelik hangi modelin kullanılacağına seçimi karar biriminin girdi ve çıktı düzeyleri üzerindeki takdir yetkisine bağlıdır ve karar biriminin faaliyet gösterdiği alana göre farklılık göstermektedir. Örneğin, hastane bir karar birimi olarak ele alınırsa, hastane yönetiminin farklı kategoride tedavi ihtiyacı olan hastalar üzerinde – hastaları hizmet verilen çıktılar olarak düşünöldüğünde- doğal olarak çok az denetimi olacaktır. Hastane yönetiminin doktor, hemşire, yatak sayısı, faaliyet harcamaları gibi girdi düzeyleri üzerinde daha fazla denetime sahip olduğunu kabul etmek daha akla uygun olabilir. Öte yandan okullar bir karar birimi gibi ele alınırsa, okul yönetiminin, okulun girdileri olarak kabul edeceğimiz öğrenciler üzerinde çok az denetime sahip oldukları düşünölebilir. Her ne kadar bazı okullarda giriş sınavla olsa da, okula gelen öğrencilerin önceden aldıkları çeşitli eğitim ve öğrenim yetenekleri ile mensubu oldukları ailelerin sosyo-ekonomik yapıları üzerinde okul yönetiminin güçlü bir denetiminin olabileceğini ileri sürmek yanlış olabilir. Sonuç olarak girdiye yada çıktıya yönelik hangi etkinlik ölçüsünün kullanılacağına basit olarak şöyle karar verilmektedir: yönetimin girdi düzeyleri üzerinde denetimi varsa girdiye yönelik, çıktı düzeyleri üzerinde denetimi varsa çıktıya yönelik etkinlik analizi yapılmaktadır⁸⁰.

Doğrusal programlama formundaki VZA modelleri ağırlıklı ve zarflama modelleri olarak da sınıflandırılmaktadır. Zarflama terimi, bu tür modellerde etkinliğin, karar birimlerinde gözlemlenen girdi ve çıktı düzeylerini zarflayan üretim sınırı referans alınarak ölçölmesinden kaynaklanmaktadır. Ağırlıklı modeller DEA literatüründe değer-tabanlı (Value-Based) modeller olarak da adlandırılmaktadır. Gerçekte değer-tabanlı modeller, zarflama modellerine eşdeğer, onların ikiliği olan ve DEA etkinliğini değer kapsamında ölçen modellerdir⁸¹.

Zarflama ve ağırlıklı modellerin kısıtları ve değişkenleri arasındaki ilişkiler aşğıdaki Tablo2.2'deki gibi özetlenebilir⁸².

⁸⁰ Thassoulis, a.g.e., s.24

⁸¹ Thanassoulis, a.g.e., s.71

⁸² Cooper, a.g.e., s.89

Tablo 2:2 Zarflama ve Ağırlıklı Model İlişkileri

Zarflama Modeli Kısıtları	Ağırlıklı Model Değişkeni	Ağırlıklı Model Kısıtları	Zarflama Modeli Değişkeni
$\theta_B x_0 - X\lambda \geq 0$ $Y\lambda \geq y_0$ $\sum_{j=1}^n \lambda = 1$	$v \geq 0$ $u \geq 0$ w	$vx_0 = 1$ $-vX + uY - w \leq 0$	θ $\lambda \geq 0$

Zarflama ve ağırlıklı modellerden hangisinin etkinlik ölçümünde kullanılacağı, etkinlik değerlemesinden elde edilmek istenen bilgiye göre belirlenmektedir. Herhangi bir KB için etkinlik değerlendirmesinde zarflama modelleri kullanıldığında aşağıda belirtilen bilgileri edinmek mümkün olmaktadır:

- Etkinlik ölçüsü,
- Karar birimi etkin olduğunda; KB'nin etkin olmayan diğer karar birimlerine hangi faaliyet alanları için rol modeli olabileceği,
- Karar birimi etkinsiz olduğunda; (1) performansını artırmak için üretim uygulamalarını taklit etmeyi düşünebileceği etkin karar birimleri (2) hedef girdi-çıkıtlı düzeyleri.

Ağırlıklı modeller şu bilgilerin elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır:

- Etkinlik ölçüsü,
- Etkinlik ölçüsünün güçlülüğü,
- Etkin olduğunda; etkin olmayan karar birimlerine hangi faaliyet alanları için iyi örnek oluşturduğu,
- Etkinsiz olduğunda; üretim uygulamalarını taklit etmeyi düşünebileceği etkin karar birimleri.

VZA modelleri ayrıca karar birimlerinin faaliyet gösterdikleri ölçeğe göre getiri türüne bağlı olarak CCR ve BCC modelleri olarak da sınıflandırılmaktadırlar. Ölçeğe göre getiri göz önüne alındığında CRS varsayımı yapılan temel modeller VZA yazınında, bu modelleri geliştiren bilim adamı adlarının ilk harflerine gönderme yapılarak (Charnes, Cooper, Rhodes) CCR modeli, VRS varsayımı yapılan modeller (Banker, Charnes, Cooper) BCC modeli olarak adlandırılmaktadır. İki model arasındaki temel fark VRS modellerinde yoğunluk vektörü λ karar değişkenleri toplamının 1'e eşit olmalarıyla kısıtlanmalarıdır. Bu kısıt, CCR modelindeki KB'nin ölçek etkin olma zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Bunun sonucu olarak, BCC modelleri VRS varsayımı yaparak her KB için sadece teknik etkinliği, başka bir ifadeyle yerel teknik etkinliği ölçmektedir. Bir karar verici birimin CCR etkin olabilmesi için hem teknik etkin hem de ölçek etkin olması, BCC etkin olabilmesi için sadece teknik etkin olması yeterlidir⁸³. CCR ve BCC modelleri VZA'da temel model türlerini oluşturmaktadır⁸⁴.

Bu çalışmada temel VZA modelleri girdiye ve çıktıya yönelik etkinlik ölçümü ayırımına uygun zarflama ve ağırlıklı modeller bağlamında sekiz model ile toplayıcı model, Tablo 2.2'de verilen örnek veriler üzerinde uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaya çalışılmaktadır. Bu temel modellerin dışında DEA uygulamalarında karşılaşılan problemler ve beklentilere koşut olarak literatürde ek modellerin geliştirildikleri de gözlemlenmektedir. Bu modeller temel modellerin uzantılarıdır ve bu çalışmada söz konusu modeller ayrı başlıklar altında tanıtılmaya çalışılmaktadır.

Tablo 2:3 Örnek Problem Verileri

Karar Birimi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Girdi (X)	3	4	5	8	10	5	7	6.5	9	10
Çıktı (Y)	1	4	6	8	8.5	3	6	2	7	8.2

⁸³ Bowlin, W.F., "Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA)", *Journal of Cost Analysis*, Fall, 1998, s.3-27

⁸⁴ Pekka Korhonen, Aapo Siljamäki, "On the Use of Value Efficiency Analysis and Some Further Developments", *Journal of Productivity Analysis*, Vol.17, 2002, s.49-65

2.5.2. Girdiye Yönelik Modeller

2.5.2.1. Girdiye Yönelik Zarflama ve Ağırlıklı CCR Modelleri

Girdiye yönelik modeller yukarıda belirtildiği gibi, belirli bir çıktı bileşimini en etkin bir şekilde elde etmek amacıyla en uygun girdi bileşimini araştıran modellerdir. Modelde CRS varsayımı geçerli olduğundan CCR modeli olarak da adlandırılmaktadır. Modele VRS varsayımı eklendiğinde modelin BCC modeli elde edilmektedir.

M2.2 modelinin ikiliği olan girdiye yönelik zarflama modeli şöyle ifade edilmektedir:

$$\begin{aligned} \text{Min} E_{j_0} &= k_0 - \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right] \\ \text{s.t.} \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} &= k_0 x_{ij_0} - S_i^-; i = 1 \dots m \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} &= S_r^+ + y_{rj_0}; r = 1 \dots s \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1 \dots N, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \forall i, r, k_0 \text{ serbest} \end{aligned} \tag{M2.5}$$

Bu modelde,

- k_0 : j_0 karar biriminin girdilerini ne kadar azaltabileceğini belirleyen büzülme katsayısı
- E_{j_0} : j_0 karar biriminin göreceli etkinlik ölçüsü
- x_{ij_0} : j_0 karar biriminin kullandığı i 'inci girdi miktarı
- x_{ij} : j .inci karar biriminin kullandığı i 'inci girdi miktarı
- y_{rj_0} : j_0 karar biriminin ürettiği r 'inci çıktı miktarı
- y_{rj} : j .inci karar biriminin ürettiği r 'inci çıktı miktarı
- λ_j : j 'inci karar biriminin aldığı yoğunluk değeri
- S_i^- : j_0 karar biriminin i 'inci girdisine ait atıl değer
- S_r^+ : j_0 karar biriminin r 'inci çıktısına ait atıl değer

Model iki aşamada çözülmektedir: İlk aşamada amaç fonksiyonundaki aylak değişkenler göz önüne alınmadan k_0 enazlanmaya çalışılmakta ve böylelikle k_0 için en küçük değer olan eniyi büzülme katsayısı k_0^* bulunmaya çalışılmaktadır. Büzülme katsayısı, j_0 karar birimi girdi karmasını sabit tutarak mevcut çıktı düzeyinde bozulma olmadan girdi düzeylerinde yapabileceği en büyük ırsal büzülme oranını göstermektedir. İkinci aşamada modelde k_0 yerine k_0^* konmakta ve aylak değişkenler toplamı, $\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^m S_r^+$, ençoklanmaya çalışılmaktadır. S_i^- ve S_r^+ sırasıyla j_0 karar biriminin i 'inci girdisinde ve r 'inci çıktısındaki atıl değerleri göstermektedir. Aylak değişkenlerden herhangi birinin pozitif olması durumu, bu aylak değişkene ilişkin girdi yada çıktı düzeylerinde k_0^* oranında büzülme yapıldıktan sonra girdi ve çıktı düzeylerinde ek performans geliştirmesi yapılabileceğini göstermektedir⁸⁵. $\sum_{i=1}^m S_i^- \geq 0$ ve $\sum_{r=1}^m S_r^+ \geq 0$ olmak üzere (M2.5)

⁸⁵ Thanassoulis, a.g.e., s.68

modelinin herhangi bir olurlu çözümü $(k_0, \lambda_j; j = 1 \dots N)$ için girdi fazlalığını gösteren

$\sum_{i=1}^m S_i^-$ aylak değişkenleri ile çıktı açığını gösteren $\sum_{r=1}^s S_r^+$ aylak değişkenleri şöyle tanımlanmaktadır⁸⁶:

$$\sum_{i=1}^m S_i^- = k_0 x_{ij_0} - x_{ij} \lambda_j; j = 1 \dots N$$

$$\sum_{r=1}^s S_r^+ = y_{rj} \lambda_j - y_{rj_0}; j = 1 \dots N$$

Her zaman $\lambda_{j_0} = 1$ ve $\lambda_j = 0, \forall j \neq j_0$ alınabileceğinden **(M2.5)** modelinin olurlu çözümlerinden biri $k_0 = 1$ 'dir. Bu nedenle modelin en uygun çözümü $k_0^* \leq 1$ olmaktadır.⁸⁷ Başka bir ifadeyle, k_0^* ile gösterilen en uygun k_0 değeri, 1'den büyük olamamaktadır. Öte yandan, veriler için yarı pozitiflik varsayımına bağlı olarak modelin $(\sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} = S_r^+ + y_{rj_0}; r = 1 \dots s)$ kısıtı $y_{rj_0} \geq 0$ ve $y_{rj_0} \neq 0$ olmasını gerektireceğinden λ 'yı sıfır olmamaya zorlamaktadır. Modeldeki $\sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} = k_0 x_{ij_0} - S_i^-; i = 1 \dots m$ kısıtı, k_0 değerinin sıfırdan büyük olmasını gerektirmektedir. Bu iki özelliğe bağlı olarak en uygun k_0^* değeri, $0 \leq k_0^* \leq 1$ arasında olmaktadır⁸⁸.

(M2.5) modeli ile ÜOK arasındaki ilişkiler şöyle ifade edilmektedir: Modelin kısıtlayıcıları üretim olanakları kümesi içinde kalarak verimliliği değerlendirilen karar biriminin x_{ij_0} girdi düzeylerini ııınsal olarak $k_0 x_{ij_0}$ düzeyine indirgeyen enküçük k_0 değerini ararken $(k_0 x_{ij_0}, y_{rj_0})$ üretim faaliyetinin üretim olanakları kümesine ait olmasını sağlamaktadır. **(M2.5)** modeli üretim olanakları kümesinde x_{ij_0} girdi düzeylerini ııınsal olarak mümkün olduğu kadar küçük bir değere

⁸⁶ Cooper, v.d., a.g.e., s.44

⁸⁷ Thanassoulis, a.g.e., s.66

⁸⁸ Cooper, v.d., a.g.e., s.43-44

indirgerken j_0 karar biriminin tüm girdi bileşenlerinde en azından y_{rj_0} çıktı düzeylerini güvence altına alan üretim faaliyetini aramaktadır⁸⁹.

(M2.5) modelinin en uygun çözümünde $(k_0^*, \lambda^*, s^-, s^+)$, $k_0^* = 1$ ve girdi, çıktı aylak değişkenleri $(s^- = 0, s^+ = 0)$ ise j_0 karar birimi CCR-etkindir. Aksi durumda, j_0 karar birimi CCR-etkinsizdir denilmektedir. CCR-etkinliği “ışınal etkinlik”, yada teknik girdi etkinliği olarak da adlandırılmaktadır⁹⁰. Bu etkinlik aynı zamanda Pareto-etkinliği olarak da ifade edilmektedir. Bir karar biriminin CCR-etkin olması, model çözümünün üretim olanakları kümesi içerisinde j_0 karar biriminin bazı girdi ve çıktı düzeylerinde bozulma olmadan diğer bazı girdi ve çıktılarında gelişme sağlayabileceği bir üretim noktasını belirleyemediği anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle, j_0 karar birimi girdi düzeyleri veri iken, mevcut teknolojiyi kullanarak mümkün olan en büyük çıktıyı elde etmektedir. Dolayısıyla, teknik etkindir. Bazı çıktılarında ilerleme sağlayabilmesi diğer bazı çıktılarından özveride bulunmasını gerektirmektedir. CCR-etkinsizliği ise, j_0 karar biriminin mevcut teknoloji ile mümkün olan en büyük çıktıyı elde edememesi durumunu göstermektedir. Girdi düzeyi veri iken mevcut teknolojiyle daha yüksek çıktı elde edebilmek mümkün iken, j_0 karar birimi yönetsel hatalarından ötürü, başka bir ifadeyle mevcut çıktı düzeyini daha az girdi düzeyiyle elde edebilmesi mümkün iken, bazı girdi düzeylerinde fazla kaynak kullanımından ötürü teknik olarak etkinsiz duruma düşmektedir. Kısaca CCR-etkinsiz olmaktadır. Bu durumda modelin en uygun çözümünde büzülme katsayısı $k_0^* < 1$ olmaktadır. Büzülme katsayısının 1’den küçük olması üretim olanakları kümesine ait üretim sınırına yada etkin sınıra erişilemediğini göstermektedir⁹¹.

Modelin en uygun çözümünde büzülme katsayısının $k_0^* = 1$ olduğu ve girdi, çıktı aylak değişkenlerinden bazılarının pozitif değerler aldığı durumlar

⁸⁹ A.e.

⁹⁰ A.e., s.45

⁹¹ Charnes, (1978), a.g.e., s.433

olabilmektedir. Her ne kadar büzülme katsayısının 1'e eşit olmasıyla j_0 karar birimi etkin sınıra erişmiş olsa da, girdi aylak değişkenlerden bazılarının pozitif değer alması bu birimin tam anlamıyla etkin olmadığını göstermektedir. "Bu durum karar birimi etkin sınır üzerinde bulunmasına karşın bazı girdilerinde model kısıtları ihlal edilmeden ve λ_j^* değerleri değiştirilmeden i 'inci girdisinde s_i^{-*} miktarı kadar azaltma yapılabileceğini göstermektedir"⁹². Hangi girdilerde gereğinden fazla girdi kullanıldığı, modelin en uygun çözümünde s_i^{-*} aylak değişkeninin sıfır olmaması durumu ile belirlenmektedir. "Aylak değişken değerleri etkinsizliğin kaynağını ve miktarını gösteren değerlerdir"⁹³.

Bir KB'nin etkin olup olmadığına sadece modelin en uygun amaç fonksiyon değerine bakılarak karar verilmemektedir. KB aşağıda verilen her iki koşulu sağladığında etkin olarak değerlendirilmektedir⁹⁴.

- $k_0^* = 1$, ve
- $(s_i^* = 0; i = 1 \dots m, s_r^{**} = 0; r = 1 \dots s)$

Bu iki koşul, Pareto-etkinliğin de koşullarıdır ve bu etkinlik Pareto-Koopmans etkinliği olarak da bilinmektedir. Pareto-Koopmans etkinliği: "bir KB sadece ve sadece, bazı diğer girdi ve çıktıları kötüleştirmeden, herhangi bir girdisini yada çıktısını geliştirmesi mümkün olmadığında tam etkindir"⁹⁵ biçiminde tanımlanmaktadır.

(M2.5) modelinin en uygun çözümü, etkinlik ölçüsü yanında, etkinsiz olan karar birimleri için Pareto-etkin olabilmelerini sağlayacak hedef girdi-çıkıtı düzeyleri ile performanslarını artırmada faaliyetlerini örnek alabilecekleri etkin referans grubunu (efficient peers) da belirlemektedir. "Referans grubuna giren karar birimleri

⁹² A.e., s.433

⁹³ Hasan Bal, Ayhan Gölcüklü, "Data Envelopment Analysis: An Application to Turkish Banking Industry", **Mathematical & Computational Applications**, Vol.7, N0.1, s.65-72, 2002

⁹⁴ Charnes, (1978), a.g.e., s.433

⁹⁵ Cooper, v.d., a.g.e., s.45

üretim sınırını tanımlayan ve bunların doğrusal kombinasyonları sonucunda oluşan hipotetik (sanal) karar birimleridir”⁹⁶

Etkinsiz bir j_0 karar birimi için faaliyetlerini örnek alabileceği etkin referans grubu şöyle tanımlanmaktadır⁹⁷:

$$E_0 = \{j \mid \lambda_j^* > 0\} (j \in \{1, \dots, n\})$$

Enuygun çözümdeki λ_j^* değerleri referans grubunun, E_0 , belirlenmesini sağlamaktadır. “ j_0 karar birimine referans olabilecek karar birimleri, pozitif λ^* değerine sahip birimlerdir”⁹⁸. Referans grubunda bulunmayan karar birimleri için λ^* değeri sıfırdır. “Etkinsiz birimlerin etkinlik ölçüsünü belirlemede en çok katkıyı sağlayan etkin birimleri bilmek büyük önem taşımaktadır. Gerçek hayatta bu bilginin bilinmesinin önemi, etkin birimin yapısının yada girdi karmasının incelenerek etkinsiz birimdeki olası performans ilerlemelerinin nasıl sağlanacağı konusunda yardımcı olabilmesidir. Referans grubundaki etkin birimlerin katkıları VZA matematiğinde lamda (λ) yada sanal ağırlıklar olarak adlandırılmaktadır”⁹⁹. Referans grubu içinde doğal olarak lamda değeri en büyük olan etkin birim faaliyetleri öncelikle incelenmesi gereken birim olmaktadır. Genellikle, j_0 karar birimi etkin ise bu durumda referans grubundaki tek karar birimi kendisi olacağından lamda değeri $\lambda^* = 1$ bulunmaktadır¹⁰⁰.

Referans grubundaki karar birimlerinin belirlenmesi yönetsel açıdan büyük önem taşımaktadır. j_0 karar biriminin herhangi bir girdi hedef düzeyi, referans alınacak karar birimlerindeki ilgili girdi düzeylerinin doğrusal bileşimi olarak hesaplanmaktadır. j_0 karar birimi etkin sınıra sonsuz farklı şekilde erişme yolu bulunmaktadır. Ancak j_0 karar birimi, referans grubundaki etkin karar birimlerinin

⁹⁶ Tarım, a.g.e., s.14

⁹⁷ Cooper, v.d., a.g.e., s.47

⁹⁸ Thanassoulis, a.g.e., s.80

⁹⁹ Avkiran, a.g.e.s.57

¹⁰⁰ Tarım, a.g.e., s.67

faaliyetlerini taklit ederek, girdi faktörlerinin hiç birinde artışa ve çıktı faktörlerinin hiçbirinde azalışa gerek kalmadan etkin sınıra ulaşabilmektedir¹⁰¹.

j_0 karar biriminin etkinsiz olması durumunda, bu birimi Pareto-etkin kılacak girdi-çıktı hedef düzeyleri, $x_i^t; i=1...m$ hedef girdi düzeyleri ve $y_r^t; r=1...s$ hedef çıktı düzeyleri olmak üzere şöyle hesaplanmaktadır¹⁰²:

$$x_i^t = \sum_{j=1}^n \lambda_j^* x_{ij} = k_0^* x_{ij_0} - S_i^{-*}; i=1...m$$

$$y_r^t = \sum_{j=1}^n \lambda_j^* y_{rj} = S_r^{+*} + y_{rj_0}; r=1...s$$

Belirlenen bu girdi-çıktı hedef düzeyleri, j_0 karar biriminin etkinliğini değerlendirmede ölçüt olarak kullanılan referans grubu içindeki karar birimlerine ait girdi-çıkı bileşimlerinin oluşturduğu noktanın koordinatlarını göstermektedir¹⁰³.

Ölçeğe göre getiri türünün belirlenmesinde, zarflama modellerinin çözümündeki λ^* değerlerinden yararlanılmaktadır. Herhangi bir KB için:

- Modelin tüm en uygun çözümleri için $\sum_{j=1}^n \lambda^* > 1$ olduğunda, KB'nin faaliyet gösterdiği yerel ölçekte DRS geçerlidir.
- Modelin en azından bir çözümü için $\sum_{j=1}^n \lambda^* = 1$ olduğunda, KB'nin faaliyet gösterdiği yerel ölçekte CRS geçerlidir.
- Modelin tüm en uygun çözümleri için $\sum_{j=1}^n \lambda^* < 1$ olduğunda KB'nin faaliyet gösterdiği yerel ölçekte IRS geçerlidir.

¹⁰¹ Tarım, a.g.e., s.695

¹⁰² Thanassoulis, a.g.e., s.78

¹⁰³ A.e., s.65

VZA zarflama modelleri üretim tabanlıdır. Başka bir ifadeyle, bu modeller değerlendirmeye alınan birimlerin etkinliklerini, bu birimlerde gözlemlenen girdi ve çıktı düzeylerini zarflayan, ÜOK'yı referans alarak ölçmektedir. Girdiye yönelik modellerde değerlendirmeye alınan birim etkin olamadıysa, hangi kaynaklarda ne miktarda aylaklık, çıktıya yönelik modellerde hangi çıktılarda ne miktarda açık olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda da girdi yada çıktı düzeylerinde ne kadar azaltma yada ne kadar genişleme yapması gerektiği ile ilgili ayrıntılı bilgi sunmaktadır. Değer tabanlı modeller, zarflama modellerinin ikiliği olan ve etkinlikleri, değer kapsamında ölçen modellerdir. Etkinliği, girdi ve çıktı faktörlerinin saklı(implicit) değerlerini referans alarak ölçmektedirler¹⁰⁴.

Girdiye yönelik ağırlıklı model olarak M2.6 modeli kullanılmaktadır.

$$\begin{aligned}
 \max \phi_k &= \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} \\
 \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} &\leq 0; j = 1 \dots N \\
 u_{rk}, v_{ik} &\geq \varepsilon; r = 1 \dots s; i = 1 \dots m
 \end{aligned} \tag{M2.6}$$

Modelin en uygun çözümünde amaç fonksiyon değeri (ϕ_k^*), karar biriminin girdiye yönelik etkinlik ölçüsünü vermektedir. İkilik kuramı gereğince, M2.5 ve M2.6 modellerinin en uygun çözümdeki etkinlik ölçüleri eşit olmaktadır. Modelde u_{rk} ve v_{ik} karar değişkenleridir ve sırasıyla M2.5 modelindeki r 'inci ve i 'inci kısıt fonksiyonlarına karşılık gelen ikilik değişkenleridir. VZA yazınında u_{rk} ve v_{ik} , r 'inci çıktı ve i 'inci girdinin VZA-ağırlıklarıdır. Bu ağırlıklar sırasıyla, r 'inci çıktı ve i 'inci girdiye atfedilen değerleri göstermektedir¹⁰⁵. Başka bir ifadeyle bu değişkenler, oran ölçeğini ençoklamak anlamında, etkinliği değerlendirilen karar birimi için en

¹⁰⁴ Thanassoulis, a.g.e., s.71

¹⁰⁵ a.e., s.75

uygun ağırlıklar kümesidir. u_{rk}^* , r 'inci çıktının ve v_{ik}^* i 'inci girdinin en uygun ağırlığıdır ve ilgili girdi yada çıktının ne kadar yüksek değerlendirildiğini ifade etmektedir. Bu değerler etkinliği ölçülen karar biriminin etkinlik ölçüsünün belirlenmesindeki göreceli katkıları yanında ne miktarda katkı sağladıklarına ilişkin önemli yönetsel bilgiler taşımaktadır¹⁰⁶. u_{rk} ve v_{ik} ağırlıklarının ε gibi çok küçük pozitif bir sayıya eşit yada büyük olması koşulunun konmasıyla, etkinliğin hesaplanması sırasında herhangi bir girdi yada çıktının tamamen ihmal edilmesini önlemek amaçlanmaktadır. Bu ağırlıklar modelin çözüm sürecinde, etkinliği değerlendirilen karar biriminin etkinliğini ençoklayacak şekilde seçilmektedirler.

Bu ağırlıklar üretim sınırı üzerinde yer alan sanal birimin, sanal girdi ve çıktıların hesaplanmasında da kullanılmaktadır. u_r^* ve v_i^* sırasıyla u_r ve v_i değerlerinin en uygun çözümdeki değerleri olduğunda i 'inci sanal girdi, $x_{ik}v_i^*$, ve r 'inci sanal çıktı $y_{rk}u_r^*$ şeklinde hesaplanmaktadır.¹⁰⁷

Modelin en uygun çözümünde, amaç fonksiyon değeri, $\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} = 1$ olduğunda etkinliği değerlendirilen KB, Pareto-etkin, $\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} < 1$ olduğunda KB etkinsiz kabul edilmektedir. Modelin en uygun çözümünde, etkinliği değerlendirilen KB'nin etkinliğini ençoklayacak şekilde seçilen ağırlıklarla etkin olan KB'ler referans grubunu oluşturmaktadırlar¹⁰⁸. Bu KB'ler en uygun çözümde,

$$\sum_{r=1}^s u_{rk}^* Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik}^* X_{ij} = 0$$

koşulunu sağlayan birimler olmaktadır¹⁰⁹.

¹⁰⁶ Cooper, a.g.e., s.25

¹⁰⁷ a.e., s.76

¹⁰⁸ A. Boussofiane, R. G. Dyson, Emmanuele Thanassoulis, "Applied Data Envelopment Analysis", **European Journal of Operational Research**, Vol.52.1991, s.1-15

¹⁰⁹ Pascal Lang, Reha Yolalan, "On Finite Multiplier Bounds In Data Envelopment Analysis", **Yöneylem Araştırması Dergisi**, Vol.8, 1996s.1-8

Modeldeki $\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1$ kısıtı, normalizasyon kısıtı olarak adlandırılmaktadır.

Kısıtın sağ taraf değeri keyfi olarak 1 alınmaktadır. VZA ağırlıklarının hesaplanması sırasında kesme hatalarından kaçınmak için sağ taraf değerinin 1 den büyük, çoğunlukla uygulamalarda 100 alınması önerilmektedir¹¹⁰.

Örnek verilerin grafik gösterimi Şekil 2.10'da ve M2.5 modelinin her bir karar birimi için çözümüyle elde edilen sonuçlar Tablo 2.4'de verilmektedir.

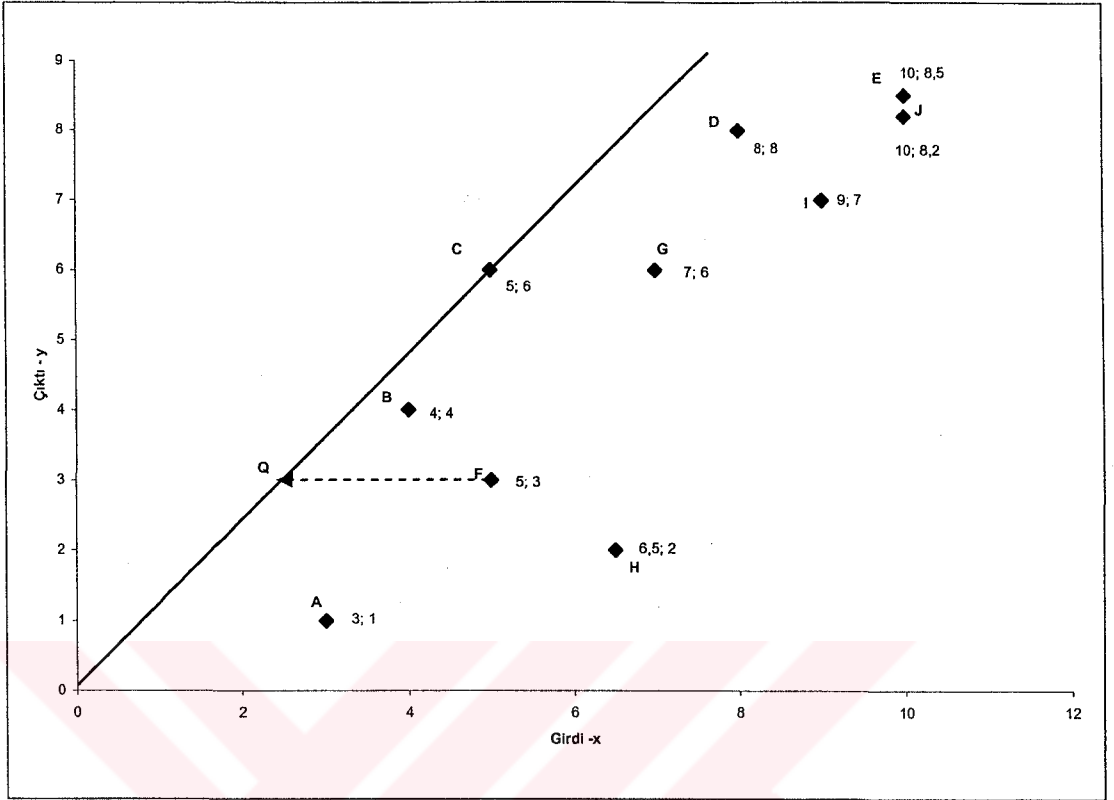


¹¹⁰ Thanassoulis, a.g.e., s73

Tablo 2:4 Ölçeğe Göre Sabit Getiri Durumunda Girdiye Yönelik CCR Modelin Çözüm Sonuçları

Karar Birimi	k_0^*	λ^*	E_0	x_i	x_i^t	Ölçeğe Göre Getiri
A	0.2778	0,1667	{C}	3	0.8335	IRS
B	0.8333	0.6667	{C}	4	3.3335	IRS
C	1	1	{C}	5		CRS
D	0.8333	1.3333	{C}	8	6.6665	DRS
E	0.7083	1.4167	{C}	10	7.0835	DRS
F	0.5000	0.5000	{C}	5	2.5000	IRS
G	0.7143	1	{C}	7	5.0000	CRS
H	0.2564	0.3333	{C}	6.5	1.6665	IRS
I	0.6481	1.1667	{C}	9	5.8335	DRS
J	0.6833	1.3667	{C}	10	6.8335	DRS

CRS varsayımı altında örnek gözlem kümesi için üretim sınırı üzerinde sadece C birimi bulunduğundan, tüm birimlerin referans grubunda bu birim bulunmaktadır. Tablo 2.4’de her bir KB’nin etkinlik ölçüleri, lamda değerleri, referans grubu, gözlemlenen girdi düzeyi ve hedef girdi düzeyi verilmektedir. F biriminin girdiye yönelik etkinlik ölçüsü 0.50 hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu KB girdi teknik etkinsiz kabul edilmektedir. Bu birimin girdi teknik etkin olabilmesi için üretim sınırına yapılması gereken izdüşüm yönü, Şekil 2.10’da kesikli çizgiyle gösterilmektedir. Teknik etkin olması durumunda Q biriminin (2.5;3) girdi-çıktı düzeyine sahip olması gerekmektedir. F birimi girdi düzeyini 0.5 oranında azaltarak yada C biriminin üretim faaliyetlerini taklit ederek ($x_{ic} * \lambda^* = 5 * 0.5$) teknik etkin olma koşulunu sağlayabilmektedir. F birimi için $\sum_{j=1}^n \lambda^* < 1$ olduğundan, IRS ölçeğinde faaliyet gösterdiği görülmektedir



Şekil 2:10 Örnek verilerin grafik gösterimi

M 2.5 zarflama modelinin ikiliği olan M2.6 ağırlıklı modelin örnek veriler için uygulanmasıyla elde edilen enuygun sonuçlar Tablo 2.5’de verilmektedir. İkilik kuramı gereği, bu tabloda etkinlik ölçülerine ilişkin verilen sonuçlarla, Tablo 2.4’de verilen sonuçların eşit olduğu görülmektedir.

**Tablo 2:5 Ölçeğe Göre Sabit Getiri Durumunda Girdiye Yönelik Ağırlıklı
CCR Modelin Çözüm Sonuçları**

Karar Birimi	φ_0^*	u^*	v^*	E_0
A	0.2778	0.2778	0.3333	{C}
B	0.8333	0.2083	0.2500	{C}
C	1.0000	0.1667	0.2000	{C}
D	0.8333	0.1042	0.1250	{C}
E	0.7083	0.0833	0.1000	{C}
F	0.5000	0.1667	0.2000	{C}
G	0.7143	0.1190	0.1429	{C}
H	0.2564	0.1282	0.1538	{C}
I	0.6481	0.0926	0.1111	{C}
J	0.6833	0.0833	0.1000	{C}

$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} = 1$ koşulunu sağlayan C birimi olduğundan Pareto-etkindir. Diğer

birimler için $\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} < 1$ olduğundan bu birimler etkinsiz kabul edilmektedirler.

Her bir KB için elde edilen enuygun ağırlık değerlerine göre,

$\sum_{r=1}^s u_{rk}^* Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik}^* X_{ij} = 0$ koşulunu sağlayan tek birim C birimi olduğundan, her bir

KB'nin referans grubunda yer aldığı görülmektedir.

2.5.2.2. Girdiye Yönelik Zarflama ve Ağırlıklı BCC Modelleri

Üretim sınırında, ölçeğe göre artan, azalan ve sabit getiri aralıklarının birlikte bulunabileceğinin kabulü ölçeğe göre değişken getiri kavramıyla tanımlanmaktadır¹¹¹. Ölçeğe göre getiri Pareto-etkin sınırın bir özelliğidir¹¹². VRS varsayımı altında girdiye yönelik teknik etkinliği ölçen zarflama modeli M2.7, M2.5 modeline $\sum_{j=1}^n \lambda = 1$ dışbükeylik kısıtının eklenmesiyle elde edilmektedir.

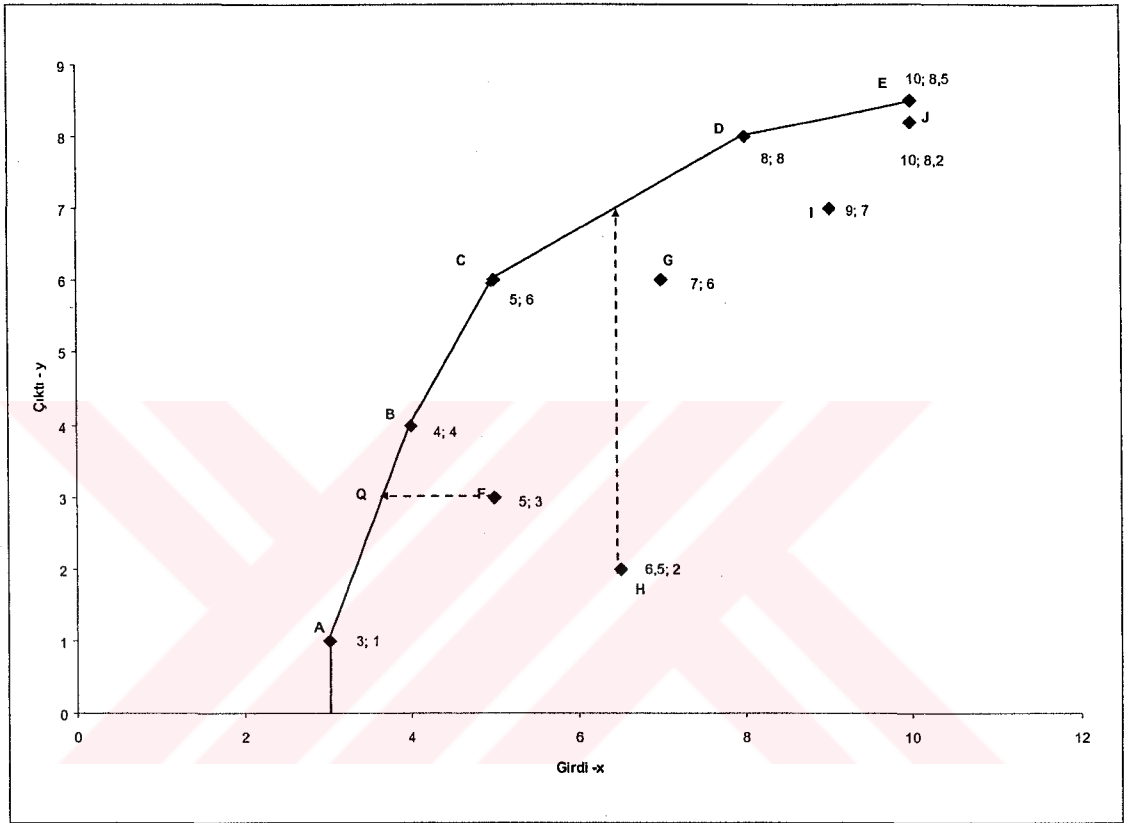
$$\begin{aligned}
 \text{Min} E_{j_0} &= h_0 - \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right] \\
 \text{s.t.} \\
 \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} &= h_0 x_{ij_0} - S_i^-; i = 1 \dots m \\
 \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} &= S_r^+ + y_{rj_0}; r = 1 \dots s \\
 \sum \lambda_j &= 1 \\
 \lambda_j &\geq 0, j = 1 \dots N, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \forall i, r, h_0 \text{ serbest}
 \end{aligned} \tag{M2.7}$$

Örnek verilerin grafik gösterimi Şekil 2.11’de ve M2.7 modelinin her bir karar birimi için çözümüyle elde edilen sonuçlar Tablo 2.6’da verilmektedir. h_0^* değerleri her bir birimin yerel teknik etkinlik ölçülerini göstermektedir. VRS varsayımı yapıldığından, üretim sınırı A, B, C, D, ve E noktalarını birleştiren parçalı-doğrusal bir sınır olmaktadır. A, B, C, D, ve E birimleri üretim sınırı üzerinde yer aldıklarından BCC etkin kabul edilmektedirler. F birimi üretim sınırının altında kaldığından etkin değildir. F biriminin referans grubunda yer alan {A,B} birimlerini birleştiren doğruya izdüşümü alınarak, bu birimin etkinliğinin ölçüleceği kuramsal birim Q, için girdi-çıktı ilişkisi (5;3.665) bulunur. F birimi, girdi düzeyini 0.7333 oranında azaltarak yada referans grubundaki {A,B} birimlerinin üretim faaliyetlerini

¹¹¹ Tarım, a.g.e., s.18

¹¹² Thanassoulis, a.g.e., s.124

taklit ederek Q sanal birimin üretim ilişkisinde teknik etkinliğe ulaşabilir. Benzer yorumlar diğer etkin olmayan birimler için de yapılabilir..



Şekil 2:11 VRS Varsayımı Altında örnek verilerin grafiksel gösterimi

C biriminin CCR ve BCC modellerindeki etkinlik ölçüleri 1'e eşit olduğundan ve $Se = \frac{k_{CCR}^*}{h_{BCC}^*} = 1$ olacağından aynı zamanda ölçek etkin ve en verimli ölçek büyüklüğünde faaliyet gösterdiği sonucuna varılmaktadır. Diğer birimlerin ölçek etkinlikleri de hesaplanarak Tablo 2.6'da gösterilmektedir.

Tablo 2:6 Ölçeğe Göre Değişken Getiri Durumunda Girdiye Yönelik Zarflama Modelinin Çözüm Sonuçları

Karar Birimi	h_0^*	λ^*	E_0	x_i	x_i^t	SE
A	1	1	{A}	3	3	0.2778
B	1	1	{B}	4	4	0.8333
C	1	1	{C}	5	5	1.0000
D	1	1	{D}	8	8	0.8333
E	1	1	{E}	10	10	0.7083
F	0.7333	0.3333 0.6667	{A,B}	5	3.6665	0.6818
G	0.7143	1	{C}	7	5.0000	1.0000
H	0.5128	0.6667 0.3333	{A,B}	6.5	3.3332	0.5000
I	0.7222	0.5000 0.5000	{C,D}	9	6.4998	0.8974
J	0.8800	0.6000 0.4000	{D,E}	10	8.8000	0.7765

VRS varsayımı altında girdiye yönelik ağırlıklı M2.8 modeli, M2.6 modelinin amaç fonksiyonuna w değişkenin eklenmesiyle elde edilmektedir. W değişkeni M2.7 modelindeki $\sum_{j=1}^n \lambda = 1$ dışbükeylik kısıtının ikilisidir. Bu değişkenin değeri herhangi bir karar biriminin verimliliği üzerinde ölçek büyüklüğünün etkisini göstermektedir.

$$\begin{aligned}
 \max \varphi_k &= \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} - w \\
 \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} &\leq 0; j = 1 \dots N \\
 u_{rk}, v_{ik} &\geq \varepsilon; r = 1 \dots s; i = 1 \dots m \\
 w &\text{serbest}
 \end{aligned} \tag{M2.8}$$

M2.8 modelinin en uygun çözümünde, w değişkeni sıfır, negatif yada pozitif değerini almaktadır. W 'nin aldığı değere göre, ölçeğe göre getiri türü şöyle belirlenmektedir:

- M2.8 modelinin tüm en uygun çözümlerinde w negatif değerler alıyorsa, yerel olarak k biriminde IRS,
- M2.8 modelinin bazı en uygun çözümlerinde $w=0$ değerini alıyorsa, yerel olarak k biriminde CRS,
- M2.8 modelinin tüm en uygun çözümlerinde w pozitif değerler alıyorsa, yerel olarak k biriminde DRS egemendir.

Örnek verilere uygulanan modelin en uygun çözüm sonuçları Tablo 2.7'de verilmektedir.

Tablo 2:7 Ölçeğe Göre Değişken Getiri Durumunda Girdiye Yönelik Ağırlıklı Modelin Çözüm Sonuçları

Karar Birimi	φ_0^*	u^*	v^*	w	Ölçeğe Göre Getiri
A	1.0000	0.1111	0.3333	-0.8888	IRS
B	1.0000	0.0833	0.2500	-0.6667	IRS
C	1.0000	0.1667	0.2000	0.000	CRS
D	1.0000	0.1875	0.1250	0.5000	DRS
E	1.0000	0.4000	0.1000	2.4000	DRS
F	0.7333	0.0667	0.2000	-0.5333	IRS
G	0.7143	0.1190	0.1429	0.0000	CRS
H	0.5128	0.0513	0.1538	-0.4103	IRS
I	0.7222	0.1667	0.1111	0.4444	DRS
J	0.8800	0.4000	0.1000	2.4000	DRS

A, B, C, D, E birimleri Pareto-etkin birimlerdir. Diğer birimler etkin olamamışlardır. $w < 0$ olduğundan A, B, F, H birimleri ölçeğe göre artan ve D, E, I, J birimleri ölçeğe göre azalan yerel ölçekte faaliyet göstermektedirler. G biriminin w değeri sıfır ve ölçek etkinliği 0.7143 'dır. Dolayısıyla etkinsizdir. Girdiye yönelik olarak üretim sınırına izdüşümü alındığında, C birimi ile aynı girdi-çıktı ilişkisine sahip olacağından ölçeğe göre sabit getiri ile faaliyet gösterebileceği yorumu yapılmaktadır.

Ölçeğe göre sabit getiri, ve değişken getiri varsayımları altında yapılan değerlendirme sonuçları karşılaştırıldığında şu farklılıkların ortaya çıktığı gözlemlenebilir:

- Ölçeğe göre sabit getiri durumunda etkin olan birim sadece C birimidir. Geri kalan dokuz birimin etkinsiz olduğu belirlenmiştir.
- Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında yapılan değerlendirmede, etkin karar birim sayısının 5'e çıktığı gözlemlenmektedir. Etkin karar birim sayısının artması, üretim sınırının dışbükey bileşim sonucu belirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca etkin olmayan karar birimleri de üretim sınırına yaklaşmaktadırlar. Bu yaklaşma, BCC modellerindeki etkinlik ölçülerinin, CCR modelindeki etkinlik ölçülerinden daha büyük olmasıyla gözlemlenebilmektedir. Her iki farklı modelin çözümlerinden elde edilen etkinlik ölçüleri arasındaki fark ölçek etkinliğini vermektedir. Daha önce belirtildiği gibi, ölçek etkinliği söz konusu birim ölçeğinin etkinlik üzerindeki etkisini göstermektedir.
- Ölçeğe göre sabit getiri durumunda referans kümesinde sadece C birimi bulunmaktadır. Ölçeğe göre sabit getiri durumunda ise C birimi 3, A birimi 3, B birimi 2, D birimi 3, E birimi iki kez referans kümesinde yer almıştır. Bir KB'nin referans kümesinde yer alma sayısının büyük olması, o birimin gözlem kümesindeki etkinsiz olan birimlere göre daha güçlü olduğunun bir göstergesidir. Etkin bir KB'nin etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde yer alması bu karar birimlerinin yapısal olarak benzer olduklarının bir göstergesidir.

2.5.3. Çıktıya Yönelik Modeller

2.5.3.1. Çıktıya Yönelik Zarflama ve Ağırlıklı CCR Modelleri

Çıktıya yönelik etkinlik ölçüsü, karar birimi çıktı karmasını korurken performansını artırma yoluyla mevcut girdi düzeyiyle çıktı düzeyinde ne dereceye kadar artırma yapabileceğini göstermektedir. Başka bir ifadeyle çıktıya yönelik VZA modelleri, belirli bir girdi bileşimiyle en uygun çıktı bileşimini araştıran modellerdir. Çıktıya yönelik zarflama modeli, M2.4 modelinin ikiliği olan M2.9 modelidir.

M2.9 modelinin çözümü, j_0 karar biriminin girdi düzeylerinin herhangi birinde artırma gitmeden performansını artırarak ve ÜOK içinde kalarak, çıktı düzeylerinde en büyük olurlu ışınsal genişlemeyi sağlayabilecek bir üretim noktasını belirlemektedir. Modelin çözümünden elde edilen k^* değeri etkinsiz karar birimleri için etkinliğe ulaşabilmek için çıktılarında yapmaları gereken genişleme katsayısını göstermektedir. Tanım gereği, $1/k_{j_0}^*$, j_0 karar biriminin teknik çıktı etkinliğini göstermektedir¹¹³.

Modelin en uygun çözümünden etkinlikle ilgili elde edilebilecek bilgiler şöyle özetlenebilir:

- $k_{j_0}^* = 1$ ve $O_r^* = 0, r = 1, \dots, s; I_i^*, i = 1, \dots, m$ ise j_0 karar birimi Pareto-etkin olmaktadır.
- j_0 karar biriminin teknik çıktı etkinliği $1/k_{j_0}^*$ 'ya eşittir.

¹¹³ A.e., s.69

$$\begin{aligned}
\text{Max} E_{j_0} &= k_0 + \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m I_i + \sum_{r=1}^s O_r \right] \\
\text{s.t.} \\
\sum_{j=1}^N \alpha_j x_{ij} &= x_{ij_0} - I_i; i = 1 \dots m \\
\sum_{j=1}^N \alpha_j y_{rj} &= O_r + k_0 y_{rj_0}; r = 1 \dots s \\
\alpha_j &\geq 0, j = 1 \dots N, I_i, O_r \geq 0 \forall i, r, k_0 \text{ serbest}
\end{aligned} \tag{M2.9}$$

CRS varsayımı altında, j_0 karar birimi için çözülen girdiye ve çıktıya yönelik modellerin çözümünden elde edilen etkinlik ölçüleri birbirine eşit olmaktadır. Dolayısıyla herhangi bir karar birimi, çıktıya yönelik CCR modelinde etkinse, girdiye yönelik CCR modelinde de etkin olmaktadır¹¹⁴. Bundan ötürü, herhangi bir karar biriminin etkinliğini ölçmede iki modelden biri kullanılabilir.

Çıktıya yönelik ağırlıklı modelin çözümünden belli bir çıktı miktarını en az girdi kullanarak elde edilmesini sağlayacak, girdi faktör ağırlıklarını hesaplamak amaçlanmaktadır. Bu amaçla M2.10 modeli kullanılmaktadır.

$$\begin{aligned}
\min \psi_k &= \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} \\
\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} &= 1 \\
\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} &\leq 0; j = 1 \dots k \dots N \\
u_{rk}, v_{ik} &\geq \varepsilon; r = 1 \dots s; i = 1 \dots m
\end{aligned} \tag{M2.10}$$

M2.10 modelinin en uygun çözümünde, amaç fonksiyon değeri $\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1$

olduğunda KB, Pareto-etkin, $\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} > 1$ olduğunda etkinsiz kabul edilmektedir. .

Modelin en uygun çözümünde, k biriminin çıktıya yönelik teknik etkinliği $1/\psi_k^*$ eşit olmaktadır.

¹¹⁴ Cooper, v.d., a.g.e., s.58-59

Örnek veriler için M2.9 zarflama modelinin çözüm sonuçları Tablo 2.8’de gösterilmektedir.

Tablo 2:8 Ölçeğe Göre Sabit Getiri Durumunda Çıktıya Yönelik Zarflama Modelin Çözüm Sonuçları

Karar Birimi	k_0^*	α^*	E_0	y_r	y_r^t	Etkinlik Ölçüsü	Ölçeğe Göre Getiri
A	3.6000	0.6000	{C}	1	3.6000	0.2778	IRS
B	1.2000	0.8000	{C}	4	4.8000	0.8333	IRS
C	1.0000	1.0000	{C}	6		1.0000	CRS
D	1.2000	1.6000	{C}	8	9.6000	0.8333	DRS
E	1.4118	2.0000	{C}	8.5	12.0000	0.7083	DRS
F	2.0000	1.0000	{C}	3	6.0000	0.5000	CRS
G	1.4000	1.4000	{C}	6	8.4000	0.7143	DRS
H	3.900	1.3000	{C}	2	7.8000	0.2564	DRS
I	1.5429	1.8000	{C}	7	10.8000	0.6481	DRS
J	1.4634	2.000	{C}	8.2	12.000	0.6833	DRS

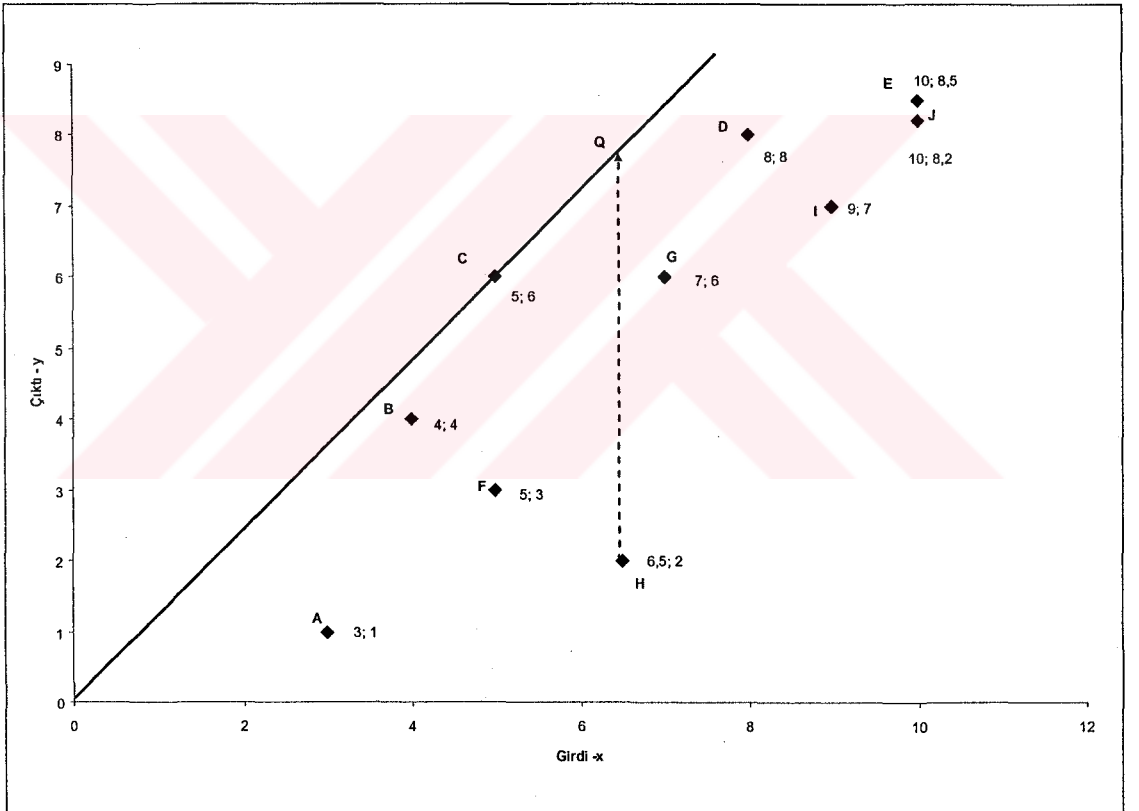
Daha önce ifade edildiği gibi Tablo 2.4 ve Tablo 2.8’de verilen etkinlik ölçüleri incelendiğinde, girdiye yönelik modelin çözümünden elde edilen CCR etkinlik ölçüleri ile çıktıya yönelik CCR etkinlik ölçülerinin eşit olduğu gözlemlenebilmektedir.

Modelin çözüm sonuçlarına göre C birimi en verimli ölçek büyüklüğünde faaliyet gösterdiğinden diğer etkin olmayan birimlerin referans grubunda yer almaktadır. Etkin olmayan H biriminin üretim sınırına izdüşümü alındığında, bu birimin etkinliğinin ölçüleceği kuramsal birim (Q) için girdi-çıktı ilişkisi (6.5;7.8) hesaplanacaktır. H birimi, çıktı düzeyini 3.9 oranında artırarak yada referans grubundaki {C} biriminin üretim faaliyetlerini taklit ederek ($y_{rc} * \alpha^* = 6 * 1.3 = 7.8$)

teknik etkinliğe ulaşabilecektir. Benzer yorumlar diğer etkin olmayan birimler için de yapılabilir.

Herhangi bir karar biriminin ölçeğe getiri türünün belirlenmesinde α^* değerleri kullanılmaktadır. H birimi için $\sum_{j=1}^n \alpha_j > 1$ olduğundan, ölçeğe göre azalan getiri

(DRS) ve B birimi için $\sum_{j=1}^n \alpha_j < 1$ olduğundan, ölçeğe göre artan getiri (IRS) ile faaliyet gösterdikleri sonucuna varılmaktadır.



Şekil 2:12 CRS Varsayımı Altında Teknik Çıktı Etkinliklerini Değerlendirilmesi

Ağırlıklı M2.10 modelinin örnek verilere uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar Tablo 2.9'da verilmektedir

Tablo 2:9 Ölçeğe Göre Sabit Getiri Durumunda Çıktıya Yönelik Ağırlıklı Modelin Çözüm Sonuçları

Karar Birimi	ψ_0^*	u^*	v^*	E_0
A	3.6000	1.0000	1.2000	{C}
B	1.2000	0.2500	0.3000	{C}
C	1.0000	0.1667	0.2000	{C}
D	1.2000	0.1250	0.1500	{C}
E	1.4118	0.1176	0.1412	{C}
F	2.0000	0.3333	0.4000	{C}
G	1.4000	0.1667	0.2000	{C}
H	3.9000	0.5000	0.6000	{C}
I	1.5426	0.1429	0.1724	{C}
J	1.4634	0.1220	0.1463	{C}

M2.10 modeli M2.9 modelinin ikiliği olduğundan her iki modelin çözümünden elde edilen genişleme katsayılarının eşit olduğu tabloların incelenmesiyle gözlemlenebilmektedir.

A, B, D, E, F, G, H, I, J karar birimleri için $\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} > 1$ olduğundan, bu birimler çıktıya yönelik teknik etkinsiz kabul edilmektedirler. Etkin olan birim sadece C birimidir. Etkinsiz olan KB'leri, çıktılarını ψ_0^* oranında artırarak etkinliği ulaşabilirler.

2.5.3.2. Çıktıya Yönelik Zarflama ve Ağırlıklı BCC Modelleri

VRS varsayımı altında çıktıya yönelik etkinliğin ölçülmesinde kullanılan zarflama modeli, M2.9 modeline $\sum_{j=1}^N \alpha_j$ dışbükeylik kısıtının eklenmesiyle türetilmektedir.

$$\begin{aligned}
 \text{Max} E_{j_0} &= z_0 + \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m I_i + \sum_{r=1}^s O_r \right] \\
 \text{s.t.} \\
 \sum_{j=1}^N \alpha_j x_{ij} &= x_{ij_0} - I_i; i = 1 \dots m \\
 \sum_{j=1}^N \alpha_j y_{rj} &= O_r + z_0 y_{rj_0}; r = 1 \dots s \\
 \sum_{j=1}^N \alpha_j &= 1 \\
 \alpha_j &\geq 0, j = 1 \dots N, I_i, O_r \geq 0 \forall i, r, k_0 \text{ serbest}
 \end{aligned} \tag{M2.11}$$

Modelin en uygun çözümden etkinlikle ilgili bilgiler şöyle özetlenebilir:

- $z_{j_0}^* = 1$ ve $O_r^* = 0, r = 1, \dots, s; I_i^*, i = 1, \dots, m$ ise j_0 karar birimi Pareto-etkindir.
- j_0 karar biriminin saf teknik çıktı etkinliği $1/z_{j_0}^*$ ’a eşittir.

Modelin örnek verilere uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar Tablo 2.10’da verilmektedir.

Tablo 2:10 Ölçeğe Göre Değişken Getiri Durumunda Çıktıya Yönelik Modelin Çözüm Sonuçları

Karar Birimi	z_0^*	α^*	E_0	y_i	y_i^t
A	1	1	{A}	1	1
B	1	1	{B}	4	4
C	1	1	{C}	6	6
D	1	1	{D}	8	8
E	1	1	{E}	8.5	8.5
F	2.0000	1	{C}	3	6,0000
G	1.2222	0.3333 0.,6667	{C,D}	6	7.3332
H	3.5000	0.5000 0.5000	{C,D}	2	7.0000
I	1.1786	0.5000 0.5000	{D,E}	7	8.2501
J	1.0366	1	{E}	8.2	8.5001

Etkin olmayan H birimi için şu yorum yapılabilir: çıktıya yönelik etkinlik ölçüsü hesaplandığından, Şekil 2.11’de gösterildiği gibi H biriminin referans grubundaki {C,D} birimlerini birleştiren doğruya izdüşümü alındığında, bu birimin etkinliğinin ölçüleceği kuramsal birim için girdi-çıkıtı ilişkisi (6.5;7) hesaplanır. H birimi, çıktı düzeyini 3.5 oranında artırarak yada referans grubundaki {C,D} birimlerinin üretim faaliyetlerini($y_c * \alpha_c + y_d * \alpha_d = 6 * 0.5 + 8 * 0.5 = 7$) taklit ederek teknik etkinliğe ulaşabilir.

VRS varsayımı altında teknik çıktı etkinliğinin ölçülmesinde kullanılan M2.12 modeli, M2.10 modeline zarflama modelindeki dışbükeylik kısıtına karşılık gelen w değişkeninin amaç fonksiyonuna eklenmesiyle elde edilmektedir. Modelin örnek veriler üzerine uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar Tablo 2.11’de verilmektedir.

Tablo 2:11 Ölçeğe Göre Değişken Getiri Durumunda Çıktıya Yönelik Ağırlıklı Modelin Çözüm Sonuçları

Karar Birimi	ψ_0^*	u^*	v^*	w
A	4.0667	1.0000	0.9667	-1.1667
B	1.2538	0.2500	0.2417	-0.2917
C	1.0000	1.1667	0.1611	0.0000
D	1,0000	0.1250	0.0833	-0.3333
E	0.9647	0.1176	0.0118	-0.8471
F	2.0000	0.3333	0.3222	-0.3889
G	1.2222	0.1667	0.1111	-0.4444
H	3.5000	0.5000	0.3333	-1.3333
I	1.1571	0.1429	0.0143	-1.0286
J	1.0000	0.1219	0.0122	-0.8780

$$\begin{aligned}
 \min \psi_k &= \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} - w \\
 \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} &= 1 \\
 \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - w &\geq 0; j = 1 \dots k \dots N \\
 u_{rk}, v_{ik} &\geq \epsilon; r = 1 \dots s; i = 1 \dots m
 \end{aligned} \tag{M2.12}$$

2.5.4. Toplayıcı Model (Additive Model)

Toplayıcı modelin temel kavramları Charnes, Cooper, Golany, Seiford ve Stuntz tarafından 1985 yılında ortaya atılmış ve 1989 yılında Banker, Charnes, Cooper, Swarts ve Thomas tarafından ayrıntılarıyla incelenmiş bir modeldir. VRS

varsayımı altında toplayıcı modelin zarflama biçimi ve ikiliği olan değer tabanlı formu sırasıyla şöyle ifade edilmektedir¹¹⁵:

$$\begin{aligned}
 \min_{\lambda, s^+, s^-} z_0 &= -\bar{1}s^+ - \bar{1}s^- \\
 \text{s.t} \\
 Y\lambda - s^+ &= Y_0 \\
 -X\lambda - s^- &= -X_0 \\
 \bar{1}\lambda &= 1 \\
 \lambda, s^+, s^- &\geq 0
 \end{aligned} \tag{M2.13}$$

$$\begin{aligned}
 \max_{\mu, \nu, u_0} w_0 &= \mu^T Y_0 - \nu^T X_0 + u_0 \\
 \text{s.t} \\
 \mu^T Y - \nu^T X + u_0 \bar{1} &\leq 0 \\
 -\mu^T &\leq -\bar{1} \\
 -\nu^T &\leq -\bar{1}
 \end{aligned} \tag{M2.14}$$

M2.13 modeli, BCC zarflama modeline karşılık gelen modeldir. Toplayıcı model ile zarflama modeli arasındaki fark, BCC zarflama modelindeki etkinsizliğin orantısal miktarını gösteren büzülme katsayının, θ , model dışı bırakılması ve tüm etkinsizliğin (s_i^- ve s_i^+) aylak değişkenleriyle elde edilmesidir. Dolayısıyla, etkinlik testi sadece tüm aylak değişkenlerin sıfır olup olmamasına göre yapılmaktadır. BCC modelinde etkin olan bir karar birimi toplayıcı modelde de etkin olmalıdır, yada tersi. Bununla birlikte, bir karar birimi etkinsiz olduğunda, etkinlik değerlendirmesinin başarılmasında farklı ölçüler kullanıldığından etkinsizlik miktarı ve kaynakları iki model için farklılık göstermektedir¹¹⁶.

Verilen modelden dışbükeylik kısıtı, $\bar{1}\lambda = 1$, kaldırıldığında, modelin CRS varsayımı yapılan temel VZA zarflama modeli (CCR) elde edilmektedir. Toplayıcı

¹¹⁵ Charnes, v.d., a.g.e., s.26

¹¹⁶ Bowlin, a.g.e., s.3-27

modelin CRS varsayımı altında zarflama biçimi ve bunun ikiliği olan ağırlıklı biçimi şöyle ifade edilmektedir¹¹⁷:

$$\begin{aligned}
 \min_{\lambda, s^+, s^-} z_0 &= -\bar{1}s^+ - \bar{1}s^- \\
 s.t \\
 Y\lambda - s^+ &= Y_0 \\
 -X\lambda - s^- &= -X_0 \\
 \lambda, s^+, s^- &\geq 0
 \end{aligned} \tag{M2.15}$$

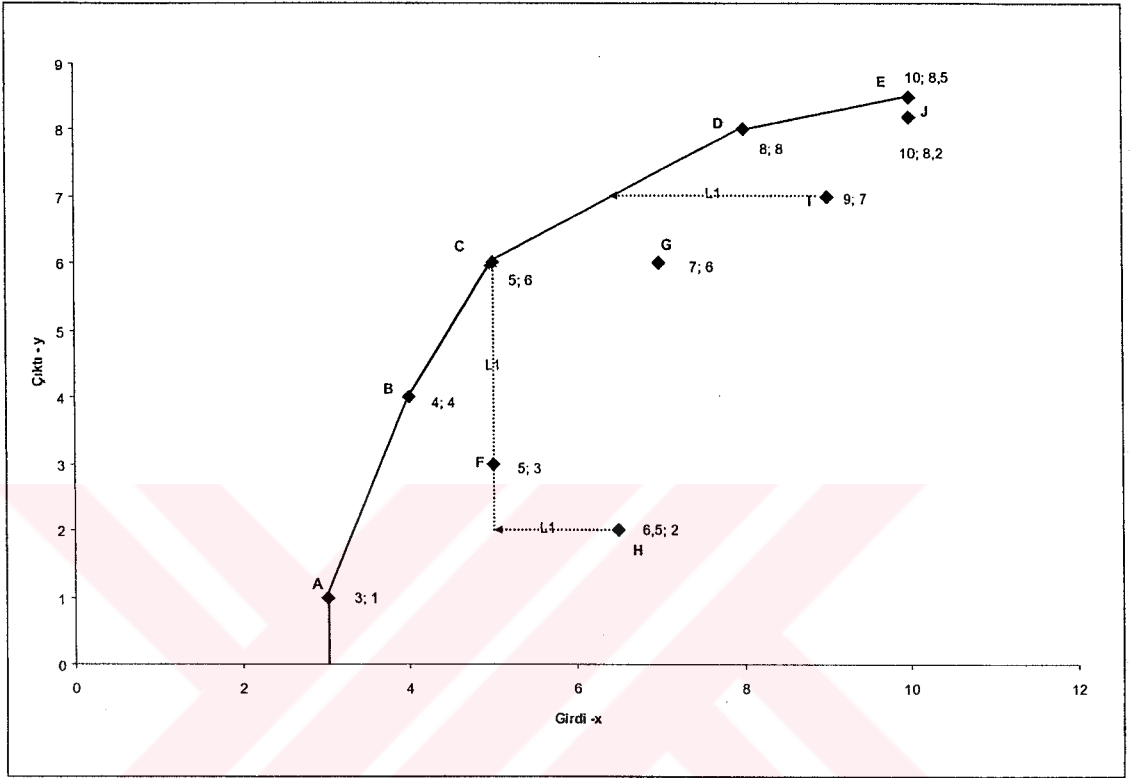
$$\begin{aligned}
 \max_{\mu, \nu, u_0} w_0 &= \mu^T Y_0 - \nu^T X_0 \\
 s.t \\
 \mu^T Y - \nu^T X + u_0 \bar{1} &\leq 0 \\
 -\mu^T &\leq -\bar{1} \\
 -\nu^T &\leq -\bar{1}
 \end{aligned} \tag{M2.16}$$

Toplayıcı modellerin en uygun çözümleri $z_0^*(=w_0^*)$, j_0 karar biriminin üretim sınırı üzerinde etkinliğinin değerlendirilmesinde referans alınacak noktaya olan uzaklığını ölçen, etkinlik ölçüsü ile sonuçlanmaktadır. Dolayısıyla, j_0 karar birimi sadece ve sadece $z_0^* = w_0^* = 0$ ise etkin olmaktadır. j_0 karar birimi üretim sınırı üzerinde yer almıyorsa, başka bir ifadeyle aylak değişken bileşenlerin herhangi biri sıfır değilse etkinsiz olmaktadır. Sıfır olmayan aylak değişken değerleri, karşılık gelen girdi ve çıktılardaki etkinsizliğin kaynağını ve miktarını belirlemektedir. Model, gözlem kümesindeki tüm KB'ler için çözülmekte ve en uygun amaç fonksiyon değerleri, amaç fonksiyon değerleriyle $z_0^* = 0$ etkin olan ve dolayısıyla zarflama yüzeyini belirleyen karar birimleri ve amaç fonksiyon değerleriyle, $z_0^* < 0$, etkinsiz olan ve zarflama yüzeyinin altında yer alan karar birimleri¹¹⁸ olarak iki alt kümeye bölmektedir.

¹¹⁷ Arie Y. Lewin, Lawrence M. Seiford, "Extending the Frontiers of Data Envelopment Analysis", *Annals of Operations Research*, Vol.73, 1997, s.1-11

¹¹⁸ Charnes, a.g.e., 26

Toplayıcı model, Tablo 2.2’de verilen örnek veriler kullanılarak Şekil 2.13 üzerinde açıklanmaya çalışılmaktadır.



Şekil 2:13 Toplayıcı Modelin Zarflama Yüzeyi

Şekil 2.13’de gösterilen KB’ler için BCC toplayıcı modelin uygulanmasıyla edilen en uygun z_0^*, s^+, s^-, λ değerleri Tablo 2.12’de verilmektedir.

Tablo 2:12 Toplayıcı Modelin En Uygun Çözüm Sonuçları.

Karar Birimi	z_j^*	s^+	s^-	λ
A	0	0	0	$\lambda_1 = 1$
B	0	0	0	$\lambda_2 = 1$
C	0	0	0	$\lambda_3 = 1$
D	0	0	0	$\lambda_4 = 1$
E	0	0	0	$\lambda_5 = 1$
F	-3	3	0	$\lambda_3 = 1$
G	-2	0	2	$\lambda_3 = 1$
H	-5.5	4	1.5	$\lambda_3 = 1$
I	-2.5	0	2.5	$\lambda_3 = 0.5$ $\lambda_4 = 0.5$
J	-1.2	0	1.2	$\lambda_4 = 0.6$ $\lambda_5 = 0.4$

Şekil 2.13’de verilen çizime göre üretim sınırının A, B, C, D, ve E üretim noktalarını birleştiren doğru parçacıklarından oluştuğu görülmektedir. Dolayısıyla, A, B, C, D ve E karar birimleri etkindirler. Tablo 2.12’den görülebileceği üzere bu karar birimlerine ait modellerin çözümüyle elde edilen amaç fonksiyon değerleri sıfırdır; dolayısıyla aylak değişken değerleri de sıfırdır. F, G, H, I, ve J karar birimlerinin amaç fonksiyon değerleri sıfır olmadıklarından $z_f^* = -3, z_g^* = -2, z_h^* = -5.5, z_i^* = -2.5, z_j^* = -1.2$, etkinsizdirler; dolayısıyla bazı girdi ve çıktı faktörlerine karşılık gelen aylak değişken değerleri sıfırdan farklıdır. Modeldeki λ karar değişken değerleri, etkinsiz olan karar birimleri için hangi karar birimlerinin referans kümesinde yer alacağını göstermektedir. Örneğin, H birimi için

$\lambda_3 = 1$ olduğundan, bu birimin referans kümesinde C birimi yer almaktadır. Diğer karar birimleri için de benzer yorumlar yapılabilir. Etkinsiz olan bir karar biriminin etkinliğe kavuşabilmesi için üretim sınırı üzerinde referans alınacak en uygun nokta, $(\hat{X}_j, \hat{Y}_j)$, bu birimin referans kümesindeki karar birimlerinin dışbükey birleşimidir; başka bir ifadeyle, $\sum \lambda_k^* = 1, \lambda_k^* \geq 0, \forall k$ olmak üzere $\hat{X}_j = \sum \lambda_k^* X_k, \hat{Y}_j = \sum \lambda_k^* Y_k$ olarak hesaplanmaktadır. Modelin çözümüyle elde edilen en uygun aylak değişken değerleri, (X_j, Y_j) noktasından, üretim sınırı üzerinde referans noktasına, $(\hat{X}_j, \hat{Y}_j)$, olan L1 uzaklığını ölçmektedir. Toplayıcı model, üretim sınırı üzerinde referans alınacak noktayı, $(\hat{X}_j, \hat{Y}_j)$, L1 uzaklığını “kuzeybatı” yönünde ençoklayacak biçimde seçmektedir¹¹⁹. Dolayısıyla, Şekil 2.13’e göre, (6.5;2) koordinatlarına sahip H birimi için L1 uzaklığı, negatif olmayan aylak değişkenlere ve (5;6) koordinatlarına sahip C birimidir. L1 uzaklığı: çıktı aylağından $(6 - 2) = 4$ ve girdi aylağından $(6.5 - 5) = 1.5$, toplam uzaklık $4 + 1.5 = 5.5$ olarak hesaplanmaktadır. I biriminin referans kümesinde C ve D birimleri vardır. Bu birim için L1 uzaklığı: $\hat{X} = \lambda_c^* + \lambda_d^* = 0.5 * 5 + 0.5 * 8 = 6.5$ ve $\hat{Y} = \lambda_c^* + \lambda_d^* = 0.5 * 6 + 0.5 * 8 = 7$ değerlerinin hesaplanmasıyla elde edilen (6.5;7) noktasına olan uzaklıkla ölçülmektedir. Bu noktaya olan uzaklık: çıktı aylağı sıfır olduğundan, sadece girdi aylağı kullanılarak, $(9 - 6.5) = 2.5$ olarak hesaplanmaktadır.

2.5.5. Temel VZA Modellerinin Eklentileri

Bazı özel durumlarda temel VZA modellerinde değişiklik yapılması gerekmektedir. Örneğin, bazı girdi yada çıktı faktörlerinin karar birimi yöneticisi tarafından denetlenemediği ve değerlerinin dışsal olarak belirlendiği; bazı faktörlerin sadece kategorik değerler alabildiği; farklı zaman dilimlerinde etkinlik değişiminin araştırılması vb. farklı durumlarda, temel modellere bu özelliklere ve farklı isteklere uygun değişikliklerin eklenmesi gerekmektedir. VZA yazınında temel modellerin

¹¹⁹ A.e.

özel durumları kapsayacak biçimde değiştirilmesi konusunda yoğun ve artan çalışmalar yapılmaktadır. Bu araştırmada,

- bazı girdi yada çıktı faktörlerinin yöneticinin kontrolü dışında bulunması,
- bazı faktörlerin kategorik değerler aldığı,
- zaman içinde verimlilik değişimlerinin incelendiği

özel durumlar için temel modellerdeki değişiklikler ve kullanımı incelenmeye çalışılmaktadır.

2.5.5.1. Denetim Dışı Değişkenlerin Modele Dahil Edilmesi Durumunda VZA Modeli

Temel VZA modelleri karar biriminin etkinliğini kullanılan modelin girdi yönelimli yada çıktı yönelimli olmasına bağlı olarak, girdi düzeylerinde en büyük ınsal büzölme yada çıktı düzeylerinde en büyük genişleme cinsinden ölçmektedir. Tüm girdi ve çıktı faktörlerinin takdire bağlı oldukları, başka bir deyişle KB yöneticisi tarafından kontrol edilebildiği ve istendiğinde değiştirilebildiği varsayılmaktadır. Bu bağlamda, bir KB'nin en düşük girdi tüketimi ile en büyük çıktı düzeyini üretmedeki başarısızlığı azalan etkinlik ölçüsü ile sonuçlanabilmektedir¹²⁰. Ancak etkinliği etkileyecek bazı faktörlerin yöneticinin kontrolü altında olmadığı durumlar da olabilmektedir. Bunun gibi, en azından bir girdi yada çıktı değişkeninin dışsal olarak sabit olduğu durumlarda, elde edilen etkinlik ölçüleri uygun ölçüler olmamaktadır. Yönetici tarafından kontrol edilemeyen bu faktörler dışsal faktörler yada dışsal değişkenler olarak adlandırılmaktadır. Dışsal değişkenlere örnek olarak, kamu/özel mülkiyet farkları, karar birimlerinin faaliyet gösterdikleri çevreye ilişkin sosyo-ekonomik farklar, ayrı bölgelerde yer alan karar birimlerini etkileyen farklı doğa koşulları, kullanılan girdi faktörlerinin nitelik olarak farklılıkları ve farklı hukuki çerçeve verilebilir. Bu tip farkların göz önüne alınmaması durumunda etkinlik analizi sonuçlarının güvenilir olması beklenmemektedir¹²¹.

¹²⁰ a.e., s.50

¹²¹ Tarım, a.g.e., s.135

Dışsal olarak sabit girdi ve çıktı değişkenlerinin etkinlik analizinde temel VZA modellerine dahil edilmesine ilişkin ilk çalışma 1986 yılında Banker ve Morey tarafından gerçekleştirilmiştir¹²².

Dışsal değişkenlerin bulunması durumunda, değişkenler iki alt kümeye ayrılmaktadır: Denetim içi değişkenler (**D**) ve denetim dışı değişkenler (**N**). Bu durumda girdi ve çıktı değişken kümeleri:

$$I = \{1, 2, \dots, m\} = I_D \cup I_N, I_D \cap I_N = \emptyset$$

$$O = \{1, 2, \dots, s\} = O_D \cup O_N, O_D \cap O_N = \emptyset$$

olarak ifade edilmektedir .

I_D denetim içi ve I_N denetim dışı girdi değişkenler kümesi olmak üzere VRS varsayımı altında, girdiye yönelik genel zarflama modeli¹²³ şöyle ifade edilmektedir:

$$\begin{aligned} & \text{Min} \\ & \psi_0 - \varepsilon \left[\sum_{i \in I_D} S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right] \\ & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} = \psi_0 x_{i0} - S_i^-; i \in I_D \\ & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} = x_{i0} - S_i^-; i \in I_N \\ & \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} = y_{r0} + S_r^+; r = 1, \dots, s \\ & \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1 \\ & \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, N, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \forall i, r, \psi_0 \text{ serbest} \end{aligned} \tag{M2.17}$$

En uygun $\psi_{j_0}^*$ değeri, yöneticinin kontrolündeki girdi faktörlerinin oluşturduğu, I_D alt vektörüne göre belirlenmektedir. Kontrol altında olmayan faktörlere ait girdi ve çıktı aylak değişkenleri, etkinlik ölçüsü hesaplanırken amaç fonksiyonunda yer

¹²² Thanassoulis, a.g.e, s.228

¹²³ A.e., s.229

almamaktadır¹²⁴. Bu nedenle, modelin çözümüyle j_0 karar birimi için elde edilecek etkinlik ölçüsü, sadece dışsal olmayan girdi faktörlerinde ışınsal olarak yapabileceği büzülmeyi yansıtmaktadır.

CRS varsayımı yapıldığında, (M2.17) modelindeki dışbükeylik kısıtı, $\sum_{j=1}^N \lambda_j = 1$, modelden çıkartılarak, M2.18 modeli elde edilerek çözüm aranmaktadır.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \\
 & \psi_0 - \varepsilon \left[\sum_{i \in I_D} S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right] \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} = \psi_0 x_{i0} - S_i^-; i \in I_D \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} = \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{i0} - S_i^-; i \in I_N \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} = y_{r0} + S_r^+; r = 1, \dots, s \\
 & \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, N, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \forall i, r, \psi_0 \text{ serbest}
 \end{aligned} \tag{M2.18}$$

2.5.5.2. Kategorik Değişkenlerin Olması Durumunda VZA Modelleri

Orijinal VZA modelleri etkinliği değerlendirilen karar biriminin yürüttüğü faaliyetlerden daha etkin faaliyet yürüten sanal bir birimin kurulması ilkesine dayanmaktadır. Etkinlikleri değerlendirmeye alınan gözlem kümesi içerisinde herhangi bir KB, sanal birimin oluşturulmasında kullanılabilmektedir. Sanal birim, gözlem kümesinin bir alt kümesinin doğrusal yada dışbükey bileşimidir. Söz konusu alt küme, değerlendirilen birimin referans grubunda yer alan birimlerden oluşmaktadır. Sanal birimin oluşturulması bazı durumlarda zorluklara yol açabilmektedir. Böyle bir durum girdi yada çıktı değişkenlerinden birinin kategorik

¹²⁴ Charnes, v.d., a.g.e, s.51

değişken olması durumunda ortaya çıkmaktadır¹²⁵. VZA modelleri, tüm girdi ve çıktı faktörlerinin sürekli değişken olduklarını varsaymaktadır. Ancak gerçek yaşamda bazı değişkenler kategorik değişken olabilmektedir. Başka bir ifadeyle bazı girdi ve çıktı faktörleri, belirli bir özelliğin varlığını yada yokluğunu göstermektedir. Bu gibi durumlarda temel VZA modellerinde gerekli değişiklik yapılmadığında, sanal birimin oluşturulması kusurlu bilgilere dayandırılmış olmaktadır. Kategorik değişkenlerin sırasal (ordinal) değerleri etkinlik değerlendirmesinde aralık ölçeğinde ölçülmüş gibi kullanılacağından sanal birime ilişkin kategorik değişkenler anlamsız değerler alabilecektir. Örneğin, sanal birimin oluşturulmasında, kategorik değişkeni 1.5 gibi sırasal ölçek açısından anlamlı olmayan bir değer alabilecektir ¹²⁶. Bu nedenle bir kategorik değişkenin ilgili karar biriminin üretkenliğini etkilediği düşünülüyorsa, bu değişkenle ilgili gerekli değişikliğin modele yansıtılması gerekmektedir.

Banker ve Morey¹²⁷ (1986) orijinal VZA modelini, değerlendirmeye alınan karar biriminin kategorik değişken cinsinden kendisiyle aynı yada daha düşük değer alan referans grubundan oluşmasını sağlayacak biçimde değiştirmişlerdir. Banker ve Morey bu yaklaşımlarını, “bir KB kategorik bir değişkenin aldığı değerden ötürü yüksek verimlilik avantajına sahipse, o değişkenin aldığı değerden ötürü daha az avantajlı olan birimlerin referans grubunda yer almamalı; bununla birlikte kategorik bir değişkene göre daha az avantajlı bir karar birimi o değişkene göre avantajlı olan karar birimlerinin referans grubunda yer almalıdır” biçiminde ifade etmişlerdir.

Kategorik değişkenlerin olduğu durumda, etkinlik analizinde Banker ve Morey tarafından önerilen tamsayı programlama modeli kullanılabilir¹²⁸. Bu konuda çözüm arayan, Banker ve Morey’in yaklaşımını işlemleştiren diğer bir çalışma da, bir dizi doğrusal programlama modelinin çözümüne dayanan Charnes ve arkadaşlarının(1994) yaptıkları çalışma gösterilmektedir¹²⁹.

¹²⁵ Boussofiane, a.g.e., s.1-15

¹²⁶ A.e.

¹²⁷ Thanassoulis, a.g.e., s.245

¹²⁸ Tarım, a.g.e., s.147

¹²⁹ Thanassoulis, a.g.e., s.245

KB'ler, belli bir kategorik değişkene göre $S_1, S_2, \dots, S_L$ alt kümelerine ayrılabilindiğinde, herhangi bir KB'nin, $j_0, j_0 \in S_p, p \leq L$ olmak üzere girdiye yönelik teknik etkinliği, aşağıda verilen modelin en uygun çözümündeki k_0^* değeri olmaktadır¹³⁰.

$$\begin{aligned}
 \text{Mink}_0 - \varepsilon & \left[\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right] \\
 \sum_{\substack{j \in \bigcup_{k=1}^K S_k \\ k=p}} \lambda_j x_{ij} & = k_0 x_{ij_0} - S_i^- \\
 \sum_{\substack{j \in \bigcup_{k=1}^K S_k \\ k=p}} \lambda_j y_{rj} & = S_r^+ + y_{rj_0} \\
 \lambda_j & \geq 0, \forall j, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \forall i, r, k_0 \text{ serbest}
 \end{aligned} \tag{M2.19}$$

2.5.5.3. Verimlik Değişiminin Ölçülmesi (Işınsal Malmquist Endeksi)

Temel VZA modelleri durağan, belli bir zaman anındaki etkinlik değerlendirmelerini kapsamaktadır. Başka bir ifadeyle, bu değerlendirmelerin zaman boyutu ihmal edilmektedir. Bu özellik, ölçme hatalarından kaynaklanan gürültü sorununu artırmakta ve bir kez yapılan performans değerlendirmelerini büyük ölçüde varsayımlara bağlı kılmaktadır¹³¹. İşletme yönetimi açısından sadece belli bir andaki etkinlik fotoğrafına bakarak işletme faaliyetleri hakkında kesin bir karara varmak mümkün olmamaktadır. Yürütülen faaliyet etkinliğinin zaman içindeki değişimine ilişkin bilgiler, faaliyetlerin planlanmasında ve denetimde yönetime büyük olanaklar sağlamaktadır. Bu bağlamda firma etkinliğinin zaman içindeki değişimini izlemek büyük önem taşımaktadır.

VZA panel veriye uygulanabilen bir yöntemdir. Örneğin, Färe ve arkadaşları ışınsal VZA etkinlik ölçülerini kullanarak İsveç hastanelerinin verimlilik

¹³⁰ Thanassoulis, a.g.e., s.245

¹³¹ Ganley, a.g.e., s.158

değişimlerini incelemişlerdir. Bu çalışmadaki yaklaşım, ışınsal Malmquist verimlilik endeksi olarak adlandırılmaktadır¹³².

Verimlilik, (1) birimlerin faaliyet gösterdikleri üretim teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak üretim sınırının kayması (teknolojik değişim), (2) karar biriminin yönetsel yeterliliklerindeki başarı yada başarısızlıkları gösteren, etkinlik değişimi ile değişmektedir. Üretim sınırının kayması, endüstri etkinlik sınırındaki gelişmeyi; etkinlik değişimi, bir karar biriminin zaman içinde endüstri etkinlik sınırına göre kendi etkinliğindeki kaymayı ifade etmektedir.

Verimlilik değişimini ölçmek için “Malmquist Endeksi” oluşturulmaktadır. Malmquist endeksi, parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerle oluşturulmaktadır. Parametrik olmayan yöntem olarak, VZA tabanlı yaklaşım kullanılmaktadır¹³³.

Malmquist endeksi, verimlilik değişimini girdi ve çıktı faktör fiyatlarını gözetmeksizin, bu faktörlerin miktarları cinsinden ele almaktadır. Endeks iki bileşenden oluşmaktadır: Etkinlik değişimi ve teknolojik değişim. Färe ve arkadaşları (1994) Malmquist endeksinin etkinlik bileşenini saf teknik ve ölçek etkinlik bileşenlerine ayırmışlardır¹³⁴. ışınsal Malmquist endeksinin hesaplanmasında girdi yönelimli yada çıktı yönelimli VZA modelleri kullanılabilir. Bu bağlamda, Malmquist endeksi, çıktı mevcut düzeyinde sabit olduğunda girdi yönelimli, girdi mevcut düzeyinde sabit tutulduğunda çıktı yönelimli olabilmektedir. Daha önce belirtildiği gibi, VZA etkinliği, ışınsal etkinlik ölçüsü ve olası sıfır olmayan girdi (çıkıtı) aylakları ile karakterize edilmektedir. ışınsal Malmquist endeksi sadece ışınsal etkinlik ölçüsüne dayanmaktadır. Başka bir ifadeyle, girdi ve çıktı aylaklarını göz önüne almamaktadır. Aylakların göz önüne alınmadan verimlilik değişiminin tam

¹³² Yao Chen, “A non-radial Malmquist productivity index with an illustrative applications to Chinese major industries”, *International Journal of Production Economics*, Vol.83, 2003, s.27-35

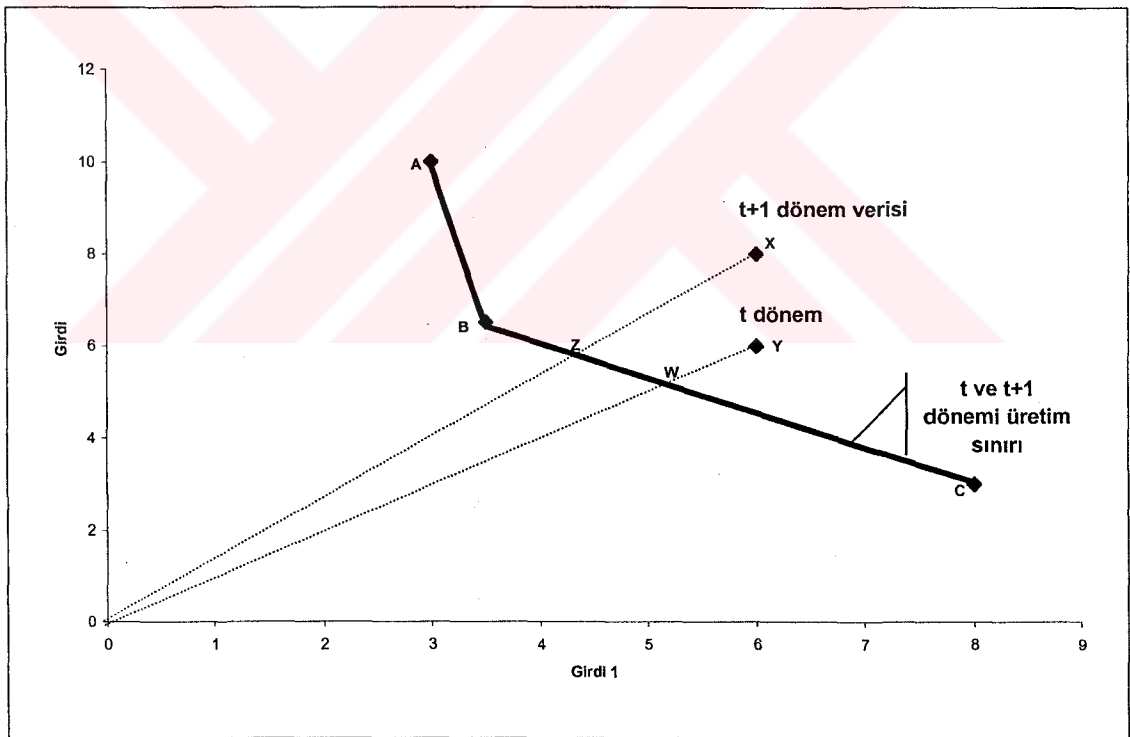
¹³³ Tarım, a.g.e., s.152

¹³⁴ Thanassoulis, a.g.e., s.176

olarak yansıtılamayacağı öne sürülerek, aylakları da hesaba katarak ışınsal olmayan (non-radial) Malmquist endeksinin de hesaplanabileceği öne sürülmektedir¹³⁵.

Malmquist endeksinin hesaplanmasında, etkinliği değerlendirilen karar birimlerinin faaliyet gösterdikleri endüstride ölçeğe göre sabit getiri varsayılmaktadır. Böylelikle, zaman içinde ölçek büyüklüğüne bağlı olabilecek verimlilik değişimleri de elde edilebilmektedir. Malmquist endeksi her zaman CRS varsayımı yapılarak hesaplandığından, girdiye yönelik yada çıktıya yönelik olarak hesaplanması verimlilik değişimi ölçüm sonuçlarını değiştirmemektedir¹³⁶.

Verimlilik değişiminin, Malmquist endeksi ile nasıl hesaplandığı Şekil 2.14 kullanılarak açıklanmaya çalışılmaktadır.



¹³⁵ Chen, a.g.e., s.27-35

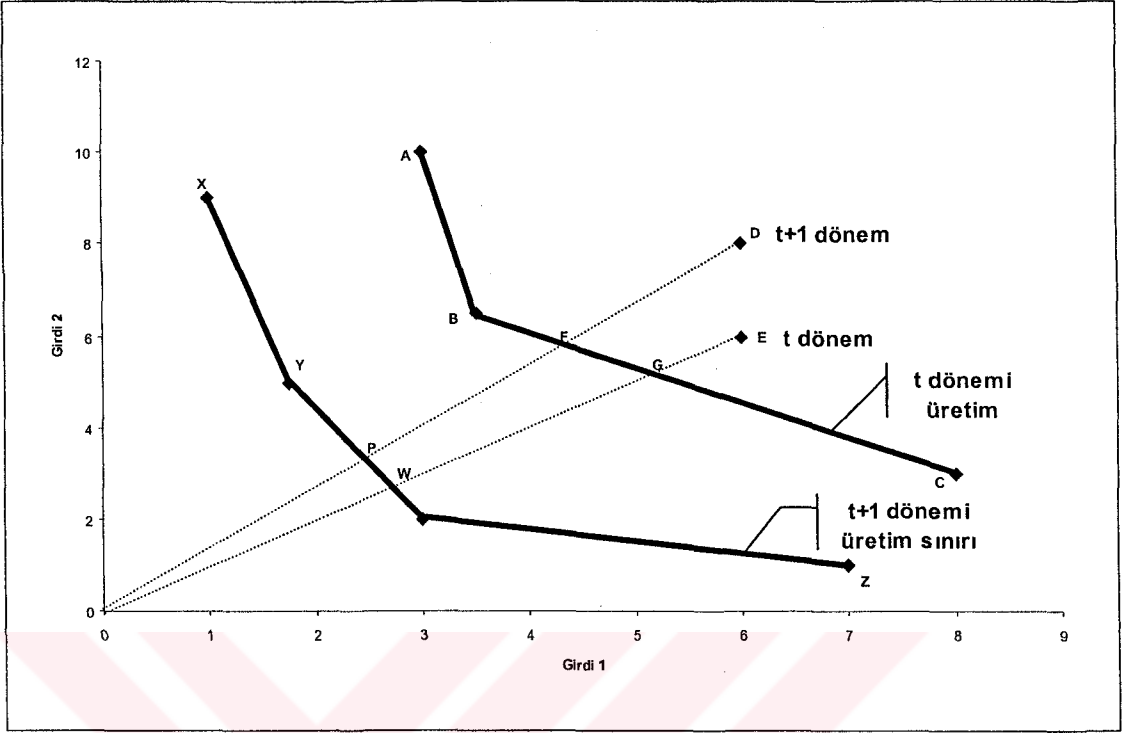
¹³⁶ Thanassoulis, a.g.e., s.178

KB'lerin CRS varsayımı altında faaliyet gösterdikleri ve t dönemi ile $t+1$ dönemi arasında endüstri düzeyinde teknik değişim olmadığı varsayılmaktadır. Dolayısıyla, her iki dönemde de üretim sınırı A, B, C üretim noktalarını birleştiren ABC doğru parçasından oluşmaktadır. Etkinlik değerlendirmesi girdiye yönelik olarak yapılmaktadır. Y noktası bir karar biriminin t dönemindeki verisini, X noktası $t+1$ noktasındaki verisini göstermektedir. Bu birimin iki dönem arasındaki verimlilik değişimi, $t+1$ dönemindeki etkinlik ölçüsünün t dönemindeki etkinlik ölçüsüne oranı olarak ölçülmektedir¹³⁷. Dolayısıyla bu birimin t dönemindeki etkinlik ölçüsü OW/OY , $t+1$ dönemindeki etkinlik ölçüsü OZ/OX olduğundan, verimlilik değişimi: $\frac{OZ}{OX} \div \frac{OW}{OY}$ olarak hesaplanmaktadır.

Hesaplanan oran 1'den küçük olduğunda, KB verimliliğinin $t+1$ döneminde t dönemine göre daha düşük olduğu, oran 1'e eşit olduğunda, verimlilikte değişim olmadığı ve 1'den büyük olduğunda verimliliğin arttığı sonucuna varılmaktadır.

Şekil 2.15'de hem etkinlik değişimi hem de teknolojik değişimin olduğu bir durum gösterilmektedir.

¹³⁷ Thanassoulis, a.g.e., s.178



Şekil 2:15 Teknik Değişimin Olması Durumunda Verimlilik Değişiminin Ölçülmesi

t döneminde E noktasında, t+1 döneminde D noktasında faaliyet gösteren karar biriminin verimlilik değişimi her iki dönemdeki verimlilik değişimlerinin geometrik ortalaması olarak hesaplanmaktadır ¹³⁸.

$$\left\{ \left[\frac{OF}{OD} \div \frac{OG}{OE} \right] * \left[\frac{OP}{OD} \div \frac{OW}{OE} \right] \right\}^{0.5}$$

Bu ortalama, karar biriminin t ve t+1 dönemleri arasındaki verimlilik değişiminin Malmquist endeksidir.

Malmquist verimlilik endeksi uzaklık fonksiyonlarının oranları olarak tanımlanmaktadır. Bu fonksiyonlar, etkinlikteki değişimi gösteren üretim sınırından sapmaları ve teknolojiye değişimleri gösteren üretim sınırındaki kaymaları ölçmektedir. Uzaklık fonksiyon değerleri, t dönemde gözlemlenen bir (x', y') üretiminin t dönemdeki üretim sınırı üzerinde tahmin edilen bir üretime olan ışınsal

¹³⁸ A.e., s.180

uzaklığı olarak ölçülür. Girdiye yönelik Malmquist endeksini oluşturmak için d uzaklık fonksiyonlarını hesaplamak gerekmektedir. Uzaklık fonksiyonları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır¹³⁹:

$$\begin{aligned} d_{CRS}^t(x^t, y^t) &= \max\{\theta > 0 : (x^t / \theta, y^t) \in S_{CRS}^t\} \\ d_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) &= \max\{\theta > 0 : (x^{t+1} / \theta, y^{t+1}) \in S_{CRS}^{t+1}\} \\ d_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1}) &= \max\{\theta > 0 : (x^{t+1} / \theta, y^{t+1}) \in S_{CRS}^t\} \\ d_{CRS}^{t+1}(x^t, y^t) &= \max\{\theta > 0 : (x^t / \theta, y^t) \in S_{CRS}^{t+1}\} \end{aligned}$$

İlk iki fonksiyon, t ve $t+1$ dönemlerinde CRS teknolojisiyle (x^t, y^t) ve (x^{t+1}, y^{t+1}) üretimlerini, ilgili dönemde karşılık gelen üretim sınırına göre etkin kılmak için girdilerde gerekli en büyük orantısal değişimi (θ) ölçmektedir. Üçüncü ve dördüncü uzaklık fonksiyonları sırasıyla, CRS teknolojisiyle $t+1$ dönemi üretim sınırına göre (x^t, y^t) üretimini, t dönemi üretim sınırına göre (x^{t+1}, y^{t+1}) üretimini etkin kılmak için girdilerde gerekli en büyük orantısal değişimi ölçmektedir.

Bilindiği gibi herhangi bir dönemdeki teknik etkinlik şöyle hesaplanmaktadır:

$$\begin{aligned} \theta_0^t(x_0^t, y_0^t) &= \min \theta_0 \\ s.t \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j^t &\leq \theta_0 x_0^t, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j^t &\geq y_0^t \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

İşinsal Malmquist endeksi, bu model kullanılarak aşağıdaki adımlar izlenerek hesaplanmaktadır¹⁴⁰.

- i. t döneminde $\theta_0^t(x_0^t, y_0^t)$ hesaplanır.
- ii. $t+1$ döneminde $\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$ hesaplanır.

¹³⁹ Sommersguter-Reichmann, M., "The impact of the Austrian hospital financing reform on hospital productivity: empirical evidence on efficiency and technology changes using a non-parametric input-based Malmquist approach", *Health Care Management Science*, Vol.3, 2000, s.309-321

¹⁴⁰ Chen, a.g.e., s.27-35

- iii. t dönemindeki veriler $t+1$ dönemindeki üretim sınırı ile karşılaştırılır. Bunun için aşağıdaki doğrusal programlama modeli çözülerek $\theta_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)$ hesaplanır.

$$\theta_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t) = \min \theta_0$$

s.t

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_j^{t+1} \leq \theta_0 x_0^t,$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_j^{t+1} \geq y_0^t$$

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

- iv. $t+1$ dönemindeki veriler t dönemindeki üretim sınırı ile karşılaştırılır. Bunun için aşağıdaki doğrusal programlama modeli çözülerek $\theta_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$ hesaplanır.

$$\theta_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) = \min \theta_0$$

s.t

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_j^t \leq \theta_0 x_0^{t+1},$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_j^t \geq y_0^{t+1}$$

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

Bu modellerin çözümü ile elde edilen sonuçlarla Malmquist verimlilik endeksi şöyle hesaplanmaktadır:

$$PI_0 = \left[\frac{\theta_0^t(x_0^t, y_0^t) \theta_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)}{\theta_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) \theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \right]^{1/2}$$

Hesaplama sonucunda, $PI_0 > 1$ olduğunda verimliliğin azaldığı; $PI_0 = 1$ olduğunda verimliliğin değişmediği ve $PI_0 < 1$ olduğunda ise verimlilikte artış olduğu sonucuna varılmaktadır. PI_0 girdiye yönelik çeşitli VZA modellerinden elde edilen ırsal etkinlik ölçüleri ile hesaplandığından, PI_0 , girdiye yönelik ırsal **Malmquist** verimlilik endeksi olarak adlandırılmaktadır.

2.5.5.4. Fiyat yada Tahsis Etkinliklerinin Ölçülmesi ile ilgili Modeller

Girdi faktör fiyatları elde edilebildiğinde KB'lerin tahsis yada fiyat etkinliklerinin ölçülmesi, işletme yönetimi açısından önem taşımaktadır. Tahsis etkinliği, faktör fiyatları veri iken üretim maliyetlerini enazlamak amacıyla girdi faktörlerinin etkin seçimini ifade etmektedir¹⁴¹. Tahsis etkinliği, karar biriminin karşı karşıya olduğu girdi faktör fiyatları veri iken, ekonomik olmayan girdi karması kullanımına yüklenilebilecek maliyet etkinsizliği bileşenini ölçmektedir. Çıktı faktör fiyatları elde edilebildiğinde, çıktı tahsis etkinliği de ölçülebilmektedir. Çıktı tahsis etkinliği, çıktı faktör fiyatları veri iken ilgili karar biriminin, uygun olmayan çıktı karması edinmesine yüklenilebilecek gelir eksikliği bileşenini ölçmektedir. Bu bağlamda, tahsis etkinlikleri iki başlık altında incelenmektedir¹⁴²:

- Maliyet Enazlama Etkinlikleri
- Gelir Ençoklama Etkinlikleri

2.5.5.4.1. Maliyet Enazlama Etkinlik Modeli

Maliyeti enazlama etkinlik modeli, girdi faktör fiyatları, $w_{ij}, i = 1, \dots, m$ veri iken herhangi bir KB'nin çıktıları üretebileceği, en düşük C_{j_0} maliyetini ölçmektedir. C_{j_0} aşağıda verilen doğrusal programlama modelinin çözümüyle hesaplanmaktadır¹⁴³:

¹⁴¹ Nemci K. Avkıran, "Investigating technical and scale efficiencies of Australian Universities through data envelopment analysis", *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol.35, 2001, s.57-80

¹⁴² Thanassoulis, a.g.e., s.81

¹⁴³ A.e., s.81

$$\begin{aligned}
C_{j_0} &= \underset{x_i}{\text{Min}} \sum_{i=1}^m w_{ij_0} x_i \\
s.t \\
\sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} &\leq x_i, i = 1, \dots, m \\
\sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} &\geq y_{rj_0}, r = 1, \dots, s \\
\lambda_j &\geq 0, j = 1, \dots, N, x_i \geq 0, \forall i
\end{aligned} \tag{M2.20}$$

Modelin en uygun çözümü, j_0 karar biriminin karşı karşıya olduğu girdi faktör fiyatları veri iken, mevcut çıktıların en düşük maliyetle elde edebileceği girdi düzeylerini $x_i^*, i = 1, \dots, m$ belirlemektedir. Dolayısıyla, j_0 karar biriminin ekonomik girdi etkinliği, IOE_{j_0} , $OC_{j_0} = \sum_{i=1}^m w_{ij_0} x_{ij_0}$ gözlemlenen maliyeti olmak üzere, şöyle hesaplanmaktadır:

$$IOE_{j_0} = \frac{C_{j_0}}{OC_{j_0}}$$

j_0 karar biriminin ekonomik girdi etkinliği IOE_{j_0} , çıktı düzeyleri ve girdi faktör fiyatları veri iken gözlemlenen OC_{j_0} maliyetlerinin ne ölçüde indirilebileceğinin ölçüsünü vermektedir. Ekonomik girdi etkinliği, $IOE_{j_0} < 1$ olduğunda KB'nin çıktıların elde etmedeki maliyetinin, olması gereken en düşük maliyetten fazla olduğunu ifade etmektedir. Aşırı maliyet, iki nedene bağlı olarak ortaya çıkmaktadır: (1) çıktıları elde etmek için aşırı girdi faktörü kullanmak, (2) ve/yada girdi faktör fiyatları açısından yanlış girdi faktör karması kullanmak. Birinci nedene bağlı etkinsizlik, teknik girdi etkinliği ölçülerek; ikinci nedene bağlı etkinsizlik girdiye yönelik tahsis etkinliği ölçülerek elde edilmektedir. Tahsis etkinliği şöyle denkleştirilmektedir¹⁴⁴: k_0^* teknik girdi etkinliği ve IOE_{j_0} ekonomik girdi etkinliği olmak üzere girdi tahsis etkinliği IAE_{j_0} ,

¹⁴⁴ A.e., s.82

$$IAE_{j_0} = \frac{IOE_{j_0}}{k_0^*} \text{ oranıyla hesaplanmaktadır.}$$

$IAE_{j_0} = 1$ olduğunda, teknik girdi etkinlikleri ve ekonomik girdi etkinlikleri birbirine eşit olacağından karar biriminin mevcut çıktılarını elde etmek için girdi faktör fiyatları açısından en uygun girdi faktör karmasını kullandığı sonucuna varılmaktadır. $IAE_{j_0} < 1$ olduğunda, j_0 karar biriminin ekonomik olmayan girdi faktör karması kullandığı anlamına gelmektedir. Teknik girdi etkinliğinin 1 olması durumu, j_0 karar biriminin mevcut teknoloji çerçevesinde mevcut çıktı düzeylerini en düşük girdi düzeyleriyle elde etmesine karşın, çıktıları elde etme uğruna girdi karması için katlandığı toplam maliyetin gerekenden fazla olduğunu göstermektedir.

2.5.5.4.2. Gelir Ençoklama Etkinlik Modeli

Gelir ençoklama etkinlik modeli, çıktı faktör fiyatları bilindiğinde ekonomik ve çıktı tahsis etkinliklerini ölçmek için kullanılan modellerdir.

Bu modellerin amacı, $p_{rj}, r = 1, \dots, s$, çıktı faktör fiyatları veri iken, KB'nin çıktılarından elde edebileceği en büyük R_{j_0} , gelirini hesaplamaktır. R_{j_0} geliri aşağıda verilen doğrusal programlama modelinin çözümüyle hesaplanmaktadır¹⁴⁵:

$$\begin{aligned} R_{j_0} &= \text{Max} \sum_{r=1}^s p_{rj_0} y_r \\ \text{s.t} \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} &\leq x_{ij_0}, i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} &\geq y_r, r = 1, \dots, s \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1, \dots, N, x_i \geq 0, \forall i \end{aligned} \quad (\text{M2.21})$$

Modelin en uygun çözümü, KB'nin karşı karşıya olduğu çıktı faktör fiyatları veri iken, gelirini ençoklamak için üretmesi gereken çıktı düzeylerini $y_r^*, r = 1, \dots, s$

¹⁴⁵ A.e., s.83

belirlemektedir. Bu bağlamda j_0 karar biriminin ekonomik çıktı etkinliği, OOE_{j_0} ,

$OR_{j_0} = \sum_{r=1}^s p_{rj_0} y_{rj_0}$ gözlemlenen gelir olmak üzere şöyle hesaplanmaktadır:

$$OOE_{j_0} = \frac{OR_{j_0}}{R_{j_0}}$$

OOE_{j_0} ekonomik çıktı etkinliği, girdi düzeyi veri iken, gözlemlenen gelirlerinin ne ölçüde artırılabilirliğinin ölçüsünü vermektedir. $OOE_{j_0} < 1$ olması durumu, j_0 karar biriminin gözlemlenen gelirinin olması gerekenden az olduğunu ifade etmektedir. Bu durum iki nedene bağlı olarak ortaya çıkabilir: 1) j_0 karar birimi mevcut girdi ve teknolojiyle üretebileceğinden daha az çıktı üretmekte, dolayısıyla teknik çıktı etkinsiz yada 2) karşı karşıya olduğu çıktı faktör fiyatları çerçevesinde yanlış çıktı karması üretmektedir, dolayısıyla çıktı tahsis etkinsiz olmaktadır. Çıktı tahsis etkinliği, $h_{j_0}^*$ teknik çıktı etkinliği olmak üzere şöyle hesaplanmaktadır:

$$OAE_{j_0} = OOE_{j_0} \cdot h_{j_0}^*$$

Çıktı tahsis etkinliği $OAE_{j_0} = 1$ olması durumu karar biriminin karşı karşıya olduğu çıktı faktör fiyatları ve çıktı karmasıyla en iyi geliri elde ettiğini göstermektedir. $OAE_{j_0} < 1$ olması durumu, mevcut çıktı karmasıyla olması gereken geliri elde edemediğini ifade etmektedir. Teknik çıktı etkin olsa bile, başka bir ifadeyle, mevcut girdi düzeyi ve kullandığı teknolojiyle üretilebilecek en büyük çıktıyı elde etmesine karşın, ürettiği çıktı karmasıyla elde edilebilecek gelirden daha düşük gelir elde etmektedir. Bu durum, yönetsel olarak çıktı karmasını gözden geçirmesi gerektiğini göstermektedir.

2.5.6. VZA Uygulamalarının Güçlü ve Zayıf Yönleri

Verimlilik bilincinin toplumun tüm kesimlerine yaygınlaştırılması ve verimliliğin bir yaşam biçimi olarak benimsenmesi hiç kuşkusuz ülke kalkınması için anahtar bir kavramdır. Bu amaç doğrultusunda da, verimlilikle ilgili ölçüm yöntemlerinin geliştirilmesinde çağdaş işletme yönetimlerine çok fazla görev düşmektedir¹⁴⁶. Bu çalışmada işletmelerarası göreceli etkinlik ölçümünde giderek yaygın kullanım alanı bulan VZA yönteminin kuramsal yönleri ve etkinlik ölçümünde nasıl kullanılabileceği açıklanmaya çalışılmıştır. Her ne kadar VZA konusunda kuramsal yada uygulama alanında hızlı bir gelişme varsa da her yöntemin kendisine özgü güçlü ve zayıf yönleri olduğu gibi, VZA yönteminin de güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır.

2.5.6.1. VZA Yönteminin Güçlü Yönleri

Belirli bir problemi çözmek için geliştirilen çok farklı yaklaşımlar olabilir. Bir yöntemin benzer problemleri çözme amacındaki diğer yöntemlere üstünlüğü, bu yöntemlerin problemi çözmedi yetersizlikleri, belirli bazı özel alanlara uygulanmasındaki zorlukları ve bazı varsayımlara dayanmalarına bağlanabilir. Etkinlik yada verimliliği ölçmede çeşitli geleneksel yaklaşımlar vardır. Ancak bu yaklaşımların hiç biri, kar amacı gütmeyen kamu ve hizmet sektöründeki etkinliği ölçmede doyurucu değildirler. Geleneksel yaklaşımların doyurucu olmamaları şu nedenlere bağlanmaktadır¹⁴⁷:

- Verimliliğin ölçülmesinde kullanılan çoğu geleneksel yaklaşımlar, önemli çıktı ölçülerine hiç yada az önem veren süreç ölçülerine dayanırlar
- Çıktı ölçüleri gibi bazı girdi faktörleri de doğaları gereği nicel değildir. Bu tür faktörleri sayısallaştıramamayı içeren sorunlara ek olarak girdi ve çıktıların uygun göreceli ağırlıklar atamak genellikle oldukça zordur.

¹⁴⁶ Yolalan, a.g.e., s.85

¹⁴⁷ B. Golany, Y. Roll, "An Application Procedure for DEA", *OMEGA Int.J.of Mgmt.Sci*, Vol.17., No.3., s.237-250, 1989

- Girdiler ve çıktılar arasında her zaman fonksiyonel bir ilişki kurmak zordur
- İstatistiksel ilişki analizinde olduğu gibi çok sayıda karar verici birim performans ortalamasına dayanarak karar verici birimlerin davranışlarını açıklamak hataya neden olmaktadır..

VZA yaklaşımı geleneksel yaklaşımların karşılaştıkları bu zorlukların üstesinden gelme çabasında olan ve bu zorlukları aşma özellikleriyle diğer yöntemlere üstünlük sağlayan bir yöntemdir. VZA yönteminin verimlik ölçme yöntemi olarak kullanılma amaçları bu yöntemin güçlü olan yönlerini ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda VZA yönteminin üstün olan yönleri şöyle sıralanmaktadır:

- i. VZA etkinlik ölçütleri, birçok girdi ve birçok çıktılu üretim ortamlarında işletmenin değişik boyutlarını herhangi bir birleştirme problemi yaratmadan tek bir etkinlik ölçütüne indirgemeye olanak sağlamaktadır¹⁴⁸. Araştırmacı özellikle birçok girdi kullanılarak birçok çıktıya dönüştürülmesindeki etkinliği incelemekle ilgili olduğunda VZA, kullanılabilecek en uygun yöntemdir. Dolayısıyla, VZA etkinlik ölçümü, birçok girdi ve birçok çıktı olması durumunu ele alabilecek yeterlilikte olan bir yöntemdir.
- ii. VZA, doğrusal form dışında, girdi ve çıktıları ilişkilendiren bir fonksiyonel forma ihtiyaç duymamakta ve üretim fonksiyonunun analitik yapısı hakkında herhangi bir varsayım gerektirmemektedir. Bu açıdan, parametrelili yaklaşımlara göre daha esnek bir yapıya sahiptir¹⁴⁹. Başka bir ifadeyle, VZA, mevcut üretim teknolojisi hakkında sınırlayıcı varsayım yapmak yerine etkin birimlerin üretim fonksiyonunu gözlem kümesindeki veriler üzerine doğrusal programlama yöntemini uygulayarak tahmin eder. Bu özelliğin önemi herhangi bir birimin

¹⁴⁸ Yolalan, a.g.e., s.86

¹⁴⁹ Norman, a.g.e., s.143

etkinliğinin diğer gözlemlenen performanslara dayanarak değerlendirilmesinde yatmaktadır¹⁵⁰.

- iii. VZA etkinlik ölçütleri her bir karar birimi için göreceli etkinliği hesaplarken amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı ençoklamakta ve her bir KB için en uygun çözüm kümesini belirlemektedir . Oysa parametrelili yaklaşımlar, endüstri grubunun tümünü göz önüne alıp ortalama etkinliğe göre ölçüm yapmaktadırlar¹⁵¹. Öte yandan, VZA etkin sınır yöntemi olarak belirli bir karar birimindeki etkinsizliği istatistiksel ortalamalarla ilişkilendirmekten çok etkin olarak kabul edilen benzer yapıdaki karar birimlerine karşılaştırarak belirlemektedir.
- iv. Girdiler ve çıktılar çok farklı birimlere sahip olabilmektedir¹⁵². Örneğin, bir girdi faktörü parasal birimle ölçülürken diğer bir faktör insan sayısı ile ölçülebilmektedir. Bu özellik işletmenin değişik boyutlarının aynı anda ölçülebilmesine olanak sağlamaktadır¹⁵³.
- v. VZA etkinlik ölçütleri, gözlem kümesini etkin olan ve olmayanlar olmak üzere iki ana gruba ayırırken, etkin olmayan her bir KB'nin etkin hale dönüştürülebilmesi için ne gibi önlemler alınmasına ilişkin önemli bilgiler türeterek yöneticilere yol göstermektedir¹⁵⁴. Bu bağlamda VZA, karşılaştırılan birimlerin her birindeki göreceli etkinsizliğin miktarını ve kaynağını saptamaktadır. Kaynakların, değerlendirmeye giren KB'ler arasında yeniden tahsisi için sayısal bir temel oluşturmaktadır. Kullanılmayan kaynak miktarının belirlenmesi, sınırlı kaynakların istenen çıktılarının üretilmesinde daha etkin faaliyet gösteren birimlere kaydırılmasında yönetime yardımcı olmaktadır. Belirli girdi-çıkıtı ilişkileri üzerindeki yaygın standartlarla, gerçek işletme performansını karşılaştırılarak incelenmesine yardımcı olarak geri besleme bilgisi sağlamaktadır. Bunun yanında, karşılaştırılan birimlerin yönetim

¹⁵⁰ Avkiran, (1999), a.g.e., s.60

¹⁵¹ Yolalan, a.g.e.s.86

¹⁵² A data Envelopment Analysis (DEA) Home Page, (Çevrimiçi)
<http://www.emp.pdx.edu/dea/homedea.html>, 12 Nisan 2004

¹⁵³ Ülengin, a.g.e., s.8-25

¹⁵⁴ Yolalan, a.g.e., s.86

kadrolarının değerlendirilmesi gibi konularda yönetsel karar vermeye yardımcı olmaktadır¹⁵⁵. VZA yaklaşımı, uzman/yönetsel anlayış açısından kullanıldığında, yönetsel uygulamalar yada kıyaslamalar için gerekli analitik desteği sağlayan bir araç olabilmektedir.

2.5.6.2. VZA Yönteminin Zayıf Yönleri ve Uygulamada Karşılaşılan Güçlükler

Her yöntemin güçlü yönleri olduğu gibi zayıf yönleri de bulunmaktadır ve uygulamada bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. VZA yönteminin belirtilen güçlü yönlerinin bazıları aynı zamanda VZA'nın zayıf yönlerini oluşturmaktadır. VZA yönteminin güçsüz yönleri ile uygulamada sorun yaratan konuları aşağıda sıralanmaya çalışılmaktadır:

- i. VZA yönteminde, genellikle fiziksel birimlerin yada işlemlerin sayısı kullanılmaktadır. VZA'nın önemli zayıflıklarından biri verilerin ölçme hatasından bağımsız olduğunu varsaymasıdır. Bu bağlamda, veri bütünlüğü çığnendiğinde VZA sonuçları güvenle yorumlanamamaktadır. Güvenli veri ihtiyacı, tüm istatistiksel çözümlemeler için önemlidir. Ancak VZA özellikle güvenilir olmayan verilere karşı çok duyarlıdır. Bu duyarlılık şu nedene dayanmaktadır: Etkin olarak addedilen birimler etkin üretim sınırını belirlediğinden, etkinlik ölçüleri de bu sınır referans alınarak hesaplanmaktadır. Veriler güvenli olmadığında yöntem doğru olmayan etkinlik ölçülerine yol açabilmektedir¹⁵⁶.
- ii. VZA yönteminin etkinlik ölçütlerinin önerdikleri zarflama tekniği bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Özellikle, doğal olarak zarflama imkanının bulunmadığı durumlarda sanal karar birimi yeterince anlamlı olmamaktadır. Bu durumda, marjinal ikame ve marjinal üretkenlik oranları çok fazla anlam taşımamaktadır¹⁵⁷.

¹⁵⁵ Golany, a.g.e., s.237-250

¹⁵⁶ Avkıran, (1999), a.g.e., s.60

¹⁵⁷ Yolalan, a.g.e., s.87

- iii. VZA yöntemi karar biriminin göreceli etkinliğini tahmin etmede iyi bir yöntemdir, ancak “mutlak” etkinliğe yavaş yakınsamaktadır. Başka bir ifadeyle, VZA yöntemi bir KB’nin etkin birimlerle karşılaştırıldığında ne kadar iyi faaliyet gösterdiğini söylemekte, ancak “mutlak en büyüklükle” karşılaştırmasını yapmamaktadır.¹⁵⁸
- iv. VZA parametrik olmayan bir teknik olduğundan modelin sonuçlarına istatistiksel hipotez testlerinin uygulanması parametrik yöntemlere göre daha zor olmaktadır¹⁵⁹
- v. Her KB’nin etkinliğinin değerlendirilmesinde ayrı bir doğrusal programlama modelinin çözümü gerekeceğinden, büyük boyutlu problemlerin çözümü hesaplama açısından çok zaman almaktadır.
- vi. VZA her ne kadar etkin olan ve etkin olmayan karar birimlerini birbirinden ayırıyorsa da, etkin olan ve üretim sınırını oluşturan KB’lerin karşılaştırılmasında yetersiz kalmaktadır¹⁶⁰. VZA çözümlemesinde etkin olarak belirlenen KB’ler değerlendirmeye alınan gözlem kümesindeki birimlere göre etkin olmaktadırlar. Gözlem kümesine alınmayan bir birimin, gözlem grubu içindeki en iyi uygulayıcı birimden daha yüksek etkinliği başarması olasıdır. Dolayısıyla, gözlem kümesi değiştiğinde etkinlik ölçüleri, etkin ve etkin olmayan karar birimleri de değişebilmektedir¹⁶¹.
- vii. VZA yöntemi, ağırlıkların seçiminde tam esnekliğe sahiptir. Ağırlıkların seçimindeki bu esneklik bu yaklaşımın hem güçlü hem de zayıf yönünü oluşturmaktadır. Bir girdi ve/yada çıktının diğerlerine göre çok yüksek bir ağırlığa ulaşabilmesi ve bazı girdi ve/yada çıktıların tamamen gözardı edilmesi, VZA yönteminde karşılaşılabilecek sorunlardan birisidir¹⁶². Muhtemelen, herhangi bir girdi yada çıktı değeriyle ilgisi olmayan

¹⁵⁸ A data Envelopment Analysis (DEA) Home Page, <http://www.emp.pdx.edu/dea/homedea.html>, 01 Ağustos.2001

¹⁵⁹ İnan, E.A., a.g.e

¹⁶⁰ Yolalan, a.g.e., s.87

¹⁶¹ Avkıran, (1999), a.g.e.s.60

¹⁶² Karsak, a.g.e., s.2-10

ağırlıkların herhangi bir birim tarafından akıllıca seçimi, bu birimin etkin görünmesine yol açabilmektedir. Görünen bu etkinlik, birimin kendisine özgü etkinliğinden çok ağırlıkların sağgörülü seçiminden kaynaklandığı kaygısını yol açabilmekte ve bu kaygı yöntemin zayıf yönünü oluşturmaktadır¹⁶³. Bu durumda VZA yönteminin KB'ler arasındaki farklılığı ayırıştırma gücü azalmaktadır.

- viii. VZA'nın uygulanması sürecinde başlangıç aşaması, çözümlemeye girecek karar birimlerinin tanımını ve seçimini kapsamaktadır. VZA, karşılaştırılabilir karar birimlerinin göreceli etkinliğini ölçen bir yöntemdir. Karar birimlerinin seçimi, benzer birimlerin arasında performans farkı ve ölçülebilir olduğu varsayımını ifade etmektedir. Bu aşamada, ikinci adım değerlendirilecek karar birimlerinin büyüklüğünü belirlemektir. Karar birim sayısı büyüklüğünün belirlenmesinde genel eğilim, birim sayısını büyük tutmaktır. Buna göre birim sayısı ne kadar büyük olursa, üretim sınırını belirleyecek yüksek performansa sahip karar birimlerini elde etme olasılığının artacağı düşünülmektedir. Ancak çözümlemeye girecek karar birim sayısı arttıkça genellikle karar birimlerinin benzerlikleri azalmaktadır. Sonuç olarak, çözümlemeye girecek karar birim sayısının saptanmasında özen göstermek gerekmektedir. KB sayısının belirlenmesinde şu baş parmak kuralı verilmektedir: "karar birim sayısı çözümlemeye girecek girdi ve çıktı faktör sayısının en az iki katı olmalıdır"¹⁶⁴.
- ix. Çözümlemeye girecek girdi ve çıktı faktör sayısının saptanması, VZA uygulamalarında karşılaşılan sorunlardan bir diğeridir. Çok sayıda faktörün çözümlemeye katılması, karar birimleri arasında var olan farklılıkların büyük bir bölümünün anlaşılabilmesi sorununu doğurabilmektedir. Bu durum, karşılaştırılan karar birimlerinin oldukça büyük bir bölümünü yüksek etkinlik ölçüleriyle etkinlik sınırına kaymasına yol açabilmektedir¹⁶⁵. Başka bir ifadeyle, girdi ve çıktı faktör sayısı arttıkça

¹⁶³ Dyson, R.G., Thanassoulis, E., Boussofiane, A., "A DEA (Data Envelopment Analysis) Tutorial", (Çevrimiçi) <http://www.warwick.ac.uk/~bsrlu/dea/deat/deat1.htm>, 2 Şubat 2001

¹⁶⁴ Golany, a.g.e., s.239

¹⁶⁵ Golany, a.g.e., s.240

yöntemin karar birimleri arasındaki farklılıkları ayırt etme gücü azalmaktadır. Uygun faktör sayısı için baş parmak kuralı şöyle verilmektedir: m , girdi faktör sayısı, s , çıktı faktör sayısı olmak üzere girdi ve çıktı faktör sayılarının toplamı çözümlemedeki karar birim sayısının $1/3$ 'ünden daha az olmalıdır $[(m+s) < (n/3)]^{166}$.



¹⁶⁶ Larry Jenkins, Murray Anderson, "A Multivariate Statistical Approach to Reducing the Number of Variables in DEA", *European Journal of Operational Research*, Vol.147, 2003, s.51-61

BÖLÜM 3

3. ÜNİVERSİTE ETKİNLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

3.1. GİRİŞ

Çalışmanın birinci bölümünde, küreselleşen ve rekabetçi bir ortamda faaliyet gösteren işletmelerin hedeflediği çok sayıda çatışan amacı olduğu ve bu amaçlarını gerçekleştirmek için karar almak zorunda olduğu belirtilmişti. Çoklu, çatışan bir karar ortamında yöneticilerin kararlarını sistem yaklaşımını temel alan bilimsel yöntemlere, dolayısıyla yöneylem araştırması yöntemlerinin önemli bir bölümünü oluşturan çok amaçlı karar verme yöntemlerine dayandırması gerekliliği vurgulanmış ve bu yöntemlerden bir kısmı örneklenerek açıklanmaya çalışılmıştı.

İkinci bölümde, gerek kamu gerekse özel sektörde faaliyet gösteren karar birimlerinin performanslarının ölçülmesi ve değerlendirilmesi söz konusu olduğunda, oran analizi ve regresyon analizi gibi geleneksel performans ölçme yöntemlerinin yanında üstün ve zayıf yönleri bölüm sonunda belirtilmeye çalışılan çok amaçlı karar verme yöntemlerinden VZA'dan yararlanılabileceği ve bu yöntemin uygulanmasıyla ne tür yönetsel bilgilerin elde edilebileceği belirtilmeye çalışılmıştır. Özellikle çok-girdi ve çok-çıkıtının olduğu bir üretim ilişkisinde oran analizi ve regresyon analizinin karar biriminin bütünsel performansını değerlendirmede çeşitli yetersizlikleri olduğu, bu gibi durumlarda VZA yönteminin kullanılabileceği ifade edilmeye çalışılmıştı. Bu çalışmada üniversite etkinliklerinin değerlendirilmesinde VZA yönteminin kullanılması bu gerekçeye dayanmaktadır.

Üniversite etkinliklerinin VZA ile değerlendirilmesinde dünya ve Türkiye literatüründe çeşitli çalışmalara rastlamak mümkün olmaktadır. Bu çalışmalardan bir bölümü aşağıda özet olarak verilmeye çalışılmaktadır.

3.2. ÜNİVERSİTE ETKİNLİKLERİNİN VZA YARDIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN ÇALIŞMALAR

VZA yardımıyla üniversite etkinliklerinin değerlendirilmesinde uygulamada genel olarak iki farklı yaklaşım getirilmektedir. Birinci yaklaşımda

üniversitedeki VZA uygulamaları üniversitenin bölüm etkinlikleri üzerine odaklanmaktadır.

Tomkins ve Gren(1988), Beasley (1990), Johnes ve Johnes (1993), Stern, Mehrez, ve Barbay (1994) ile Johnes ve Johnes (1995) 'in çalışmaları birinci yaklaşımın temel çalışmaları olarak kabul edilmektedir. Tomkins ve Green bu çalışmada üniversite personel sayısını girdi, öğrenci sayısını çıktı faktörü olarak altı farklı VZA modelini çözerek üniversitenin muhasebe bölüm etkinliğini incelemektedirler. Beasley 1990 yılındaki çalışmasında , araştırma geliri ve harcamaları gibi finansal değişkenleri girdi, lisans ve yüksek lisans öğrenci sayısı ile araştırma değerlendirme sonuçlarını çıktı olarak kullanarak kimya ve fizik bölümlerinin etkinliklerini değerlendirmektedir. Johnes ve Johnes'in 1993 ve 1995 yılında yaptıkları çalışmada iktisat bölümlerinin araştırma çıktılarını gözeten teknik etkinliklerini ölçen çeşitli VZA modellerini uygulamakta ; girdi ve çıktı faktörlerinin seçimindeki olası sorunları tartışmaktadır.¹

İkinci yaklaşımda, VZA uygulamaları bölümlerden çok üniversitelerin genel göreliliklerinin araştırılması üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu alanda yapılan üç temel çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan ilki, T.S. Ahn'ın 1987 yılında Teksas Üniversitesinde yaptığı doktora çalışmasıdır. Diğer çalışmaları T.S.Ahn , A. Charnes ve W.W. Cooper'in 1988 yılında birlikte yaptıkları çalışma ile Breu ve Raab'ın 1994 yılındaki makaleleri oluşturmaktadır. Ahn 1987 ve 1988 yılındaki çalışmasında VZA yardımıyla Teksas eyaletindeki üniversitelerin etkinliklerini araştırmakta ve bulgularını ekonometrik yaklaşım ve muhasebe ölçüleri kullanılarak yapılan gözlemlerle karşılaştırmaktadır. Ahn VZA modelinde , personel maaşını , devlet araştırma fonlarını, fiziksel birimlere yapılan yatırımları ve yönetim genel giderlerini girdi faktörleri olarak kullanmaktadır. Modelde lisans ve yüksek lisans öğrenci kayıt sayısı , sömestr kredi saat toplamı ile federal ve özel araştırma fonları çıktı faktörleri olarak ele alınmaktadır.²

¹ Avkıran,(1999),a.g.e.s.68

² A.e., s.70

Bu öncü ve temel çalışmaların dışında daha sonraki yıllarda üniversite etkinliklerinin VZA yardımıyla değerlendirilmesine devam edilmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalardan birkaçı kronolojik olarak aşağıda özetlenmektedir.

Colbert ve arkadaşları³ , üniversite ve bölüm etkinlikleri yerine A.B.D'deki 24 İşletme Yüksek Lisans (MBA) programının etkinliklerini VZA yardımıyla ölçmektedirler. MBA programlarının karşılaştırılması için kurulan modellerin birinde programlara bağış yapan mezun öğrenci(erkek/kız) yüzdesi, eğitim , müfredat programı ve mezuniyet sonrası işe yerleşme öğrenci tatmini ; diğer bir modelde mezunların ortalama maaşları, mezunların analitik düşünme , takım çalışması ve global görüşleri ile ilgili işveren tatmini çıktı ölçüleri ; seçmeli ders sayısı, öğrenci/fakülte oranı ve programdaki öğrencilerin ortalama GMAT sınav puanları girdi ölçüleri olarak kullanılmaktadır. Modelin çözüm sonuçlarına göre etkinlik ölçüleri 0.9451-1.00 arasında değişmekte ve 24 programdan 8'i etkinsiz olarak belirlenmektedir. Göreli etkinliğin belirlenmesinde kullanılan girdi ve çıktı ölçülerinin önemi vurgulanmakta ve bu ölçülerdeki değişikliğin hesaplanan etkinlik ölçülerini etkileyeceği ifade edilmektedir. Dolayısıyla VZA'da hangi girdi ve çıktı ölçüleri kullanılacağı belirlenirken karşılaştırılan MBA program amaçlarının yapılan değerlendirmede özenle göz önüne alınması gerektiği vurgulanmaktadır.

Ying Chu Ng ve Sung Ko Li⁴ yaptıkları çalışmada 1980 ortalarında Çin'de yürürlüğe konan Eğitim Reformu'nun 84 yüksek eğitim kurumu üzerindeki etkinliğini VZA yardımıyla değerlendirmektedirler. Kurumların araştırma performansları üzerine yoğunlaşan çalışmada ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında araştırmacı sayısı, araştırmaya destek olan personel sayısı, bütçe içi ve dışı fonlar girdi, makale, ödül , sözleşme , yazılı doküman (manuscript) sayısı çıktı ölçüsü olarak kullanılarak 1993-1995 yılı verileri değerlendirilmektedir.

³ Amy Colbert, Reuven R. Levary, Michael C. Shaner, "Determinin the relative efficiency of MBA programs using DEA", **European Journal of Operational Research**, Vol.125,2000,s.656-669

⁴ Ng, Ying Chu, Li, Sung Ko, "Measuring the Research Performance of Chinese Higher Education Institutions : An Application of Data Envelopment Analysis", **Education Economics**, Vol.8., No.2, 2000, s.139-156

Avkıran⁵, 2001 yılında 1995 yılı verilerini kullanarak 36 Avustralya üniversitesinin etkinliğini üç farklı VZA modeliyle değerlendirmektedir. Model çözüm sonuçlarına göre üniversitelerin teknik ve ölçek etkinlikleri açısından iyi performans gösterdikleri ; çoğu üniversitenin küçülme potansiyelini gösteren ölçeğe göre azalan getiri ile faaliyet gösterdiklerini ; VZA'nın etkin olmayan kurumlar için rol modeli olabilecek üniversite kümesini ve verimlilik gelişmelerini nesnel olarak belirlemede yardımcı olduğunu ve bunun gibi eğitim yöneticileri için değerli bir karşılaştırma ve kıt kaynakların birimlere etkin tahsisinde yardımcı bir aracı olduğunu vurgulamaktadır. Kurulan modellerin birinde tam zamanlı akademik ve akademik olmayan personel sayıları girdi, lisans ve lisansüstü programlarına kayıt yaptıran öğrenci sayısı ile üniversitelerin devlet bütçesinden aldıkları pay çıktı ölçüleri olarak kullanılırken, diğer bir modelde girdi ölçüleri değişmemekte , öğrenci gelişme oranı , mezun öğrencinin tam zamanlı istihdam oranı ve aynı üniversitede diğer bölümlere kayıt yaptıрма oranı (yeniden kayıt) çıktı ölçüsü olarak kullanılmaktadır.

Karacabey⁶ 2001 yılındaki makalesinde VZA yönteminin matematiksel altyapısını anlatarak etkinlik kavram ve tanımını yapmakta ve Türk Üniversitelerinin etkinliklerinin değerlendirilmesini örnek uygulama olarak ele almaktadır. Kurulan modelde üniversiteler tek bir çıktı (yayın sayısı) ve öğretim üyeleri sayıları (profesör, doçent ve yardımcı doçent) girdi faktörü olarak kullanılarak değerlendirilmektedir. Veriler 2000 yılını kapsamaktadır. Öğrenci sayısı, bütçe olanakları, kütüphane olanakları, araştırma görevlileri sayısı girdi, mezun olan öğrenci sayısı, Türkçe kaynaklarda çıkan yayın sayısı , gerçekleştirilen proje vb. faaliyet sayısının çıktı faktörü olarak değerlendirmeye alınabileceği ifade edilmektedir.

Abel A. Mereno ve Raghu Tadepalli⁷ yaptıkları çalışmada bir üniversitenin çeşitli fakültelerine ait 42 bölümünün etkinliklerini değerlendirmektedirler. Modelin kurulmasında lisans ve yüksek lisans mezun

⁵ Avkıran, (2001),a.g.e., s.57-80

⁶ Ali Argun Karacabey,"Veri Zarflama Analizi", A.Ü SBF GETA Tartışma Metinleri,No.33,2001

⁷ Moreno, Abel A., Tadepalli Raghu,"Assessing Academic Department Efficiency at a Public University",Managerial and Decision Economics,23,2002,s.385-397

sayıları, tam zamanlı öğrenci sayısı, kredi saati, ve verilen ödenek miktarı çıktı ; fakülte ödeneği, personel maaşı, faaliyet bütçesi, araç gereç için ayrılan bütçe, kullanılan bina alanı, girdi ölçüsü olarak kullanılmaktadır. VZA model sonuçları 42 bölümden 22'sinin etkin diğerlerinin etkinsiz olduğunu göstermektedir. Yazarlar VZA etkinlik değerlendirme sonuçlarının yönetsel açıdan üniversite yöneticilerine yol gösterici bir yöntem olduğunu vurgulamaktadırlar.

M.Abbott ve C. Doucouliagos⁸ yaptıkları çalışmada 1995 yılı verilerini kullanarak girdiye yönelik ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında 36 Avustralya devlet üniversitesinin teknik ve ölçek etkinliklerini ölçmektedirler. Etkinlik modelinin kurulmasında , akademik personel ve akademik olmayan personel sayısı toplamı ve bu personele yapılan maaş ödemeleri dışındaki tüm harcamalar ile sabit varlıkların değeri girdi faktörleri ; tam zamanlı kayıtlı lisans ve yüksek lisans öğrenci sayısı ile verilen lisans ve yüksek lisans diploma derecesi sayısı eğitim faaliyeti çıktı ölçüsü ; araştırma fonu tahsisi araştırma performans ölçüsü olarak kullanılmaktadır. VZA yardımıyla elde edilen etkinlik ölçülerine göre Avustralya üniversitelerinin oldukça yüksek etkinlik düzeyinde faaliyet gösterdikleri , bununla birlikte birkaç üniversitenin etkinliklerini artırmaları gerektiği sonucuna varmaktadırlar.

3.3. UYGULAMANIN KAPSAMI VE AMACI

Bilindiği gibi üniversiteler eğitim ve öğretim hizmeti veren ve bunun yanında araştırma yapan kamu kurumlarıdır. Bu kurumların verdikleri hizmetler bir çok yönüyle kamu yöneticilerini ve kamuoyunu yakından ilgilendirmektedir. Çok büyük bir genç nüfusun yaşadığı Türkiye'de devlet üniversitelerinin verdikleri hizmetlere her yıl artan bir talep olmaktadır. Ayrıca, bu hizmetler karşılığında genel bütçeden üniversitelere her ne kadar bütçe içindeki payı küçük olsa da belli bir kaynak aktarılmaktadır. Nasıl ki herhangi bir işletmenin yürüttüğü faaliyetin amacına ulaşp ulaşmadığının kontrol edilmesi ve geleceğe dönük planlama yapabilmek için faaliyetleri için ayrılan kaynakların ne ölçüde verimli kullanıldığının değerlendirilmesi gerekiyorsa, devlet üniversiteleri de bir kamu

⁸ Abbott, M., Doucouliagos, C., "The efficiency of Australian universities : A Data Envelopment Analysis", *Economics of Education Review*, Vol.22,2003,s89-97

işletmesi olarak bu gerekliliğin dışında olmaması gerekmektedir. Özellikle son yıllarda Türkiye’de yaşanan ekonomik kriz göz önüne alındığında devlet üniversite faaliyet etkinliklerinin değerlendirilmesinin büyük önem taşıdığı açıktır. Bu bağlamda üniversite yöneticilerinin kendilerine ayrılan mali, insani ve fiziksel kaynakları akademik faaliyetlere kurumsal etkinliklerini artıracak biçimde tahsis etme sorumlulukları bulunduğu, bu bağlamda böyle bir çalışmanın karar vericiler için yol gösterici olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın konusu, Türkiye’de ilki 1933 ve sonuncusu 2001’de kanun yada kanun hükmünde kararname ile kurulmuş olan 77 üniversiteden⁹ devlet üniversitesi olarak nitelenen , eğitim, öğretim ve araştırma faaliyeti yürüten 53 üniversitenin yönetsel ve akademik etkinliklerinin VZA yardımıyla değerlendirilmesini kapsamaktadır.

VZA kullanılarak oluşturulacak modellerin çözümüyle ;

- a) Araştırmaya konu olan üniversiteler için kabul edilebilecek ortak ölçütler kullanılarak üniversite etkinlik ölçülerinin hesaplanması ve bu etkinlik ölçülerine göre sıralanması,
- b) Etkinlik ölçülerine göre, etkinsiz faaliyet gösteren üniversitelerin etkinliğe ulaşmada rol modeli olabilecek üniversitelerin ve bu üniversitelerin etkinliğe erişmedeki ağırlıklarının saptanması,
- c) Etkinsiz faaliyet gösteren üniversitelerin hangi kaynaklarda ve ne miktarda verimsiz olduğunun saptanarak nasıl etkinlik sınırına yaklaştırılabileceği ve etkin olan üniversitelerin nasıl daha iyi olabilecekleri sorularını yanıtlamaya çalışmak

amaçlanmaktadır.

⁹ Mümin Köksoy, **Yükseköğretimde Kalite ve Türk Yükseköğretimi için Öneriler**, İstanbul Kültür Üniversitesi Yayınları No:2, İstanbul, 1998, 2.Baskı, s.242

3.4. YÖNTEM

3.4.1. Uygulamanın evreni

Etkinlik değerlendirilmeleri yapılacak üniversitelerin belirlenmesinde homojenlik varsayımı kabul edilmektedir. VZA uygulama sonuçlarının doğruluğu ve güvenilirliği bakımından bu varsayım önemli olmaktadır. Söz konusu 53 devlet üniversitesinin benzer girdileri kullanarak benzer çıktıları üreten karar birimleri oldukları varsayılmış ve uygulama örnek büyüklüğü bu varsayıma dayandırılarak oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu üniversitelerden Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü ile İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü lisans eğitim ve öğretim hizmeti vermediklerinden bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuş ve örnek birim sayısı 51 olarak belirlenmiştir.

3.4.2. Veri Kaynakları

Üniversitelerin etkinliklerinin değerlendirilmesinde 2000-2001 eğitim-öğretim yılına ait veriler temel alınmaya çalışılmıştır. Bu yılın seçimi, bu yıla ait verilerin elde edilebilirliği düşüncesine dayanmaktadır. Bununla birlikte bazı verilerin elde edilmesinde zorluklarla karşılaşıldığından, eksik olan verilerle ilgili açıklamalar aşağıda verilmeye çalışılmıştır.

Üniversite etkinliklerinin değerlendirilmesinde Tablo 3.1’de belirtilen veriler kullanılmaktadır. Tabloda yer alan bütçe ödenek rakamları ilgili yıllara ait Bütçe Kanun’larından elde edilmiş ve ödeneklerin programlara göre dağılımı yerine üniversiteye tahsis edilen toplam ödenek esas alınmıştır. Üniversitelere tahsis edilen 2000 ve 2001 yılına ait toplam bütçe ödeneklerinin ortalaması değerlendirmeye alınmıştır.

Bazı üniversitelerin idari personel sayılarını 2000-2001 yılı faaliyet raporlarından elde etmek mümkün olmadığından kurulan modellerde 1999-2000 yılına ait veriler kullanılmaktadır¹⁰. İdari personel sayılarına ait verileri bu kaynaktan elde edilen üniversiteler Tablo 3.1’de (*) imi ile işaretlenmiştir.

¹⁰ Üniversitelerin Fakülte, Yüksekokul, ve Enstitüleri, Akademik-İdari Kadroları Bilimsel Çalışmaları Yayın Sayısı-Araştırma Proje Sayısı, Başbakanlık Basımevi,2000,Ankara

2000-2001 yılına ait yurtiçi yayın sayıları üniversitelerin YÖK Denetleme Kurulu'na her yıl yolladıkları Faaliyet Raporları taranarak elde edilmeye çalışılmıştır. Faaliyet Raporlarına ulaşamayan yada raporlarda bu bilgileri içermeyen üniversiteler için yayın sayısının tespitinde SCI(Science Citation Index), SSCI(Social Science Citation Index) ve A&HI(Art & Humanities Index) verileri esas alınmıştır. Verileri bu kaynaktan elde edilen üniversiteler Tablo 3.1'.de (**) ile işaretlenmiştir. Yayın sayıları raporlardan elde edilen diğer üniversite verilerinin bu indekslerdeki yayın sayılarını kapsadığı varsayılmıştır. İÜ'ne ait veriler, bu indekslerde yer alan veriler ile üniversite fakülte dergilerinde yayınlanan makale ve kitap sayıları esas alınarak tespit edilmiştir¹¹. Analizde yurtdışı yayın sayıları yukarıda sözü edilen uluslararası indekslerde yer alan 2000 ve 2001 yıllarına ait verilerin toplamı olarak kullanılmaktadır.

Öğretim üyeleri sayılarına ilişkin veriler Devlet İstatistik Enstitüsü 2001 yılı Türkiye İstatistik Yıllığı'ndan elde edilmiştir¹². İlgili yıllardaki lisans ve yüksek lisans mezun öğrenci sayıları Yüksek Öğrenim Kurumu'nun internet sayfasında yayınladığı ilgili yıllara ait istatistiklerden elde edilmiştir¹³

¹¹ İstanbul Üniversitesi Yeni Yayınlar Sergisi ve Katalogu (1997-2002), T.C İstanbul Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı, İstanbul, 2002

¹² Türkiye İstatistik Yıllığı , DİE, 2001, s.162-167

¹³ (Çevrimiçi) <http://www.yok.gov.tr/istatistikler/istatistikler.htm> 10 Mart 2003

Tablo 3:1 Modellerin çözümünde esas alınan Üniversitelere ait veri tablosu

Birim No	ÜNİVERSİTE	2000-2001 Toplam Öğretim Üyeleri Sayısı	2000-2001 Yüksek Lisans Mezun Sayısı (Y.Lisans +Doktora)	2000-2001 Lisans Mezun Sayısı	2000 ve 2001 Yılı Bütçe Ödenekleri Ortalaması (Milyon)	2000-2001 İdari Personel	2000-2001 Yayın Sayısı	2000- 2001 Yurtdışı Yayın Sayısı
01	ABANT İZZET BAYSAL	577	52	2208	14.839.750	552	504	37
02	ADNAN MENDERES	560	28	725	12.673.250	600	620	83
03	AFYON KOCATEPE	518	66	3478	10.992.250	477	329	31
04	AKDENİZ	1228	84	1899	20.818.925	1301	1614	235
05	ANADOLU	1472	247	3615	24.217.250	2406	976	164
06	ANKARA	4130	808	6543	67.369.900	7710	7216	1159
07	ATATÜRK	2068	225	7916	42.429.900	2896	1983	285
08	BALIKESİR	490	46	2771	9.213.750	364	58	43
09	BOĞAZİÇİ	827	291	1326	18.255.750	768	1157	396
10	CELAL BAYAR	683	44	2873	14.019.300	258	1220	114
11	CUMHURİYET	1012	92	3494	18.823.450	1068	1416	136
12	Ç. ON SEKİZ MART	444	62	2498	8.807.000	322	28	41
13	ÇUKUROVA	1410	229	3609	36.733.400	1405	1970	288
14	DİCLE	1366	84	3200	25.507.050	1283	757	155
15	DOKUZ EYLÜL	2409	375	5993	38.412.650	2611	1471	446
16	DUMLUPINAR	432	192	4534	8.824.750	385	332	15
17	EGE	2558	354	3115	47.832.500	3566	2468	590
18	ERCİYES	1176	100	3817	22.601.600	1482	1223	281
19	FIRAT	1217	175	3042	24.007.225	1232	669	241
20	GALATASARAY	179	11	193	4.916.525	209*	167	6
21	GAZİ	3471	897	9556	50.052.375	2964*	615**	24
22	GAZİANTEP	498	36	1250	14.408.850	806	980	616
23	GAZİOSMANPAŞA	389	25	1649	10.170.000	415	1861	180
24	HACETTEPE	4265	453	4511	66.460.350	4882	3994	1871
25	HARRAN	466	39	1660	13.155.500	623	453	101
26	İNÖNÜ	958	74	3126	20.057.400	1024	1754	211
27	İSTANBUL	3353	872	10952	87.593.300	7535	1414	879
28	İSTANBUL TEKNİK	1879	772	2234	32.484.500	1226	3519	1072
29	KAFKAS	304	6	767	7.505.550	257*	37**	37
30	K.M. SÜTÇÜ İMAM	532	41	1742	12.280.250	498	767	21
31	KARADENİZ TEKNİK	1292	129	6417	26.581.100	1729	1293	227
32	KIRIKKALE	531	33	1677	11.005.000	449	801	118
33	KOCAELİ	830	131	5076	22.803.750	856	857	153
34	MARMARA	2060	774	7794	33.628.650	1330	1146	363
35	MERSİN	728	52	2029	13.260.850	618	950	110
36	MİMAR SİNAN	522	113	721	9.562.350	308	282	2
37	MUĞLA	436	40	1055	8.822.500	490	575	12
38	MUSTAFA KEMAL	479	45	1917	9.832.500	411	475	18
39	NİĞDE	793	77	4137	9.847.250	341*	45**	45
40	ONDOKUZ MAYIS	1110	67	5747	24.035.700	1723	1139	232
41	ORTA DOĞU TEKNİK	2349	676	2482	37.126.100	1434	1394	932
42	OSMANGAZI	958	128	1461	19.474.000	1233	825	141
43	PAMUKKALE	869	59	1902	14.090.500	832	451	114

44	SAKARYA	765	242	4221	13.283.500	470	816	67
45	SELÇUK	1712	494	9787	31.131.550	1394	256**	256
46	SÜLEYMAN DEMİREL	1195	128	6252	19.247.500	1031	734	106
47	TRAKYA	1298	99	4414	20.853.550	1199*	1176	167
48	ULUDAĞ	1716	195	8523	28.425.350	1856	1671	194
49	YILDIZ TEKNİK	735	319	2590	15.394.625	636	928	112
50	YÜZÜNCÜ YIL	990	163	2880	21.282.800	1114	1075	136
51	Z. KARAEMLAS	353	22	1668	11.443.250	597	552	36

3.4.3. Üniversite Etkinliklerinin Değerlendirilmesinde Model Seçimi

Herhangi bir etkinlik modeli sonucunun doğru yorumlanmasında modele katılacak girdi ve çıktı faktörlerinin saptanması büyük önem taşımaktadır. Uygun verinin elde edilememesi yada küçük örnek büyüklüklerinin dayattığı sınırlamalar önemli performans değişkenlerinin model dışı bırakılmasına neden olabilmektedir.

Üniversitelerin eğitim ve araştırma faaliyetleri yürüten birimler olduğu düşünüldüğünde, eğitim faaliyetlerinin performans göstergesi olarak lisans ve yüksek lisans mezun sayıları, araştırma faaliyetlerinin göstergesi olarak yayın sayısı, yayın atıf sayısı gibi göstergeler etkinlik ölçüleri olarak kullanılabilir. Ancak söz konusu göstergelerin saptanmasında farklı yaklaşımlar ve yorumlar bulunmaktadır. Örneğin araştırma faaliyet ölçüsü olarak kabul edilen yayın sayısı disiplinler arasındaki farklı uygulamadan kaynaklanan bir sorun yaşamaktadır. Tıp alanında yayın yapmak için işletme bilimi alanında yayın yapmaktan daha fazla zaman ve kaynak gerektiği ve dolayısıyla daha az yayın sayısı ile sonuçlandığı öne sürülmektedir. Ayrıca araştırmacının bir üniversitede başlattığı bir araştırma faaliyetini yer değiştirerek başka bir üniversitede bitirebileceği gibi bir sorunun da olduğu düşünülmektedir. Yayın atıf sayısı açısından, matematik alanında yapılan bir yayının eczacılık alanındakine göre daha fazla raf ömrü olduğu iddia edilmektedir¹⁴.

Performans göstergelerinin saptanmasında yaşanan bu sorunları aşmada VZA önemli katkı sağlamaktadır. Bu yöntemde üniversite yöneticileri belirli bir yaklaşım yada perspektifi temsil etmek üzere girdi ve çıktıları seçebilmektedirler.

¹⁴ Avkıran,(1999),a.g.e.,s.66-67

Üretim teorisi bu açıdan yol gösterici olabilmektedir. Bu yaklaşıma göre her kaynak girdi ve kaynak kullanan her şey çıktı olarak sınıflandırılmaktadır. Bilindiği üzere üretim kuramı bir örgütteki girdi ve çıktılar arasındaki ilişkileri araştırmakla ilgilidir. Bu yaklaşım girdi ve çıktı ölçülerinin sayısal değerler cinsinden ifade edilmesini gerektirmektedir. Johnes'a göre üniversitelerin genel olarak kabul edilen girdilerini beşeri ve fiziki sermaye çıktılarını eğitim ve araştırma faaliyet sonuçları oluşturmaktadır¹⁵.

VZA karar vericileri kurum amaçlarını açıkça belirtmelerine zorlamaktadır. Sonuç olarak, belirlenen bu amaçlar VZA modellerinde çıktıları ve bu amaçları gerçekleştirmede ihtiyaç duyulan kaynaklar girdileri oluşturmaktadır.

Bu çalışmada da etkinlik modelinin kurulmasında üretim teorisin bu yaklaşımı esas alınarak farklı girdi ve çıktı bileşimleri seçilerek dört model kurulmuş ve WINDEAP¹⁶ (Version 0.9.9) paket programı kullanılarak üniversitelerin genel, eğitim ve araştırma performansları ölçülmeye çalışılmış , elde edilen sonuçlar tablolarda özetlenerek yorumlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca her bir modelin doğrusal programlama formu Demo LINGO/PC¹⁷ (Release 7.0) paket programında çözülerek sonuçları WINDEAP sonuçları ile karşılaştırılarak kontrol edilmiştir.

VZA'da modellerin kurulmasında diğer bir çözümleme seçeneği CRS yada VRS teknolojileri arasında yapılan seçimdir. Daha önceden ifade edildiği gibi CRS, etkinlikle faaliyet ölçeği arasında önemli bir ilişki olmadığını varsaymaktadır. Başka bir ifadeyle bu varsayım girdileri çıktılarıya dönüştürmede küçük üniversitelerin büyük üniversiteler kadar etkin olduğunu ve bütün üniversitelerin enuygun büyüklükte faaliyet gösterdiklerini kabul etmektedir. Bu varsayımın üniversiteler için uygun olmadığı düşünülerek bu çalışmadaki modeller VRS varsayımı kabul edilerek çözülmüşlerdir. Modellerin VRS varsayımı yapılarak çözülmesi şu nedene dayanmaktadır : modellerin her iki teknoloji ile çözüm sonuçlarından elde edilen

¹⁵ Johnes, J., "Performance Assessment in Higher Education in Britain", **European Journal of Operational Research**, Vol. 89, 1996, s.18-33

¹⁶ (Çevrimiçi) <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.htm> 12 Nisan 2004

¹⁷ (Çevrimiçi) www.lindo.com 10 Eylül 2002

etkinlik ölçülerinin büyük çoğunluğu farklı olması durumunda VRS varsayımı yapmak daha güvenli olmaktadır.¹⁸

Model çözümünde diğer bir seçenek modelin girdiye yada çıktıya yönelik çözümüdür. Genel ve eğitim performansları ile ilgili çözümlerde girdiye yönelik, araştırma performansının ölçülmesinde çıktıya yönelik çözümler aranmıştır.

3.4.4. Model Çözümleri

Üniversite etkinliklerinin değerlendirilmesi üç başlık altında incelenmeye çalışılmaktadır. Önce üniversitelerin genel performansı, sonra sırasıyla eğitim ve araştırma performansları incelenecektir. Her bir performans değerlendirme için ayrı bir model çözülmektedir; ancak araştırma performansının değerlendirilmesinde elde edilen verilerin güvenilirliği göz önünde bulundurularak çıktıları farklı iki ayrı model kurulmakta ve değerlendirilmektedir.

3.4.4.1. Üniversitelerin Genel Performansı

Bu bölümde 51 devlet üniversitesinin genel performansı Tablo 3.2’de belirlenen girdi/çıktı faktörleri kullanılarak elde edilmeye çalışılmıştır. Buna ek olarak her bir üniversite için çıktılarında herhangi bir değişiklik yapmadan etkinliğe (üretim sınırına) ulaşabilmek için girdi faktörlerini hangi düzeyde tutması gerektiği, ölçek etkinliği hesaplanmış ve ölçek türü belirlenmiştir. Önceden de ifade edildiği gibi etkin olan birimler için etkinlik ölçüsü 1.0’dır. Etkin olmayan birimler için bu değer 1’den küçüktür. Etkin olmayan birimler için ayrıca üretim sınırında faaliyet gösterebilmesi için mevcut girdilerinde ne miktarda indirime gitmesi gerektiği ve bu birim için referans grubunda (E_0) yer alan birimler ve ağırlıkları hesaplanmıştır. WINDEAP programı ile elde edilen çözüm sonuçları ayrıntılı olarak her bir üniversite için özetlenmiştir. (Bkz: EK1)

¹⁸ Avkıran,(2001),a.g.e., s.67

Tablo 3:2 Model I Girdi/Çıktı Faktörleri

Üniversitelerin Genel Performansı (Model I)

Girdi	Çıktı
- Öğretim üyesi sayısı - İdari personel sayısı - Bütçe ödenekleri	- Lisans mezunu öğrenci sayısı - Yüksek lisans mezunu öğrenci sayısı - Yurtiçi ve yurtdışı yayın sayısı

Üniversitelerin genel performans ölçüleri (TE_{CRS} ve TE_{VRS}) ve TE_{VRS} 'ye göre sıralamaları Tablo 3.3'de gösterilmektedir. Etkin olarak belirlenen üniversiteler alfabetik sıraya konmuştur.

Tablo 3:3 Üniversitelerin Model-I Etkinlik Değerleri ve Sıralamaları

Birim	Üniversite	TE_{CRS}	TE_{VRS}	Birim	Üniversite	TE_{VRS}
01	ABANT İZZET BAYSAL	0,444	0,562	06	ANKARA	1,000
02	ADNAN MENDERES	0,308	0,519	10	CELAL BAYAR	1,000
03	AFYON KOCATEPE	0,659	0,724	16	DUMLUPINAR	1,000
04	AKDENİZ	0,499	0,513	20	GALATASARAY	1,000
05	ANADOLU	0,497	0,504	21	GAZİ	1,000
06	ANKARA	0,790	1,000	23	GAZİOSMANPAŞA	1,000
07	ATATÜRK	0,495	0,850	28	İSTANBUL TEKNİK	1,000
08	BALIKESİR	0,643	0,841	27	İSTANBUL	1,000
09	BOĞAZİÇİ	0,840	0,873	34	MARMARA	1,000
10	CELAL BAYAR	1,000	1,000	36	MİMAR SİNAN	1,000
11	CUMHURİYET	0,608	0,671	39	NIĞDE	1,000
12	Ç. ON SEKİZ MART	0,655	0,906	44	SAKARYA	1,000
13	ÇUKUROVA	0,541	0,693	45	SELÇUK	1,000
14	DİCLE	0,326	0,344	48	ULUDAĞ	1,000
15	DOKUZ EYLÜL	0,485	0,604	49	YILDIZ TEKNİK	1,000
16	DUMLUPINAR	1,000	1,000	12	Ç. ON SEKİZ MART	0,906
17	EGE	0,427	0,470	46	SÜLEYMAN DEMİREL	0,896
18	ERCİYES	0,496	0,546	31	KARADENİZ TEKNİK	0,894
19	FIRAT	0,367	0,398	33	KOCAELİ	0,877
20	GALATASARAY	0,277	1,000	09	BOĞAZİÇİ	0,873
21	GAZİ	0,780	1,000	29	KAFKAS	0,869
22	GAZİANTEP	0,496	0,609	40	ONDOKUZ MAYIS	0,869
23	GAZİOSMANPAŞA	1,000	1,000	07	ATATÜRK	0,850
24	HACETTEPE	0,456	0,593	08	BALIKESİR	0,841
25	HARRAN	0,434	0,605	51	Z. KARALMAS	0,822
26	İNÖNÜ	0,607	0,687	41	ORTA DOĞU TEKNİK	0,769

27	İSTANBUL	0,585	1,000	37	MUĞLA	0,756
28	İSTANBUL TEKNİK	1,000	1,000	38	MUSTAFA KEMAL	0,725
29	KAFKAS	0,253	0,869	03	AFYON KOCATEPE	0,724
30	K.MARAŞ SÜTÇÜ İMAM	0,493	0,633	32	KIRIKKALE	0,706
31	KARADENİZ TEKNİK	0,594	0,894	13	ÇUKUROVA	0,693
32	KIRIKKALE	0,550	0,706	26	İNÖNÜ	0,687
33	KOCAELİ	0,661	0,877	11	CUMHURİYET	0,671
34	MARMARA	1,000	1,000	47	TRAKYA	0,658
35	MERSİN	0,540	0,625	30	K.MARAŞ SÜTÇÜ İMAM	0,633
36	MİMAR SİNAN	0,606	1,000	35	MERSİN	0,625
37	MUĞLA	0,476	0,756	22	GAZİANTEP	0,609
38	MUSTAFA KEMAL	0,521	0,725	25	HARRAN	0,605
39	NİĞDE	1,000	1,000	15	DOKUZ EYLÜL	0,604
40	ONDOKUZ MAYIS	0,585	0,869	24	HACETTEPE	0,593
41	ORTA DOĞU TEKNİK	0,769	0,769	01	ABANT İZZET BAYSAL	0,562
42	OSMANGAZI	0,386	0,466	18	ERCİYES	0,546
43	PAMUKKALE	0,351	0,496	02	ADNAN MENDERES	0,519
44	SAKARYA	1,000	1,000	04	AKDENİZ	0,513
45	SELÇUK	0,718	1,000	05	ANADOLU	0,504
46	SÜLEYMAN DEMİREL	0,690	0,896	50	YÜZÜNCÜ YIL	0,502
47	TRAKYA	0,576	0,658	43	PAMUKKALE	0,496
48	ULUDAĞ	0,731	1,000	17	EGE	0,470
49	YILDIZ TEKNİK	1,000	1,000	42	OSMANGAZI	0,466
50	YÜZÜNCÜ YIL	0,496	0,502	19	FIRAT	0,398
51	Z. KARAEMLAS	0,612	0,822	14	DİCLE	0,344
	Ortalama	0,614	0,766			
	Standard Sapma	0,209	0,199			

Bu değerlendirme sonuçlarına göre, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında 8 üniversite (Celal Bayar, Dumlupınar, Gaziosmanpaşa, İstanbul Teknik, Marmara, Niğde, Sakarya, ve Yıldız Teknik) , ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında 15 (Ankara, Celal Bayar, Dumlupınar, Galatasaray, Gazi, Gaziosmanpaşa, İstanbul, İstanbul Teknik, Marmara, Mimar Sinan, Niğde, Sakarya, Selçuk, Uludağ ve Yıldız Teknik) üniversite etkin olarak belirlenmiştir. Her iki etkinlik ölçüsüne göre etkin olarak belirlenen üniversitelerin (Celal Bayar, Dumlupınar, Gaziosmanpaşa, İstanbul Teknik, Marmara, Niğde, Sakarya, ve Yıldız Teknik) en verimli ölçek büyüklüğünde faaliyet gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Etkinlik değerleri ortalamaları ölçeğe göre sabit getiri için 0,614 ve ölçeğe göre değişken getiri için 0,766 hesaplanmıştır. Ortalamalar arasındaki fark her iki varsayım altında etkinlik sınırın farklı hesaplanmasından kaynaklanmaktadır.

Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı etkinlik değeri ile faaliyet ölçeği arasında önemli bir ilişki olmadığını varsaymaktadır. Dolayısıyla girdi faktörleri ile çıktı faktörleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu ve tüm birimlerin optimal bir büyüklükte faaliyet gösterdikleri kabul edildiğinden üretim sınırı etkin olan birimlerin doğrusal bileşimiyle elde edilmektedir. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı ölçek etkinliği olmadan saf teknik etkinliği ölçtüğünden üretim sınırı etkin olan birimlerin dışbükey bileşimiyle elde edilmektedir. Dolayısıyla bu varsayım altında üretim sınırı üzerinde yer alan birim sayısı artarken, performans değerleri de artmakta ve performans değerleri arasındaki dağılım azalmaktadır. Her iki ölçeğe göre hesaplanan performans değerleri arasındaki fark ölçek etkinliğini (SE) göstermektedir.

VZA modelini çözümüyle elde edilen önemli sonuçlardan bir diğeri de etkinsiz olarak belirlenen birimler için rol modeli (gösterge) olan birimlerin ve ağırlıklarının saptanmasıdır. Gösterge olan birimler ile göstergeleri oldukları etkinsiz birimler aynı faaliyet yapısına sahip birimlerdir. Dolayısıyla herhangi bir etkinsiz birim, kendisi için gösterge olarak belirlenen birimlerin faaliyetlerini taklit ederek etkinlik sınırına ulaşabilirler. Etkin olan birimler etkinlik sınırı üzerinde yer aldıklarından göstergeleri kendileri olmakta ve ağırlıkları 1,0 olarak hesaplanmaktadır. Tüm üniversiteleri tek tek incelemek uzun olacağından örnek olarak Abant İzzet Baysal Üniversitesine ait çözüm değerleri Tablo 3.4’de verilerek incelenmektedir.

Tablo 3:4 Abant İzzet Baysal Üniversitesine ait Model I Çözüm Sonuçları

Abant İzzet Baysal	Birim No	01	E ₀	20	16	23	10		
	CRS	0,444	Ağırlık	0,430	0,399	0,143	0,028		
	VRS	0,562	GİRDİ				ÇIKTI		
	SE	0,790	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak
	Ölçek	IRS	577	-253	0,00	324	52	0,00	34
			552	-242	0,00	309	2208	0,00	0,000
			14,839	-6,50	-0,85	7,480	504	0,00	0,000

Abant İzzet Baysal üniversitesi her iki ölçeğe (sabit ve değişken) göre de etkinsiz bir birimdir ($TE_{CRS}=0,444$; $TE_{VRS}= 0,562$). Bu üniversite için gösterge olan üniversiteler (E₀) Galatasaray (20), Dumlupınar (16), Gaziosmanpaşa (23), ve Celal

Bayar (10) üniversiteleri tespit edilmiştir. Gösterge olan bu üniversiteler ile İzzet Baysal üniversitesi faaliyet yapıları olarak benzer birimlerdir. Dolayısıyla İzzet Baysal üniversitesi bu üniversitelerin faaliyet yapılarına uygun faaliyet göstererek etkin olabilir. Etkinliğe ulaşmada bu gösterge üniversiteler için saptanan ağırlıkları (0,430 ; 0,399 ; 0,143 ; 0,028) kullanılmalıdır. Galatasaray ve Dumlupınar üniversitelerinin ağırlıkları diğer üniversitelere göre daha fazla olduğundan İzzet Baysal üniversitesinin yapısı bu üniversitelere daha fazla benzerlik göstermektedir. Gösterge üniversitelerin ağırlıkları kullanılarak İzzet Baysal üniversitesi için girdi faktörlerinin bileşimi şöyle hesaplanmaktadır :

Tablo 3:5 Abant İzzet Baysal üniversitesinin Etkin Faaliyeti için Girdi Faktör Bileşimi

Girdiler	Gösterge Üniversiteler				Toplam
	Galatasaray	Dumlupınar	Gaziosmanpaşa	Celal Bayar	
	Faktör değeri ve Ağırlığı (0,430)	Faktör değeri ve Ağırlığı (0,399)	Faktör değeri ve Ağırlığı (0,143)	Faktör değeri ve Ağırlığı (0,028)	
Öğreti Üye Sayısı	179*0,430=76,97	432*0,399=172,37	389*0,143=55,63	683*0,028=19,12	324
İdari Personel	209*0,430=89,87	385*0,399=153,62	415*0,143=59,35	258*0,028=7,22	310
Bütçe Ödeneği	4.916*0,430=2,114	8.824*0,399=3,521	10.170*0,143=1,454	14.019*0,028=0,393	7,482

Üretim sınırı üzerinde yer alarak diğer üniversitelere gösterge olan birimlerin gösterge olma sayısı bu üniversitelerin faaliyet yapılarının güçlü olduğunu göstermektedir. Etkin olan üniversitelerin gösterge olma sayılarına ilişkin bilgiler Tablo 3.6'da verilmektedir. Bu bilgilere göre sırasıyla Dumlupınar, Gaziantep, Galatasaray, Uludağ, İstanbul üniversiteleri en güçlü yapıya sahip birimlerdir.

Tablo 3:6 Model-I Çözümlerine Göre Diğer Birimlere Gösterge Olan Üniversiteler

Birim No	Üniversite	Diğer birimlere gösterge olma sayısı
6	Ankara Üniversitesi	6
10	Celal Bayar Üniversitesi	8
16	Dumlupınar Üniversitesi	35
20	Galatasaray Üniversitesi	17
23	Gaziantep Üniversitesi	30
28	İstanbul Üniversitesi	11
34	Marmara Üniversitesi	1
39	Niğde Üniversitesi	2
45	Selçuk Üniversitesi	1
48	Uludağ Üniversitesi	12

Girdiye yönelik modelin çözüm sonuçlarından etkinsiz birimlerin etkin olabilmek için hangi girdi faktörlerinden ne miktarda azaltma yapması gerektiği bilgisi de elde edilmektedir. Tüm üniversiteleri tek tek incelemek çok yer kaplayacağından burada sadece örnek birkaç üniversite incelenmektedir. Tablo 3.7’de Balıkesir Üniversitesine ait bilgiler verilmektedir.

Tablo 3:7 Balıkesir Üniversitesine ait Model I Çözüm Sonuçları

Balıkesir	Birim No	08	E ₀	20	39	10	16			
	CRS	0,643	Ağırlık	0,375	0,180	0,039	0,406			
	VRS	0,841	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,764	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	490	-78	0	412	46	0	52	98
			364	-58	0	306	2771	0	0	2771
			9,213	-1,464	0	7,749	58	0	195	253

Balıkesir Üniversitesi etkinsiz bir birimdir. Ölçeğe göre değişken getiri altında %84,1 etkindir. Dolayısıyla girdi faktörlerinin %15,9’unu verimsiz kullanmaktadır. Mevcut girdi kaynaklarını %84,1’ini kullanarak etkin faaliyette bulunabilir. Buna göre öğretim üye sayısını 78, idari personel sayısını 58 ve bütçe ödeneğini 1,464 (trilyon) azaltarak etkinlik sınırında faaliyet gösterebilir. Çıktı faktörlerinden yüksek lisans öğrenci sayısında ve yayın sayısında bir aylıklık tespit edilmiştir. Bu aylıklık, girdi faktörlerinde azaltmaya gidilirken bu çıktı faktöründen

belirtilen miktar kadar (52) artırılabilceğini ifade etmektedir. Bu tür aylaklar gerekenden az üretilen (under-produced) çıktı faktörleri ve miktarını göstermektedir. Sonuç olarak Balıkesir Üniversitesi 412 öğretim üyesi, 306 idari personel ve 7,749 (trilyon) bütçe ile yüksek lisans mezun öğrenci sayısını 52 , yayın sayısını 195 artırarak ve 2771 lisans mezun öğrenci sayısı ile etkin bir faaliyette bulunabileceği sonucuna varılmaktadır.

Bu analize bir başka örnek Karadeniz Teknik Üniversitesi verilmektedir. Bu üniversiteye ait model çözüm sonuç bilgileri Tablo 3.8’de verilmektedir.

Tablo 3:8 Karadeniz Teknik Üniversitesine ait Model I Çözüm Sonuçları

Karadeniz Teknik	Birim No	31	E_0	23	48	16			
	CRS	0,594	Ağırlık	0,132	0,567	0,301			
	VRS	0,894	GİRDİ				ÇIKTI		
	SE	0,664	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak
	Ölçek	DRS	1292	-137	0	1155	129	0	43
			1729	-184	-322	1223	6417	0	0
			26,581	-2,824	-3,636	20,121	1293	0	0

Bu üniversite de etkinsiz bir üniversitedir. Girdi kaynaklarını %11,6 oranında verimsiz kullanmaktadır. Mevcut girdi faktörlerinin %89,4’ünü kullanarak üretim sınırında faaliyet göstererek etkinliğini artırabilir. Bununla birlikte bu üniversitenin girdi faktörlerinde aylak değerler tespit edilmiştir. Bu aylak değerler, bu birimin girdi faktörlerinin %89,4’ünü kullanarak üretim sınırında faaliyet gösterebilmesi yanında girdi faktörlerinde ek bir indirim daha yapabileceğini göstermektedir. Çıktı faktörlerinden yüksek lisans mezun öğrenci sayısında da aylaklık tespit edilmiştir. Bu aylaklık girdi faktörlerinde gerekli azaltmaları yaparak üretim sınırında oluşacak girdi faktörleri bileşimiyle , yüksek lisans mezun öğrenci sayısını da 43 öğrenci artırabileceğini göstermektedir.

3.4.4.2. Üniversitelerin Eğitim Performansı

Üniversitelerin eğitim performansı Tablo 3.9’da verilen girdi ve çıktı faktörleri ile VRS varsayımı altında girdiye yönelik olarak çözülmüştür.

Tablo 3:9 Model II Girdi/Çıktı Faktörleri

Üniversitelerin Eğitim Performansı (Model II)

Girdi	Çıktı
• Öğretim üyesi sayısı • İdari personel sayısı • Bütçe ödenekleri	• Lisans mezunu öğrenci sayısı • Yüksek lisans mezunu öğrenci sayısı

Bu modelin çözüm sonuçları ve üniversitelerin etkinlik ölçülerine göre sıralamaları Tablo 3.10’da verilmektedir.

Tablo 3:10 Üniversitelerin Model-II Etkinlik Değerleri ve Sıralamaları

Birim	Üniversite	TE _{CRS}	TE _{VRS}	Birim	Üniversite	TE _{VRS}
01	ABANT İZZET BAYSAL	0,365	0,525	49	YILDIZ TEKNİK	1,000
02	ADNAN MENDERES	0,123	0,426	45	SELÇUK	1,000
03	AFYON KOCATEPE	0,640	0,717	39	NIĞDE	1,000
04	AKDENİZ	0,185	0,312	36	MİMAR SİNAN	1,000
05	ANADOLU	0,452	0,457	34	MARMARA	1,000
06	ANKARA	0,516	0,581	27	İSTANBUL	1,000
07	ATATÜRK	0,365	0,607	28	İSTANBUL TEKNİK	1,000
08	BALIKESİR	0,643	0,841	21	GAZİ	1,000
09	BOĞAZİÇİ	0,792	0,808	20	GALATASARAY	1,000
10	CELAL BAYAR	0,918	1,000	16	DUMLUPINAR	1,000
11	CUMHURİYET	0,361	0,419	10	CELAL BAYAR	1,000
12	Ç.ON SEKİZ MART	0,655	0,906	44	SAKARYA	0,973
13	ÇUKUROVA	0,365	0,369	48	ULUDAĞ	0,906
14	DİCLE	0,244	0,299	12	Ç. ON SEKİZ MART	0,906
15	DOKUZ EYLÜL	0,435	0,463	29	KAFKAS	0,869
16	DUMLUPINAR	1,000	1,000	08	BALIKESİR	0,841
17	EGE	0,325	0,326	46	SÜLEYMAN DEMIREL	0,838
18	ERCİYES	0,329	0,362	09	BOĞAZİÇİ	0,808
19	FIRAT	0,329	0,352	41	ORTA DOĞU TEKNİK	0,769
20	GALATASARAY	0,138	1,000	51	Z. KARAEMLAS	0,751
21	GAZİ	0,780	1,000	03	AFYON KOCATEPE	0,717
22	GAZİANTEP	0,239	0,483	31	KARADENİZ TEKNİK	0,689
23	GAZİOSMANPAŞA	0,404	0,678	33	KOCAELİ	0,680
24	HACETTEPE	0,296	0,296	23	GAZİOSMANPAŞA	0,678
25	HARRAN	0,339	0,568	38	MUSTAFA KEMAL	0,672
26	İNÖNÜ	0,311	0,377	40	ONDOKUZ MAYIS	0,655
27	İSTANBUL	0,585	1,000	37	MUĞLA	0,645
28	İSTANBUL TEKNİK	1,000	1,000	07	ATATÜRK	0,607

29	KAFKAS	0,253	0,869	32	KIRIKKALE	0,591
30	K.MARAŞ SÜTÇÜ İMAM	0,312	0,540	06	ANKARA	0,581
31	KARADENİZ TEKNİK	0,473	0,689	25	HARRAN	0,568
32	KIRIKKALE	0,317	0,591	30	K.MARAŞ SÜTÇÜ İMAM	0,540
33	KOCAELİ	0,583	0,680	01	ABANT İZZET BAYSAL	0,525
34	MARMARA	1,000	1,000	35	MERSİN	0,495
35	MERSİN	0,298	0,495	22	GAZİANTEP	0,483
36	MİMAR SİNAN	0,606	1,000	15	DOKUZ EYLÜL	0,463
37	MUĞLA	0,233	0,645	43	PAMUKKALE	0,458
38	MUSTAFA KEMAL	0,396	0,672	05	ANADOLU	0,457
39	NİĞDE	1,000	1,000	02	ADNAN MENDERES	0,426
40	ONDOKUZ MAYIS	0,493	0,655	11	CUMHURİYET	0,419
41	ORTA DOĞU TEKNİK	0,769	0,769	47	TRAKYA	0,418
42	OSMANGAZI	0,301	0,382	50	YÜZÜNCÜ YIL	0,395
43	PAMUKKALE	0,263	0,458	42	OSMANGAZI	0,382
44	SAKARYA	0,965	0,973	26	İNÖNÜ	0,377
45	SELÇUK	0,718	1,000	13	ÇUKUROVA	0,369
46	SÜLEYMAN DEMİREL	0,632	0,838	18	ERCİYES	0,362
47	TRAKYA	0,412	0,418	19	FIRAT	0,352
48	ULUDAĞ	0,584	0,906	17	EGE	0,326
49	YILDIZ TEKNİK	0,985	1,000	04	AKDENİZ	0,312
50	YÜZÜNCÜ YIL	0,370	0,395	14	DİCLE	0,299
51	Z. KARAELMAS	0,450	0,751	24	HACETTEPE	0,296
	Ortalama	0,501	0,665			
	Standard Sapma	0,253	0,247			

Üniversitelerin eğitim performansına ilişkin model çözüm sonuçlarına göre, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında 4 üniversite (Dumlupınar, İstanbul Teknik, Marmara ve Niğde) etkin 47 üniversite etkinsiz, ölçeğe göre değişken getiri altında 11 üniversite etkin (Celal Bayar, Dumlupınar, Galatasaray, Gazi, İstanbul, İstanbul Teknik, Marmara, Mimar Sinan, Niğde, Selçuk, Yıldız Teknik) ve 40 üniversite etkinsiz olarak belirlenmiştir. Her iki ölçeğe göre etkin bulunan dört üniversite (Dumlupınar, İstanbul Teknik, Marmara ve Niğde) en verimli ölçekte faaliyet gösteren üniversiteler olarak belirlenmiştir. Etkin olan üniversitelerin sıralanması azalan alfabetik sıralamaya göre yapılmıştır.

Bu bölümde elde edilen analiz sonuçlarına ilişkin bilgilerin yorumlanması üniversitelerin genel performansının yorumlandığı bölümle aynıdır. Aynı yorumların yinelenmemesi için yeniden yorum yapılmamaktadır.

Etkin üniversiteler içinde diğer üniversitelere gösterge olan üniversitelerin gösterge olma sayılarına bakıldığında (Tablo 3.11) yapısal en olarak en güçlü üniversitelerin sırasıyla Dumlupınar ve Galatasaray üniversiteleri oldukları görülmektedir. Bu üniversitelerin faaliyet yapıları gösterge oldukları üniversiteler için yönetsel açıdan önemli ipuçları taşımaktadırlar.

Tablo 3:11 Model-II Çözümlerine Göre Diğer Birimlere Gösterge Olan Üniversiteler

Birim No	Üniversite	Diğer birimlere gösterge olma sayısı
10	Celal Bayar Üniversitesi	7
16	Dumlupınar Üniversitesi	39
20	Galatasaray Üniversitesi	25
21	Gazi Üniversitesi	1
28	İstanbul Teknik Üniversitesi	6
34	Marmara Üniversitesi	3
39	Niğde Üniversitesi	6
45	Selçuk Üniversitesi	7
49	Yıldız Teknik Üniversitesi	3

3.4.4.3. Üniversitelerin Araştırma Performansı

Üniversitelerin araştırma performanslarının değerlendirilmesinde tek girdi tek çıktı faktör modeli kullanılmaktadır. Araştırma performansının değerlendirilmesinde iki farklı model kurulmuştur. Tablo 3.12’de gösterildiği gibi birinci modelde araştırma çıktısı olarak yurtiçi ve yurtdışı yayın sayıları toplamı kullanılmaktadır. Veri kaynaklarının anlatıldığı bölümde belirtildiği gibi yurtiçi ve yurtdışı yayın sayıları analize giren üniversitelerin ilgili eğitim öğretim yılı faaliyet raporlarının taranmasıyla elde edilen verilerdir. Yurtiçi yayın sayılarına erişilemeyen üniversiteler için sadece yurtdışı 2000-2001 yılı yayın sayısı esas alınmıştır.¹⁹. İkinci modelde sadece yurtdışı yayın sayıları esas alınarak etkinlik çözümlemesi yapılmaktadır. Her iki modelde girdi faktörü öğretim üye sayılarıdır. Bu sayılar öğretim üye yardımcılarını da kapsamaktadır. Yayın sayılarının öğretim üye ve yardımcılarının birlikte bir ürünü olduğu düşünülerek bu seçim yapılmıştır. Öğretim

¹⁹ (Çevrimiçi) <http://www.ulakbim.gov.tr/servisler/yayinveatiftarama/siralama/woseski.uhtml> 04 Mart 2004

üye ve yardımcıları ayrıştırarak her birini modele girdi faktörü olarak katmak mümkündür. Ancak girdi ve çıktı faktör sayısı arttıkça analizin üniversiteler arasındaki performans farklılığını ayrıştırma gücü azalacağından bu yöntem tercih edilmemiştir.

Tablo 3:12 Model III Girdi/Çıktı Faktörleri

Üniversitelerin Araştırma Performansı (Model III)	
Girdi	Çıktı
• Öğretim üyesi sayısı	• Yurtiçi ve yurtdışı yayın sayısı

Tablo 3:13 Model IV Girdi/Çıktı Faktörleri

Üniversitelerin Araştırma Performansı (Model IV)	
Girdi	Çıktı
• Öğretim üyesi sayısı	• Yurtdışı yayın sayısı

Araştırma performansının ölçülmesinde ölçeğe göre değişken getiri varsayımı yapılmış ve modeller çıktıya yönelik olarak çözülmüştür. Böylelikle öğretim üye sayısı sabit iken üniversitelerin yayın sayıları açısından etkin olup olmadıkları, etkin olmadıkları durumda yayın sayılarını ne kadar artırarak etkinliğe nasıl ulaşabilecekleri incelenmek amaçlanmıştır.Tablo 3.14’de ve Tablo 3.15’de her iki modelin (Model III ve Model IV) çözüm sonuçları verilmektedir. Bu tablolarda araştırma performanslarına göre üniversitelerin sıralamalarına da yer verilmektedir.

Model III’ün çözümüyle elde edilen bulgulara göre (teknik ve saf tek teknik etkinlik ortalamaları sırasıyla 0,212 ve 0,368) üniversitelerin araştırma performansları oldukça düşüktür. Ayrıca standard sapmaların da oldukça düşük olması araştırma performansları açısından üniversitelerin büyük çoğunluğu arasında göze çarpan bir farklılık olmadığını göstermektedir. Model IV’ün çözüm sonuçları incelendiğinde de aynı yargıya varmak mümkündür. Bu modelde de üniversitelerin ortalama araştırma performansı %39,4’ü geçmemektedir. Model III çözüm

sonuçlarına göre göze çarpan diğer bir bulgu da 51 üniversiteden 47 üniversitenin (%94'ünün) azalan verim ölçeğinde araştırma faaliyetinde bulunduğu olgusudur. Bu bulgu üniversitelerin öğretim üye sayısını artırmaları durumunda araştırma performanslarının daha da azalacağını göstermektedir. Ancak üç üniversite (%6) artan verim ölçeğinde faaliyet göstermektedir. Model IV çözüm sonuçlarına göre azalan ve artan verim ölçeğinde araştırma faaliyetinde bulunan üniversite sayıları birbirine yakındır (artan verim ölçeğinde 22, azalan verim ölçeğinde 27 üniversite bulunmaktadır) .

Model III sonuçlarına göre sadece Gaziosmanpaşa üniversitesi teknik etkindir. Bu üniversite ayrıca saf teknik etkindir. Dolayısıyla en verimli ölçek büyüklüğünde araştırma faaliyeti yürütmektedir. Bu üniversitenin yanında saf teknik etkin olan üniversiteler Ankara ve Galatasaray üniversiteleridir.

Tablo 3:14 Üniversitelerin Model-III Etkinlik Değerleri ve Araştırma Performanslarına Göre Sıralamaları

Birim	Üniversite	TE _{CRS}	TE _{VRS}	Birim	Üniversite	TE _{VRS}
01	İZZET BAYSAL	0,183	0,237	23	GAZİOSMANPAŞA	1,000
02	ADNAN MENDERES	0,231	0,294	20	GALATASARAY	1,000
03	AFYON KOCATEPE	0,133	0,161	06	ANKARA	1,000
04	AKDENİZ	0,275	0,527	28	İSTANBUL TEKNİK	0,881
05	ANADOLU	0,139	0,286	26	İNÖNÜ	0,656
06	ANKARA	0,365	1,000	13	ÇUKUROVA	0,593
07	ATATÜRK	0,200	0,465	24	HACETTEPE	0,553
08	BALIKESİR	0,025	0,029	10	CELAL BAYAR	0,535
09	BOĞAZİÇİ	0,292	0,465	04	AKDENİZ	0,527
10	CELAL BAYAR	0,373	0,535	11	CUMHURİYET	0,514
11	CUMHURİYET	0,292	0,514	17	EGE	0,497
12	Ç. ON SEKİZ MART	0,013	0,014	22	GAZİANTEP	0,486
13	ÇUKUROVA	0,292	0,593	09	BOĞAZİÇİ	0,465
14	DİCLE	0,116	0,232	07	ATATÜRK	0,465
15	DOKUZ EYLÜL	0,128	0,310	48	ULUDAĞ	0,444
16	DUMLUPINAR	0,161	0,173	31	KARADENİZ TEKNİK	0,410
17	EGE	0,202	0,497	18	ERCİYES	0,409
18	ERCİYES	0,217	0,409	35	MERSİN	0,405
19	FIRAT	0,115	0,220	50	YÜZÜNCÜ YIL	0,395
20	GALATASARAY	0,195	1,000	49	YILDIZ TEKNİK	0,394
21	GAZİ	0,037	0,098	40	ONDOKUZ MAYIS	0,394
22	GAZİANTEP	0,411	0,486	32	KIRIKKALE	0,388
23	GAZİOSMANPAŞA	1,000	1,000	47	TRAKYA	0,372
24	HACETTEPE	0,196	0,553	30	K.M. SÜTÇÜ İMAM	0,371
25	HARRAN	0,203	0,230	51	Z. KARAEMLAS	0,351
26	İNÖNÜ	0,383	0,656	33	KOCAELİ	0,344

27	İSTANBUL	0,088	0,232	44	SAKARYA	0,340
28	İSTANBUL TEKNİK	0,391	0,881	15	DOKUZ EYLÜL	0,310
29	KAFKAS	0,025	0,031	42	OSMANGAZI	0,308
30	K.M. SÜTÇÜ İMAM	0,301	0,371	41	ORTA DOĞU TEKNİK	0,299
31	KARADENİZ TEKNİK	0,209	0,410	37	MUĞLA	0,298
32	KIRIKKALE	0,315	0,388	02	ADNAN MENDERES	0,294
33	KOCAELİ	0,216	0,344	05	ANADOLU	0,286
34	MARMARA	0,006	0,269	34	MARMARA	0,269
35	MERSİN	0,273	0,405	46	SÜLEYMAN DEMİREL	0,243
36	MİMAR SİNAN	0,113	0,137	38	MUSTAFA KEMAL	0,239
37	MUĞLA	0,276	0,298	01	İZZET BAYSAL	0,237
38	MUSTAFA KEMAL	0,207	0,239	27	İSTANBUL	0,232
39	NİĞDE	0,012	0,018	14	DİCLE	0,232
40	ONDOKUZ MAYIS	0,214	0,394	25	HARRAN	0,230
41	ORTA DOĞU TEKNİK	0,124	0,299	19	FIRAT	0,220
42	OSMANGAZI	0,180	0,308	43	PAMUKKALE	0,177
43	PAMUKKALE	0,108	0,177	16	DUMLUPINAR	0,173
44	SAKARYA	0,223	0,340	03	AFYON KOCATEPE	0,161
45	SELÇUK	0,031	0,068	36	MİMAR SİNAN	0,137
46	SÜLEYMAN DEMİREL	0,128	0,243	21	GAZİ	0,098
47	TRAKYA	0,189	0,372	45	SELÇUK	0,068
48	ULUDAĞ	0,204	0,444	29	KAFKAS	0,031
49	YILDIZ TEKNİK	0,264	0,394	08	BALIKESİR	0,029
50	YÜZÜNCÜ YIL	0,227	0,395	39	NİĞDE	0,018
51	Z. KARAELMAS	0,327	0,351	12	ON SEKİZ MART	0,014
Ortalama		0,212	0,368			
Standard Sapma		0,154	0,234			

Tablo 3:15 Üniversitelerin Model-IV Etkinlik Değerleri ve Araştırma Performanslarına Göre Sıralamaları

Birim	Üniversite	TE _{CRS}	TE _{VRS}	Birim	Üniversite	TE _{VRS}
01	İZZET BAYSAL	0,134	0,151	28	İSTANBUL TEKNİK	1,000
02	ADNAN MENDERES	0,310	0,353	24	HACETTEPE	1,000
03	AFYON KOCATEPE	0,125	0,148	20	GALATASARAY	1,000
04	AKDENİZ	0,400	0,405	09	BOĞAZİÇİ	1,000
05	ANADOLU	0,233	0,237	22	GAZİANTEP	0,909
06	ANKARA	0,586	0,639	41	ORTA DOĞU TEKNİK	0,867
07	ATATÜRK	0,288	0,298	27	İSTANBUL	0,719
08	BALIKESİR	0,183	0,223	06	ANKARA	0,639
09	BOĞAZİÇİ	1,000	1,000	25	HARRAN	0,565
10	CELAL BAYAR	0,349	0,369	32	KIRIKKALE	0,542
11	CUMHURİYET	0,281	0,283	17	EGE	0,508
12	Ç.ON SEKİZ MART	0,193	0,248	18	ERCİYES	0,505
13	ÇUKUROVA	0,427	0,434	26	İNÖNÜ	0,463
14	DİCLE	0,237	0,241	29	KAFKAS	0,455

15	DOKUZ EYLÜL	0,37	0,406	40	ONDOKUZ MAYIS	0,441
16	DUMLUPINAR	0,073	0,095	13	ÇUKUROVA	0,434
17	EGE	0,482	0,508	19	FIRAT	0,419
18	ERCİYES	0,499	0,505	15	DOKUZ EYLÜL	0,406
19	FIRAT	0,414	0,419	04	AKDENİZ	0,405
20	GALATASARAY	0,070	1,000	21	GAZİ	0,400
21	GAZİ	0,371	0,400	33	KOCAELİ	0,385
22	GAZİANTEP	0,755	0,909	34	MARMARA	0,380
23	GAZİOSMANPAŞA	0,129	0,181	31	KARADENİZ TEKNİK	0,372
24	HACETTEPE	0,916	1,000	10	CELAL BAYAR	0,369
25	HARRAN	0,453	0,565	02	ADNAN MENDERES	0,353
26	İNÖNÜ	0,460	0,463	49	YILDIZ TEKNİK	0,329
27	İSTANBUL	0,668	0,719	35	MERSİN	0,327
28	İSTANBUL TEKNİK	0,977	1,000	51	Z. KARAEİLMAS	0,325
29	KAFKAS	0,254	0,455	45	SELÇUK	0,319
30	K.M. SÜTÇÜ İMAM	0,082	0,096	42	OSMANGAZI	0,309
31	KARADENİZ TEKNİK	0,367	0,372	07	ATATÜRK	0,298
32	KIRIKKALE	0,464	0,542	50	YÜZÜNCÜ YIL	0,289
33	KOCAELİ	0,385	0,385	11	CUMHURİYET	0,283
34	MARMARA	0,368	0,380	43	PAMUKKALE	0,275
35	MERSİN	0,316	0,327	47	TRAKYA	0,273
36	MİMAR SİNAN	0,008	0,009	12	Ç. ON SEKİZ MART	0,248
37	MUĞLA	0,057	0,075	48	ULUDAĞ	0,241
38	MUSTAFA KEMAL	0,078	0,096	14	DİCLE	0,241
39	NİĞDE	0,119	0,120	05	ANADOLU	0,237
40	ONDOKUZ MAYIS	0,436	0,441	08	BALIKESİR	0,223
41	ORTA DOĞU TEKNİK	0,829	0,867	46	SÜLEYMAN DEMİREL	0,188
42	OSMANGAZI	0,307	0,309	44	SAKARYA	0,187
43	PAMUKKALE	0,274	0,275	23	GAZİOSMANPAŞA	0,181
44	SAKARYA	0,183	0,187	01	İZZET BAYSAL	0,151
45	SELÇUK	0,312	0,319	03	AFYON KOCATEPE	0,148
46	SÜLEYMAN DEMİREL	0,185	0,188	39	NİĞDE	0,120
47	TRAKYA	0,269	0,273	38	MUSTAFA KEMAL	0,096
48	ULUDAĞ	0,236	0,241	30	K.M. SÜTÇÜ İMAM	0,096
49	YILDIZ TEKNİK	0,318	0,329	16	DUMLUPINAR	0,095
50	YÜZÜNCÜ YIL	0,287	0,289	37	MUĞLA	0,075
51	Z. KARAEİLMAS	0,213	0,325	36	MİMAR SİNAN	0,009
Ortalama		0,348	0,394			
Standard Sapma		0,232	0,256			

Model III ve Model IV'ün her bir üniversite için ayrıntılı etkinlik çözüm sonuçları Ekler'de verilmektedir.²⁰ Burada sadece bir üniversite için (Hacettepe)

²⁰ Bkz:Ekler-Ek3 ve Ek4

Model III çözüm sonuçlarının yorumu yapılmaya çalışılmaktadır. Diğer üniversiteler için benzer yorumlar yapılabilmektedir.

Tablo 3:16 Hacettepe Üniversitesine ait Model III Çözüm Sonuçları

Hacettepe	Birim No	24	E ₀	6						
	CRS	0,196	Ağırlık	1,000						
	VRS	0,553	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,354	Orijinal	İşmsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşmsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	4265	0	-135	4130	3994	3222	0	7216

Hacettepe üniversitesinin çıktıya yönelik saf teknik etkinliği 0,553 bulunmuştur. Bu etkinlik değeri modelin enuygun çözüm değerinin tersidir. ($1 / h^*$) Dolayısıyla bu üniversite çıktılarını enuygun çözümde elde edilen değer kadar ($1 / 0,553 = 1,808$) 3994'ten ($3994 * 1,808 = 7221$. Not : tablo değeriyle hesaplanan değer arasındaki fark yuvarlamalardan kaynaklanmaktadır) 7221'e artırarak etkin olabilir. Hacettepe üniversitesi için gösterge üniversite Ankara üniversitesi belirlenmiştir. Dolayısıyla Hacettepe üniversitesi Ankara üniversitesinin girdi ve çıktı yapısını özümseyerek araştırma yönünden etkinliğe ulaşabilir. Tablo 3.16'da göze çarpan diğer bir bulgu da girdi faktöründe (öğretim üye sayısında) belirlenen aylaklıktır. Bu aylaklık Hacettepe üniversitesinin yayın sayısını 7216'ya çıkartarak etkinliğe ulaşabileceği yanında öğretim üye sayısını 135 azaltarak 4130 öğretim üyesiyle araştırma etkinliğini koruyabileceğini göstermektedir. Hacettepe üniversitesi için hesaplanan yeni girdi ve çıktı faktör değerlerinin gösterge üniversite Ankara üniversitesinin girdi ve çıktı faktör değerlerine eşit olduğu ayrıntılı tabloların incelenmesiyle gözlemlenebilmektedir. Model III ve Model IV'ün çözüm sonuçlarına göre çıktı faktörlerinde pozitif aylaklığa rastlanmamıştır. Böyle bir durumun varlığı girdi faktöründe ek bir artışa gitmeden bu aylaklığa karşı gelen çıktı faktöründe modelin optimum çözümünden elde edilen etkinlik değerinden daha fazla artışa gidilebileceği şeklinde yorumlanabilecektir.

Model IV sonuçlarına göre sadece Boğaziçi üniversitesi teknik etkindir. Bu üniversite ayrıca saf teknik etkindir. Dolayısıyla IV'üncü modele göre en verimli

ölçek büyüklüğünde araştırma faaliyeti yürütmektedir. Bu üniversitenin yanında saf teknik etkin olan diğer üniversiteler Galatasaray, Hacettepe ve İstanbul Teknik üniversiteleridir. Hacettepe üniversitesinin III modelde etkinsiz ve fakat IV’de modelde etkin olarak belirlenmesi, bu üniversitenin yurtdışı yayın sayısı bakımından en önde gelen üniversitelerden biri olmasından kaynaklandığı gözlemlenmektedir. Model IV çözüm sonuçlarının yorumlanması Model III ile aynı olduğundan burada ayrıca yoruma gerek duyulmamaktadır.

Model çözüm sonuçlarından elde edilen diğer bir bulgu da gösterge üniversitelerin tespiti. Bu tespit sonuçları her iki model için Tablo 3.17 ve Tablo 3.18’de verilmektedir. Model III’ün sonuçlarına göre Gaziosmanpaşa ve Ankara üniversiteleri, Model IV’ün sonuçlarına göre Boğaziçi, İstanbul Teknik, Galatasaray ve Hacettepe üniversiteleri diğer üniversitelere gösterge olan üniversitelerdir. Dolayısıyla bu üniversitelerin araştırma performansları açısından güçlü olan üniversiteler olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo 3:17 Model-III Çözümlerine Göre Diğer Birimlere Gösterge Olan Üniversiteler

Model III Çözümlerine Göre Diğer Birimlere Emsal Olan Üniversiteler		
Birim No	Üniversite	Diğer birimlere emsal olma sayısı
6	Ankara Üniversitesi	46
20	Galatasaray	2
23	Gaziosmanpaşa	47

Tablo 3:18 Model-IV Çözümlerine Göre Diğer Birimlere Gösterge Olan Üniversiteler

Model IV Çözümlerine Göre Diğer Birimlere Emsal Olan Üniversiteler		
Birim No	Üniversite	Diğer birimlere emsal olma sayısı
9	Boğaziçi Üniversitesi	39
20	Galatasaray Üniversitesi	21
24	Hacettepe Üniversitesi	8
28	İstanbul Teknik Üniversitesi	26

3.5. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın ana amacı Türk devlet üniversitelerinin görelî etkinliklerinin incelenmesinde ve üniversite etkinliklerine göre sıralanmasında VZA'nın uygulanabilirliğini, üniversite etkinliklerinin ölçülmesi sonucunda elde edilen bilgilerle aylıklık analizi yaparak hangi kaynaklarda ne miktarda verimsizlik olduğunu tespit ederek VZA'nın üniversite yöneticilerine yönetsel karar almada yardımcı olabilecek bir araç olduğunu göstermektir.

51 üniversite için kurulan ve çözülen dört performans modeli etkin ve etkin olmayan üniversiteleri ayırt etmede yeterli modellerdir. Dört modelin çözümünden elde edilen bulgulara göre üniversiteler genel, eğitim ve araştırma performansı açısından oldukça düşük sayılabilecek ortalama performans düzeyinde faaliyet yürütmektedirler. Özellikle üniversitelerin araştırma performanslarına dayanan (Model III ve Model IV) etkinlik ortalamaları %40'ın altındadır. Her iki modelin çözümünde etkin olmayan üniversite sayısının yüksek çıkması da bu bulguyu desteklemektedir. Üniversitelerin çeşitli performanslara göre genel durumları Tablo 3.19'da özetlenerek gösterilmektedir.

Tablo 3:19 Üniversite Performanslarının Genel Değerlendirilmesi

Model	Etkin		Etkin Olmayan		Ölçeğe Göre Getiri Türü			Aylıklık Tespit Edilen Üniversite		Etkinlik Ortalaması
	Say.	%	Say.	%	IRS	CRS	DRS	Sayısı	%	
Model I	15	29	36	71	26	8	17	33	65	0,766
Model II	11	22	40	78	31	5	15	35	69	0,665
Model III	3	6	48	94	3	1	47	1	2	0,369
Model IV	4	8	47	92	22	2	27	-	-	0,394

Modellerin çözümünden elde edilen diğer bir bulgu da etkin üniversite sayısının tüm modellerde oldukça düşük çıkmasıdır. Model çözüm sırasına göre üniversitelerin %71, %78, %94 ve %92'si etkinsiz olarak belirlenmiştir.

Genel ve eğitim performans model çözümlerine göre girdi faktör kullanımında büyük aylak değerler gözlemlenmektedir. Aylıklık tespit edilen

üniversite sayısı her iki modelin çözümünde %80'lere varmaktadır. Bu aylık değerler girdi faktörlerinin üniversiteler arasında etkin bir şekilde tahsis edilemediğinin bir göstergesi ve tespittir. Bu sonucun, üniversite yönetimlerinin geleceğe dönük personel planlamasında ve bütçe tahsis isteminde göz önünde bulundurmaları gereken önemli bir ipucu olduğu düşünülmektedir. Ancak kamu kuruluşları olan üniversitelerin üstesinden kolaylıkla gelebilecekleri bir sorun olmadığı da açıktır.

Teknik etkinliğin saf teknik etkinlik ve ölçek etkinliği olarak ayrıştırılması kısa ve uzun vadede nelerin başarılabilceğinin yol göstericisi olmaktadır. Örneğin, etkinsizliğin çoğunluğu küçük ölçekte, başka bir deyişle ölçeğe göre artan getiri ile faaliyetten kaynaklandığı durumlarda karar verici büyüme için plan yapmayı düşünmelidir. Büyüme yada küçülme gibi yönetsel kararlar sonuçları uzun vadede görülebilecek kararlardır. Öte yandan saf teknik etkinsizlik faaliyet ölçeğini değıştirmeden kısa vadede kurum içinde çözülebilecek etkinsizliklerdir. Dolayısıyla üniversiteler etkinsizliklerini ve ölçeğe göre getiri durumlarını göz önünde bulundurarak etkinsizliklerini gidermede kısa yada uzun dönemli kararlar almalıdırlar.

Genel performans değıerlemesine göre üniversitelerin %51'i ölçeğe göre artan, %33'ü ölçeğe göre azalan ve %16'sı en verimli ölçek büyüklüğünde faaliyet göstermektedir. Ölçeğe göre azalan getiri ile faaliyet gösteren üniversitelerden 5'i ayrıca teknik etkinsiz bulunmuştur. Bu durum bu üniversite yöneticilerinin faaliyet ölçeğini yeniden yapılandırmadan teknik etkinsizliği ortadan kaldıracak kısa vadeli kararlar alması gerekliliğinin ipuçlarını vermektedir. Analize giren üniversiteler içinde %33'ünün ölçeğe göre azalan getiri ile faaliyet göstermesi ve etkinlik ortalamasının %76,6 olması bu üniversitelerin küçülme potansiyeli taşıdıklarının bir göstergesidir. Bu yargıya diğler model çözümlerinden varmakta mümkündür. Özellikle Model III'ün sonuçları üniversitelerin ölçeğe göre azalan getiri ile faaliyet gösterdiklerini belirlemektedir.

VZA yardımıyla yapılan tüm değıerlendirme ve yorumlar, diğler analizlerde olduğu gibi örnekte bulunan birimler için elde edilebilen verilerin güvenilirliğine bağılıdır. Örneğe başka birimlerin katılması, çıkarılması yada daha

sağlıklı verilerin elde edilmesiyle yukarıda verilen model çözümleriyle elde edilen sonuçlar ve bunlara bağlı olarak yapılan değerlendirmeler de değişecektir. Dolayısıyla Türk eğitim ve öğretim hayatında büyük bir önemi olan üniversitelerin modele dahil edilen girdi ve çıktı faktörleri ile ilgili daha sağlıklı bilgileri düzenli olarak yayınlanması konusunda titiz davranmaları gerektiği ortadadır. Bu konuda bilim yuvaları olan üniversitelere büyük görev düştüğü düşünülmektedir. Her yıl güvenli verilerle yapılacak performans değerlendirme analizleri aracılığıyla üniversite etkinliklerinin zaman içinde nasıl değiştiğini gösterecek performans göstergesinin hesaplanmasında da yardımcı olabilecektir.

Bu çalışmada kuramsal olarak açıklanmaya çalışılan ve üniversitelerin etkinliklerinin ölçülmesinde kullanılan VZA, kamu kurum karar vericilerine ve üniversite üst yöneticilerine kıt kaynakların tahsisinde ve verimlilik yönetiminde önemli bilgiler sağlayan bir yöntemdir. Özellikle eğitim, öğretim ve araştırma çıktılarını fiyatlayacak pazar mekanizmalarının olmadığı ortamlarda üniversiteler alternatif etkinlik analizi yöntemleri aramak zorundadırlar. VZA bunu sağlayan bilimsel bir yöntemdir.

KAYNAKÇA

- Abbott, M., Doucouliagos C.: “The Efficiency of Australian Universities: a Data Envelopment Analysis”, **Economics of Education Review**, Vol.22, 2003,s.15-37
- Alp, İhsan , Gölcüklü Ayhan : “Market Şubelerinin Etkinlik Analizi”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Cilt.14, No.2, 2001, 383-397
- Avkiran, Nemci K. : ”Investigating technical and scale efficiencies of Australian Universities through data envelopment analysis”, **Socio-Economic Planning Sciences**, Vol.35, 2001, s.57-80
- Avkiran, K. Necmi : **Productivity Analysis in the Service Sector with Data Envelopment Analysis**, N.K.Avkiran, Australia, 1999
- Bal, Hasan, Gölcüklü Ayhan: ”Data Envelopment Analysis: An Application to Turkish Banking Industry”, **Mathematical & Computational Applications**, Vol.7, No.1,2002, s.65-72
- Ballesterro, Enrique, Romero Carlos : **Multiple Criteria Decision Making and Its Applications To Economic Problems**, , Boston Kluwer Academic Publishers, 1998
- Banker, Rajiv D., Charnes A., Cooper W.W.: “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment

Analysis”, **Management Science**, Vol.30, No.9, 1984, s.1079-1092

Beasley, J.E. : “Determining Teaching and Research Efficiencies”, **Journal of the Research Society**, Vol.46, 1995, s.441-452

Bogetoft, Peter, Pruzan Peter : **Planning with Multiple Criteria**, Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V., 1991

Boussofiane, A., Dyson R.G., Thanassoulis E.: “Applied Data Envelopment Analysis”, **European Journal of Operational Research**, Vol.52, 1991, s.1-15.

Bowlin, William F. : “Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA)”, **Journal of Cost Analysis**, 1998, s.3-27

Carrington, Roger, v.d. : “Performance Measurement in Government Service Provision : The Case of Police Services in New South Wales”, **Journal of Productivity Analysis**, Vol.8, 1997, s.415-430

Charnes, A., Cooper W.W., Rhode E.: “Measuring the Efficiency of decision making units”, **European Journal of Operational Research**, Vol.2, 1978, s.429-444

Charnes, Abraham, William W. Cooper , Arie Y. Lewin , Lawrence M. Seiford : **Data Envelopment Analysis : Theory, Methodology, and Application**, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1994.

Chen, Yao : “A non-radial Malmquist productivity index with an Illustrative Application to Chinese Major Industries”, **Int. J. Production Economics**, Vol.83, 2003, s.27-35.

- Coates, Dennis : “The Effects of Campaign Spending on Electoral Outcomes: A Data Envelopment Analysis”, **Public Choice** 99, 1999, s.15-37
- Colbert, Amy, Reuven R. Levary, Michael C. Shaner: “Determining the Relative Efficiency of MBA Programs using DEA”, **European Journal of Operational Research**, Vol.125, 2000, s.656-669
- Colson, Gerard, Bruyn Christian De: “Models and Methods in Multiple Objectives Decision Making”, **Mathl. Comput. Modelling**, Vol.12, No.10/11, 1989, s.1201-1211
- Cooper, William W., Seiford Lawrence M., Tone Kaoru: **Data Envelopment Analysis A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**, Boston , Kluwer Academic Publishers, 2000.
- Dinler, Zeynel : **Mikro Ekonomi**, Bursa, Ekin Kitabevi Yayınları, 2000
- Doyle, J., R. Gren : “Data Envelopment Analysis and Multiple Criteria Decision Making”, **Omega**, Vol.21., No.6., 1993, s.713-715
- Dyson, R.G, Allen R., Camanho A. S., Podinovski V.V., Sarrico C. S., Shale E. A.: “Pitfalls and Protocols in DEA”, **European Journal of Operational Research** , Vol.132, 2001, s.245-259
- Dyson, R.G., Thanassoulis, E., Boussofiane, A: “A DEA (Data Envelopment Analysis)Tutorial”, (Çevrimiçi) <http://www.warwick.ac.uk/~bsrlu/dea/deat/deat1.htm>”, 02 Şubat 2001
- Esen, H.Öner : **İşletme Yönetiminde Sistem Yaklaşımı**, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayın No: 256, İstanbul, 1990.

Evangelos, Triantaphyllou: **Multi-Criteria Decision Making Methods : A Comparative Study**, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2000.

Evren, Ramazan, Füsün Ülengin: **Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme**, İstanbul, İ.T.Ü Rektörlüğü Yayınları No:1490, 1992.

Evren, Ramazan, Füsün Ülengin: **Yönetimde Karar Verme**, , İstanbul İ.T.Ü Rektörlüğü Yayınları No:1478, 1992.

Forsund, Finn R., Sarafoglu Nikias: “On the Origins of Data Envelopment Analysis”, **Memorandum published by University of Oslo**, No.24, 2000, s.1-24

Ganley, J.A., J.S.Cubin : **Public Sector Efficiency Measurement Applications of Data Envelopment Analysis**, , Amsterdam, North-Holland, , 1992

Golany, B., Roll Y. : “An Application Procedure for DEA”, **OMEGA Int.J.of Mgmt.Sci**, Vol.17, No.3, 1989, s.327-250.

Gülen, K.Güven : “İşletme Performans Ölçme Teknikleri ve Çimento Sanayi Uygulaması”, **Doktora Tezi**, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 1994

Haas Dieter, Martin G. Kocher, Mattias Sutter : “Measuring of Efficiency of German Football Teams by Data Envelopment Analysis”, (Çevrimiçi) [http: //www.mpiew-jena.mpg.de/ esi/ sutter/ pdfs/ bundesliga.pdf](http://www.mpiew-jena.mpg.de/es/sutter/pdfs/bundesliga.pdf), 10 Nisan 2004

Halaç, Osman : **Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)**, İstanbul, İ.Ü.Yayın No.2501, 1978

Husain, Nooreka, Abdullah Mokhtar , Kuman Suresh: “Evaluating Public Sector Efficiency with Data Envelopment Analysis(DEA) : A Case

Study in Road Transport Department, Selengor, Malaysia”,
Total Quality Management, Vol.11.No 4/5&6, 2000,
s.830-836

İnan, E.A. : “Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon sürecinde Bankacılıkta Etkinlik”, **Bankacılar Dergisi**, Sayı.34, 2000, s.82-96

İstanbul Üniversitesi Yeni Yayınlar Sergisi ve Katalogu (1997-2002), T.C İstanbul Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı, İstanbul, 2002

Jean-Charles, Pomerol, Segio Barba-Romer: **Multicriterion Decision in Management:Principles and Practice**, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2000

Jenkins, Larry , Anderson Murray: “A Multivariate Statistical Approach to Reducing the Number of Variables in DEA”, **European Journal of Operational Research**, Vol.147, 2003, s.51-61

Johnes, J. : Performance Assessment in Higher Education in Britain”, **European Journal of Operational Research**, 89,1996, s.18-33

Joro, Tarja, Viitala Esa-Jussi : “The Efficiency and Effectiveness of Public Forestry Organisations”, **International Institute for Applied System Analysis**, Interim Reports, 1999

Karacabey, Ali Argun: “Veri Zarflama Analizi”, **A.Ü SBF GETA Tartışma Metinleri**, No.33, 2001, s.1-12

Karsak, E.Ertuğrul, İşcan Firuzan, : “Çimento Sektöründe Göreli Faaliyet Performanslarının Ağırlık Kısıtlamaları ve Çapraz Etkinlik Kullanılarak Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi”,

Endüstri Mühendisliği Dergisi, Cilt.11, Sayı:3, 1999, s.2-10.

Koontz, Harold, Heinz Weihrich: **Management**, McGraw-Hill Book Company, New York, 1988

Korhonen Pekka, Siljamaki Aapo : “On the Use of Value Efficiency Analsis and Some Further Developments”, **Journal of Productivity Analysis**, Vol.17, 1999, s.49-65.

Köksoy, Mümin : **Yükseköğretimde Kalite ve Türk Yükseköğretimi için Öneriler**, İstanbul Kültür Üniversitesi Yayınları No:2, 1998

Kuruüzüm, Ayşe : **Karar Destek Sistemlerinde Çok Amaçlı Yöntemler**, Akdeniz Üniversitesi Yayın No:72, Antalya 1998.

Lang, Pascal, Yolalan Reha 1996 : “On Finite Multiplier Bonds in Data Envelopment Analysis”, **Yöneylem Araştırması Dergisi**, No:8, 1998, s.1-8.

Lee, Sang M. : **Goal Programming Methods for Multiple Objective Integer Programs**, Atlanta, Or Monograph Series No.2, 1979.

Lee, Sang M., Moore Laurence J., Taylor III Bernard W. : **Management Science**, Boston, Allyn and Bacon, 1990.

Lewin, Arie Y., Morey Richard C., Cook Thomas J. : “Evaluating the Administrative Efficiency of Courts”, **Omega**, Vol.10, No.4, 1982, s.401-411

Lewin, Arie Y., Seiford Lawrence M.: “Extending the frontiers of Data Envelopment Analysis”, **Annals of Operations Research**, Vol.73, 1997, s.1-11,

Milan, Zeleny : **Multiple Criteria Decision Making**, New York, McGr-Hill Book Company, 1982.

- Mollaghasemi, Mansoorreh, Julia Pet-Edwards: **Technical Briefing**, Los Alamitos, IEEE Computer Society Pres, 1997
- Moreno, Abel A., Tadepalli Raghu: Assessing Academic Department Efficiency at a Public University”, **Managerial and Decision Economics**, 23, 2002, s.385-397
- Nathanson, B. H., Higgins T.L., Giglio R. J., Munshi I.A., Steingrub J. S. : “An Explatory Study using DEA to Assess Neurotrauma Patients in the Intensive Care Unit”, **Health Care Management Science**, Vol.6, 2003, s.43-55.
- Ng, Chu Ying, Li Sung Ko: “Measuring the Research Performance of Chinese Higher Education Institutions: An Application of Data Envelopment Analysis”, **Education Economics**, Vol.8, No.2, 2000, s.139-156
- Norman, Michael, Barry Stoker: **Data Envelopment Analysis The Assessment of Performance**, Chichester, 1991.
- Öztürk, Ahmet 1997 : **Yöneylem Araştırması**, Genişletilmiş 6.Baskı, Ekin Kitabevi Yayınlar, 1997.
- Pappas, James L., Brigham Eugene F.: **Managerial Economics**, Illinois, Holt-Saunders International Editions, 1979.
- Roger, Carrington, et.al.: “Performance Measurement in Government Service Provision: The Case of Police Services in New South Wales”, **Journal of Productivity Analysis**, Vol.8, 1997, s.415-430
- Seiford, Lawrence M. : “A Bibliography for Dta Envelopment Analysis (1978-1996)”, **Annals of Operations Research**, Vol.73, 1997, s.393-438

- Sipahi, Seyhan : “Ülkemiz İllerinin Yaşanabilirlik Açısından Analitik Hiyerarşi Prosesi Tekniği ile Sıralanması, **Doktora Tezi**, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2002
- Smith, P., Mayston, D. : “Measuring Efficiency in the Public Sector”, **Omega**, Vol. 15, No. 3, 1987, s. 181-189
- Sommersguter-Reicmann, M.: “The Impact of The Austrian Hospital Financing Reform on Hospital Productivity: Empirical Evidence on Efficiency and Technology Changes Using a Non-Parametric Input-Based Malmquist Approach”, **Health Care Management Science** , Vol.3, 2000, s.309-321
- Stewart, Theodor J. “Relationships Between Data Envelopment Analysis and Multicriteria Decision Analysis”, **Journal of the Operational Research Society**, Vol.47, No.5, 1996, s.654-665
- Subramanian, H. Girish, , Gershon, M. : “The Selection of Computer Aided Software Engineering Tools: A Multi-Criteria Decision Making Approach”, **Decision Science**, Vol.22, 1991, s.1109-1123
- Şahin, İsmet : “Sağlık Bakanlığı Hastanelerinin İllere Göre Karşılaştırmalı Verimlilik Analizi: Veri Zarfla Analizine Dayalı Bir Uygulama”, **Doktora Tezi**, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 1998
- Şahin, İsmet : “Sağlık Bakanlığı Hastanelerinin Kalınlıkta Önceliği Olan ve Olmayan İllere Göre Karşılaştırmalı Verimlilik Analizi”, **II. Ulusal Sağlık Kuruluşları ve Hastane Yönetimi Sempozyumu Bildiri Kitabı**, Haberal Eğitim Vakfı Yayınları, 1999
- Taha, Hamdy A. : **Yöneylem Araştırması**, çev. Ş.Alp Baray, Şakir Esnaf, İstanbul, 2000.

- Tarım, Armağan : **Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı**, Sayıştay Başkanlığı Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi: 15, Ankara, 2001.
- Tavares, Gabriel : “A Bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-2001)”, **Rutcor Research Report, RRR 01-02**, 2001, s.1-186
- Tegham, JR. Jacques, C. Delhaye, Pierre L. Kunsch: “An Interactive Decision System (IDSS) For Multicriteria Decision Aid”, **Mathematical and Computer Modelling**, Vol.12, No .10/11, 1989, s.1311-1320
- Thanassoulis, E., Dyson R.G., Foster M.J.: “Relative Efficiency Assesments Using Data Envelopment Analysis:An Application to Dta on Rates Departments”, **Journal of the Operational Research Society**, Vol.38, No.5, 1987, s.397-411
- Thanassoulis, Emmanuel: **Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis A foundation Text with Integrated Software**, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2001.
- Thomas, L. Saaty , Luis G. Vargas: **Prediction, Projection, and Forecating**, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2001.
- Timor, Mehpare : **Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları**, İstanbul, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayın No: 280, 2001
- Turban, Efraim, Meredith Jack R.: **Fundementals of Management Science**, Fifth Edition, Boston, Irwin, Inc., 1991
- Türkiye İstatistik Yıllığı, DİE, 2001**

Tütek, Hülya H., Şevkinaz Gümüsoğlu: **Sayısal Yöntemler Yönetmelik Yaklaşım**, Yenilenmiş 3.Bası, İstanbul Beta Basım Yayım, 2000.

Ülengin, Füsun, Tunçbilek Kaan Yener: “Türk Bankacılık Sektöründe Verimlilik”, **GSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Vol.1.No.1, 1998, s.8-25

Üniversitelerin Fakülte, Yüksekokul, ve Enstitüleri, Akademik-İdari Kadroları Bilimsel Çalışmaları Yayın Sayısı-Araştırma Proje Sayısı, Başbakanlık Basımevi, Ankara, 2000

Vanderpooten, Daniel, Vincke Philippe: “Description and Analysis of Some Representative Interactive Multicriteria Procedures”, **Mathl. Comput. Modelling**, Vol.12, No.10/11, 1989, s.1221-1238.

Webster, Richard, Kennedy Steven, Johnson Leanne: “Comparing Techniques for Measuring the Efficiency and Productivity of Australian Private Hospitals”, **Working Papers in Econometrics and Applied Sciences**, Working Paper No.98/3, Australian Bureau of Statistics, 1998

Wong, Y.-H. B., Beasley J. E.: “Restricting Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis”, **Jornal of Operational Research Society**, Vol.41., No.9, 1990, s.829-835.

Yılmaz, Mustafa R. : “Çok-Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerine Eleştirisel Bir Bakış”, **Yöneylem Araştırması Bildiriler’78**, 1978, s.289-313.

Yolalan Reha : **İşletmelerarası Görelî Etkinlik Ölçümü**, Milli Prodüktivite Yayınları:483, Ankara, 1993.

(Çevrimiçi) [http:// www.yok.gov.tr/ istatistikler/ istatistikler. htm](http://www.yok.gov.tr/istatistikler/istatistikler.htm) 10 Mart 2003

(Çevrimiçi) <http://www.lindo.com>, 10 Eylül 2002

(Çevrimiçi) [http:// www.ulakbim.gov.tr/ servisler /
yayinvestifarama / siralama / woseski.uhtml](http://www.ulakbim.gov.tr/servisler/yayinvestifarama/siralama/woseski.uhtml), 04 Mart 2004

(Çevrimiçi) [http://www.uq.edu.au/economics /cepa/deap.htm](http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.htm)
12 Nisan 2004



EKLER



EK1:Model I Ayrıntılı Çözüm Sonuçları



Abant İzzet Baysal	Birim No	01	E ₀	20	16	23	10			
	CRS	0,444	Ağırlık	0,430	0,399	0,143	0,028			
	VRS	0,562	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,790	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	577	-253	0	324	52	0	34	86
			552	-242	0	310	2208	0	0	2208
Adnan Menderes			14,839	-6,50	-0,85	7,480	504	0	0	504,000
	Birim No	02	E ₀	23	20	16				
	CRS	0,308	Ağırlık	0,260	0,666	0,074				
	VRS	0,519	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,595	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	560	-270	-38	252	28	0	0	28
Afyon Kocatepe			600	-289	-36	276	725	0	167	892
			12,673	-6,10	0,00	6,572	620	0	0	620
	Birim No	03	E ₀	16	23	20				
	CRS	0,659	Ağırlık	0,749	0,023	0,228				
	VRS	0,724	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,910	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
Akdeniz	Ölçek	IRS	518	-143	-2	373	66	0	81	147
			477	-131	0	346	3478	0	0	3478
			10,992	-3,03	0,00	7,963	329	0	0	329
	Birim No	04	E ₀	28	23	16				
	CRS	0,499	Ağırlık	0,035	0,767	0,199				
	VRS	0,513	GİRDİ				ÇIKTI			
Anadolu	SE	0,974	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	1228	-598	-181	449	84	0	0	84
			1301	-634	-230	437	1899	0	344	2243
			20,818	-10,16	0,00	10,672	1614	0	0	1614
	Birim No	05	E ₀	16	28	23				
	CRS	0,497	Ağırlık	0,725	0,135	0,140				
Ankara	VRS	0,504	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,987	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	1472	-730	-121	621	247	0	0	247
			2406	-1193	-710	503	3615	0	205	3820
			24,217	-12,01	0,00	12,207	976	0	0	976
	Birim No	06	E ₀	6						
Atatürk	CRS	0,790	Ağırlık	1,000						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,790	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	4130	0	0	4130	808	0	0	808
			7710	0	0	7710	6543	0	0	6543
			67,369	0	0	67,369	7216	0	0	7216
Balıkesir	Birim No	07	E ₀	48	16	23	6			
	CRS	0,495	Ağırlık	0,852	0,035	0,050	0,063			
	VRS	0,850	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,583	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2068	-311	0	1757	225	0	0	225
			2896	-436	-359	2101	7916	0	0	7916
Balıkesir			42,429	-6,381	-6,765	29,283	1983	0	0	1983
	Birim No	08	E ₀	20	39	10	16			
	CRS	0,643	Ağırlık	0,375	0,180	0,039	0,406			
	VRS	0,841	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,764	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	490	-78	0	412	46	0	52	98
Balıkesir			364	-58	0	306	2771	0	0	2771
			9,213	-1,464	0	7,749	58	0	195	253

Boğaziçi	Birim No	09	E ₀	16	28	23				
	CRS	0,840	Ağırlık	0,681	0,204	0,115				
	VRS	0,873	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,963	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	827	-105	0	722	291	0	0	291
			768	-98	-111	560	1326	0	2407	3734
		18,255	-2,320	-2,136	13,800	1157	0	0	1157	
Celal Bayar	Birim No	10	E ₀	10						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,000						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		683	0	0	683	44	0	0	44
			258	0	0	258	2873	0	0	2873
		14,019	0	0	14,019	1220	0	0	1220	
Cumhuriyet	Birim No	11	E ₀	23	48	16				
	CRS	0,608	Ağırlık	0,574	0,154	0,272				
	VRS	0,671	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,906	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1012	-333	-73	605	92	0	5	97
			1068	-352	-87	629	3494	0	0	3494
		18,823	-6,202	0	12,621	1416	0	0	1416	
Çanakkale On Seiz Mart	Birim No	12	E ₀	39	20	10	16			
	CRS	0,655	Ağırlık	0,120	0,411	0,123	0,346			
	VRS	0,906	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,722	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	444	-42	0	402	62	0	24	86
			322	-30	0	292	2498	0	0	2498
		8,807	-0,827	0	7,980	28	0	311	339	
Çukurova	Birim No	13	E ₀	28	16	23	48	6		
	CRS	0,541	Ağırlık	0,171	0,167	0,455	0,185	0,022		
	VRS	0,693	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,780	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1410	-432	0	978	229	0	0	229
			1405	-431	0	974	3609	0	0	3609
		36,733	-11,267	-7,089	18,377	1970	0	0	1970	
Dicle	Birim No	14	E ₀	16	23	20				
	CRS	0,326	Ağırlık	0,595	0,290	0,114				
	VRS	0,344	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,949	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	1366	-896	-79	391	84	0	39	123
			1283	-842	-67	374	3200	0	0	3200
		25,507	-16,739	0	8,768	757	0	0	757	
Dokuz Eylül	Birim No	15	E ₀	28	16	6	34	48		
	CRS	0,485	Ağırlık	0,016	0,523	0,103	0,189	0,169		
	VRS	0,604	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,803	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2409	-953	-96	1360	375	0	0	375
			2611	-1033	0	1578	5993	0	0	5993
		38,412	-15,194	0	23,218	1471	0	0	1471	
Dumlupınar	Birim No	16	E ₀	16						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,000						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		432	0	0	432	192	0	0	192
			385	0	0	385	4534	0	0	4534
		8,824	0	0	8,824	332	0	0	332	

Ege	Birim No	17	E ₀	23	6	28	16			
	CRS	0,427	Ağırlık	0,355	0,108	0,267	0,271			
	VRS	0,470	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,908	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2558	-1356	0	1202	354	0	0	354
			3566	-1890	-264	1412	3115	0	0	3115
Erciyes			47,832	-25,351	-0,544	21,938	2468	0	0	2468
	Birim No	18	E ₀	23	48	16				
	CRS	0,496	Ağırlık	0,453	0,148	0,399				
	VRS	0,546	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,908	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1176	-534	-39	603	100	0	17	117
Fırat			1482	-673	-193	616	3817	0	0	3817
			22,601	-10,266	0	12,335	1223	0	0	1223
	Birim No	19	E ₀	16	28	23				
	CRS	0,367	Ağırlık	0,803	0,021	0,176				
	VRS	0,398	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,922	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
Galatasaray	Ölçek	IRS	1217	-732	-30	455	175	0	0	175
			1232	-741	-83	408	3042	0	935	3977
			24,007	-14,441	0	9,566	669	0	0	669
	Birim No	20	E ₀	20						
	CRS	0,277	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
Gazi	SE	0,277	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	179	0	0	179	11	0	0	11
			209	0	0	209	193	0	0	193
			4,916	0	0	4,916	167	0	0	167
	Birim No	21	E ₀	21						
	CRS	0,780	Ağırlık	1,00						
Gaziantep	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,780	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	3471	0	0	3471	897	0	0	897
			2964	0	0	2964	9556	0	0	9556
			50,052	0	0	50,052	615	0	0	615
	Birim No	22	E ₀	16	23	20				
Gaziosmanpaşa	CRS	0,496	Ağırlık	0,102	0,470	0,428				
	VRS	0,609	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,814	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	498	-195	0	303	36	0	0	36
			806	-315	-167	324	1250	0	69	1319
			14,408	-5,629	-0,996	7,783	980	0	0	980
Hacettepe	Birim No	23	E ₀	23						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		389	0	0	389	25	0	0	25
			415	0	0	415	1649	0	0	1649
Hacettepe			10,170	0	0	10,170	1861	0	0	1861
	Birim No	24	E ₀	6	28	48	23			
	CRS	0,456	Ağırlık	0,242	0,527	0,199	0,031			
	VRS	0,593	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,769	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	4265	-1735	-185	2345	453	0	189	642
Hacettepe			4882	-1986	0	2896	4511	0	0	4511
			66,460	-27,040	0	39,420	3994	0	0	3994

Harran	Birim No	25	E ₀	23	16	20				
	CRS	0,434	Ağırlık	0,141	0,291	0,569				
	VRS	0,605	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,717	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	466	-184	0	282	39	0	27	66
			623	-246	-88	289	1660	0	0	1660
		13,155	-5,192	-1,172	6,791	453	0	0	453	
İnönü	Birim No	26	E ₀	28	48	23	6	16		
	CRS	0,607	Ağırlık	0,007	0,187	0,742	0,002	0,062		
	VRS	0,687	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,884	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	958	-300	0	658	74	0	0	74
			1024	-321	0	703	3126	0	0	3126
		20,057	-6,281	0	13,775	1754	0	0	1754	
İstanbul	Birim No	27	E ₀	27						
	CRS	0,585	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,585	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	3353	0	0	3353	872	0	0	872
			7535	0	0	7535	10952	0	0	10952
		87,593	0	0	87,593	1414	0	0	1414	
İstanbul Teknik	Birim No	28	E ₀	28						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		1879	0	0	1879	772	0	0	772
			1226	0	0	1226	2234	0	0	2234
		32,484	0	0	32,484	3519	0	0	3519	
Kafkas	Birim No	29	E ₀	16	20	10				
	CRS	0,253	Ağırlık	0,040	0,811	0,149				
	VRS	0,869	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,291	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	304	40	0	264	6	0	17	23
			257	34	0	223	767	0	0	767
		7,505	-0,982	0	6,429	37	0	293	330	
K.Maraş Sütçü İmam	Birim No	30	E ₀	20	16	23	10			
	CRS	0,493	Ağırlık	0,424	0,231	0,309	0,036			
	VRS	0,633	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,779	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	532	-195	-16	320	41	0	17	58
			498	-183	0	315	1742	0	0	1742
		12,280	-4,509	0	7,771	767	0	0	767	
Karadeniz Teknik	Birim No	31	E ₀	23	48	16				
	CRS	0,594	Ağırlık	0,132	0,567	0,301				
	VRS	0,894	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,664	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1292	-137	0	1155	129	0	43	172
			1729	-184	-322	1223	6417	0	0	6417
		26,581	-2,824	-3,636	20,121	1293	0	0	1293	
Kırıkkale	Birim No	32	E ₀	20	16	23	10			
	CRS	0,550	Ağırlık	0,424	0,212	0,336	0,028			
	VRS	0,706	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,779	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	531	-156	-57	317	33	0	22	55
			449	-132	0	317	1677	0	0	1677
		11,005	-3,239	0	7,766	801	0	0	801	

Kocaeli	Birim No	33	E ₀	23	48	16				
	CRS	0,661	Ağırlık	0,137	0,235	0,627				
	VRS	0,877	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,753	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	830	-102	0	728	131	0	39	170
			856	-105	-16	735	5076	0	0	5076
		22,803	-2,799	-6,384	13,620	857	0	0	857	
Marmara	Birim No	34	E ₀	34						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		2060	0	0	2060	774	0	0	774
			1330	0	0	1330	7794	0	0	7794
		33,628	0	0	33,628	1146	0	0	1146	
Mersin	Birim No	35	E ₀	20	16	23				
	CRS	0,540	Ağırlık	0,288	0,277	0,435				
	VRS	0,625	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,864	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	728	-273	-114	340	52	0	15	67
			618	-232	-39	347	2029	0	0	2029
		13,260	-4,975	0	8,285	950	0	0	950	
Mimar Sinan	Birim No	36	E ₀	36						
	CRS	0,606	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,606	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	522	0	0	522	113	0	0	113
			308	0	0	308	721	0	0	721
		9,562	0	0	9,562	282	0	0	282	
Muğla	Birim No	37	E ₀	16	23	20				
	CRS	0,476	Ağırlık	0,143	0,227	0,630				
	VRS	0,756	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,630	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	436	-107	-67	263	40	0	0	40
			490	-120	-89	281	1055	0	88	1143
		8,822	-2,156	0	6,666	575	0	0	575	
Mustafa Kemal	Birim No	38	E ₀	20	16	23	10			
	CRS	0,521	Ağırlık	0,505	0,340	0,138	0,018			
	VRS	0,725	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,718	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	479	-132	-44	303	45	0	30	75
			411	-113	0	298	1917	0	0	1917
		9,832	-2,702	0	7,130	475	0	0	475	
Niğde	Birim No	39	E ₀	39						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		793	0	0	793	77	0	0	77
			341	0	0	341	4137	0	0	4137
		9,847	0	0	9,847	45	0	0	45	
Ondokuz Mayıs	Birim No	40	E ₀	23	48	16				
	CRS	0,585	Ağırlık	0,160	0,420	0,420				
	VRS	0,869	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,673	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1110	-146	0	964	67	0	100	167
			1723	-226	-489	1007	5747	0	0	5747
		24,035	-3,156	-3,609	17,269	1139	0	0	1139	

Orta Doğu Teknik	Birim No	41	E ₀	16	28					
	CRS	0,769	Ağırlık	0,166	0,834					
	VRS	0,769	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,999	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	2349	-541	-168	1639				
			1434	-331	-17	1087				
		37,126	-8,558	0	28,568					
Osmangazi	Birim No	42	E ₀	16	23	20				
	CRS	0,386	Ağırlık	0,621	0,328	0,051				
	VRS	0,466	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,829	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	958	-512	-41	405	128	0	0	128
			1233	-659	-188	386	1461	0	1905	3366
		19,474	-10,408	0	9,066	825	0	0	825	
Pamukkale	Birim No	43	E ₀	16	23	20				
	CRS	0,351	Ağırlık	0,349	0,134	0,517				
	VRS	0,496	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,709	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	869	-438	-135	295	59	0	17	76
			832	-420	-114	298	1902	0	0	1902
		14,090	-7,108	0	6,982	451	0	0	451	
Sakarya	Birim No	44	E ₀	44						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		765	0	0	765	242	0	0	242
			470	0	0	470	4221	0	0	4221
		13,283	0	0	13,283	816	0	0	816	
Selçuk	Birim No	45	E ₀	45						
	CRS	0,718	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,718	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1712	0	0	1712	494	0	0	494
			1394	0	0	1394	9787	0	0	9787
		31,131	0	0	31,131	256	0	0	256	
Süleyman Demirel	Birim No	46	E ₀	48	10	16	45			
	CRS	0,690	Ağırlık	0,288	0,029	0,566	0,118			
	VRS	0,896	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,770	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1195	-125	-111	959	128	0	96	224
			1031	-108	0	923	6252	0	0	6252
		19,247	-2,009	0	17,238	734	0	0	734	
Trakya	Birim No	47	E ₀	48	23	16				
	CRS	0,576	Ağırlık	0,226	0,354	0,420				
	VRS	0,658	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,874	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1298	-443	-148	707	99	0	35	134
			1199	-410	-61	728	4414	0	0	4414
		20,853	-7,123	0	13,730	1176	0	0	1176	
Uludağ	Birim No	48	E ₀	48						
	CRS	0,731	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,731	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1716	0	0	1716	195	0	0	195
			1856	0	0	1856	8523	0	0	8523
		28,425	0	0	28,425	1671	0	0	1671	

Yıldız Teknik	Birim No	49	E ₀	49						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		735	0	0	735	319	0	0	319
			636	0	0	636	2590	0	0	2590
		15,394	0	0	15,394	928	0	0	928	
Yüzüncü Yıl	Birim No	50	E ₀	28	23	16				
	CRS	0,496	Ağırlık	0,056	0,369	0,575				
	VRS	0,502	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,986	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	990	-493	0	497	163	0	0	163
			1114	-554	-116	443	2880	0	461	3341
		21,282	-10,588	0	10,650	1075	0	0	1075	
Zonguldak Karaelmas	Birim No	51	E ₀	20	16	23				
	CRS	0,612	Ağırlık	0,527	0,272	0,201				
	VRS	0,822	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,745	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	353	-63	0	290	22	0	41	63
			597	-106	-192	298	1668	0	0	1668
		11,443	-2,039	-2,368	7,035	552	0	0	552	

EK2:Model II Ayrıntılı Çözüm Sonuçları



Abant İzzet Baysal	Birim No	01	E ₀	20	16	10				
	CRS	0,365	Ağırlık	0,529	0,453	0,018				
	VRS	0,525	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,695	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	577	-274	0	303	52	0	42	94
			552	-262	0	290	2208	0	0	2208
			14,839	-7,053	-0,934	6,851				
Adnan Menderes	Birim No	02	E ₀	16	20					
	CRS	0,123	Ağırlık	0,123	0,877					
	VRS	0,426	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,290	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	560	-321	-29	210	28	0	5	33
			600	-344	-25	231	725	0	0	725
			12,673	-7,278	0	5,395				
Afyon Kocatepe	Birim No	03	E ₀	20	16	10	39			
	CRS	0,640	Ağırlık	0,243	0,755	0,001	0,002			
	VRS	0,717	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,892	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	518	-147	0	371	66			
			477	-135	0	342	3478			
			10,992	-3,109	0	7,883				
Akdeniz	Birim No	04	E ₀	16	20					
	CRS	0,185	Ağırlık	0,403	0,597					
	VRS	0,312	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,592	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	1228	-845	-102	281	84	0	0	84
			1301	-895	-126	280	1899	0	45	1944
			20,818	-14	0	6,492				
Anadolu	Birim No	05	E ₀	28	16					
	CRS	0,451	Ağırlık	0,095	0,905					
	VRS	0,457	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,988	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	1472	-799	-104	569	247	0	0	247
			2406	-1306	-635	465	3615	0	701	4316
			24,217	-13,149	0	11,068				
Ankara	Birim No	06	E ₀	21	28	34				
	CRS	0,516	Ağırlık	0,282	0,314	0,404				
	VRS	0,581	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,888	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	4130	-1730	0	2400	808	0	0	808
			7710	-3229	-2724	1757	6543	0	0	6543
			67,369	-28,214	-1,263	37,892				
Atatürk	Birim No	07	E ₀	45	16					
	CRS	0,365	Ağırlık	0,644	0,356					
	VRS	0,607	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,600	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2068	-812	0	1256	225	0	161	386
			2896	-1137	-724	1035	7916	0	0	7916
			42,429	-16,658	-2,585	23,186				
Balıkesir	Birim No	08	E ₀	20	39	10	16			
	CRS	0,643	Ağırlık	0,375	0,181	0,039	0,406			
	VRS	0,841	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,764	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	490	-78	0	412	46	0	52	98
			364	-58	0	306	2771	0	0	2771
			9,213	-1,464	0	7,749				

Birim No	09	E ₀	49	16					
CRS	0,792	Ağırlık	0,780	0,220					
VRS	0,808	GİRDİ				ÇIKTI			
SE	0,980	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
Ölçek	DRS	827	-159	0	668	291	0	0	291
		768	-147	-40	581	1326	0	1693	3019
		18,255	-3,505	-0,804	13,945				
Birim No	10	E ₀	10						
CRS	0,918	Ağırlık	1,00						
VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
SE	0,918	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
Ölçek	IRS	683	0	0	683	44	0	0	44
		258	0	0	258	2873	0	0	2873
		14,019	0	0	14,019				
Birim No	11	E ₀	16	20					
CRS	0,361	Ağırlık	0,760	0,240					
VRS	0,419	GİRDİ				ÇIKTI			
SE	0,862	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
Ölçek	IRS	1012	-588	-53	371	92	0	57	149
		1068	-620	-105	343	3494	0	0	3494
		18,823	-10,935	0	7,888				
Birim No	12	E ₀	39	16	10	20			
CRS	0,655	Ağırlık	0,120	0,346	0,123	0,411			
VRS	0,906	GİRDİ				ÇIKTI			
SE	0,722	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
Ölçek	IRS	444	-42	0	402	62	0	24	86
		322	-30	0	292	2498	0	0	2498
		8,807	-0,827	0	7,980				
Birim No	13	E ₀	49	16					
CRS	0,365	Ağırlık	0,291	0,709					
VRS	0,369	GİRDİ				ÇIKTI			
SE	0,990	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
Ölçek	DRS	1410	-890	0	520	229	0	0	229
		1405	-887	-60	458	3609	0	359	3968
		36,733	-23,179	-2,816	10,738				
Birim No	14	E ₀	16	20					
CRS	0,244	Ağırlık	0,693	0,307					
VRS	0,299	GİRDİ				ÇIKTI			
SE	0,817	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
Ölçek	IRS	1366	-958	-54	354	84	0	52	136
		1283	-900	-53	331	3200	0	0	3200
		25,507	-17,884	0	7,623				
Birim No	15	E ₀	16	34	45				
CRS	0,435	Ağırlık	0,627	0,251	0,122				
VRS	0,463	GİRDİ				ÇIKTI			
SE	0,939	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
Ölçek	DRS	2409	-1294	-118	997	375	0	0	375
		2611	-1403	-463	745	5993	0	0	5993
		38,412	-20,639	0	17,773				
Birim No	16	E ₀	16						
CRS	1,000	Ağırlık	1,00						
VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
Ölçek		432	0	0	432	192	0	0	192
		385	0	0	385	4534	0	0	4534
		8,824	0	0	8,824				

Ege	Birim No	17	E ₀	49	28	16				
	CRS	0,325	Ağırlık	0,125	0,252	0,623				
	VRS	0,326	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,996	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2558	-1724	0	834	354	0	0	354
			3566	-2403	-535	628	3115	0	599	3714
		47,832	-32,228	0	15,604					
Erciyes	Birim No	18	E ₀	16	20					
	CRS	0,329	Ağırlık	0,835	0,165					
	VRS	0,362	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,908	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	1176	-750	-35	390	100	0	62	162
			1482	-946	-180	356	3817	0	0	3817
		22,601	-14,422	0	8,179					
Fırat	Birim No	19	E ₀	16	20					
	CRS	0,329	Ağırlık	0,906	0,094					
	VRS	0,352	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,934	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	1217	-788	-20	408	175	0	0	175
			1232	-798	-66	368	3042	0	1084	4126
		24,007	-15,550	0	8,457					
Galatasaray	Birim No	20	E ₀	20						
	CRS	0,138	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,138	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	179	0	0	179	11	0	0	11
			209	0	0	209	193	0	0	193
		4,916	0	0	4,916					
Gazi	Birim No	21	E ₀	21						
	CRS	0,780	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,780	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	3471	0	0	3471	897	0	0	897
			2964	0	0	2964	9556	0	0	9556
		50,052	0	0	50,052					
Gaziantep	Birim No	22	E ₀	20	16					
	CRS	0,239	Ağırlık	0,757	0,243					
	VRS	0,483	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,495	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	498	-257	0	241	36	0	19	55
			806	-417	-138	252	1250	0	0	1250
		14,408	-7,447	-1,094	5,868					
Gaziosmanpaşa	Birim No	23	E ₀	16	20					
	CRS	0,404	Ağırlık	0,335	0,665					
	VRS	0,678	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,595	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	389	-125	0	264	25	0	47	72
			415	-134	-13	268	1649	0	0	1649
		10,170	-3,272	-0,672	6,227					
Hacettepe	Birim No	24	E ₀	16	34	28				
	CRS	0,296	Ağırlık	0,551	0,182	0,268				
	VRS	0,296	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		4265	-3003	-147	1115	453	0	0	453
			4882	-3438	-663	782	4511	0	0	4511
		66,460	-46,796	0	19,664					

Harran	Birim No	25	E ₀	16	20					
	CRS	0,339	Ağırlık	0,338	0,662					
	VRS	0,586	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,598	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	466	-202	0	264	39	0	33	72
			623	-269	-85	268	1660	0	0	1660
		13,155	-5,688	-1,230	6,237					
İnönü	Birim No	26	E ₀	16	20					
	CRS	0,311	Ağırlık	0,676	0,324					
	VRS	0,377	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,826	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	958	-597	-11	350	74	0	59	133
			1024	-638	-58	328	3126	0	0	3126
		20,057	-12,501	0	7,556					
İstanbul	Birim No	27	E ₀	27						
	CRS	0,585	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,585	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	3353	0	0	3353	872	0	0	872
			7535	0	0	7535	10952	0	0	10952
		87,593	0	0	87,593					
İstanbul Teknik	Birim No	28	E ₀	28						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		1879	0	0	1879	772	0	0	772
			1226	0	0	1226	2234	0	0	2234
		32,484	0	0	32,484					
Kafkas	Birim No	29	E ₀	20	16	10				
	CRS	0,253	Ağırlık	0,811	0,040	0,149				
	VRS	0,869	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,291	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	304	-40	0	264	6	0	17	23
			257	-34	0	223	767	0	0	767
		7,505	-0,982	-0,095	6,429					
K.Maraş Sütçü İmam	Birim No	30	E ₀	20	16	39	10			
	CRS	0,312	Ağırlık	0,625	0,324	0,004	0,047			
	VRS	0,540	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,578	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	532	-245	0	287	41	0	30	71
			498	-229	0	269	1742	0	0	1742
		12,280	-5,650	0	6,630					
Karadeniz Teknik	Birim No	31	E ₀	45	16					
	CRS	0,473	Ağırlık	0,358	0,642					
	VRS	0,689	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,686	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1292	-401	0	891	129	0	171	300
			1729	-537	-445	747	6417	0	0	6417
		26,581	-8,253	-1,507	16,820					
Kırıkkale	Birim No	32	E ₀	16	39	20	10			
	CRS	0,317	Ağırlık	0,231	0,113	0,643	0,014			
	VRS	0,591	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,536	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	531	-217	0	314	33	0	28	61
			449	-184	0	265	1677	0	0	1677
		11,005	-4,505	0	6,500					

Kocaeli	Birim No	33	E ₀	45	16					
	CRS	0,583	Ağırlık	0,103	0,897					
	VRS	0,680	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,857	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	830	-266	0	564	131	0	92	223
			856	-274	-93	489	5076	0	0	5076
		22,803	-7,306	-4,371	11,126					
Marmara	Birim No	34	E ₀	34						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		2060	0	0	2060	774	0	0	774
			1330	0	0	1330	7794	0	0	7794
		33,628	0	0	33,628					
Mersin	Birim No	35	E ₀	20	16					
	CRS	0,298	Ağırlık	0,577	0,423					
	VRS	0,495	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,601	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	728	-368	-75	286	52	0	36	88
			618	-312	-23	283	2029	0	0	2029
		13,260	-6,691	0	6,569					
Mimar Sinan	Birim No	36	E ₀	36						
	CRS	0,606	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,606	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	522	0	0	522	113	0	0	113
			308	0	0	308	721	0	0	721
		9,562	0	0	9,562					
Muğla	Birim No	37	E ₀	16	20					
	CRS	0,233	Ağırlık	0,199	0,801					
	VRS	0,646	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,360	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	436	-155	-52	229	40	0	7	47
			490	-174	-72	244	1055	0	0	1055
		8,822	-3,130	0	5,692					
Mustafa Kemal	Birim No	38	E ₀	20	16	39				
	CRS	0,396	Ağırlık	0,594	0,308	0,098				
	VRS	0,672	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,589	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	479	-157	-4	318	45	0	28	73
			411	-135	0	276	1917	0	0	1917
		9,832	-3,227	0	6,605					
Niğde	Birim No	39	E ₀	39						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		793	0	0	793	77	0	0	77
			341	0	0	341	4137	0	0	4137
		9,847	0	0	9,847					
Ondokuz Mayıs	Birim No	40	E ₀	45	16					
	CRS	0,493	Ağırlık	0,231	0,769					
	VRS	0,655	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,753	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1110	-382	0	728	67			
			1723	-594	-511	618	5747			
		24,035	-8,281	-1,779	13,975					

Orta Doğu Teknik	Birim No	41	E ₀	28	16					
	CRS	0,769	Ağırlık	0,834	0,166					
	VRS	0,769	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,999	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	2349	-541	-168	1639	676	0	0	676
			1434	-331	-17	1087	2482	0	133	2615
			37,126	-8,558	0	28,568				
Osmangazi	Birim No	42	E ₀	16	20					
	CRS	0,301	Ağırlık	0,646	0,354					
	VRS	0,382	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,788	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	958	-592	-24	343	128	0	0	128
			1233	-762	-148	323	1461	0	1538	2999
			19,474	-12,032	0	7,442				
Pamukkale	Birim No	43	E ₀	16	20					
	CRS	0,263	Ağırlık	0,394	0,606					
	VRS	0,458	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,573	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	869	-471	-119	279	59	0	23	82
			832	-451	-103	278	1902	0	0	1902
			14,090	-7,635	0	6,455				
Sakarya	Birim No	44	E ₀	28	16					
	CRS	0,965	Ağırlık	0,086	0,914					
	VRS	0,973	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,992	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	765	-20	-188	557	242	0	0	242
			470	-13	0	458	4221	0	115	4336
			13,283	-0,353	-2,066	10,864				
Selçuk	Birim No	45	E ₀	45						
	CRS	0,718	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,718	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1712	0	0	1712	494	0	0	494
			1394	0	0	1394	9787	0	0	9787
			31,131	0	0	31,131				
Süleyman Demirel	Birim No	46	E ₀	45	16					
	CRS	0,632	Ağırlık	0,327	0,673					
	VRS	0,837	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,755	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1195	-194	-150	851	128	0	163	291
			1031	-168	-148	715	6252	0	0	6252
			19,247	-3,127	0	16,120				
Trakya	Birim No	47	E ₀	16	20					
	CRS	0,412	Ağırlık	0,972	0,028					
	VRS	0,418	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,986	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	1298	-755	-118	425	99	0	88	187
			1199	-698	-121	380	4414	0	0	4414
			20,853	-12,137	0	8,716				
Uludağ	Birim No	48	E ₀	45	16					
	CRS	0,583	Ağırlık	0,759	0,241					
	VRS	0,906	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,644	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1716	-161	-151	1404	195	0	226	421
			1856	-174	-531	1151	8523	0	0	8523
			28,425	-2,662	0	25,763				

Yıldız Teknik	Birim No	49	E ₀	49						
	CRS	0,985	Ağırlık	1,00						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,985	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	735	0	0	735	319	0	0	319
			636	0	0	636	2590	0	0	2590
		15,394	0	0	15,394					
Yüzüncü Yıl	Birim No	50	E ₀	16	20					
	CRS	0,370	Ağırlık	0,840	0,160					
	VRS	0,395	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,937	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	990	-599	0	391	163	0	0	163
			1114	-674	-84	357	2880	0	958	3838
		21,282	-12,867	-0,217	8,198					
Zonguldak Karaelmas	Birim No	51	E ₀	16	20					
	CRS	0,450	Ağırlık	0,340	0,660					
	VRS	0,751	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,600	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	353	-88	0	265	22	0	51	73
			597	-149	-179	269	1668	0	0	1668
		11,443	-2,854	-2,345	6,244					

EK3:Model III Ayrıntılı Çözüm Sonuçları



İzzet Bayсал	Birim No	01	E ₀	6	23					
	CRS	0,183	Ağırlık	0,050	0,950					
	VRS	0,237	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,772	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	577	0	0	577	504	1626	0	2130
Adnan Menderes	Birim No	02	E ₀	23	6					
	CRS	0,231	Ağırlık	0,954	0,046					
	VRS	0,294	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	DRS	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		560	0	0	560	620	1486	0	2106
Afyon Kocatepe	Birim No	03	E ₀	23	6					
	CRS	0,133	Ağırlık	0,966	0,034					
	VRS	0,161	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,825	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	518	0	0	518	329	1717	0	2046
Akdeniz	Birim No	04	E ₀	6	23					
	CRS	0,275	Ağırlık	0,224	0,776					
	VRS	0,527	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,521	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1228	0	0	1228	1614	1448	0	3062
Anadolu	Birim No	05	E ₀	6	23					
	CRS	0,139	Ağırlık	0,289	0,711					
	VRS	0,286	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,484	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1472	0	0	1472	976	2435	0	3411
Ankara	Birim No	06	E ₀	6						
	CRS	0,365	Ağırlık	1,000						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,365	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	4130	0	0	4130	7216	0	0	7216
Atatürk	Birim No	07	E ₀	23	6					
	CRS	0,200	Ağırlık	0,551	0,449					
	VRS	0,465	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,431	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2068	0	0	2068	1983	2281	0	4264
Balıkesir	Birim No	08	E ₀	23	6					
	CRS	0,025	Ağırlık	0,973	0,027					
	VRS	0,029	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,856	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	490	0	0	490	58	1948	0	2006
Boğaziçi	Birim No	09	E ₀	23	6					
	CRS	0,292	Ağırlık	0,883	0,117					
	VRS	0,465	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,629	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	827	0	0	827	1157	1331	0	2488
Celal Bayar	Birim No	10	E ₀	23	6					
	CRS	0,373	Ağırlık	0,921	0,079					
	VRS	0,535	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,698	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşınsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	683	0	0	683	1220	1062	0	2282

Cumhuriyet	Birim No	11	E ₀	23	6					
	CRS	0,292	Ağırlık	0,833	0,167					
	VRS	0,514	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,569	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1012	0	0	1012	1416	1337	0	2753
On Sekiz Mart	Birim No	12	E ₀	23	6					
	CRS	0,013	Ağırlık	0,985	0,015					
	VRS	0,014	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,913	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	444	0	0	444	28	1918	0	1940
Çukurova	Birim No	13	E ₀	23	6					
	CRS	0,292	Ağırlık	0,727	0,273					
	VRS	0,593	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,493	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1410	0	0	1410	1970	1352	0	3322
Dicle	Birim No	14	E ₀	23	6					
	CRS	0,116	Ağırlık	0,739	0,261					
	VRS	0,232	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,499	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1366	0	0	1366	757	2503	0	3260
Dokuz Eylül	Birim No	15	E ₀	23	6					
	CRS	0,128	Ağırlık	0,460	0,540					
	VRS	0,310	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,412	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2409	0	0	2409	1471	3282	0	4753
Dumlupınar	Birim No	16	E ₀	6	23					
	CRS	0,161	Ağırlık	0,011	0,989					
	VRS	0,173	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,930	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	432	0	0	432	332	1591	0	1923
Ege	Birim No	17	E ₀	23	6					
	CRS	0,202	Ağırlık	0,420	0,580					
	VRS	0,497	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,406	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2558	0	0	2558	2468	2498	0	4966
Erciyes	Birim No	18	E ₀	23	6					
	CRS	0,217	Ağırlık	0,790	0,210					
	VRS	0,409	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,531	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1176	0	0	1176	1223	1765	0	2988
Fırat	Birim No	19	E ₀	23	6					
	CRS	0,115	Ağırlık	0,779	0,221					
	VRS	0,220	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,523	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1217	0	0	1217	669	2377	0	3046
Galatasaray	Birim No	20	E ₀	20						
	CRS	0,195	Ağırlık	1,000						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,195	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	179	0	0	179	167	0	0	167

Gazi	Birim No	21	E ₀	23	6					
	CRS	0,037	Ağırlık	0,176	0,824					
	VRS	0,098	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,378	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	3471	0	0	3471	615	5658	0	6273
Gaziantep	Birim No	22	E ₀	23	6					
	CRS	0,411	Ağırlık	0,971	0,029					
	VRS	0,486	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,847	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	498	0	0	498	980	1037	0	2017
Gaziosman Paşa	Birim No	23	E ₀	23						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,000						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		389	0	0	389	1861	0	0	1861
Hacettepe	Birim No	24	E ₀	6						
	CRS	0,196	Ağırlık	1,000						
	VRS	0,553	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,354	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	4265	0	-135	4130	3994	3222	0	7216
Harman	Birim No	25	E ₀	23	6					
	CRS	0,203	Ağırlık	0,979	0,021					
	VRS	0,230	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,884	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	466	0	0	466	453	1518	0	1971
İnönü	Birim No	26	E ₀	23	6					
	CRS	0,383	Ağırlık	0,848	0,152					
	VRS	0,656	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,584	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	958	0	0	958	1754	921	0	2675
İstanbul	Birim No	27	E ₀	23	6					
	CRS	0,088	Ağırlık	0,208	0,792					
	VRS	0,232	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,381	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	3353	0	0	3353	1414	4690	0	6104
İstanbul Teknik	Birim No	28	E ₀	23	6					
	CRS	0,391	Ağırlık	0,602	0,398					
	VRS	0,881	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,444	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1879	0	0	1879	3519	475	0	3994
Kafkas	Birim No	29	E ₀	23	20					
	CRS	0,025	Ağırlık	0,595	0,405					
	VRS	0,031	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,808	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	304	0	0	304	37	1138	0	1175
Sütcü İmam	Birim No	30	E ₀	23	6					
	CRS	0,301	Ağırlık	0,962	0,038					
	VRS	0,371	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,812	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	532	0	0	532	767	1299	0	2066

Karadeniz Teknik	Birim No	31	E ₀	23	6					
	CRS	0,209	Ağırlık	0,759	0,241					
	VRS	0,410	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,510	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1292	0	0	1292	1293	1861	0	3154
Kırıkkale	Birim No	32	E ₀	6	23					
	CRS	0,315	Ağırlık	0,038	0,962					
	VRS	0,388	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,813	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	531	0	0	531	801	1263	0	2064
Kocaeli	Birim No	33	E ₀	6	23					
	CRS	0,216	Ağırlık	0,118	0,882					
	VRS	0,344	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,628	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	830	0	0	830	857	1635	0	2492
Marmara	Birim No	34	E ₀	23	6					
	CRS	0,116	Ağırlık	0,553	0,447					
	VRS	0,269	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,432	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2060	0	0	2060	1146	3107	0	4253
Mersin	Birim No	35	E ₀	23	6					
	CRS	0,273	Ağırlık	0,909	0,091					
	VRS	0,405	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,674	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	728	0	0	728	950	1396	0	2346
Mimar Sinan	Birim No	36	E ₀	23	6					
	CRS	0,113	Ağırlık	0,964	0,036					
	VRS	0,137	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,821	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	522	0	0	522	282	1769	0	2051
Muğla	Birim No	37	E ₀	23	6					
	CRS	0,276	Ağırlık	0,987	0,013					
	VRS	0,298	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,924	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	436	0	0	436	575	1353	0	1928
Mustafa Kemal	Birim No	38	E ₀	23	6					
	CRS	0,207	Ağırlık	0,976	0,024					
	VRS	0,239	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,868	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	479	0	0	479	475	1515	0	1990
Niğde	Birim No	39	E ₀	23	6					
	CRS	0,012	Ağırlık	0,892	0,108					
	VRS	0,018	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,643	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	793	0	0	793	45	2394	0	2439
On Dokuz Mayıs	Birim No	40	E ₀	6	23					
	CRS	0,214	Ağırlık	0,193	0,807					
	VRS	0,394	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,545	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1110	0	0	1110	1139	1754	0	2893

Orta Doğu Teknik	Birim No	41	E ₀	23	6					
	CRS	0,124	Ağırlık	0,476	0,524					
	VRS	0,299	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,415	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2349	0	0	2349	1394	3273	0	4667
Osmangazi	Birim No	42	E ₀	23	6					
	CRS	0,180	Ağırlık	0,848	0,152					
	VRS	0,308	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,584	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	958	0	0	958	825	1850	0	2675
Pamukkale	Birim No	43	E ₀	23	6					
	CRS	0,108	Ağırlık	0,872	0,128					
	VRS	0,177	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,613	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	869	0	0	869	451	2097	0	2548
Sakarya	Birim No	44	E ₀	23	6					
	CRS	0,223	Ağırlık	0,899	0,101					
	VRS	0,340	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,656	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	765	0	0	765	816	1583	0	2399
Selçuk	Birim No	45	E ₀	23	6					
	CRS	0,031	Ağırlık	0,646	0,354					
	VRS	0,068	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,458	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1712	0	0	1712	256	3499	0	3755
Süleyman Demirel	Birim No	46	E ₀	23	6					
	CRS	0,128	Ağırlık	0,785	0,215					
	VRS	0,243	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,527	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1195	0	0	1195	734	2281	0	3015
Trakya	Birim No	47	E ₀	23	6					
	CRS	0,189	Ağırlık	0,757	0,243					
	VRS	0,372	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,509	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1298	0	0	1298	1176	1986	0	3162
Uludağ	Birim No	48	E ₀	23	6					
	CRS	0,204	Ağırlık	0,645	0,355					
	VRS	0,444	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,458	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1716	0	0	1716	1671	2090	0	3761
Yıldız Teknik	Birim No	49	E ₀	23	6					
	CRS	0,264	Ağırlık	0,908	0,092					
	VRS	0,394	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,670	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	735	0	0	735	928	1428	0	2356
Yüzüncü Yıl	Birim No	50	E ₀	23	6					
	CRS	0,227	Ağırlık	0,839	0,161					
	VRS	0,395	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,575	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	990	0	0	990	1075	1646	0	2721

Zonguldak Karaelmas	Birim No	51	E ₀	23	20				
	CRS	0,327	Ağırlık	0,829	0,171				
	VRS	0,351	GİRDİ				ÇIKTI		
	SE	0,930	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak
	Ölçek	IRS	353	0	0	353	552	1019	0
									1571



EK4:Model IV Ayrıntılı Çözüm Sonuçları



İzzet Baysal	Birim No	01	E ₀	20	9					
	CRS	0,134	Ağırlık	0,386	0,614					
	VRS	0,151	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,889	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	577	0	0	577	37	209	0	246
Adnan Menderes	Birim No	02	E ₀	9	20					
	CRS	0,310	Ağırlık	0,588	0,412					
	VRS	0,353	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,878	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	560	0	0	560	83	152	0	235
Afyon Kocatepe	Birim No	03	E ₀	20	9					
	CRS	0,125	Ağırlık	0,477	0,523					
	VRS	0,148	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,847	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	518	0	0	518	31	179	0	210
Akdeniz	Birim No	04	E ₀	28	9					
	CRS	0,400	Ağırlık	0,381	0,619					
	VRS	0,405	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,987	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1228	0	0	1228	235	345	0	580
Anadolu	Birim No	05	E ₀	28	9					
	CRS	0,233	Ağırlık	0,613	0,387					
	VRS	0,237	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,982	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1472	0	0	1472	164	528	0	692
Ankara	Birim No	06	E ₀	24	28					
	CRS	0,586	Ağırlık	0,943	0,057					
	VRS	0,639	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,918	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	4130	0	0	4130	1159	656	0	1815
Atatürk	Birim No	07	E ₀	24	28					
	CRS	0,288	Ağırlık	0,079	0,921					
	VRS	0,298	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,967	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2068	0	0	2068	285	673	0	958
Balıkesir	Birim No	08	E ₀	9	20					
	CRS	0,183	Ağırlık	0,480	0,520					
	VRS	0,223	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,823	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	490	0	0	490	43	150	0	193
Boğaziçi	Birim No	09	E ₀	9						
	CRS	1,000	Ağırlık	1,000						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		827	0	0	827	396	0	0	396
Celal Bayar	Birim No	10	E ₀	9	20					
	CRS	0,349	Ağırlık	0,778	0,222					
	VRS	0,369	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,946	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	683	0	0	683	114	195	0	309

Cumhuriyet	Birim No	11	E ₀	28	9					
	CRS	0,281	Ağırlık	0,176	0,824					
	VRS	0,283					ÇIKTI			
	SE	0,992	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1012	0	0	1012	136	345	0	481
On Sekiz Mart	Birim No	12	E ₀	20	9					
	CRS	0,193	Ağırlık	0,591	0,409					
	VRS	0,248	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,778	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	444	0	0	444	41	124	0	165
Çukurova	Birim No	13	E ₀	28	9					
	CRS	0,427	Ağırlık	0,554	0,446					
	VRS	0,434	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,983	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1410	0	0	1410	288	376	0	664
Dicle	Birim No	14	E ₀	28	9					
	CRS	0,237	Ağırlık	0,512	0,448					
	VRS	0,241	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,984	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1366	0	0	1366	155	488	0	643
Dokuz Eylül	Birim No	15	E ₀	28	24					
	CRS	0,387	Ağırlık	0,778	0,222					
	VRS	0,406	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,953	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2409	0	0	2409	446	653	0	1099
Dumlupınar	Birim No	16	E ₀	9	20					
	CRS	0,073	Ağırlık	0,390	0,610					
	VRS	0,095	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,765	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	432	0	0	432	15	143	0	158
Ege	Birim No	17	E ₀	24	28					
	CRS	0,482	Ağırlık	0,285	0,715					
	VRS	0,508	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,948	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2558	0	0	2558	590	571	0	161
Erciyes	Birim No	18	E ₀	28	9					
	CRS	0,499	Ağırlık	0,332	0,668					
	VRS	0,505	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,988	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1176	0	0	1176	281	275	0	556
Fırat	Birim No	19	E ₀	28	9					
	CRS	0,414	Ağırlık	0,371	0,629					
	VRS	0,419	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,987	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1217	0	0	1217	241	334	0	575
Galatasaray	Birim No	20	E ₀	20						
	CRS	0,070	Ağırlık	1,000						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,070	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	179	0	0	179	6	0	0	6

Gazi	Birim No	21	E ₀	24	28					
	CRS	0,371	Ağırlık	0,667	0,333					
	VRS	0,400	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,927	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	3471	0	0	3471	616	925	0	1540
Gaziantep	Birim No	22	E ₀	9	20					
	CRS	0,755	Ağırlık	0,492	0,508					
	VRS	0,909	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,830	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	498	0	0	498	180	18	0	197
Gaziosman Paşa	Birim No	23	E ₀	9	20					
	CRS	0,129	Ağırlık	0,324	0,676					
	VRS	0,181	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,711	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	389	0	0	389	24	108	0	132
Hacettepe	Birim No	24	E ₀	24						
	CRS	0,916	Ağırlık	1,000						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,916	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	4265	0	0	4265	1871	0	0	1871
Harran	Birim No	25	E ₀	20	9					
	CRS	0,453	Ağırlık	0,557	0,443					
	VRS	0,565	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,801	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	466	0	0	466	101	78	0	179
İnönü	Birim No	26	E ₀	28	9					
	CRS	0,460	Ağırlık	0,125	0,875					
	VRS	0,463	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,994	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	958	0	0	958	211	245	0	456
İstanbul	Birim No	27	E ₀	24	28					
	CRS	0,668	Ağırlık	0,618	0,382					
	VRS	0,719	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,929	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	3353	0	0	3353	1072	420	0	1492
İstanbul Teknik	Birim No	28	E ₀	28						
	CRS	0,977	Ağırlık	1,000						
	VRS	1,000	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,977	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1879	0	0	1879	879	0	0	879
Kafkas	Birim No	29	E ₀	9	20					
	CRS	0,254	Ağırlık	0,193	0,807					
	VRS	0,455	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,558	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	304	0	0	304	37	44	0	81
Sütçü İmam	Birim No	30	E ₀	9	20					
	CRS	0,082	Ağırlık	0,545	0,455					
	VRS	0,096	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,858	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	532	0	0	532	21	197	0	218

Karadeniz Teknik	Birim No	31	E ₀	28	9					
	CRS	0,367	Ağırlık	0,442	0,558					
	VRS	0,372	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,985	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1292	0	0	1292	227	382	0	609
Kırıkkale	Birim No	32	E ₀	9	20					
	CRS	0,464	Ağırlık	0,543	0,457					
	VRS	0,542	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,857	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	531	0	0	531	118	100	0	218
Kocaeli	Birim No	33	E ₀	28	9					
	CRS	0,385	Ağırlık	0,003	0,997					
	VRS	0,385	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	1,000	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		830	0	0	830	153	244	0	397
Marmara	Birim No	34	E ₀	24	28					
	CRS	0,368	Ağırlık	0,076	0,924					
	VRS	0,380	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,967	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2060	0	0	2060	363	591	0	954
Mersin	Birim No	35	E ₀	9	20					
	CRS	0,316	Ağırlık	0,847	0,153					
	VRS	0,327	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,965	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	728	0	0	728	110	226	0	336
Mimar Sinan	Birim No	36	E ₀	20	9					
	CRS	0,008	Ağırlık	0,471	0,529					
	VRS	0,009	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,850	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	522	0	0	522	2	210	0	212
Muğla	Birim No	37	E ₀	9	20					
	CRS	0,057	Ağırlık	0,397	0,603					
	VRS	0,075	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,770	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	436	0	0	436	12	149	0	161
Mustafa Kemal	Birim No	38	E ₀	20	9					
	CRS	0,078	Ağırlık	0,537	0,463					
	VRS	0,096	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,813	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	479	0	0	479	18	169	0	187
Niğde	Birim No	39	E ₀	9	20					
	CRS	0,119	Ağırlık	0,948	0,052					
	VRS	0,120	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,989	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	793	0	0	793	45	331	0	376
On Dokuz Mayıs	Birim No	40	E ₀	28	9					
	CRS	0,436	Ağırlık	0,269	0,731					
	VRS	0,441	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,990	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1110	0	0	1110	232	294	0	526

Orta Doğu Teknik	Birim No	41	E ₀	28	24					
	CRS	0,829	Ağırlık	0,803	0,197					
	VRS	0,867	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,955	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	2349	0	0	2349	932	142	0	1074
Osmangazi	Birim No	42	E ₀	28	9					
	CRS	0,307	Ağırlık	0,125	0,875					
	VRS	0,309	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,994	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	958	0	0	958	141	315	0	456
Pamukkale	Birim No	43	E ₀	28	9					
	CRS	0,274	Ağırlık	0,040	0,960					
	VRS	0,275	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,998	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	869	0	0	869	114	301	0	415
Sakarya	Birim No	44	E ₀	9	20					
	CRS	0,183	Ağırlık	0,904	0,096					
	VRS	0,187	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,979	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	765	0	0	765	67	292	0	359
Selçuk	Birim No	45	E ₀	28	9					
	CRS	0,312	Ağırlık	0,841	0,159					
	VRS	0,319	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,979	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1712	0	0	1712	256	546	0	802
Süleyman Demirel	Birim No	46	E ₀	28	9					
	CRS	0,185	Ağırlık	0,350	0,650					
	VRS	0,188	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,987	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1195	0	0	1195	106	459	0	565
Trakya	Birim No	47	E ₀	28	9					
	CRS	0,269	Ağırlık	0,448	0,552					
	VRS	0,273	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,985	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1298	0	0	1298	167	445	0	612
Uludağ	Birim No	48	E ₀	28	9					
	CRS	0,236	Ağırlık	0,845	0,155					
	VRS	0,241	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,979	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	1716	0	0	1716	194	610	0	804
Yıldız Teknik	Birim No	49	E ₀	9	20					
	CRS	0,318	Ağırlık	0,858	0,142					
	VRS	0,329	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,968	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	IRS	735	0	0	735	112	229	0	341
Yüzüncü Yıl	Birim No	50	E ₀	28	9					
	CRS	0,287	Ağırlık	0,155	0,845					
	VRS	0,289	GİRDİ				ÇIKTI			
	SE	0,993	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek	DRS	990	0	0	990	136	335	0	471

Zonguldak Karaelmas	Birim No	51	E ₀	20	9					
	CRS	0,213	Ağırlık	0,731	0,269					
	VRS	0,325	GİRİDİ				ÇIKTI			
	SE	0,655	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim	Orijinal	İşinsal	Aylak	Kestirim
	Ölçek		353	0	0	353	36	75	0	111



ÖZGEÇMİŞ

20.04.1952 tarihinde Giresun ili Bulancak ilçesinde doğdu. İlköğrenimini İstanbul Atikali İlkokulunda , orta ve lise öğrenimini İstanbul Özel Darüşşafaka Lisesinde yaptı. Üniversite lisans öğrenimine 1971 yılında İ.Ü İşletme Fakültesinde başladı ve bu fakültenin Pazarlama bölümünden 1975 yılında mezun oldu. 1974 yılında AİSEC'in açmış olduğu sınavı kazanarak Finlandiya Turku kentinde Valio firmasında iki ay süreyle işletme üzerine staj yaptı. 1977-1978 yılları arasında askerlik görevini tamamladıktan sonra, 1978 yılında K.T.Ü Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsünde bilgisayar programcısı olarak göreve başladı ve bu kuruluştaki sırasıyla memur, programcı, sistem çözümleyici, sistem operatörü v.b görevler üstlenerek çeşitli projelerde görev aldı. Aynı üniversitede daha sonra öğretim görevlisi olarak çalışmalarına devam etti. K.T.Ü Sosyal Bilimler Enstitüsünde yüksek lisans yaparak "Amaç Programlama ve Bilgisayar Uygulaması" adlı yüksek lisans teziyle 1992 yılında mezun oldu.. 1995 yılından başlayarak 2002 yılına dek Kocaeli Üniversitesi İ.İ.B.F işletme bölümünde Öğretim Görevlisi olarak çalıştı. 2002 yılında İ.Ü Sosyal Bilimler Enstitüsüne doktora çalışmasını tamamlamak üzere Araş.Gör. olarak atandı ve İşletme Fakültesinde görevlendirildi. Halen İ.Ü Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Bilim dalı Sayısal Yöntemler Anabilim dalında doktora yapmakta ve Kocaeli Üniversitesinde öğretim görevlisi olarak görevini sürdürmektedir.

İyi derecede İngilizce bilmektedir. Evli iki çocuk babasıdır .