



**TÜRKİYE’DEKİ HAVAALANLARININ ETKİNLİKLERİNİN MALMQUIST
İNDEKS VE ÇOKLU PERİYODLU İKİ AŞAMALI VERİ ZARFLAMA
ANALİZİ İLE İNCELENMESİ**

MERVE KARAOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İSTATİSTİK ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2015

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Merve KARAOĞLU

20/09/2015

TÜRKİYE'DEKİ HAVAALANLARININ ETKİNLİKLERİNİN MALMQUIST İNDEKS
VE ÇOKLU PERİYODLU İKİ AŞAMALI VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE
İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Merve Karaoğlu

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2015

ÖZET

Büyük işletme maliyetlerine sahip ve büyük sermayelerle kurulan havaalanı işletmelerini kıyaslamak ve performanslarını ölçmek, bu işletmelerin faaliyetlerini etkin bir şekilde sürdürebilmeleri için önemlidir. Bu çalışmada Türkiye'deki havaalanlarının etkinliklerinin değerlendirilmesi Malmquist toplam faktör verimlilik indeksi ve çoklu periyodlu iki aşamalı VZA kullanılarak yapılmıştır. Havaalanlarının etkinlikleri Devlet Hava Meydanları İşletmeleri'nin 2009-2013 yılları istatistik yıllıkları kullanılarak elde edilmiştir. Malmquist indeks belirli bir zaman periyodundaki etkinlik değişimini ve bu değişimin bileşenlerini açıklayabilen bir etkinlik ölçümüdür. Çoklu periyodlu iki aşamalı VZA modelleri, Malmquist indeksten farklı olarak belirlenmiş bir zaman diliminde iki aşamadan oluşan bir üretim sisteminin tüm performansını ölçerler. Bu çalışmanın birinci aşama girdileri personel sayısı, işletme gideri, pist sayısı, terminal alanı, otopark kapasitesi, tüm araç toplamı ve check-in kontuarı sayısı; birinci aşama çıktısı ise uçak trafiğidir. İkinci aşama girdisi uçak trafiği iken, ikinci aşama çıktıları yolcu trafiği, yük trafiği ve işletme geliridir.

Bilim Kodu : 205.1.148
Anahtar Kelimeler : Havaalanı Etkinliği, Malmquist İndeks, Çoklu Periyodlu İki Aşamalı VZA
Sayfa Adedi : 77
Danışman : Doç. Dr. H. Hasan ÖRKÜ

THE EFFICIENCY INVESTIGATION OF TURKISH AIRPORT BY MALMQUIST
INDEX AND MULTI-PERIOD TWO-STAGE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS
(M.Sc. Thesis)

Merve KARAOĞLU

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
September 2015

ABSTRACT

Benchmarking and measuring the performance of airport companies which have big company cost and set by big capital are important for these companies to maintain their activities effectively. In this study, performance of Turkish Airports is evaluated by using Malmquist productivity index and multi-period two stage Data Envelopment Analysis. The efficient airports are derived by using the data of years 2009-2013 from State Airports Authority Directorate General (DHMI) annual statistics. Malmquist index is an efficiency measurement which is able to explain variation of efficiency and the components of this variation in a certain period of time. Multi-period two-stage data envelopment analysis (DEA) models which are different from the Malmquist index measure the overall performance of a production system composed of two stages in a specified period of time. The first stage inputs of this study number of employees, operating expense, number of runways, terminal area, parking capacity, sum of all vehicles and number of check-in counters, the output of first stage is number of aircraft movements. While the second stage input is number of aircraft movements, the second stage outputs are number of passengers, cargo volume and operating revenue.

Science Code : 205.1.148
Key Words : Airport Efficiency, Malmquist Productivity Index, Multi-Period
Two-Stage Data Envelopment Analysis
Page Number : 77
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. H. Hasan ÖRKÜ

TEŞEKKÜR

Çalışmamda bana yol gösteren kıymetli hocam H.Hasan ÖRKÜ' ye, her zaman yanımda olan çok değerli aileme, desteğiyle beni yalnız bırakmayan eşime ve varlığı ile bana güç veren kızıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. ETKİNLİK ANALİZİ	7
2.1. Verimlilik	7
2.3. Etkinlik	8
2.4. Etkinlik Ölçümü	9
2.5. Etkinliğin Sınıflandırılması	10
2.6. Etkinlik Ölçme Yöntemleri	12
2.7. Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması	15
3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ	17
3.1. Veri Zarflama Analizi Kavramı ve Tarihsel Gelişimi	17
3.2. VZA Terimleri	19
3.3. VZA Kullanım Amaçları	21
3.4. Veri Zarflama Analizi Modelleri	21
3.4.1. Charnes Cooper Rhodes (CCR) modeli	23
3.4.2. Banker Charnes Cooper (BCC) modeli	28
3.5. Etkinlik Analizi Uygulama Aşamaları	31
3.6. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri	35

	Sayfa
3.6.1. VZA' nın güçlü yönleri	35
3.6.2. VZA' nın zayıf yönleri	35
3.7. Malmquist Toplam Faktör Verimlilik İndeksi	36
4. İKİ AŞAMALI VE ÇOKLU PERİYODLU VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİ	41
4.1. İki Aşamalı VZA Modeli	41
4.2. Çoklu Periyodlu İki Aşamalı VZA Modeli	44
5. UYGULAMA	51
5.1. Devlet Hava Meydanları	51
5.1.1.Tarihçesi	51
5.1.2. Genel bilgiler	52
5.1.3. Çalışma kapsamına alınan havaalanlarının genel özellikleri	53
5.2. Uygulama	54
5.2.1. Çalışmanın amacı ve kapsamı	54
5.2.2. VZA sonuçları	55
5.2.3. İki aşamalı VZA sonuçları	64
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	77

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Etkinlik ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması	16
Çizelge 5.1. Havaalanları ve genel özellikleri	53
Çizelge 5.3. 2009-2013 genel değerlendirme	56
Çizelge 5.4. 2009-2010 döneminde havaalanlarının analiz sonuçları	57
Çizelge 5.5. 2010-2011 döneminde havaalanlarının analiz sonuçları	59
Çizelge 5.6. 2011-2012 döneminde havaalanlarının analiz sonuçları	60
Çizelge 5.7. 2012-2013 döneminde havaalanlarının analiz sonuçları	62
Çizelge 5.8. Yıllık ortalama Malmquist indeks özetleri	63
Çizelge 5.9. Beş yıllık iki aşamalı etkinlik analizi sonuçları	64
Çizelge 5.10. İki aşamalı VZA sonuçlarının yıllara göre dağılımı	65

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Verimlilik kavramı	7
Şekil 2.2. Teknik etkinlik ve verimlilik	11
Şekil 3.1. VZA Modelleri	22
Şekil 3.2. Etkinlik değişimi ve teknik değişme	39
Şekil 4.1. İki aşamalı üretim	41
Şekil 4.2. Çok Periyotlu iki aşamalı sistem	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan kısaltmalar ve açıklamaları aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
ACI	Airport Council International- Uluslararası Havalimanları Konseyi
BCC	Banker- Charnes -Cooper
CCR	Charnes- Cooper- Rhodes
CRS	Constant Return to Scale-Ölçeğe Göre Sabit Getiri
DEA	Data Envelopment Analysis
DHMi	Devlet Hava Meydanları İşletmeleri
DMU	Decision Making Unit
DRS	Decreasing Return to Scale- Ölçeğe Göre Azalan Getiri
ED	Etkinlik Değeri
ICAO	International Civil Aviation Organization-Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı
IRS	Increasing Return to Scale- Ölçeğe Göre Artan Getiri
KİK	Kamu İktisadi Kuruluşu
KVB	Karar Verme Birimi
MPI	Malmquist Productivity Index
ÖE	Ölçek Etkinliği
PE	Saf Etkinlik
TED	Teknolojik Etkinlik Değişimi
TD	Teknolojik Değişme
TFP	Total Factor Productivity
TFV	Toplam Faktör Verimliliği
THT	Türk Havayolu Taşımacılığı
THY	Türk Hava Yolları
VRS	Variable Return to Scale- Ölçeğe Göre Değişen Getiri
VZA	Veri Zarflama Analizi

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz teknoloji çağının bu hızlı değişim sürecinde, büyük kurum ve kuruluşların mükemmellik arayışları kaçınılmaz bir hale gelmiştir. İşletmelerin başarılı olabilmeleri ve pazar rekabetinde uzun süre yaşayabilmeleri, ancak mevcut rekabet güçlerini doğru olarak ölçmeleri ve gerekli önlemleri zamanında almaları ile mümkündür. Söz konusu hedeflere erişebilmek için işletmeler, ellerindeki kaynakları en etkin biçimde kullanmak zorundadırlar. Bu amaçla, işletme iki temel alt sisteme gereksinim duyar. Birincisi, geçmişe yönelik faaliyetlerdeki başarının değerlendirilmesi için gerekli olan kontrol alt sistemidir. Bu alt sistem, arzulanan sonuçlara erişilip erişilmediğini ya da hangi oranda erişildiğini araştırır. İkincisi ise kontrol alt sisteminin ürettiği bilgilerin ışığında ileriye yönelik kararların alınması için gereken planlama alt sistemidir. Bu iki alt sistemin eşzamanlı olarak yürütülmesi, işletmenin rekabet gücü ya da mevcut etkenlik düzeyini artırmasına imkan sağlar. Bu nedenle, kontrol alt sistemi bünyesindeki etkenlik ölçütleri işletmelerin gelecek dönemlerdeki başarıları açısından çok yararlı göstergelerdir (Özsoy,2012).

Günümüzde organizasyonların gelecekleri açısından, performans analizi daha önemli bir hale gelmiştir. Performans analizi, hem çalışanların görevli oldukları işlerde hem de işletmenin diğer işletmeler arasında ne kadar etkili ve verimli olduklarını gösteren bir ölçümdür. Bu süreçte ilk olarak, performans amaçları ve standartları belirlenir. Daha sonra, çalışanın ve işletmenin performansı ölçülür ve hedeflenen standartlarla kıyaslanır (Özsoy, 2012). İyi bir performans düzeyinin sağlanabilmesi, her işletmenin kendi kültür ve yapısına uygun olarak, sistem yaklaşımıyla iyi bir performans yönetim sisteminin geliştirmesiyle mümkün olacaktır.

Havacılık sektörü, teknolojiyi ileri seviyede kullanan ve yeniliğe açık sektörlerin başında gelir. Havacılık sektöründe faaliyette bulunabilmek ve uluslararası pazarda iyi bir seviyeye çıkabilmek, ancak ileri teknolojik sistemlere sahip kurumsal bir yapı ile beraber donanımlı personele sahip olmak ve yenilikçi yönetim tekniklerini uygulamayı gerekli kılmaktadır.

Türk havacılık sektörü, yoğun yatırım programlarıyla güçlenen altyapısı, nitelikli işgücü, kurumsal bakım idame ve işletme yeteneği ve ulaştırma politikaları ile faaliyetlerini dünya standartları üzerinde sürdürmektedir.

İzlenen yenilikçi politikalar ile havaalanı hizmetleri geliştirilmiş, yolcu ve taşınan kargo sayısında artışa paralel olarak uçak sayısındaki artış ile uçak filosu güçlendirilmiştir. Özellikle İstanbul'a 3. havalimanı yapımının sürdüğü bu son yıllarda uygulamaya konulan önemli politika ve yatırımlar Türkiye'nin havacılık merkezi olma yolunda ulaştığı önemli bir seviyedir. Türk havacılık sektörü, altyapı yatırımları ile kazanılan fiziksel kapasite ve işletme düzeyinde ulaşılan yüksek seviye ile dünya standartlarını aşmış durumdadır. 2015 yılı itibari ile yıllık uçak trafiği 2 milyonu aşmıştır. İstanbul Atatürk Havalimanı, Avrupa'nın 4. büyük havalimanı haline gelmiştir. Yapılan tahminlere göre, Türkiye hava taşımacılığında 2023 yılına kadar Avrupa hava trafik ağına en büyük katkıyı sağlayan ve hızlı büyüyen ülkesi olacaktır.

Karar verme birimlerinin görelî etkinliğini ölçmede çoğunlukla VZA kullanılır. VZA yöntemi 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından bulunmuş, matematiksel programlamaya dayalı bir etkinlik ölçme yöntemidir. İlk önerilen CCR modelinden sonra farklı versiyonları da geliştirilmiştir.

Bu bilgiler ışığında hava taşımacılığının etkinliğini ölçmek için dünyada ve ülkemizde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Havaalanlarına ilişkin literatür taraması yapılmış ve bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Gillen ve Lall'ın 1997 yılında yaptıkları çalışmada 21 ABD havaalanı için 1989-1993 yıllarını içeren veriler kullanılmıştır. Çalışmada 6 girdi, 3 çıktı kullanılmıştır. Kullanılan girdiler; pist sayısı, kapılar, çalışanlar, kargo toplama alanı ve park alanı, pist uzunluğu, havaalanı ve terminal alanlarıdır. Çıktılar ise yolcu sayısı, kargo ağırlığı, taşıyıcı ve yolcu hareketleridir.

Parker'ın 1999 yılında yaptığı çalışmada BAA havaalanlarının öncesi ve özelleştirme sonrası verileri kullanılmıştır. 1979-1996 yılları verileri kullanılmıştır.

Kullanılan girdiler; emek tutarları, sermaye stoğu ve emek dışı sermaye maliyetidir. Yolcu sayısı ve kargo hacmi ise çalışmanın çıktısıdır.

Murilla ve Melchor'un 1999 yılındaki çalışmasında İsviçre'nin 33 sivil havaalanına ait veriler kullanılmıştır. Çalışma 1992-1994 yıllarını kapsamaktadır. 3 girdi ve 1 çıktının ele alındığı çalışmada yolcu sayısı çıktı olarak kullanılmıştır. Girdiler ise çalışanların sayısı, birikmiş sermaye ve toplam sermayedir.

Sarkis'in 2000 yılında Sarkis ve Talluri'nin ise 2004 yılında yaptığı çalışmasında 44 ABD havaalanının performansı incelenmiştir. 1990-1994 yıllarını kapsayan panel veri kullanılmıştır. Çalışmada tanımlanan 4 girdi; havaalanı işletim maliyetleri, çalışanların sayısı, kapı sayısı ve pist uzunluğu, 5 çıktı ise; işletim geliri, yolcu akışı, ticari havacılık hareketleri, genel havacılık hareketleri ve toplam kargodan oluşmaktadır. Çalışmanın sonuçları CCR ve BCC etkinlik skorlarına göre yorumlanmıştır.

Martin ve Roman (2001) çalışmalarında İspanya'daki havaalanlarının özelleştirme öncesi performansını değerlendirmek için 1997 yılına ait verileri kullanmışlardır. 27 İspanya havaalanına ilişkin 2 girdi ve 3 çıktı ele alınmıştır. Girdiler; sermaye ve malzemeye ilişkin giderler ve emek harcamaları iken çıktılar ise yolcu sayısı, uçak hareketleri ve kargo hacminden oluşmaktadır.

Avusturalya'ya ait 12 havaalanı Abbott ve Wu'nun 2002 yılında yaptığı çalışmada incelenmiştir. 1990-2000 yıllarını içeren çalışmada 3 girdi ve 2 çıktı kullanılmıştır. Ele alınan girdiler; çalışanların sayısı, sermaye stoğu miktarı ve pist uzunluğu iken çıktılar ise; yolcu sayısı ve kargo hacmidir.

Fernandes ve Pacheco (2002) çalışmalarında BCC modelini kullanarak maksimum çıktı elde etmeyi amaçlamışlardır. Brezilya'da bulunan 35 havaalanını inceleyen yazarlar 6 girdi ve 1 çıktı kullanmışlardır. Çalışmada çıktıların maksimize edilmesi amaçlanmıştır. Çıktıya yönelik yaklaşım BCC modeli ile VRS modeli üzerinde kullanılmıştır. Girdiler; apron alanları, kalkış salonları ve bagaj hakkı, check-in kontuarı sayısı, araç park yerleri ve kaldırım cephe uzunluğu iken çıktı ise yolcu sayısıdır.

Bazargan ve Vasigh 2003 yılında yaptığı çalışmalarında 45 ABD havaalanına ait 1996-2000 yıllarını ele alan 5 yıllık panel veri kullanmışlardır. Yazarların çalışmada kullandığı girdiler; kapı sayısı, pist sayısı, işletme ve işletme dışı maliyet miktarlarıdır. Çıktılar ise; uçak hareketleri, yolcu sayısı ve tam vaktinde yapılan işlemlerin oranıdır.

Pels et al. (2003) çalışmalarında Avrupa havaalanlarındaki işletimdeki verimsizliği ve ölçek ekonomisini incelemiştir. 33 havaalanı ele alınmıştır. Pist uzunluğu, park pozisyonu, check-in kontuarı ve bagaj talepleri girdileri; yolcu sayısı ve uçak hareketleri ise çalışmada kullanılan çıktılarını ifade etmektedir.

Yoshida ve Fujimoto 2004 yılında yaptıkları çalışmalarında 2000 yılına ait verileri kullanarak Japonya' daki 67 havaalanı için girdi yönlü etkinlik analizi yapmışlardır. Çalışmada 4 girdi 3 tane de çıktı kullanılmıştır. Kullanılan girdiler; çalışanların sayısı, pist uzunluğu, terminal alanı büyüklüğü ve kullanım maliyeti; çıktılar ise; yolcu sayısı, uçak trafiği ve kargo hacmidir.

Barros ve Sompao 2004 yılında 13 Portekiz havaalanını incelemişlerdir. 1990-2000 yıllarını kapsayan panel veri kullanmışlardır. Eşdeğer işçilerin sayısı ve fiziksel varlıkların muhasebe maliyeti girdileri; uçakların sayısı, yolcuların sayısı, genel kargo, posta kargosu, uçaklara yapılan satış ve yolculara yapılan satış ise çıktılarını oluşturmaktadır.

Oum ve Yu (2004) , Asya, Pasifik, Avrupa ve Kuzey Amerika'da bulunan 76 havaalanının toplam verimlilik faktörünü hesaplamışlardır. Araştırmada 2 girdi ve 5 çıktı kullanılmıştır.

Ulutaş 2006 yılında yaptığı çalışmasında Türkiye' ye ait 34 havaalanını incelemiştir. 2000, 2001, 2003 ve 2004 yılı verileri kullanılmıştır. Araştırmada 4 girdi ve 4 çıktı ele alınmıştır. Kullanılan girdiler; personel sayısı, işletme gideri, yıllık yolcu kapasitesi ve yıllık uçuş kapasitesidir. Yolcu sayısı/alan, yük trafiği, toplam uçak trafiği/pist ve işletme geliri de çalışmanın çıktılarınıdır.

Martin ve Roman 2006 yılında yaptıkları çalışmada 34 İspanyol havaalanını incelemişlerdir. 1997 yılının verilerini kullanmışlardır. Çalışmada 2 girdi ve 3 çıktı kullanılmıştır. Kullanılan girdiler; işçilik maliyetleri, sermaye ve malzemeler iken çıktılar ise; yolcu sayısı, uçak trafiği ve kargo hacmidir.

Rosas ve Gemoets (2010) çalışmalarında Meksika'da ki 37 temel havaalanını ele almışlardır. Çalışmada hem ölçeğe göre sabit getiri(CRS) hem de ölçeğe göre değişken getiri (VRS) analizleri yapılmıştır. Kullanılan çıktılar; uçak hareketleri, yolcu hareketleri ve kargo miktarıdır. Girdiler ise; saat başına düşen işlem sayısı ve saat başına düşen yolcu sayısı olarak ele alınmıştır.

Koçak (2011), Türkiye'deki 40 havaalanını 2008 yılına ait verileri kullanarak incelemiştir. Yazar araştırmada 4 girdi ve 4 çıktı kullanmıştır. Kullanılan girdiler; işletme gideri, personel sayısı, (maksimum) hizmet eden uçakların sayısı ve yolcu sayısı; çıktılar ise; alan başına yolcu sayısı, pist sayısı başına toplam uçak trafiği, toplam yük ve çalışma gelirleridir.

Chow ve Fung 2012 yılında yaptıkları çalışmalarında Büyük Çin'deki 30 havaalanını incelemişlerdir. Çalışma Hong Kong, Makao ve Taipei 'deki havaalanlarını içermektedir. 2000- 2006 yıllarını ele alan panel veri kullanılmıştır. Araştırmada 2 girdi ve 3 çıktı kullanılmıştır. Kullanılan girdiler terminal alanı ve pist uzunluğu; çıktılar ise hava yolcusu hareketleri sayısı, kargo hacmi, uçak hareketleri sayısıdır.

Ahn ve Min 2014 yılında yaptıkları çalışmalarında önemli olan 23 tane uluslararası havaalanını incelemeye almışlardır. Araştırmalarında 2006- 2011 yıllarını kapsayan panel veri kullanmışlardır. Çalışmada 4 girdi ve 3 çıktı kullanılmıştır. Girdiler; arazi(m^2), pist uzunluğu, yolcu terminali(m^2) ve kargo terminali(m^2) iken çıktılar ise uçuş sayısı, yıllık yolcu verimi ve yıllık kargo verimidir. Çalışmada Malmquist indeks kullanılmıştır.

Balli ve diğerleri 2014 yılında yaptıkları çalışmalarında Yeni Zelanda havaalanlarının etkinliğini incelemişlerdir. Araştırmada 11 major havaalanının 2010, 2011, 2012 yıllarına ait verileri analiz edilmiştir. Çalışmada 2 girdi ve 3 çıktı

ele alınmıştır. Kullanılan girdiler; işletme giderleri ve pistlerin sayısı; çıktılar ise işletme geliri, hava yolcusu hareketleri ve uçak trafiği hareketleridir.

Bu çalışmada ise, Türkiye’deki 27 havaalanının 2009-2013 yılları verileri kullanarak havaalanlarının etkinlik değerlendirmesi klasik VZA ve Malmquist analizlerinin yanı sıra çoklu periyodlu iki aşamalı VZA modelleri ile yapılmıştır. Havaalanı yöneticileri ve karar vericilerin yönetim stratejileri geliştirmeleri konusunda VZA tabanlı yöntemler ile öngöründe bulunmayı amaçlayan bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde etkinlik analizi ele alınmış ve bu bölümde verimlilik, etkililik, etkinlik gibi kavramlar verilmiştir. Ayrıca bu bölümde etkinliğin sınıflandırılması ve etkinlik ölçme yöntemleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemi olan VZA detaylı olarak ele alınmış, VZA’nın tarihsel gelişimi, VZA terimleri ve modelleri açıklanmıştır. Ayrıca bu bölümde belirli bir zaman periyodunda etkinlik değişimlerinin incelenmesinde kullanılan Malmquist toplam faktör verimlilik indeksi anlatılmıştır. Dördüncü bölümde çoklu periyodlu iki aşamalı VZA modelleri anlatılmış ve kullanılan modeller verilmiştir. Beşinci bölümde çalışmanın uygulama kısmına yer verilmiştir. Devlet Hava Meydanları İşletmeleri, tarihçesi, çalışma kapsamına alınan havaalanları ve genel özelliklerinden bahsedilmiştir. Türkiye’deki 27 havaalanının VZA ve iki aşamalı VZA sonuçları verilmiştir. Altıncı bölümde ise araştırmanın sonuçları özetlenmiştir.

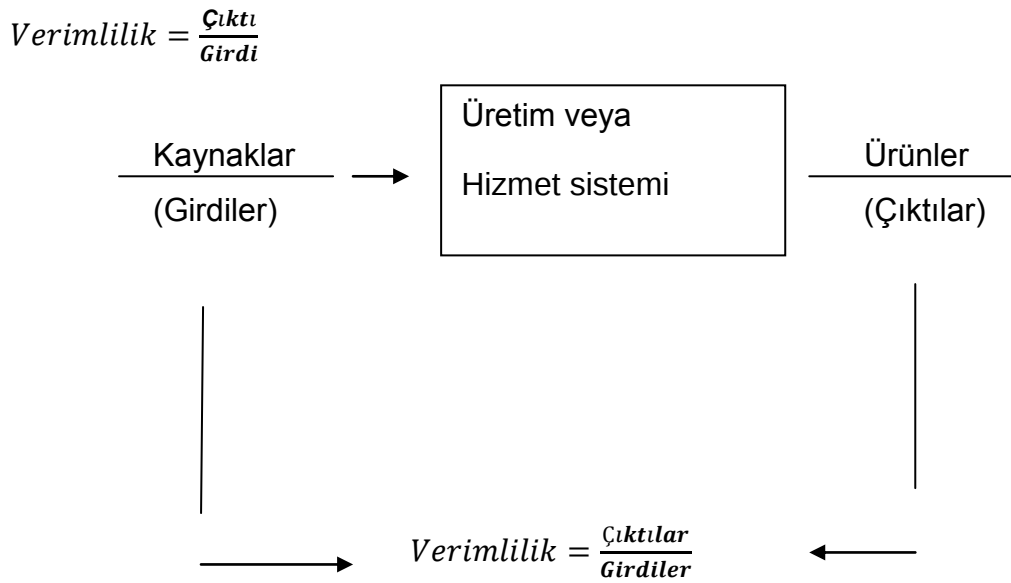
2. ETKİNLİK ANALİZİ

Bu bölümde etkinlik analizi ile ilgili temel kavramlara yer verilmektedir.

2.1. Verimlilik

Verimlilik, bir üretim ya da hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı elde etmek için kullanılan girdi arasındaki ilişkidir. Bu nedenle verimlilik, çeşitli mal ve hizmetlerin üretimindeki kaynakların (emek, sermaye, arazi, malzeme, enerji, bilgi, v.b.) etkin bir şekilde kullanımınıdır (Prokopenko,2011:1).

Yüksek verimlilik, aynı miktar kaynakla daha çok üretmek ya da aynı girdiyle daha çok çıktı elde etmektir. Bu ilişki, genelde Şekil 2.1 deki gibi ifade edilir (Prokopenko,2011:1):



Şekil 2.1. Verimlilik kavramı (Kecek, 2010:14)

2.2. Etkililik

Etkililik, amaçlarla ilgili bir performans boyutudur ve çıktıya ilişkin bir kavramdır. Elde edilen çıktıların, belirlenen hedefe ne kadar yaklaştığını ifade eder (Örkcü,2004).

Etkililik, gerçekleştirilenle, kaynakların daha etkili kullanılması durumunda yapılabilecek olanı karşılaştırır. Bu kavram, yeni bir performans standardı ya da potansiyeli gerçekleştirmek için bir çıktı hedefi oluşturulmasını da kapsar (Prokopenko, 2011: 53)

2.3. Etkinlik

Etkinlik, yararlı çıktıların üretilmesi için kullanılan işçilik, hammadde ve malzeme, dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetler gibi kaynakların ne denli etken kullanıldığını anlatan bir kavramdır (Baş ve Artar,1990: 33).

Etkinlik oranında pay ve paydada parasal değerler de kullanılabilir. Bir işletme, üretim hedeflerine ve standartlarına maksimum düzeyde ulaşmış olsa da, o işletme etkin olmayabilir. Çünkü dış çevrenin standartları daha yüksek ise bu standartların altındaki hedeflerin gerçekleşmesi etkin olmayan sonuçlar oluşturabilir. Dolayısıyla etkinlikte doğru normların belirlenerek gerçekleştirilmesi gerekir. Amaçların gerçekleşme düzeyini çıktılarla ilişkilendirerek belirleyen etkinlik, bu özelliğinden dolayı toplam performansı yansıtan en önemli performans boyutu olarak kabul edilir (Akal,2005: 34)

Bir şeyin etkin olması onun istenen sonucu vermesi demektir. Bu nedenle etkinlik belirli bir amacı gerçekleştirmek için örgütsel çabayı optimize etme süreciyle ilgilidir. Demir(2004) çalışmasında performansı,”bir işi doğru yapabilme” etkinliği ise “doğru işi yapabilme becerisi” olarak tanımlamıştır. Etkinlik, gerçekleşen çıktının planlanan çıktıya oranıdır. Etkinlik genellikle işletmenin uzun dönemli amaçlarını konu alır (Baş ve Artar,1990: 35).

Etkinlik, mevcut kaynakların kullanımıyla ilgili bir kavramdır. Bu durumda bir işletme etkin olmakla birlikte etkili çalışmayabilir ya da tam tersi bir durum söz konusu olabilir (Özcan,2005).

2.4. Etkinlik Ölçümü

Önemli bir performans boyutu olan etkinlikle ilgili temel kavramları ve etkinlik ölçüm yöntemlerini aşağıdaki gibi açıklayabiliriz.

- Karar verme birimi

Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) tarafından 1978’ de yapılan çalışmada “ Karar Verme Birimleri (KVB)” terimi ortaya çıkmıştır. CCR, KVB’ yi çeşitli girdilere ve çıktılara sahip olan ve etkinlik açısından değerlendirilen firmaların, bölümlerin veya yönetsel birimlerin bir topluluğu olarak tanımlamıştır (Kecek,2010: 37).

Karar birimlerinin çıktılarının ağırlıklı toplamının girdilerin ağırlıklı toplamına oranı ile elde edilen en iyi üretim bileşimini baz alıp, bir sınır (frontier) belirlenir ve her bir karar biriminin etkinliği bu sınıra olan uzaklığa göre analiz edilir (Kecek,2010:37).

Sınır üzerinde bulunan karar verme birimleri etkin, bulunmayanlar ise etkin olmayan birimler olarak değerlendirilir.

Karar birimleri; üniversiteler, okullar, banka şubeleri, hastaneler, havayolları, polis karakolları, vergi ofisleri, hapishaneler, vb. organizasyonların bölümlerini içerebilir (Ramanathan,2003 :25)

- Üretim İmkanları Kümesi

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

- Referans küme

Etkinlik analizi karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerini ölçen bir tekniktir. Analiz sonucunda etkin olmayan karar verme biriminin etkin konuma gelebilmesi için

ölçüt olarak alınacak etkin karar verme birimleri vardır. Bu karar birimlerinin oluşturduğu kümeye referans kümesi denir (Örkcü, 2004).

2.5. Etkinliğin Sınıflandırılması

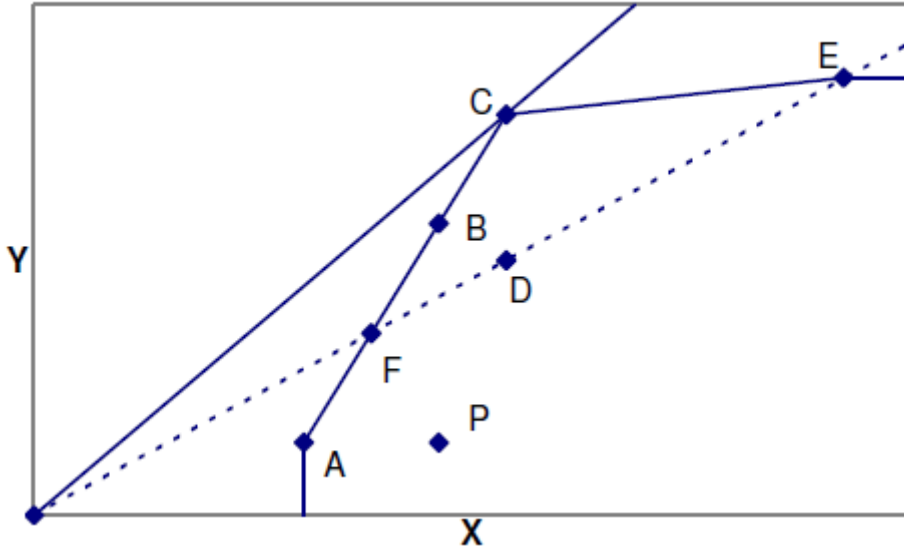
Bir karar biriminin girdiye ve çıktıya yönelik etkinliği teknik etkinlik, fiyat etkinliği ve ölçek etkinliği olarak üç şekilde belirtilebilir.

Teknik etkinlik: Üretim, girdilerin çıktılarına dönüştürülme sürecidir. Üretim sürecinin etkin olabilmesi, zaman boyutu dikkate alınmadığında mevcut teknoloji çerçevesinde, belirli bir girdi bileşiminin en az girdi kullanılarak üretilmesine veya belirli bir çıktı bileşiminin en az girdi kullanılarak üretilmesine bağlıdır (Özok,2006).

İsrafın olmaması teknik etkinlik kavramı ile kendini göstermektedir. Diğer bir deyişle teknik etkinlik, girdi bileşiminin en verimli şekilde kullanılarak mümkün olan maksimum çıktıyı üretme başarısıdır.

Bu açıklamalara göre, teknik etkin olan KVB'lerin üretim sınırı üzerinde yer almaları gerektiği açıktır. Üretim sınırının altında kalan KVB'lerin görel olarak kaynaklarını israf ettikleri ifade edilebilir. Bu durumda referans olarak verilen KVB'ler, üretim sınırını tanımlayan KVB'ler ve bunların doğrusal bileşiminden oluşan hipotetik KVB'lerdir (Kecek,2010: 46).

Şekil 2.2' de örnek olarak verilen A,B,C,E ve F KVB'leri üretim imkan kümesinin etkinlik sınırı üzerinde bulunduğu için teknik etkindirler. P ve D karar birimleri ise bu sınır üzerinde bulunmadıkları için teknik etkin olmamaktadır. Bu örnekte P karar verme birimi, B ile aynı miktarda girdi kullanmasına karşın B karar verme birimi daha fazla çıktı üretmektedir. Ayrıca P ile A KVB'leri aynı miktarda çıktı ürettiği halde, P bu çıktıya ulaşmak için daha fazla girdi kullanarak israf etmiştir. Bu değerlendirmeler, P'nin teknik etkinsiz olduğunu göstermektedir (Kecek,2010: 47).



Şekil 2.2. Teknik etkinlik ve verimlilik

Fiyat etkinliği: Fiyat etkinliği, girdi ve çıktı fiyatları göz önüne alınarak üretim maliyetini en küçük yapacak olan en uygun girdi kombinasyonunun seçilmesindeki başarıdır. Teknik etkinlikte fiyat bilgisine ihtiyaç duyulmazken, fiyat etkinliği bu bilgi üzerinden tanımlanmaktadır. Teknik etkinlik ve fiyat etkinliği birlikte toplam etkinliği tanımlamaktadır. Toplam etkinlik, teknik etkinlik ve fiyat etkinliğinin çarpımı şeklinde ifade edilir (Örkcü,2004).

Ölçek etkinliği: Teknik etkinliğin yanında başka bir performans göstergesi de ölçek etkinliğidir. Ölçek etkinliği, en verimli ölçek büyüklüğüne olan yakınlıktır. Şekil 2.2 incelendiğinde C ve D karar birimlerinin her ikisinin de ölçek etkin oldukları, fakat ikisinden sadece C' nin teknik etkin olduğu, D' nin ise teknik etkinsiz olduğu; A, B, E ve F karar birimlerinin teknik etkin olmalarına karşın ölçek etkin olmadıkları, P karar biriminin ne ölçek etkin ne de teknik etkin olduğu yorumu yapılır.

Ölçek etkinliği ölçeğe göre artan getiri, ölçeğe göre azalan getiri, ölçeğe göre sabit getiri ve ölçeğe göre değişken getiri olmak üzere dörde ayrılır. Bunları kısaca aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

- Ölçeğe göre artan getiri

F gözlemi incelendiğinde, her karar biriminin teknik etkinliğini korumak kaydıyla ölçeğini büyüttüğü zaman verimliliğin artacağı yorumu yapılabilir. Bu durum Ölçeğe Göre Artan Getiri (Increasing Return to Scale- IRS) olarak isimlendirilir.

- Ölçeğe göre azalan getiri

E karar birimi ise, teknik etkinliğini koruyarak ölçeğini küçülttüğü zaman verimliliğinde artış gözlenecektir. Bu durum Ölçeğe Göre Azalan Getiri (Decreasing Return to Scale- DRS) olarak isimlendirilir.

- Ölçeğe göre sabit getiri

Girdi bileşimindeki bir artışın çıktı bileşiminde aynı değerde bir artışa sahip olması ölçeğe göre sabit getiri (Constant Return to Scale- CRS) olarak adlandırılır.

- Ölçeğe göre değişen getiri

Üretim sınırında, ölçeğe göre artan, azalan ve sabit getiri aralıklarının birlikte bulunabileceğinin kabulü, ölçeğe göre değişken getiri (Variable Return to Scale- VRS) olarak tanımlanır.

2.6. Etkinlik Ölçme Yöntemleri

Performans ölçümü ile işletme etkin olmayan kaynaklarını görme şansına sahip olacak ve bu şekilde performansını artırma yoluna gidecektir. Performans ölçüm yöntemleri oran analizi, parametrelili yöntemler ve parametresiz yöntemler olmak üzere üç ana başlıkta toplanmaktadır.

Oran analizi: Etkinlik ölçümünde kullanılan yöntemlerden en basit ve yaygın olanıdır. Oran analizleri oldukça az bilgiye gereksinim duydukları için yaygın ve genellikle bir girdi ve bir çıktı ile sınırlandırılmış yapılarından dolayı oldukça dar kapsamlıdır (Özcan,2005). Oran analizi (ratio analysis) yaklaşımında her bir oran, performansla ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne alırken diğer boyutları göz ardı etmektedir (Depren,2008).

Oranların kullanılmasındaki diğer bir kısıt da; bir şeylerle karşılaştırmaya ihtiyaç duymalarıdır. Örneğin, oran ölçümü yapılan işletmede ya sayısal değerlerle ya kendi içeriğindekiyle ya da başka işletmelerin benzer değerleriyle ilişkilendirilirler. Oran analizi sonucunda bazıları, işletmenin son derece başarılı olduğunu, diğer taraftan bazıları da işletmenin son derece başarısız olduğu sonucunu vermektedir. Bu dengesizliğin giderilmesi için, tekil oranların tek boyutluluğunu dengeleyen “genişletilmiş” oran kümeleri geliştirilmişse de bunlar tek boyutlu yapıdan kurtulamamıştır. Bu nedenle, performans ölçümü çalışmalarında değişik oranların en uygun biçimde ağırlıklandırılarak tek bir ölçütün türetilmesine gereksinim vardır (Doğan, 2006).

Oran analizi, genel performans ölçümünde birçok yetersizlikleri olmasına karşın tek girdili ve tek çıktılı durumlar için basitliği ve sadeliği nedeniyle en uygun değerlendirme yöntemi olarak görülebilir. Ancak oran analizindeki oranlama, göreceli de olsa en iyiye göre değil, var olan değerlerin birbirine bölümüyle elde edilir. Bu ise, bir performans iyileştirilmesine yönelik bir teknik değil, yalnızca bir durum belirlemesidir (Depren, 2008).

Parametrelî yöntemler: Bu yöntemlerde, etkinlik ölçümü gerçekleştirilecek olan endüstri dalına ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayımı yapılır ve bu fonksiyonun parametrelerinin belirlenmesine çalışılır. Performans ile ilgili çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanılan “Cobb-Douglas” tipi üretim fonksiyonuna ilişkin parametrelerin belirlenmesi bu tür yöntemlere örnek gösterilebilir (Sarica,2007). Parametrelî yöntemlerde genel olarak regresyon analizi ile tahmin yapılırken, üretim fonksiyonu çoğunlukla tek çıktı ile birçok girdiyi ilişkilendirerek tanımlamaktadır. Regresyon analizi, birçok girdi ile çıktıyı modelleyebildiğinden oran analizinden daha üstün ve kapsamlıdır. Etkinlik analizinde, regresyon analizi, girdi düzeylerinin bir fonksiyonu olarak karar verme biriminin çıktı düzeyinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Regresyon analizi ile performans değerlendirmesi regresyon doğrusuna göre yapılmaktadır. Regresyon doğrusunun üzerinde KVB göreceli olarak verimli, altında kalan karar birimleri ise verimsiz olarak değerlendirilmektedir. Göreceli teknik verimlilik, regresyon analizi sonuçlarında ortaya çıkan artık değerlerle

yansıtılmaktadır. Pozitif artık değerler verimliliği, negatif artık değerler ise verimsiz karar birimlerini tanımlamaktadır (Sarica, 2007).

İkiden fazla değişkenle değerlendirme yapabilme bakımından oran analizine göre daha kapsamlı ve daha gerçekçi olan regresyon tekniğiyle ölçüm yapmanın da bazı sakıncaları vardır. Parametrik yöntemlerde, ölçüm hatalarının kolayca saptanmasına imkan veren rassal hataların var olması, bu yöntemi diğerlerinden daha avantajlı hale getirir. Bunun yanında, rassal hata ve etkin olmamanın ayırt edilmesi de zordur. Parametrik yöntemler bu ayrımı yapmak için kullandıkları dağılım varsayımıyla birbirinden ayrılırlar. Böylece parametrik yöntemlerde etkinlik sınırından sapmaların, rassal hata ve etkin olmama gibi iki unsurdan oluştuğu ve bu iki bileşenin birbirinden ayırt edilebilmesinin büyük önem taşıdığı ortaya çıkar. İşte bu ayrımı yapmak için kullandıkları varsayım dağılımlarına göre üçe ayrılırlar (Özsoy, 2012). Bunlar aşağıdaki biçimde sıralanabilir.

- Stokastik Sınır Yaklaşımı (Stochastic frontier approach- SFA)
- Serbest Dağılım Yaklaşımı (Distribution free approach- DFA)
- Kalın Sınır Yaklaşımı (Thick frontier approach- TFA)

Parametresiz yöntemler: Parametrik olmayan ölçüm yaklaşımları, ilk olarak Farell (1957) ve Fieldhouse(1962) tarafından kullanılmış olup, analitik bir fonksiyonu esas almazlar. Parametrik olmayan yöntemler matematiksel programlamaya dayalı yöntemler (çoğunlukla doğrusal programlama) kullanarak etkinlik sınırına olan uzaklığı ölçmeye çalışırlar (Kecek,2010:53).

Bu yöntemler, parametrik yöntemlerde olduğu gibi üretim biriminin yapısı ile ilgili varsayımlara girmek zorunda olmadıkları için, parametrik yöntemlere göre daha esneklerdir. Ayrıca, söz konusu yöntemler çok girdili ve çok çıktılı üretim ortamlarında etkinlik ölçümü için uygundur. Parametrik olmayan yöntemlerde genellikle girdi ve çıktıların ölçü birimleri birbirinden farklı olabilmektedir. Bu nedenle, işletmelerin farklı boyutlarının aynı zamanda ölçülebilmesine olanak sağlamaktadırlar (Kecek,2010: 53). Bu etkinlik ölçüm yöntemleri, her bir karar verme birimi (KVB) için göreceli etkinliği hesaplarken amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı

en iyiler ve her bir karar verme birimi için en uygun amaç kümesini belirler (Sarica,2007).

Ancak her yöntemin olduğu gibi bu yöntemin de bazı kısıtları olduğu unutulmamalıdır. Bunların başında, parametrik olmayan etkinlik ölçütlerinin veri tabanına karşı son derece hassas olmalarıdır. Bu nedenle etkinlik ölçütlerinde kullanılan diğer istatistiki yöntemlerde olduğu gibi girdi ve çıktı verilerinin olabilecek hatalardan arındırılması için özen gösterilmelidir. Ayrıca, seçilen girdi ve çıktı bileşenlerinin üretim dönüşümünü iyi bir şekilde temsil edemediği durumlarda etkinlik ölçümü başarısız olmaktadır (Özsoy, 2012).

Parametrik olmayan yöntemler içerisinde en yaygın kullanılanlar, VZA (Data Envelopment Analysis) ve Serbest Atılabilir Zarf Modeli (Free Disposal Hull-FDH)'dir.

Veri zarflama analizi (VZA): VZA 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilmiştir. Üçüncü bölümde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

Serbest atılabilir zarf modeli: VZA'nın özel bir durumu olan bu model, VZA modelinin köşelerini birleştiren kenarları üretim kümesi içine almaz. Bunun yerine gözlem noktalarını kapsayan alan üretim kümesi içinde bulunmaktadır. Bu alana serbest atılabilir zarf adı verilir. Böylece, oluşturulan üretim kümesinin sınırı ile üretim kümesi elemanları arasındaki uzaklık, her faaliyetin göreceli olarak ne kadar etkin olduğunu ortaya koymaktadır. Etkin olmayan üretim birimleri, etkin üretim birimlerinin egemenliği altındadır. Burada egemenlik daha az girdi ile daha çok üretim yapma yetisi olarak anlaşılmalıdır (Kecek,2010: 53).

2.7. Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Modellerin birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri vardır. Her model kendi içinde tutarlı olduğu halde ölçümü yapılan birim için anlamsız olabilmektedir. Burada asıl üzerinde durulması gereken konu ölçülmek istenen duruma karşı en uygun modelin seçilmesidir (Depren,2008). Çizelge 2.1' de etkinlik ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması yapılmaktadır.

Çizelge 2.1. Etkinlik ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması (Özcan,2005)

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

3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

3.1. Veri Zarflama Analizi Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

VZA, birden çok ve farklı ölçeklerle ölçülmüş girdi ve çıktıların karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar verme birimlerinin görelî performanslarını ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir.

İngilizce literatürdeki adı “Data Envelopment Analysis (DEA)” olan Veri Zarflama Analizi, doğrusal programlama teorisinin prensiplerine dayanan ve karar verme birimlerinin (KVB) görelî verimliliğini tahmin etmek amacıyla tasarlanmış olan parametrik olmayan bir yöntemdir. VZA’ da “Karar Verme Birimi” teriminin anlamı, bazı girdileri bazı çıktılarına dönüştürmekten sorumlu işletme ya da ekonomik kuruluşlardır. Bu tanım içerisine şirketler, organizasyonlar, şirket içi departmanlar, ülkeler vb. girebilir (Depren,2008).

VZA’ nın kullanılabilmesi için öncelikle aynı kararların uygulandığı ve benzer organizasyona sahip olan KVB’nin seçilmesi gerekmektedir. KVB’nin etkinliğinin ölçülebilmesi için bu birimlere ait girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmelidir. VZA modelinin ayrıştırma yeteneğinin çok olabilmesi için girdi ve çıktı sayısının çok olması arzulanır. Bu nedenle mümkün olduğunca çok sayıda girdi ve çıktı elemanı seçilmelidir. Ancak, seçilen girdi ve çıktı elemanlarının her karar verme birimi için kullanılması gerekmektedir. Değerlendirmeye alınan karar verme birim sayısı, araştırmanın güvenilirliği açısından, seçilen girdi sayısı m , çıktı sayısı s olarak ifade edildiğinde $m+s+1$ adet ya da girdi ve çıktı sayılarının toplamının en az 2 katı olmalıdır (Boussufiance vd.,1991).

VZA herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten en iyi gözlemleri belirler ve söz konusu sınır referans kabul edilip etkin olmayan karar birimlerinin bu sınıra olan uzaklıklarını radyal olarak ölçer.

VZA tekniğinde KVB'leri, gözlem grubu içerisinde optimal girdi bileşimiyle elde edilebilecek en yüksek üretim miktarlarının oluşturduğu etkinlik sınırında yer alan KVB'lere göre değerlendirilmektedir. KVB'nin bir çıktı setini oluşturmak için kaynakları ne kadar etkin kullandığını ölçmeyi amaçlayan VZA'da en iyi performans gösteren KVB'nin etkinlik skoru %100 iken diğer KVB'lerinin etkinlik skoru 0 ve 100 arasında değişmektedir. Etkinlik değeri %100 yani "1" ise o KVB "etkin"dir. 1'den farklı ise "etkin değil"dir. Etkin olmayan KVB'ler referans kümesindeki etkin karar verme birimlerine göre değerlendirilerek etkin hale getirilebilir.

VZA yöntemi, birden fazla girdili ve birden fazla çıktı KVB'leri fonksiyonel bir yapıya gerek duymadan aynı anda değerlendirilebilir ve etkin olmayan KVB'lerini ayrılabilir. Ayrıca etkin KVB'leri içerisinden etkin olmayan KVB'ler için referans kümeleri belirleyebilmektedir. Dolayısıyla VZA yönteminde etkinlik sınırı varsayılan bir durum değil, gerçekleşen bir durumdur. Eğer bir KVB etkin değilse, VZA yöntemi bu birimin etkinliğini artırabilmek için gerekli olan stratejileri etkin KVB'lerine referans vererek önerir. Bu bilgiler ışığında işletme yönetimi, etkin olmayan KVB'nin hangi girdileri gereğinden ne kadar fazla kullandığını, hangi çıktılar açısından ne ölçüde yetersiz üretim yaptığı ve etkin olması için ne yapması gerektiği hakkında değerlendirme yapabilir (Özsoy, 2012).

VZA, 1951 yılında Debreu tarafından yapılan çalışmaya kadar dayanmaktadır (Kecek,2010: 56).

VZA'nın hikayesi Carnegie Mellon Üniversitesinin Şehir ve Halk ilişkileri okulunda Edwardo Rhodes'in doktora tezi ile başlar. W.W.Cooper danışmanlığı altında Edwardo Rhodes, federal hükümetin desteğiyle Amerika'da devlet okullarına devam eden (çoğunlukla siyah ve İspanyol) dezavantajlı öğrenciler için olan Program Follow Through eğitim programını değerlendiriyordu. Program Follow Through'a katılan ve katılmayan eşleştirilmiş bir takım okul gruplarının performansını karşılaştırmayı içermekteydi. Burada 70 tane okulun göreceli teknik verimliliğini fiyatları göz ardı ederek çoklu girdi ve çıktılarla tahmin etme arzusu, CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) formülasyonu olarak bilinen VZA oransal

formülünü doğurmuş ve VZA'yı ilk duyuran çalışma olarak European Journal of Operations Research' de 1978'de yayınlanmıştır (Kaygın,2006).

Çok boyutlu ve parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemi olarak VZA ilk kez, Farrell'in 1957 yılında ortaya koyduğu çalışmadan yola çıkarak 1978 yılında Charnes, Cooper, Rhodes tarafından literatüre CCR modeliyle giren çalışmayla başlamıştır. Bu çalışmada Charnes, Cooper, Rhodes ölçeğe göre sabit getiri (Constant Return to Scale: CRS) durumunu varsaymaktadırlar. Daha sonra, Banker, Charnes, Cooper çalışmalarında ölçeğe göre değişken getiri (Variable Return to Scale: VRS) durumunu ele almışlardır. Bu da literatüre BCC modeli olarak girmiştir. CCR ve BCC modellerinin her biri için girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere iki ayrı biçim kurulmuştur. Bu durum VZA uygulanarak çözülen problemlerin sonuçlarını ve yorumlama kabiliyetini arttırdığı gibi uygulama sahasını da genişletmiştir (Sarıca,2007).

3.2. VZA Terimleri

VZA' da kullanılan temel terimler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Girdi ve Çıktı (Input and Output): Bir organizasyonda, hizmetlerin yerine getirilebilmesi için; personel, tüketilebilen kaynak, sermaye, nakit gibi üretim sürecine sokulan faktörlerin her birine girdi, bu üretim sürecinin sonunda elde edilen ürün veya hizmete ise çıktı denir (Aslankaraoğlu,2006).

Karar verme birimi (Decision Making Unit): VZA'da birbirine benzeyen girdiler yardımcı ile birbirine benzeyen çıktılar üreten işletme, kurum, firma, şirket gibi görece etkinliği incelenen organizasyonel birimlere denir (Aydemir,2002).

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

Etkinlik değeri (Efficiency Score): VZA, her KVB için bir etkinlik değeri türetir. Bu skor 0 ve 1 arasındadır. %100 skora sahip KVB etkindir. %100'den daha küçük değer alan birimler ise etkin değildir.

Homojenlik (Homogeneous): VZA çalışmaları homojen karar birimleri kümesini gerektirmektedir. Homojenlik, birimler arasında benzerlik derecesini ifade eder.

Etkin birim (Efficient Unit): Etkin birim, analizlerdeki diğer KVB'ler tarafından başarılan gerçek performansla karşılaştırıldığında, aynı çıktıları daha az girdilerle üretebilen ya da daha yüksek seviyedeki çıktıları aynı miktardaki girdilerle üretebilen KVB'ler olarak tanımlanmaktadır.

Girdi enküçükleme (Input Minimization): Belirli çıktıların üretiminde kullanılan girdi miktarını küçültmeye çalışan analizlerde VZA adaptasyonuna girdi en küçükleme denir (Özsoy, 2012).

Çıktı enbüyükleme (Output Maximization): Çıktı enbüyükleme, belirli girdi miktarıyla en fazla çıktı üretmeye çalışan analizlerde adapte edilmiş VZA'dır (Özsoy, 2012).

Referans katkısı (Reference Contribution): Bir birim için verimlilik değerinin hesaplanmasına, referans birim katkısının derecesini belirtmesinde kullanılan bir terimdir (Bektaş,2007).

Bolluk (Slack): Bolluk, az üretim çıktısını ya da fazla girdi kullanımını gösterir. Etkin olmayan karar birimini etkin hale getirmek için gerekli iyileştirmeyi gösterir. Bu iyileştirmeler girdi ve çıktıdaki artış ya da azalma şeklinde olabilir (Ulutaş,2006).

Hedefler (Targets): Etkin olmayan karar biriminin etkin olabilmesi için girdi ve çıktı değerlerinin gerekli düzenlemeleri ifade etmektedir (Ulutaş,2006).

Değişken (Variable): KVB'lerinin işlemindeki önemini belirten girdi ve çıktı faktörleridir. Örneğin çalışan sayısı, satışlar, kira, kullanılan alan gibi girdi ve çıktı

sınıflandırması ölçülen sürece ve KVB'lerin ölçülmesine karşı olan hedeflere bağlıdır (Özsoy, 2012).

Sanal girdi ve çıktılar (Virtual Input/ Output): Sanal girdiler, girdi değerini, asıl (primal) model çözümü olarak verilen karar birimi için karşılık gelen optimal ağırlıkla çarparak bulunur. Sanal girdi ve çıktılar her faktör için öngörülen değerin derecesini belirtir. Her karar biriminin sanal girdilerinin toplamı, girdiye yönelik modellerde daima 1'e eşittir. Sanal çıktılarının toplamı ise birimin verimlilik skorunu gösterir (Ulutaş,2006).

3.3. VZA Kullanım Amaçları

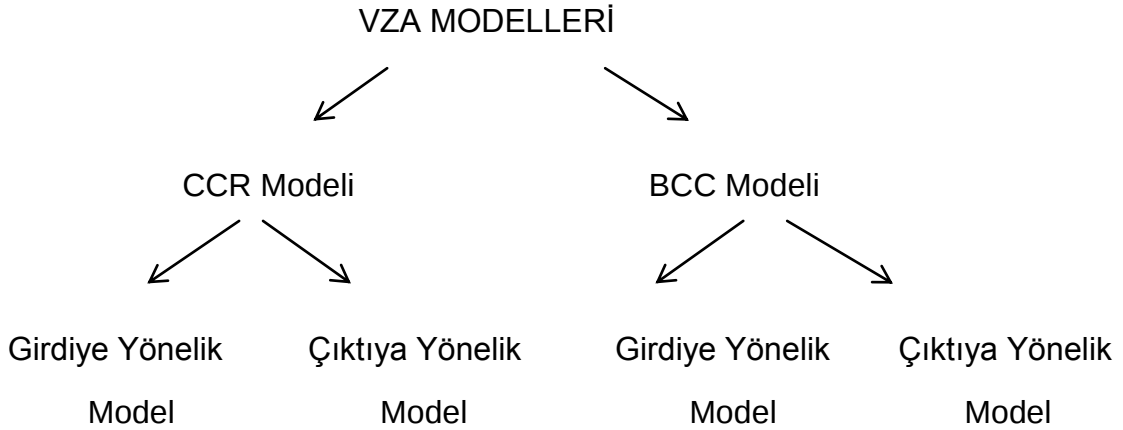
VZA'nın çok sayıda kullanım amacı vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz. Karşılaştırılan birimlerin her biri için girdi-çıktı boyutlarından herhangi birinde görece etkinsizliğin kaynaklarının ve miktarlarının belirlenmesi, etkinliğe göre birimlerin sınıflandırılması, karşılaştırılan birimlerin yönetimlerinin değerlendirilmesi, birimlerin kontrolleri dışındaki program ve politikaların verimliliklerini değerlendirmesi ve program etkinsizliği ile yönetsel etkinsizliğin ayırt edilmesi, değerlendirme altındaki birimler için kaynakların yeniden atanması amacıyla niceliksel bir temel oluşturulmasıdır. Bu yeniden atama politikalarının genel amacı, sınırlı kaynakları istenilen çıktıları üretmekte daha etkin kullanılabilecek birimler arasında değiştirmektir. Birimler arasındaki karşılaştırma ile doğrudan doğruya ilişkili olmayan amaçlar için etkin birimlerin ya da etkin girdi-çıktı ilişkilerinin belirlenmesi, spesifik girdi-çıktı ilişkileri için yürürlükteki standartların gerçekleşen performansa göre incelenmesi ve gözden geçirilmesi ve önceki çalışmalardaki sonuçların karşılaştırılmasıdır (Altun, 2006).

3.4. Veri Zarflama Analizi Modelleri

VZA'da birçok model oluşturulmuştur ancak hepsinin esas aldığı modeller CCR ve BCC modelleridir. VZA ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmaktadır(CRS) ve bu varsayım altında geliştirilen model CCR modelidir. Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978'de geliştirilmiştir. Daha sonra Banker, Charnes ve Cooper

(1984) tarafından ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında değiştirilmiştir ve BCC modeli olarak adlandırılmıştır.

Hem CCR hem de BCC modeli iki grupta incelenebilmektedir. Bunlar girdi yönlü (input oriented) ve çıktı yönlü (output oriented) modellerdir. Girdiye yönelik modellerde çıktılar sabit tutularak girdiler en aza indirilmeye çalışılırken çıktı yönlü modellerde ise kullanılan girdiler ile maksimum çıktı elde edilmeye çalışılır.



Şekil 3.1. VZA Modelleri

Etkinlik analizinde tüm modellerin ortak yanı, hangi KVB'lerin etkinlik sınırını oluşturduklarını, böylece etkinlik sınırının oluşturulmasıyla, etkin ve etkin olmayan KVB'lerin tespit edilmesidir. Modeller arasındaki fark, kullanılan modele göre bu yüzeyin geometrisinde ortaya çıkmaktadır. Sınırın oluşturulmasıyla birlikte sınırın altında kalan etkin olmayan KVB'ler için kullanılmayan kaynaklar tanımlanabilir.

En çok kullanılan etkinlik analizi modeli CCR modelidir. VZA yönteminde etkinlik ölçümünde kullanılan çeşitli modeller, etkinliğin çıktılarının ağırlıklı toplamının, girdilerin ağırlıklı toplamına oranı olarak ölçüldüğü oran modelinden türetilir.

$$\max_{u_r, v_i} \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{i0}} \quad (3.1)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1$$

$$u, v \geq 0.$$

Burada u_r ve v_i sırasıyla girdi ve çıktı ağırlıklarını göstermektedir. $\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0}$ çıktı toplamını, $\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}$ girdi toplamını göstermektedir. *Çıktı/ girdi* oranının 1 olması karar verme biriminin etkin olduğunu gösterir.

3.4.1. Charnes Cooper Rhodes (CCR) modeli

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında geliştirilen CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmaktadır. CCR modeli girdi yönlü ve çıktı yönlü olmak üzere iki modele ayrılır.

Girdi yönlü CCR modelinde θ^* etkinlik skoru olmak üzere;

- $\theta^*=1$ ise ve artıklar sıfırsa bu karar verme birimi etkindir.
- $\theta^* < 1$ ise bu karar verme birimi etkin değildir.

Çıktı yönlü CCR modelinde ise;

- $\theta^*=1$ ise ve artıklar sıfırsa bu karar verme birimi etkindir.
- $\theta^* > 1$ ise bu karar verme birimi etkin değildir.

Girdileri çıktılarıya dönüştüren n tane karar verme birimi olduğunda; her karar verme birimi için girdi ve çıktı çoklukları değişmekle birlikte, kullanılan girdi ve üretilen çıktı sayısı aynıdır. Matematiksel gösterimle j. karar verme birimi s boyutlu çıktı vektörü $Y_{rj}(r=1,2,...,s)$ üretmek için m boyutlu girdi vektörü X_{mi} kullanılır (Bektaş,2007).

Girdi ve çıktı değişkenleriyle ilişkilendirilen etkinlik ölçüsü; çıktıların ağırlıklı toplamının girdilerin ağırlıklı toplamına oranlanması ile bulunur.

(3.1) ifadesi ile tanımlanan model uygundur fakat hesaplama açısından bazı güçlükler içerir.

Girdi yönlü CCR primal modeli;

Girdi yönlü CCR modeli primal formu aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\begin{aligned}
 E_k &= \max_{u_r, v_i} \sum_{r=1}^s u_r Y_{r0} \\
 \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} &\leq 0 \\
 u, v &\geq 0.
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Model notasyonları;

E_k : k. KVB'nin etkinlik değeri

u_r : k. KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık

v_i : k. KVB tarafından i. girdiye verilen ağırlık

Y_{rj} : j. KVB tarafından üretilen r.çıkıtı,

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

$i = 1, 2, \dots, m$ (girdi sayısı),

$r = 1, 2, \dots, s$ (çıkıtı sayısı),

$j = 1, 2, \dots, n$ (KVB sayısı) olarak tanımlanmaktadır.

Modelin çözümü sonucunda analiz edilen karar verme birimlerinden etkinlik değeri 1 olanların etkin, 1'den küçük olanların ise etkin olmadığı görülür. Etkin olmayan karar birimleri de referans aldıkları KVB'ne benzetilerek etkin hale getirilir.

Girdi yönlü dual CCR modeli

Girdiye yönelik CCR modeli dual formu ise denklem (3.3) de verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 E_k &= \min_{\theta, \lambda, S_r^+, S_i^-} \theta - \varepsilon \sum_{r=1}^s S_r^+ - \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- \\
 \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - S_r^+ &= Y_{r0} \\
 \theta X_{i0} - \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j - S_i^- &= 0 \\
 \lambda, S_r^+, S_i^- &\geq 0 \\
 \varepsilon &> 0
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

Girdi yönlü dual CCR modeli notasyonları aşağıda verilmiştir.

E_k : k. KVB'nin etkinlik değeri

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

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

ε : yeterince küçük pozitif bir sayı,

θ : büzülme katsayısı (Çıktı miktarında bir değişiklik yapmadan girdi miktarının ne kadar azaltılabileceğini gösterir.),

λ_j : girdi ve çıktılara atanan ağırlık vektörü,

S_i^- : k. KVB' nin i.girdisine ait artık değişken,

S_r^+ : k. KVB' nin r. çıktısına ait artık değişken,

$i = 1, 2, \dots, m$ (girdi sayısı),

$r = 1, 2, \dots, s$ (çıktı sayısı),

$j = 1, 2, \dots, n$ (KVB sayısı)

Yukarıdaki etkinlik şartlarının sağlanması durumunda karar verme birimi etkindir. Tersine bu şartlardan biri veya her ikisi sağlanmadığında KVB etkin değildir denir. θ^* ve aylak değişkenler üzerindeki şartlar performans azlığını ve kaynağını belirler. Eğer bir karar vericinin hesaplanan herhangi bir S^+ değeri sıfırdan farklıysa karar birimi için ilgili çıktıyı artırarak etkin duruma ulaşabileceği, benzer olarak S^- değeri sıfırdan farklıysa karar birimi için ilgili girdiyi azaltarak etkin duruma ulaşabileceği söylenir (Bektaş,2007).

Bazı durumlarda problemin çözümünde $\theta_o^* = 1$ olmasına rağmen, aylak değişkenlerin sıfır olması koşulu sağlanmayabilir. Bir ya da daha fazla aylak değişken sıfırdan farklı olabilir. Genellikle, incelenen karar verme biriminin bir ya da birkaç girdisinin çok az kullanılması veya birkaç çıktısının çok fazla üretilmesi nedeniyle ilgili girdi ya da çıktıları yüksek ağırlık atanması sonucunda ortaya çıkabilen bu gibi durumlardaki karar verme birimlerine zayıf etkin (weakly efficient) adı verilir (Örkcü,2004).

Çıktı yönlü CCR modelinin primal ve dual yapısı sırasıyla gösterilmiştir;

Çıktı yönlü CCR primal model

Çıktıya yönelik CCR modeli, herhangi bir girdi miktarını daha fazla arttırmadan çıktıları enbüyüklemeye çalışmaktadır. Çıktıya yönelik CCR modelinin primal yapısı model (3.4)' teki gibidir.

$$E_k = \min_{u_r, v_i} \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} \quad (3.4)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0} = 1$$

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

$$u, v \geq \varepsilon$$

Çıktı yönlü primal modelinin notasyonları,

E_k : k. KVB'nin etkinlik değeri

u_r : k. KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık

v_i : k. KVB tarafından i. girdiye verilen ağırlık

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

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

$i = 1, 2, \dots, m$ (girdi sayısı),

$r = 1, 2, \dots, s$ (çıktı sayısı),

$j = 1, 2, \dots, n$ (KVB sayısı) olarak tanımlanmaktadır.

Çıktı yönlü CCR dual model

Çıktıya yönelik CCR modelinin dual formu ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$E_k = \min_{\phi, \lambda, S_r^+, S_i^-} \phi + \varepsilon \sum_{r=1}^s S_r^+ + \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^-$$

$$\phi Y_{r0} - \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j + S_r^+ = 0 \quad (3.5)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + S_i^- = X_{i0}$$

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

$$\varepsilon > 0$$

Model (3.5) teki notasyonları aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz.

E_k : k. KVB'nin etkinlik değeri

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

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

ε : yeterince küçük pozitif bir sayı,

Φ : Genişleme katsayısı(girdi miktarında bir değişiklik yapmadan çıktı miktarının ne kadar arttırılabileceğini gösterir.),

λ_j : girdi ve çıktılarına atanan ağırlık vektörü,

S_i^- : k. KVB' nin i. girdisine ait artık değişken,

S_r^+ : k. KVB' nin r.çıkıtısına ait artık değişken,

$i = 1,2,...,m$ (girdi sayısı),

$r = 1,2,...,s$ (çıkıtı sayısı).

Dual modelde ilgili KVB' nin girdilerinin ağırlıklı toplamının minimum yapılması amaçlanmaktadır. Karar vericinin çıktılarının ağırlıklı toplamı 1'e eşitlenmektedir. Ayrıca her KVB için ağırlıklı çıktı toplamlarının, ağırlıklı girdi toplamlarından küçük olması bir diğer şarttır. Bu şarta göre etkinlik değeri hesaplanmak istenen KVB' nin girdilerinin ağırlıklı toplamı minimum 1 olmaktadır. Böylece etkin bir karar verici için etkinlik değeri 1, etkin olmayan bir karar verici için bu değer 1'den büyük olmaktadır.

3.4.2. Banker Charnes Cooper (BCC) modeli

Banker, Charnes ve Cooper (1984) CCR modeline ölçeğe göre değişken getiri varsayımını ekleyerek BCC modelinin geliştirmişlerdir. BCC modeli ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanmaktadır, girdi yönlü ve çıktı yönlü BCC modeli olarak ikiye ayrılmaktadır.

Girdi yönlü BCC modelinde θ^* etkinlik skoru olmak üzere;

- $\theta^*=1$ ise ve artıklar sıfırsa bu karar verme birimi etkindir.
- $\theta^* < 1$ ise bu karar verme birimi etkin değildir.

Çıkıtı yönlü BCC modelinde ise;

- $\theta^*=1$ ise ve artıklar sıfırsa bu karar verme birimi etkindir.
- $\theta^* > 1$ ise bu karar verme birimi etkin değildir.

Girdi yönlü BCC primal model

Girdiye yönelik BCC modelinin primal formu model (3.6)' da verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 E_k &= \max_{u_r, v_i, U_0} \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} + U_0 \\
 \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} + U_0 &\leq 0 \\
 u_r, v_i &\geq \varepsilon \\
 U_0 &\text{ serbest}
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

Model notasyonları ise;

E_k : k. KVB'nin etkinlik değeri

u_r : k. KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık

v_i : k. KVB tarafından i. girdiye verilen ağırlık

Y_{rk} : k. KVB tarafından üretilen r. çıktı

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

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

ε : yeterince küçük pozitif bir sayı,

$i = 1, 2, \dots, m$ (girdi sayısı),

$r = 1, 2, \dots, s$ (çıktı sayısı),

$j = 1, 2, \dots, n$ (KVB sayısı) olarak tanımlanmaktadır.

Girdi yönlü BCC dual model

BCC modelinin dual formu ise model (3.7)'deki gibi ifade edilebilir;

$$\begin{aligned}
 E_k &= \min_{\theta, \lambda, S_r^+, S_i^-} \theta - \varepsilon \sum_{r=1}^s S_r^+ - \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- \\
 \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - S_r^+ &= Y_{r0} \\
 \theta X_{i0} - \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j - S_i^- &= 0 \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\
 \lambda_j, S_r^+, S_i^- &\geq 0
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

Model (3.7) 'nin notasyonları ise aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

E_k : k. KVB'nin etkinlik değeri

Y_{rk} : k. KVB tarafından üretilen r. çıktı

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

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

ε : yeterince küçük pozitif bir sayı,

θ : büzülme katsayısı (Çıktı miktarında bir değişiklik yapmadan girdi miktarının ne kadar azaltılabileceğini gösterir.),

λ_j : girdi ve çıktılarına atanan ağırlık vektörü,

S_i^- : k. KVB' nin i. girdisine ait artık değişken,

S_r^+ : k. KVB' nin r. çıktısına ait artık değişken,

i = 1,2,...,m (girdi sayısı),

r =1,2,...,s (çıktı sayısı),

j =1,2,...,n (KVB sayısı).

Modeller CCR modellerine oldukça benzemektedir. Ancak primal ve dual model için şu farklar mevcuttur. Primal modelde λ 'ların toplamının 1'e eşit olması kısıtı eklenmiştir. Dual modelde ise yeni bir U_0 değişkeni eklenmiştir. Bunlarla beraber etkinlik sınırının yapısı değişmiştir. Etkinlik doğrusu orjinden geçmek zorunda değildir.

Çıktı yönlü BCC modellerinde CCR modellerine göre yine aynı farklar mevcuttur. Çıktı yönlü primal BCC modelinde λ 'ların toplamının 1'e eşit olması kısıtı eklenmiştir. Dual modelde ise yeni bir v_0 değişkeni eklenmiştir. Modellerin diğer değişkenler açısından farklı bir yorumu yoktur.

3.5. Etkinlik Analizi Uygulama Aşamaları

VZA' nın uygulanabilmesi için gerekli olan adımlar vardır. Bunlar, karar verme birimlerinin seçilmesi, girdi ve çıktıların belirlenmesi, verilerin elde edilirliliği ve güvenilirliğidir. Tüm bunlar elde edildikten sonra VZA ile görelilik etkinliği ölçümü yapılır ve etkinlik değerleri elde edilir. Etkin olmayan KVB için ise hedef değeri belirlenir ve son olarak analiz sonuçları değerlendirilir. Bu aşamalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Karar verme birimlerinin seçilmesi: VZA, gözlemlenen girdi ve çıktıları dayanarak, örnekleme ya da gözlem kümesinde yer alan karar birimlerinin etkinlik değerlerini hesaplamaktadır. Etkinlik değerlerini yorumlayabilmek için, özellikle amaçlanan çalışma için uygun karar biriminin ne olduğunu saptamak gerekir (Güzhan,2007). Benzer birimler arasında performansta farklılıklar olması doğaldır ve bunlar ölçülebilir. Aynı şartlar altında bile birimlerin yönetim biçimlerinde farklı karar vericiler tarafından yürütüldükleri için farklılıklar vardır. Bir yandan aralarındaki karşılaştırmanın anlamlı olacağı homojen bir birim kümesi ararken diğer yandan aralarındaki farklılıklar da belirlenebilmelidir (Örkcü,2004).

Karar verme birimlerinin seçiminde göz önünde tutulması gereken bazı hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Göz önüne alınan birimlerin aynı görevleri benzer amaçlarla yerine getirmeleri gerekir.
- Tüm birimler aynı “Pazar şartları” kümesi altında çalışmalıdırlar. (Bu konu özellikle okullar, ordu birimleri, hastaneler gibi kar amacı gütmeyen organizasyonların analizinde çok önemlidir)
- Gruptaki tüm birimlerin performansını karakterize eden faktörler (girdi ve çıktı) yoğunluk ve büyüklükteki farklar dışında aynı olmalıdır (Örkü,2004).

Aslankaraoğlu Ahn(1987)’ın belirlediği iki seçim prensibini aşağıdaki gibi özetlemiştir:

Bunlardan birincisi; her bir KVB, kullandığı kaynaklar ve ürettiği çıktılarından sorumlu bir birim olarak tanımlanmış olmalıdır. İkincisi ise etkinlik sınır tahminleme sonucunun anlamlı çıkabilmesi için örneklemede yer alan karar birimi sayısı yeterince büyük olmalıdır. Karar birimlerinin birbirlerine, yaptıkları üretim açısından yeterince benzer olmaları gereklidir (Aslankaraoğlu,2006).

Karar birimlerinin seçilmesinin yanında, karar verme birimlerinin sayısının belirlenmesi de önemlidir. Etkinlik sınırını belirlemekte kullanılacak yüksek performanslı birimlere ulaşma olasılığının artması için birim sayısının fazla olması istenir. Büyük bir birim kümesi, küme içerisindeki girdiler ve çıktılar arasındaki tipik ilişkileri daha kesin olarak belirlenmesine imkan sağlar. Birim sayısının artırılması daha fazla faktörü incelemeye dahil etmeyi mümkün kılar. Burada kullanılan bir kural, birim sayısının, girdi ve çıktı sayısının en az üç katı olmasıdır. Diğer yandan kümede incelenen birimlerin sayısı arttıkça genellikle kümenin homojenliği azalır ve bu da ilgilenilmeyen bazı dış faktörlerin sonuçları etkileme olasılığını artırmaktadır. VZA’ nın etkin birimleri ayırma gücünde girdi ve çıktı seçimi önemlidir.

Girdi ve çıktıların belirlenmesi: VZA’ da girdi ve çıktıların belirlenmesi çok önemlidir. Kullanılan girdi ve çıktılar modeldeki karar birimleri konusundaki karşılaştırmanın temelini oluşturduklarından dolayı büyük bir dikkatle seçilmelidir. Aynı karar verme birimi için kullanılan farklı girdi- çıktı bileşenleri farklı etkinlik

skorlarına sebep olabilir. Eğer modelde önemli bir değişken göz ardı edilirse, göz ardı edilen bu değişken etkin olarak kullanılan karar verme birimlerinin etkinliğini düşürecektir. Çok fazla girdi ve çıktı eklenmesi de doğru bir çözüm değildir. Çünkü girdi çıktı değişkeni sayısı arttıkça VZA' nın ayrışma yeteneği düşmektedir. Ayrıca girdi ve çıktı değişkenlerinin sayılarının artması karar verme birimlerinin sayısında da artış gerektirir. Sonuçta bir VZA 'ya dahil edilecek girdi ve çıktı sayısı olabildiğince küçük olmalı fakat incelenen karar verme birimlerinin gerçekleştirdiği üretimi de doğru olarak yansıtabilmelidir.

Verilerin elde edilirliliği ve güvenilirliği: VZA yaparken öncelikle girdi ve çıktılar tanımlanmalıdır. Bütün KVB için tanımlanan girdi ve çıktılar elde edilmelidir. Uygulamada verilere ulaşmak önemlidir bu durum girdi çıktı seçimini etkileyebilmektedir. Eğer belirlenen girdi ve çıktı verilerine ulaşamıyorsa girdi ve çıktılar elde edilebilecek şekilde değiştirilmelidir.

Verilerin elde edilmesi karar güvenilirliği de çok önemlidir. Doğru olmayan veriler yapılan analizi tartışmalı hale getirir.

VZA ile göreliliğin ölçümü : KVB ile girdi ve çıktılar belirlendikten sonra en uygun VZA modeli kullanılarak göreliliğin hesaplanabilir.

Etkinlik değerleri: Charnes ve Cooper, herhangi bir karar verme birimi için %100 etkinliğin ancak aşağıdaki durumlarda söz konusu olacağını belirtmişlerdir;

a) Hiçbir çıktısı aşağıdaki durumlar haricinde artırılmaz.

- Bir ya da birden fazla girdisinin artırılması veya
- Diğer çıktılardan bazılarının azaltılması.

b) Hiçbir girdisi aşağıdaki durumlar haricinde azaltılamaz.

- Çıktılardan bazılarının azaltılması veya
- Diğer bazı girdilerinin artırılması

- c) Herhangi bir KVB %100 görelî verimliliğe yalnızca, diğeri ilgili karar birimleri herhangi bir girdi ya da çıktının kullanımında verimsizliğe dair bir kanıt getirmiyorlarsa ulaşmış sayılır (Aslankaraoğlu,2006).

Böylece her bir karar verme birimi için 0 ve 1 arasında bir etkinlik değeri hesaplanır. Etkinlik değeri 1 olan birimler etkindir ve en iyi gözlem kümesini, aynı zamanda da etkinlik sınırını oluştururlar. Etkinlik değeri 1'den küçük olan karar verme birimleri görelî olarak etkin değildir. Etkin olmayan karar verme birimlerinin etkinlik sınırına olan uzaklığı bu birimlerin görelî etkinlik değerlerini ifade eder. En iyi gözlem kümesini oluşturan birimlerin etkinlik değerleri 1 olduğuna göre, göreceli olarak etkin olmayan birimlerin 1'den sapması görelî etkinsizlik ölçüsünü verecektir.

Etkin olmayan karar birimi için hedef değeri belirlenmesi: VZA' da karşılaştırma, gözlem kümesinde yer alan karar birimlerinin benzerliklerinden hareket eder. Yöntemin uygulanmasından elde edilen en büyük fayda, etkin olmayan karar birimlerinin performanslarını iyileştirebilmeleri için, elde edilebilir hedefler konulmasıdır. Söz konusu hedefler, genellikle, etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde yer alan etkin birimlerin bir ağırlıklı ortalamasıdır.

Hesaplamalarda elde edilen sonuçlar, etkin birimlerin elde edilebilir bir teknoloji kullandıkları kabulünü içerdiğinden, etkin olmayan birim için de ulaşılabilir kabul edilmektedir. Ancak pratikte bu her zaman mümkün olmaz. Etkin olmayan birimlerde fiziksel kısıtlar olabilir, ya da kontrol edilemeyen girdiler olabilir. Hedeflere doğru girişilen iyileştirme çabaları sonuçsuz kalabilir.

Sonuçların değerlendirilmesi: Yapılan analiz sonucunda çözümlemeye alınan karar verme birimleri etkinlik skorlarına göre sıralanır. Bu sıralama en yüksek skora sahip olandan en düşük skora sahip olana göre yapılır. Ancak etkin olan karar verme birimlerinin hepsi "1" değerini aldığı için bunların da kendi içlerinde sıralanması gerekmektedir. Bunun için de çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

3.6. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri

3.6.1. VZA' nın güçlü yönleri

VZA, verimsiz bir karar verme biriminin performansını, kümesindeki göreceli olarak verimli olan karar verme birimlerinin seviyesine çıkarmak için bir tek yol değil, alternatif yollar belirler. Burada karar verme birimine uygun iyileştirme yolunu seçmek, karar vericinin yargısı ve tecrübesi ile şekillenir.

VZA'nın uygulanması, özellikle karar vericilerin üretim sürecini, ilgili tüm girdi ve çıktıları tanımlamak suretiyle daha iyi tanımlarını sağlar.

VZA çalışmasında gereksinim duyulan veriler ve analiz sonuçlarını içerecek detaylı bir veri tabanı oluşturulabilir. Böylelikle konu ile ilgili belgeleme güçlenir.

VZA, girdi ve çıktı verilerinin rastlantısal bir mekanizma ile üretilmediğini, yani deterministik olduğunu varsaymaktadır. Bu sebepten dolayı parametrik olmayan ve verilerin belirli bir fonksiyonel dağılım kuralına uyması gibi bir varsayımı taşımayan bir yöntem olarak deterministik durumlar için daha avantajlı bir verimlilik analizi yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Verimlilik analizi, istatistiksel sınır tahminleme yöntemlerinin ortaya çıkardığı ortalama fonksiyonun yerine, en iyi gözlemlerce oluşturulan sınır fonksiyonuna göre yapıldığı için, belirlenen hedefler, en iyi performans gösteren birimler örnek alınarak yapılmaktadır. Bu da VZA ile yapılan verimlilik analizinin anlamını ve geçerliliğini güçlendirmektedir.

3.6.2. VZA' nın zayıf yönleri

VZA genel olarak fiziksel girdi ve çıktı ölçüleri ile test edildiğinden teknik girdi çıktı verimliliği ile sınırlıdır. Yöntemin yetenekleri çıktı ve girdilere (eğer mümkünse) göreceli fiyatlar veya öncelikli ağırlıklar atanarak güçlendirilebilir.

Kalitatif girdi ve çıktı ölçüleri sonuçları zayıflatabilmektedir.

İlgili girdi ve çıktıların üretim sürecini doğru olarak yansıtabilmesi, yöntemin sağlıklı sonuçlar vermesi açısından öneme sahiptir. Kritik bir girdi ya da çıktı inceleme dışı bırakıldığında yöntemin verdiği sonuçlar yanıltıcı ve yanlış olabilir.

VZA' da, gözlemlenen performansın en iyi performansla olan farkı, sadece verimsizliğe bağlanmakta ve uç gözlem noktaları için ölçüm hataları göz ardı edilmektedir. Dışsalılıkların göz ardı edilmesi yanıltıcı sonuçlar doğurabilir.

VZA modelleri, statik (durağan) ve tek zaman kesitinde değerlendirilen modellerdir. Gerçek hayatta ise karar verme birimlerinin bazı girdilerini çıktılarına dönüştürebilmesi bir periyottan daha uzun bir süre alacağından, üretim süreci dinamik bir özellik göstermektedir. Bu sebeple farklı periyotlardaki veriler için uygun indirgeme oranlarının kullanılması gerekecektir.

Başvuru grubuna dahil olan KVB' nin diğerlerine göre üstünlüğünün göreceli olması, bu birimlerin kendi başlarına değerlendirildiğinde de gerçekten verimli olup olmadıkları hakkında bir yorum yapılabilmesini güçleştirmektedir. Bu sebeple VZA verimlilik sonuçları, görecelilik çerçevesinde değerlendirilmelidir (Aydemir,2002).

3.7. Malmquist Toplam Faktör Verimlilik İndeksi

Malmquist toplam faktör verimliliği(Total Factor Productivity-TFP) indeksi iki gözlemin toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi ortak bir teknolojiye olan uzaklıkların oranı olarak ölçer. Bu ölçüm için “uzaklık fonksiyonu” kullanılmaktadır (Erden,2007). Caves ve diğerleri(1982) toplam faktör verimliliğinin zaman içindeki değişimini ölçmek için VZA temelli bir yöntem geliştirmişlerdir(Tsui ve diğerleri,2014). Bu fikri ilk ortaya atan Sten Malmquist olduğu için bu indeks Malmquist indeksi adını almıştır.

VZA statik bir analiz şekli olup, bir tek dönemdeki karar birimi verileri arasında bir kesit analizi yapar. VZA ile etkinliği saptanmış bir karar birimi daha sonraki dönemlerde etkinliğini yitirerek referans olma özelliğini de kaybedebilmektedir. Bu nedenle, zaman içinde etkinliğin nasıl gelişmekte olduğunu incelemek de önem

taşıır. Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi de zaman içinde verimliliğin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Aslankaraoğlu,2006).

Malmquist toplam faktör verimlilik indeksi bahsedilen avantajlarına ek olarak indeksi oluşturan iki bileşeni açıkça tanımlayabilmektedir. Bunlar karar biriminin etkin sınıra yaklaşma sürecinin bir değerlendirmesi olan etkinlik değişimi (Efficiency Change) ve etkin sınırın zaman içinde değişimini belirlemeye yönelik olarak oluşturulan teknik değişimdir (Technical Change) (Özok,2006).

Çıktıya göre uzaklık fonksiyonu x ile üretilebilecek mümkün y lerin kümesi S ile gösterilmek üzere,

$$D_0^S(x,y)=\min\{\delta: (y/\delta)\in S\} \quad (3.8)$$

olarak tanımlanmaktadır. Uzaklık fonksiyonu $D_0^S(x,y)$ 'nin alacağı değerler, y vektörü S sınırı (üretim sınırı) üzerinde ise 1; y vektörü S içinde teknik etkin olmayan bir noktayı tanımlıyorsa >1 ; ve y vektörü S dışındaki mümkün olmayan bir noktayı tanımlıyorsa <1 'dir (Kula v.d.,2009).

Fare ve diğerlerinin (1994) çalışmasında esas alınan t dönemi ve izleyen $t+1$ dönemi arasındaki çıktıya göre Malmquist TFV indeksi,

$$M_0(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \sqrt{\left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]} \quad (3.9)$$

olarak hesaplanır. Bu gösterimde $D_0^t(x^t, y^t)$, $t+1$ dönemi gözleminin t dönemi teknolojisinden olan uzaklığını ifade eder. m_0 fonksiyonunun değerinin 1'den büyük olması t döneminden $t+1$ dönemine TFV'de büyüme olduğunu, 1'den az olması ise aynı dönem içinde toplam faktör verimliliğinde azalma olduğunu ve 1 olması ise toplam faktör verimliliğinde bir değişme olmadığını göstermektedir.

Yukarıdaki denklem aşağıdaki şekilde de ifade edilebilir;

$$M_o(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \sqrt{\left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]} \quad (3.10)$$

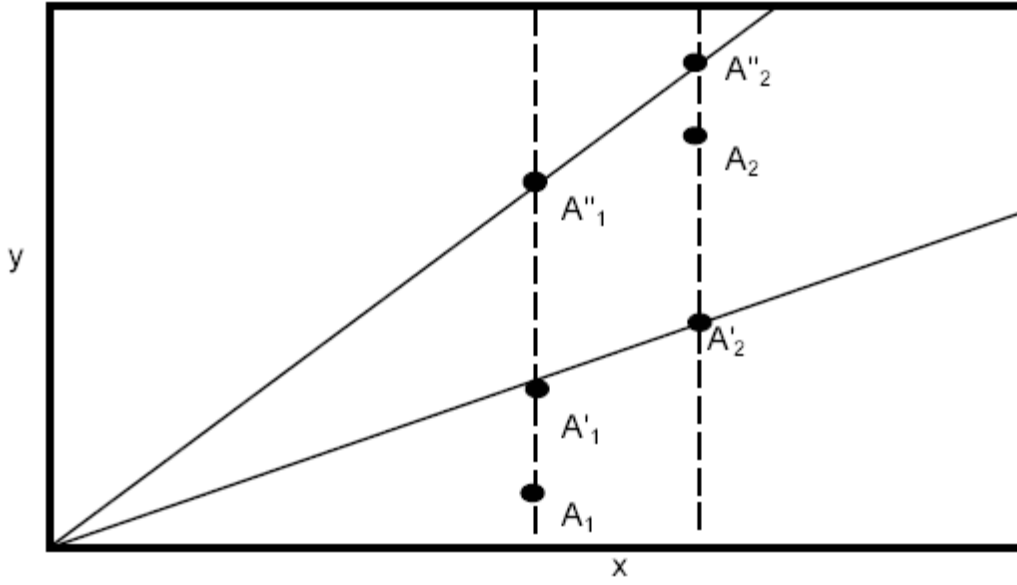
Yukarıdaki denklemde karekök dışında yer alan oran, dönem t ve dönem t+1 arasındaki çıktı eksenli teknik etkinlik değişiminin ölçüsüdür. Karekök içindeki ifade ise teknolojiye meydana gelen değişimin ölçüsüdür.

Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin teknik etkinlikteki değişmeye ve teknolojik değişmeye ayrıştırılması, her iki faktörün toplam faktör verimliliğine (TFV) olan katkısını belirlememize yardımcı olur. Böylece, yukarıdaki denklemi iki kısma ayırdığımızda etkinlikteki değişmeyi (ED) ve teknolojiye değişmeyi (TD) ayrı ayrı ölçebiliriz (Kula v.d.,2009).

$$\text{Etkinlikteki Değişme} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad (3.11)$$

$$\text{Teknolojik Değişme} = \sqrt{\left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]} \quad (3.12)$$

Burada, teknik etkinlikteki değişme karar birimlerinin etkin sınıra yaklaşma sürecinin bir değerlendirmesini verirken, teknolojiye değişme etkin sınırın zaman içindeki değişimini verir (Kula v.d.,2009).



Şekil 3.2. Etkinlik değişimi ve teknik değişme (Özok, 2006)

Şekil (3.2) incelendiğinde CRS varsayımı altında tek-girdi tek-çıkıtkı durumunda tek bir karar birimi A, incelenmiştir. s döneminde teknoloji I_1 altında karar birimi A'nın lokasyonu A_1 'dir. t dönemine gelindiğinde, teknoloji I_2 altında A'nın yeni lokasyonu A_2 olarak gözlenir. Bu durumda

$$\text{Etkinlik değişimi} = \frac{y_{A_2} / y_{A_2}''}{y_{A_1} / y_{A_1}'} \quad (3.13)$$

$$\text{Teknik değişme} = \left[\frac{y_{A_2} / y_{A_2}'}{y_{A_2} / y_{A_2}''} \times \frac{y_{A_1} / y_{A_1}'}{y_{A_1} / y_{A_1}''} \right]^{1/2} \quad (3.14)$$

Bir ampirik çalışmada ardışık iki dönem için hesaplama yapabilmek için dört uzaklık fonksiyonunun da bulunması gerekmektedir. Bu hesaplama ise matematiksel programlamayla veya ekonometrik tekniklerle gerçekleştirilebilir.

Malmquist TFV indeksi ile ilgili olarak kapsamlı bir tarama Fare vd. tarafından yapılmıştır (Özok, 2006).

Toplam faktör verimlilik indeksi içi kullanılan uzaklık fonksiyonlarının hesaplanmasında günümüzde en çok başvurulan yaklaşım olan, Fare ve diğerlerinin geliştirdiği, matematiksel programlama modelleri matris notasyonu ile aşağıda verilmiştir:

$$[d^t(y_t, x_t)]^{-1} = \max_{\Phi, \lambda} \Phi$$

$$-\Phi y_{it} + Y_t \lambda \geq 0$$

$$x_{it} - X_t \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$[d^s(y_s, x_s)]^{-1} = \max_{\Phi, \lambda} \Phi$$

$$-\Phi y_{is} + Y_s \lambda \geq 0$$

$$x_{is} - X_s \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$[d^t(y_s, x_s)]^{-1} = \max_{\Phi, \lambda} \Phi$$

$$-\Phi y_{is} + Y_t \lambda \geq 0$$

$$x_{is} - X_t \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$[d^s(y_t, x_t)]^{-1} = \max_{\Phi, \lambda} \Phi$$

$$-\Phi y_{it} + Y_s \lambda \geq 0$$

$$x_{it} - X_s \lambda \geq 0$$

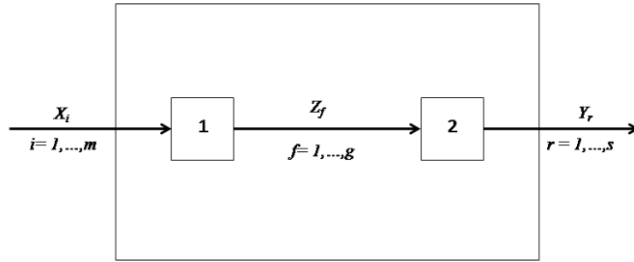
$$\lambda \geq 0$$

Yukarıda tanımlanan uzaklık değerlerinin tüm dönemler ve gözlemler için hesaplanabilmesi, n gözlem sayısını ve t dönem sayısını göstermek üzere, n(3t-2) tane doğrusal programlama modelinin çözümünü gerektirmektedir (Erden, 2007).

4. İKİ AŞAMALI VE ÇOKLU PERİYODLU VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİ

4.1. İki Aşamalı VZA Modeli

İki aşamalı üretim sistemlerine gerçek hayatta sıklıkla, girdilerin ilk işleme dışarıdan tedarik edildiği, ardından ikinci işleme son çıktıları üretmek için bazı orta ürünlerin üretildiği seriye bağlanmış iki aşamalı sistemin olduğu yerlerde karşılaşılr. Bu tip bir sistemin birçok uygulaması mevcuttur. Bu uygulamalara; Bangladeş'teki ticari bankalar (2013), ABD'de otomobil üreticilerinin sürdürülebilir tasarım performansı (2012), Çin'in sahil bölgelerinin gelişimi (2011), ABD havayolu şirketleri (2012), ABD'de ortak geçinen aileler (2012) örnek olarak verilebilir (Kao ve Hwang,2014).



Şekil 4.1. İki aşamalı üretim

Şekil (4.1) 'de iki aşamalı bir üretim sürecinin gösterimi yer almaktadır. n tane karar verme birimi vardır ve her bir KVB_j ($j=1,2,\dots,n$) birinci aşama için m tane girdiye X_{ik} ($i=1,2,\dots,m$) , ve q tane çıktıya Z_{fk} ($f=1,2,\dots,q$) sahiptir. Bu q tane çıktı orta ölçüme referans olup, ikinci aşama için girdi olmaktadır. İkinci aşamanın çıktısı Y_{rk} ($r=1,2,\dots,s$)'dir.

Daha önce verildiği gibi; X_{ik} , $i=1,2,\dots,m$ ve Y_{rk} ($r=1,2,\dots,s$) olmak üzere i tane girdi ve r tane çıktı için VZA modelinin etkinlik ölçümü, k. birim için ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında CCR modeli;

$$\begin{aligned} E_k &= \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} \\ \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} &= 1, \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0 \quad j=1, \dots, n,$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon \quad i=1, \dots, m, \quad r=1, \dots, s$$

şeklindedir.

E_k , k. KVB'nin görelî etkinliği olmak üzere $E_k = 1$ ise k. KVB etkindir eğer $E_k < 1$ ise k. KVB etkin değildir (Shahrudi vd.,2011).

E_k , k. KVB'nin görelî etkinliği iken birinci ve ikinci aşamanın etkinlikleri sırasıyla E_k^1 ve E_k^2 'dir.

Seiford ve Zhu'nun önerdiđi birinci ve ikinci aşama etkinlikleri model (4.2) ve model (4.3) ile verilmektedir.

$$\begin{aligned} E_k^1 &= \max \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} \\ \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} &= 1, \\ \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} &\leq 0 \quad j=1, \dots, n, \\ v_i, w_f &\geq \varepsilon \quad i=1, \dots, m, \quad f=1, \dots, q. \end{aligned} \tag{4.2}$$

v_i , i. Girdinin ağırlığı, w_p p. orta değer ağırlığını, X_{ik} k tane KVB için i. veri değerini ve Z_{fk} k tane KVB için f. orta veri değerini göstermektedir.

$$\begin{aligned} E_k^2 &= \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} \\ \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} &= 1, \\ \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} &\leq 0 \quad j=1, \dots, n, \\ u_r, w_f &\geq \varepsilon \quad i=1, \dots, m, \quad r=1, \dots, s. \end{aligned} \tag{4.3}$$

w_f f. orta değer ağırlığını, u_r r. çıktıya verilen ağırlık, Z_{fk} k tane KVB için f. orta değer veri değerini ve Y_{rk} k tane KVB için r. verinin çıktı değerini göstermektedir (Shahrudi v.d.,2011).

Kao ve Hwang'ın modeli ise şöyledir;

Kao ve Hwang (2008) j. KVB' nin tüm etkinliğini iki bireysel etkinliğin ürünü olarak $E_k = E_k^1 \times E_k^2$ şeklinde tanımlamıştır. $f=1,2,\dots,g$ için $w_f^1=w_f^2$ olduğunu varsaymışlardır (Wang ve Chin,2010). İki aşamalı VZA modelinin her bir KVB için iki aşama ölçümleri aşağıda verilmiştir;

$$\begin{aligned}
 E_k^s &= \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} \\
 \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} &= 1, \\
 \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} &\leq 0 \quad j=1,\dots,n, \\
 \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} &\leq 0 \quad j=1,\dots,n, \\
 v_i, u_r, w_f &\geq 0 \quad i=1,\dots,m, \quad r=1,\dots,s, \quad f=1,\dots,q.
 \end{aligned} \tag{4.4}$$

Tüm etkinlik E_k^s elde edilir ve diğer iki bireysel etkinlik E_k^1 ve E_k^2 aşağıda verilen lineer programlama modelleri çözülerek bulunur. $E_k^2 = E_k^s / \widehat{E}_k^1$ ya da $E_k^1 = E_k^s / \widehat{E}_k^2$; $\widehat{E}_k^s = \widehat{E}_k^1 \times \widehat{E}_k^2$.

$$\begin{aligned}
 E_k^1 &= \max \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} \\
 E_k^s &= \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} \\
 \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} &= 1, \\
 \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} &\leq 0 \quad j=1,\dots,n \\
 \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} &\leq 0 \quad j=1,\dots,n, \\
 v_i, w_f, u_r &\geq 0 \quad i=1,\dots,m, \quad f=1,\dots,q, \quad r=1,\dots,s.
 \end{aligned} \tag{4.5}$$

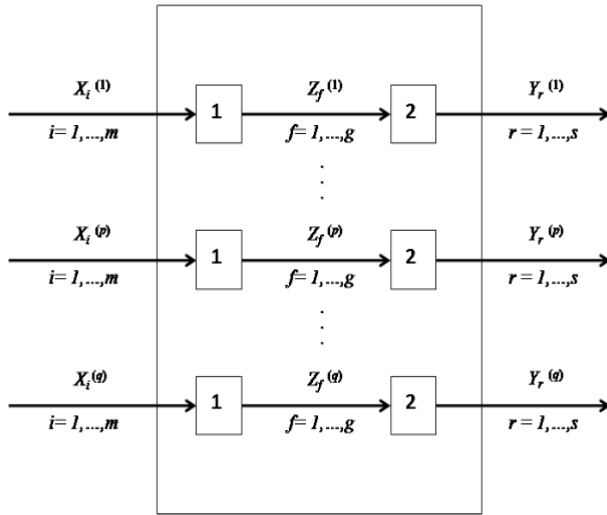
$$\begin{aligned}
 E_k^s &= \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} \\
 \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - E_k^s \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} &= 0 \\
 \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} &\leq 0 \quad j=1,\dots,n,
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} \leq 0 \quad j=1, \dots, n,$$

$$v_i, w_f, u_r \geq 0 \quad i=1, \dots, m, \quad f=1, \dots, q, \quad r=1, \dots, s.$$

4.2. Çoklu Periyotlu İki Aşamalı VZA Modeli

q periyotlarını kapsayan, bir iki aşama yapısına sahip olan n karar verme biriminin bir setinin verimini hesaplamak için bir zaman genişliği varsayalım. X, Z ve Y p periyodundaki j. KVB' nin sırasıyla girdileri, orta ürünleri ve çıktıları olsun. Bunların toplamaları $X_{ij} = \sum_{p=1}^q X_{ij}^{(p)}$, $Z_{fj} = \sum_{p=1}^q Z_{fj}^{(p)}$ ve $Y_{rj} = \sum_{p=1}^q Y_{rj}^{(p)}$ olmak üzere, Şekil 4.2 bu tür sistemlerin grafiksel bir gösterimini sunmaktadır.



Şekil 4.2. Çok Periyotlu iki aşamalı sistem

İki aşamalı sistemler için k. KVB' nin işlem verimini ve toplam verimini ölçmek için Kao ve Hwang(2008) çalışmalarında genel VZA modeline toplam çıktının toplam girdiden küçük veya eşit olmasını gerektiren kısıtı eklemişlerdir (Kao ve Hwang,2014).

$$\hat{E}_k^S = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}$$

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

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0 \quad j=1, \dots, n,$$

$$\sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0 \quad j=1, \dots, n, \quad (4.7)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} \leq 0 \quad j=1, \dots, n,$$

$$v_i, u_r, w_f \geq 0 \quad i=1, \dots, m, \quad r=1, \dots, s, \quad f=1, \dots, q.$$

3. ve 4. kısıtlamanın toplamı her karar verme birimi için 2. kısıtlamaya eşit olduğundan 2. kısıt gereksizdir bu yüzden silinebilir. Uygun çözüm u_r^* , v_i^* ve w_f^* elde edilir. Sistemin etkinliği toplam etkinlik $\hat{E}_k^S$ ve birinci ve ikinci işlem etkinlikleri $\hat{E}_k^I$ ve $\hat{E}_k^{II}$ şöyle hesaplanır.

$$\hat{E}_k^S = \sum_{r=1}^s u_r^* Y_{rk} / \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik} \quad (4.8)$$

$$\hat{E}_k^I = \sum_{f=1}^q w_f^* Z_{fk} / \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik}$$

$$\hat{E}_k^{II} = \sum_{r=1}^s u_r^* Y_{rk} / \sum_{f=1}^q w_f^* Z_{fk}$$

Açıkça sistemin etkinliği iki işlem etkinliklerinin sonucudur. $\hat{E}_k^S = \hat{E}_k^I \times \hat{E}_k^{II}$ 'dir.

$\hat{E}_k^S$, $\hat{E}_k^I$ ve $\hat{E}_k^{II}$ tüm q periyotlarındaki girdilerin, orta ürünlerin ve çıktıların toplamından hesaplandığından dolayı o zaman periyodunun toplam performansını gösterirler. Sezgisel olarak onlar birbirinden ayrı periyotların verimlerinin toplamıdır. Böylece tüm performans üzerindeki en etkili periyot belirlenebilir. Bunun için, her periyodun işlemleri toplam verimi hesaplamada dikkate alınmalıdır (Kao ve Hwang, 2014).

Her periyodun işlemleri $\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(p)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(p)} \leq 0$, $\sum_{f=1}^q w_f Z_{fj}^{(p)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(p)} \leq 0$ ve $\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(p)} - \sum_{f=1}^q w_f Z_{fj}^{(p)} \leq 0$ olarak tanımlanmıştır. Bu üç set kısıtlamayı modele eklemek aşağıdaki modeli elde etmeyi sağlar (Kao ve Hwang, 2014).

$$E_k^S = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} \quad (4.9)$$

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

$$v_i, u_r, w_f \geq \varepsilon \quad i=1, \dots, m, \quad r=1, \dots, s, \quad f=1, \dots, g.$$

A. Sistem Kısıtlamaları:

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0 \quad j=1, \dots, n,$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(p)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(p)} \leq 0 \quad p=1, \dots, q, \quad j=1, \dots, n$$

B. 1. İşlem Kısıtlamaları: (4.10)

$$\sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \leq 0 \quad j=1, \dots, n,$$

$$\sum_{f=1}^q w_f Z_{fk}^{(p)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik}^{(p)} \leq 0, \quad p=1, \dots, q, \quad j=1, \dots, n$$

C. 2. İşlem Kısıtlamaları:

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk} \leq 0 \quad j=1, \dots, n,$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(p)} - \sum_{f=1}^q w_f Z_{fk}^{(p)} \leq 0 \quad p=1, \dots, q, \quad j=1, \dots, n$$

Model (4.9) temelli sistem E_k^s , onun iki işlemleri E_k^1 ve E_k^2 ve p periyodunun etkinlikleri $E_k^{1(p)}$ ve $E_k^{2(p)}$ için q periyotlarının tüm verimi (Kao ve Hwang, 2014);

$$E_k^s = \sum_{r=1}^s u_r^* Y_{rk} / \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik}$$

$$E_k^1 = \sum_{f=1}^q w_f^* Z_{fk} / \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik}$$

$$E_k^2 = \sum_{r=1}^s u_r^* Y_{rk} / \sum_{f=1}^q w_f^* Z_{fk}$$

$$E_k^{s(p)} = \sum_{r=1}^s u_r^* Y_{rk}^{(p)} / \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik}^{(p)} \quad (4.11)$$

$$E_k^{1(p)} = \sum_{f=1}^q w_f^* Z_{fk}^{(p)} / \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik}^{(p)}$$

$$E_k^{2(p)} = \sum_{r=1}^s u_r^* Y_{rk}^{(p)} / \sum_{f=1}^q w_f^* Z_{fk}^{(p)}$$

Model (4.8)' de verilen duruma benzer, burada sistem için q periyotlarının tüm verimi onun iki işleminin sonucudur. $E_k^S = E_k^I \times E_k^{II}$; dahası, her periyodun verimi, onun iki işlemlerinin sonucudur, $E_k^{S(p)} = E_k^{I(p)} \times E_k^{II(p)}$. Daha çok kısıtlamalar dahil edildiğinden dolayı çoklu periyotlu model (4.10)'da ölçülen E_k^S, E_k^I ve E_k^{II} toplam model (4.7)'de ölçülenlerden daha küçüktür (Kao ve Hwang,2014).

Şekil (4.2)' de daha yakın bir inceleme çoklu periyotlu iki aşamalı sistemin, her alt sistemin bir periyoda uyan ve seriye bağlanmış iki işlemten oluşan alt sistemlerin olduğu yerde, q alt sistemli paralel bir yapıya sahip olduğunu açığa çıkarır. Kao (2009b)' ya göre paralel yapı, ağırlığın, tüm q alt sistemlerindeki uygun alt sistemin toplam girdisinin oranı olduğu yerde, sistem veriminin alt sistem verimlerinin ağırlıklı bir ortalaması olduğu bir özelliğe sahiptir. Bu özelliği sistem verimi E_k^S ve işlem verimleri E_k^I ve E_k^{II} ye uygulamak takip eden ilişkiyi elde etmemizi sağlar (Kao ve Hwang,2014):

$$\begin{aligned} E_k^S &= \sum_{p=1}^q \omega^{(p)} E_k^{S(p)}, & \omega^{(p)} &= \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik}^{(p)} / \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik} \\ E_k^I &= \sum_{p=1}^q \omega^{(p)} E_k^{I(p)}, & \omega^{(p)} &= \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik}^{(p)} / \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik} \\ E_k^{II} &= \sum_{p=1}^q \bar{\omega}^{(p)} E_k^{II(p)}, & \bar{\omega}^{(p)} &= \sum_{f=1}^g w_f^* Z_{fk}^{(p)} / \sum_{f=1}^g w_f^* Z_{fk} \end{aligned} \quad (4.12)$$

Bu nedenle q periyotlarındaki toplam verimin q birbirinden ayrı periyotların ağırlıklı bir ortalama verimi olduğu ve değerlendirilen her karar verme biriminin periyod etkinliklerinden tüm etkinliği şekillendirmek için en olumlu ağırlıkları seçtiği sonucuna varılmıştır (Kao ve Hwang,2014).

Her periyodun işlem etkinliklerindeki sistem verimini ayırtırmak için iki yolumuz vardır;

$$E_k^S = E_k^I \times E_k^{II} = \left(\sum_{p=1}^q \omega^{(p)} E_k^{I(p)} \right) \left(\sum_{p=1}^q \bar{\omega}^{(p)} E_k^{II(p)} \right) \quad (4.13)$$

$$E_k^S = \sum_{p=1}^q \omega^{(p)} E_k^{S(p)} = \sum_{p=1}^q \omega^{(p)} (E_k^{I(p)} \times E_k^{II(p)})$$

Bu ayrıştırma çoklu periyodlu iki aşamalı sistemlerin ancak ve ancak onun spesifik periyod işlemleri etkinse etkin olduğunu gösterir. Bir sonuç olarak, sistemdeki etkinsizliğe sebep olan etkinsizliği belirler ve bu nedenle ona gelişmeler yapması için bir yön sağlar (Kao ve Hwang,2014).

Etkinlik ayrıştırmasının bir cazibeli yönü bir sistemdeki verimsizliğin kaynağını belirlemesidir. Bu, bir karar verme biriminin bir periyodun (veya işlemin) göreceli performansını da diğer karar verme birimlerine kıyasen gösterir. Ancak farklı karar verme birimlerinin etkinliklerini kıyaslanamaz yapan çoklu çözümlerden dolayı, ayrıştırma eşsiz olmayabilir. Etkinliğin ölçümü için ortak bir temel bu nedenle gereklidir (Kao ve Hwang,2014). Farklı karar verme birimlerinin etkinliklerini kıyaslanabilir yapmak amacıyla, Kao ve Hwang (2008), sistem verimini önceki elde edilen değerde korurken, kıyaslanacak işlemin verimini maksimize etmeyi önerdi. Bu fikri takiben, t periyodun verimini kıyaslamada, her karar verme birimi için etkinliği E_k^s seviyesinde korunurken bu periyodun maksimum etkinliği bulmak amaçlanmıştır. E_k^s model 4.10'dan hesaplanmıştır (Kao ve Hwang,2014).

$$E_k^{S(t)} = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^{(t)}$$

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

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} = E_k^s \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \quad (4.14)$$

$$\sum_{f=1}^g w_f Z_{fj}^{(p)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(p)} \leq 0, p=1, \dots, q, j=1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(p)} - \sum_{f=1}^g w_f Z_{fj}^{(p)} \leq 0, p=1, \dots, q, j=1, \dots, n$$

$$v_i, u_r, w_f \geq \varepsilon \quad i=1, \dots, m, \quad r=1, \dots, s, \quad f=1, \dots, g.$$

Bu formülde tüm gereksiz kısıtlamalar silindikten sonra her karar verme birimi, t periyodun verimini belirlemede ilk öncelikli verildiği için, diğer periyod verimi ile beraber, sabit toplam etkinliği şekillendirir. $E_k^s, E_j^{S(t)}$ $j = 1, \dots, n$, kıyaslama için ortak bir temeli vardır. Eğer h periyodu ikinci öncelikli olsaydı, ardından bu periyodun maksimum etkinliği, toplam verimi E_k^s ve t periyodunun etkinliği $E_k^{S(t)}$, de

korunurken kolayca bulunur. Bu işlem düşük-öncelik periyodlarının etkinliğini bulmak için devam ettirilebilir (Kao ve Hwang,2014).

Her periyotta iki işlem vardır. Tüm karar verme birimleri arasında kıyaslanabilir bir periyodun işlem etkinliğini yapmak için aynı fikir uygulanabilir. Toplam etkinlik E_k^s ve t periyodunun etkinliği $E_k^{s(t)}$ olması gerekiyorken, birinci işlemin maksimum etkinliği elde edilebilir. Birinci işlem için ele alınan model şu şekilde verilmiştir; Uygun model:

$$E_k^{I(t)} = \max \sum_{f=1}^g w_f Z_{fk}^{(t)}$$

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

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} = E_k^s \sum_{i=1}^m v_i X_{ik}$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^{(t)} = E_k^{s(t)} \sum_{i=1}^m v_i X_{ik}^{(t)} \quad (4.15)$$

$$\sum_{f=1}^g w_f Z_{fj}^{(p)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(p)} \leq 0, p=1, \dots, q, j=1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(p)} - \sum_{f=1}^g w_f Z_{fj}^{(p)} \leq 0, p=1, \dots, q, j=1, \dots, n$$

$$v_i, u_r, w_f \geq \varepsilon \quad i=1, \dots, m, \quad r=1, \dots, s, \quad f=1, \dots, g.$$

5. UYGULAMA

Türkiye'nin kıtalararası bir kavşak noktasında bulunması, uluslararası hava taşımacılığında önemli ve stratejik bir yer işgal etmesine olanak sağlamıştır. İkinci Dünya savaşıdan sonra çok büyük bir gelişme içinde olan hava taşımacılığı, kısa sürede çok hızlı teknolojik ve yapısal değişiklikler gösteren bir ulaştırma sektörü haline gelmiştir (Korul,2010).

5.1. Devlet Hava Meydanları

5.1.1.Tarihçesi

Türkiye'de havacılık faaliyetlerinin ilk örnekleri, dünyadaki gelişmelere paralel olarak 20. Yüzyılın başlarında ortaya çıkmıştır. Cumhuriyetin ilk yıllarında hızla gelişen ve büyüyen sivil havacılık faaliyetleri sonraki yıllarda bir duraklama sürecine girmiştir. Türk Havayolu Taşımacılığı (THT) sektöründeki 1980'li yılların ortalarına kadar, Türk Hava Yolları Anonim Ortaklığının (THY) ve büyük ölçüde ona hizmet veren diğer kurumların dışında önemli bir gelişme olmamıştır (Kaya, vd., 2005:137).

1983 yılına kadar tüm havayolu taşımacılığı faaliyetleri, devlet sahipliğindeki THY tarafından yürütülmüştür. 14.10.1983' te kabul edilen 2920 sayılı Sivil Havacılık Kanunu ile özel sektörün sivil havacılık faaliyetlerinde işletmecilik yapmasına izin verilmiştir. Bu tarihten itibaren çok sayıda havayolu işletmesi kurularak Avrupa Charter pazarına girmiştir (Kaya, vd.,2005:137).

1980'li yılların ikinci yarısından itibaren Türkiye'de siyasi istikrarın sağlanması, ekonominin büyümesi ve turizmin gelişmesi sayesinde havayolu trafiği önemli bir artış göstermiştir. Pazarın serbestleştirilmesi ile birlikte charter seferler düzenleyen özel havayolu işletmelerinin sayısında, arz edilen koltuk-kilometre ve Pazar paylarında da önemli artışlar olmuştur. Aynı dönemde THY, modernizasyon programı çerçevesinde filosunu geliştirerek hizmet standartlarını yükseltme çabasına girmiştir. 1983-1998 yılları arasındaki 15 yıllık zaman diliminde sektörün

taşınan yolcu sayısı açısından %600 oranında büyüdüğü belirtilmektedir (Kaya vd.,2005:138).

THT, Ağustos 1990'da yaşanan Körfez Savaşı'ndan beri pek çok siyasi ve ekonomik krize maruz kalmıştır. Bu krizler sektörü olumsuz etkilese de charter havayolu işletmeleri hiçbir zaman pazarı tamamen terk etmemişlerdir. Bununla birlikte sivil havacılık sisteminin; yönetim ve yapılanma, insan kaynakları, uçuş emniyeti, havaalanı güvenliği, uluslar arası ilişkiler, planlama, altyapı yapım ve kullanım esasları başlıkları altında toplanan önemli sorunları bulunmaktadır. Bu sorunlar havayolu taşımacılığının işleyişine ve doğal olarak havaalanlarına yansımaktadır. 1983'ten 2000'li yılların başlarına kadar birçok tarifersiz havayolu işletmesi kurulmuş olmasına rağmen zaman içinde bunlardan yaklaşık 20'si çeşitli sorunlar nedeniyle sektörden çekilmek zorunda kalmıştır (Kaya ,v.d.,2005:138).

5.1.2. Genel bilgiler

Türkiye Havalimanlarının işletilmesi ile Türkiye Hava sahasındaki hava trafiğinin düzenlenmesi ve kontrolü görevi, Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) Genel Müdürlüğüne yerine getirilmektedir.

Türk Sivil Havacılık sektörünün altyapısını oluşturan tesis ve donanımıyla, 1933 yılından bu yana değişik isim ve statülerle hizmetlerini yürütmekte olan kuruluş, 233 Sayılı Kanun Hükmünde Kararname ve Ana Statü çerçevesinde 1984 yılından itibaren faaliyetlerini Kamu İktisadi Teşebbüsü olarak sürdürmektedir.

Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) Genel Müdürlüğü; tüzel kişiliğe sahip, faaliyetlerinde özerk, sorumluluğu sermayesi ile sınırlı, Ulaştırma Bakanlığı ile ilgili ve en son hukuki düzenlemeyle hizmetleri imtiyaz sayılan bir Kamu İktisadi Kuruluşudur (KİK).

Kuruluşun ana statüsü ile belirlenen amaç ve faaliyet konuları:

Sivil havacılık faaliyetlerinin gereği olan hava taşımacılığı, havalimanlarının işletilmesi, meydan yer hizmetlerinin yapılması, hava trafik kontrol hizmetlerinin

ifası, seyfüsefer sistem ve kolaylıklarının kurulması ve işletilmesi, bu faaliyetler ile ilgili diğer tesis ve sistemlerin kurulması, işletilmesi ve modern havacılık düzeyine çıkarılmasını sağlamaktır.

Üstlenmiş olduğu görevlerini Uluslararası sivil havacılık kural ve standartlarına göre yapmak zorunluluğunda olan DHMİ Genel Müdürlüğü bu doğrultuda; uluslararası hava ulaşımında can ve mal emniyetini sağlamak ve düzenli ekonomik çalışma ve gelişmeyi temin maksadıyla yürürlüğe konulan Sivil Havacılık Anlaşmasına göre kurulan “Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı(ICA-International Civil Aviation Organization)”nın üyesi bulunmaktadır. Ayrıca, “Hava Seyrüseferinin Emniyeti için Avrupa Teşkilatı (EUROCONTROL)”, Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI-Airport Council International) başta olmak üzere ilgili Uluslararası kuruluşların da üyesi bulunmaktadır.

DHMİ Genel Müdürlüğünce hava seyrüsefer ve havalimanı işletme hizmetleri çerçevesinde, hizmet verilen uçak ve yolcu trafiklerinde, son yıllarda önemli artışlar meydana gelmiştir. Özellikle, uluslararası havalimanlarımızın dış hat uçak ve yolcu trafiklerinde önemli gelişmeler gerçekleşmekte olup, İstanbul/Atatürk Havalimanı ile Antalya Havalimanı, yaşanmakta olan uluslararası trafik artışı nedeniyle, Avrupa’nın da önde gelen havalimanları arasında yer almaktadır.

5.1.3. Çalışma kapsamına alınan havaalanlarının genel özellikleri

Çalışma kapsamına alınan 2009-2013 yıllarında hizmet veren 27 havaalanı ve genel özellikleri çizelge 5.1 ’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Havaalanları ve genel özellikleri

Havaalanı adı	Hizmete giriş yılı	Şehir merkezine uzaklık	Hizmet türü	Bulunduğu il
1.Atatürk Havaalanı	1953	24 km	Sivil	İstanbul
2.Esenboğa Havaalanı	1955	28 km	Sivil	Ankara
3.Adnan Menderes H.	1987	18 km	Sivil	İzmir
4.Antalya Havaalanı	1960	13 km	Sivil	Antalya
5.Muğla Dalaman H.	1981	6 km	Sivil/Askeri	Muğla
6.Milas Havaalanı	1998	18 km	Sivil	Muğla

Çizelge 5.1. (devam) Havaalanları ve genel özellikleri

7.Adana Havaalanı	1937	3,5 km	Sivil	Adana
8.Trabzon Havaalanı	1957	6 km	Sivil	Trabzon
9.Süleyman Demirel H.	1997	30 km	Sivil	Isparta
10.Kapadokya Havaalanı	1998	30 km	Sivil	Nevşehir
11.Erzurum Havaalanı	1966	13 km	Sivil/Askeri	Erzurum
12.Gaziantep Havaalanı	1976	20 km	Sivil	Gaziantep
13.Bursa Yenişehir H.	2000	50 km	Sivil/Askeri	Bursa
14.ÇanakkaleGökçeada H.	2010	2,5 km	Sivil	Çanakkale
15.Denizli Çardak H.	1991	63 km	Sivil/Askeri	Denizli
16.Diyarbakır Havaalanı	1952	6 km	Sivil/Askeri	Diyarbakır
17.Elazığ Havaalanı	1940	12 km	Sivil/ Askeri	Elazığ
18.Erzincan Havaalanı	1988	9 km	Sivil/ Askeri	Erzincan
19.Kars Harakani H.	1988	6 km	Sivil	Kars
20.Kayseri Havaalanı	1998	5 km	Sivil/ Askeri	Kayseri
21.Malatya Havaalanı	1941	34 km	Sivil/ Askeri	Malatya
22.Mardin Havaalanı	1999	20 km	Sivil	Mardin
23.Muş Havaalanı		17 km		Muş
24.Samsun Çarşamba H.	1998	25 km	Sivil	Samsun
25.Sivas Nuri Demirağ H.	1957	23 km	Sivil	Sivas
26.Tekirdağ Çorlu H.	1988	15 km	Sivil/ Askeri	Tekirdağ
27.Van Ferit Melen H.	1943	8 km	Sivil	Van

5.2. Uygulama

5.2.1. Çalışmanın amacı ve kapsamı

Bu çalışmanın amacı Türkiye’ deki havaalanlarının etkinliklerinin VZA ve iki aşamalı VZA ile karşılaştırılmasıdır. Araştırmaya Türkiye’ de bulunan ve 2009-2013 yılları arasında faaliyet gösteren 27 havaalanı değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmada sekiz girdi dört çıktı değişkeni kullanılmıştır. Girdi ve çıktı değişkenleri Devlet Hava Meydanları İşletmeleri Genel Müdürlüğü istatistik yıllıklarından elde edilmiştir.

Girdiler: personel sayısı, işletme gideri, şehir merkezine uzaklık, pist sayısı, terminal alanı, otopark kapasitesi, tüm araç toplamı, check-in kontuarı sayısı.
Çıktılar: uçak trafiği, yolcu trafiği, yük trafiği ve işletme geliri.

5.2.2. VZA sonuçları

CCR etkinlikleri ve Malmquist indeksi sonuçları DEAP programı ile elde edilmiştir. Çizelge 5.2' de CCR sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.2. 2009- 2013 yılları arası CCR etkinliklerinin sonuçları

Havaalanı	2009	2010	2011	2012	2013
1.Atatürk Havaalanı	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2.Esenboğa Havaalanı	0,447	0,706	0,673	0,421	0,466
3.Adnan Menderes H.	0,565	0,606	0,630	0,651	0,967
4.Antalya Havaalanı	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
5.Muğla Dalaman H.	0,416	0,415	0,358	1,000	0,824
6.Milas Havaalanı	1,000	1,000	1,000	0,358	0,355
7.Adana Havaalanı	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
8.Trabzon Havaalanı	0,577	0,640	0,630	0,605	0,614
9.Süleyman Demirel H.	0,158	0,775	1,000	0,726	1,000
10.Kapadokya Havaalanı	0,177	0,169	0,169	0,185	0,201
11.Erzurum Havaalanı	0,393	0,432	0,398	0,356	0,356
12.Gaziantep Havaalanı	0,481	0,527	0,580	0,399	0,729
13.Bursa Yenişehir H.	0,126	0,194	0,380	0,417	0,337
14.Çanakkale Gökçeada H.	0,416	0,283	0,640	0,830	0,251
15.Denizli Çardak H.	0,301	0,219	0,097	0,136	0,195
16.Diyarbakır Havaalanı	0,968	1,000	1,000	0,788	0,992
17.Elazığ Havaalanı	1,000	0,849	1,000	0,288	0,304
18.Erzincan Havaalanı	0,524	0,353	0,164	0,119	0,208
19.Kars Harakani H.	0,640	0,915	0,634	0,553	0,318
20.Kayseri Havaalanı	0,532	1,000	0,415	0,424	0,474
21.Malatya Havaalanı	1,000	0,425	0,786	0,541	0,468
22.Mardin Havaalanı	0,858	0,896	0,364	0,770	0,807
23.Muş Havaalanı	0,321	0,622	0,531	0,655	0,561
24.Samsun Çarşamba H.	1,000	0,614	0,584	0,574	0,537
25.Sivas Nuri Demirağ H.	0,455	0,192	0,115	0,112	0,138
26.Tekirdağ Çorlu H.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
27.Van Ferit Melen H.	1,000	1,000	1,000	0,835	0,768

Çizelge 5.2' de görüldüğü gibi 2009, 2010, 2011, 2012 ve 2013 dönemlerinin hepsinde etkin olarak faaliyet gösteren havaalanları Atatürk, Antalya, Adana ve Tekirdağ havaalanlarıdır. 2009 yılında, Atatürk, Antalya, Milas, Adana, Elazığ, Malatya, Samsun, Tekirdağ ve Van Ferit Melen havaalanları etkin çıkmıştır. 2010 yılında 8 havaalanı etkin olarak faaliyet göstermiştir. Bunlar; Atatürk, Adana, Antalya, Milas, Diyarbakır, Kayseri, Tekirdağ ve Ferit Melen havaalanlarıdır. 2011 yılında Atatürk, Antalya, Adana, Milas, Isparta, Diyarbakır, Elazığ, Tekirdağ ve

Ferit Melen havaalanları etkinlik skorunu 1 yaparak etkin olmuşlardır. 2012 yılında etkin olan havaalanı sayısı 5'e düşmüştür. Bu havaalanları, Atatürk, Antalya, Muğla Dalaman, Adana ve Tekirdağ havaalanlarıdır. 2013 yılında da 5 tane havaalanının etkinlik skoru 1'dir. Etkin olan havaalanları; İstanbul Atatürk, Antalya, Adana, Süleyman Demirel ve Tekirdağ havaalanlarıdır.

Çizelge 5.3' de Malmquist indeks sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.3. 2009-2013 genel değerlendirme

Havaalanı	ED	TED	MPI
1.Atatürk Havaalanı	1,000	1,066	1,066
2.Esenboğa Havaalanı	1,011	1,108	1,119
3.Adnan Menderes H.	1,144	1,036	1,185
4.Antalya Havaalanı	1,000	1,047	1,047
5.Muğla Dalaman H.	1,186	0,979	1,161
6.Milas Havaalanı	0,772	1,009	0,779
7.Adana Havaalanı	1,000	1,082	1,082
8.Trabzon Havaalanı	1,015	1,078	1,094
9.Süleyman Demirel H.	1,585	0,958	1,519
10.Kapadokya Havaalanı	1,032	1,050	1,083
11.Erzurum Havaalanı	0,975	1,107	1,080
12.Gaziantep Havaalanı	1,110	1,051	1,167
13.Bursa Yenişehir H.	1,279	1,017	1,302
14.Çanakkale Gökçeada H.	0,881	1,087	0,958
15.Denizli Çardak H.	0,897	0,982	0,881
16.Diyarbakır H.	1,006	1,115	1,122
17.Elazığ H.	0,743	1,046	0,777
18.Erzincan H.	0,794	0,982	0,780
19.Kars Harakani H.	0,840	1,072	0,900
20.Kayseri H.	0,972	1,041	1,012
21.Malatya H.	0,827	1,099	0,909
22.Mardin H.	0,985	1,125	1,108
23.Muş H.	1,150	1,098	1,262
24.Samsun Çarşamba H.	0,856	0,888	0,760
25.Sivas Nuri Demirağ H.	0,742	1,059	0,785
26.Tekirdağ Çorlu H.	1,000	0,812	0,812
27.Van Ferit Melen H.	0,936	1,074	1,006
Geometrik Ortalama	0,976	1,037	1,012

Çizelge 5.3' de teknolojik etkinlik değeri (TED), etkinlik değeri (ED) ve Malmquist etkinlik değeri (MPI) verilmiştir. MPI değerinin 1'den büyük olması toplam faktör verimliliğindeki artışı, 1'den küçük olması düşüşü, 1 olması ise herhangi bir

değişim olmadığını gösterir. Malmquist indeksin iki bileşeni vardır. Bunlar teknolojik etkinlik değişimi ve etkinlik değişimidir. Bu iki endeksin 1'den küçük olması etkinlik ve teknolojik etkinlikteki gerilemeyi, 1'den büyük olması ilerlemeyi, 1 olması ise yerinde saydığını göstermektedir.

2009-2013 döneminde etkinlik değerinde %2,4'lük düşüş meydana gelmiştir. En büyük artışı %58,5 ile Isparta Süleyman Demirel havaalanı göstermiştir. En büyük düşüşü %25,8 oranı ile Sivas Nuri Demirağ havaalanı gerçekleştirmiştir. Teknolojik etkinlik değerinde ise %3,7'lik bir artış meydana gelmiştir. En büyük artışı %12,5 oranı ile Mardin havaalanı gerçekleştirmiştir. En küçük etkinlik değerini ise %18,8 oranında düşüşle Tekirdağ havaalanı göstermektedir. Etkinlik değeri skoru ile teknolojik etkinlik değeri skoru çarpımı Malmquist indeks skorunu vermektedir. Toplam faktör verimliliğinde %1,2 oranında artış söz konusudur. Burada en yüksek etkinlik skorunu %51,9 oranında artışla Isparta Süleyman Demirel havaalanı göstermiştir. En büyük azalışı ise %22,3 oranı ile Elazığ havaalanı göstermiştir. Çizelge 5.4'te 2009-2010 dönemi analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.4. 2009-2010 döneminde havaalanlarının analiz sonuçları

Havaalanı	ED	TED	PE	ÖE	MPI
1.Atatürk Havaalanı	1,000	1,040	1,000	1,000	1,040
2.Esenboğa Havaalanı	1,579	1,053	1,117	1,414	1,663
3.Adnan Menderes H.	1,074	1,095	1,019	1,054	1,176
4.Antalya Havaalanı	1,000	1,204	1,000	1,000	1,204
5.Muğla Dalaman H.	0,997	1,050	1,069	0,933	1,047
6.Milas Havaalanı	1,000	1,184	1,000	1,000	1,184
7.Adana Havaalanı	1,000	1,150	1,000	1,000	1,150
8.Trabzon Havaalanı	1,109	1,077	1,000	1,109	1,195
9.Süleyman Demirel H.	4,892	0,550	1,000	4,892	2,689
10.Kapadokya Havaalanı	0,957	1,018	1,000	0,957	0,974
11.Erzurum Havaalanı	1,098	1,172	1,015	1,082	1,288
12.Gaziantep Havaalanı	1,097	1,149	1,008	1,088	1,260
13.Bursa Yenişehir H.	1,546	0,838	1,353	1,143	1,295
14.Çanakkale Gökçeada H.	0,680	1,160	1,000	0,680	0,789
15.Denizli Çardak H.	0,726	0,790	1,000	0,726	0,574
16.Diyarbakır H.	1,034	1,182	1,000	1,034	1,222
17.Elazığ H.	0,849	0,977	1,000	0,849	0,829
18.Erzincan H.	0,674	0,909	1,000	0,674	0,613
19.Kars Harakani H.	1,430	1,168	1,000	1,430	1,670
20.Kayseri H.	1,880	0,995	1,000	1,880	1,871

Çizelge 5.4. 2009-2010 döneminde havaalanlarının analiz sonuçları

21.Malatya H.	0,425	1,033	1,000	0,425	0,439
22.Mardin H.	1,044	1,087	1,000	1,044	1,135
23.Muş H.	1,939	1,039	1,000	1,939	2,015
24.Samsun Çarşamba H.	0,614	0,484	1,000	0,614	0,297
25.Sivas Nuri Demirağ H.	0,421	1,040	1,000	0,421	0,438
26.Tekirdağ Çorlu H.	1,000	0,540	1,000	1,000	0,540
27.Van Ferit Melen H.	1,000	1,068	1,000	1,000	1,068
Geometrik Ortalama	1,040	0,977	1,020	1,020	1,016

Ölçek etkinliği(ÖE), Saf etkinlik(PE) olmak üzere; 2009-2010 döneminde Süleyman Demirel havaalanı etkinliğinde %389,2'lik bir artış göstermiştir. Aynı dönemde Süleyman Demirel havaalanı teknolojik etkinliğinde %45 azalma göstermiştir. BCC etkinliği aynı kalmıştır. Ölçek etkinliği %389,2 artmıştır. Toplam faktör verimliliği ise %168,9 artış göstermiştir. Süleyman Demirel havaalanının 2009-2010 yılları için CCR etkinliği ölçek etkinliği ve toplam faktör verimliliği bakımından en büyük artışa sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Etkinlik performansı CCR etkinliği ve ölçek etkinliği bakımından en küçük olan havaalanı Sivas Nuri Demirağ havaalanıdır. CCR etkinliğinde %57,9 azalma gözlemlenmiştir. Teknolojik etkinliğinde %0,40 oranında artış mevcuttur. BCC etkinliği aynı kalmıştır. Ölçek etkinliği %57,9 oranında azalmıştır. Toplam faktör verimliliği ise %56,2 oranında azalmıştır.

Antalya havaalanı teknolojik etkinliği en büyük olan havaalanıdır. Teknolojik etkinliğinde %20,4 artış meydana gelmiştir. CCR etkinliği, BCC etkinliği ve ölçek etkinliği sabit kalmıştır. Toplam faktör verimliliği ise %20,4 artmıştır.

2009-2010 dönemi için BCC etkinliğinde en büyük artış Bursa Yenişehir havaalanında meydana gelmiştir. Bursa Yenişehir havaalanının CCR etkinlik skorunda %54,6'lık artış, ölçek etkinliğinde %14,3'lük artış, toplam faktör verimliliğinde %29,5'lik artış mevcuttur. Teknolojik etkinliğinde ise %16,2 oranında azalma mevcuttur.

Aynı dönem için teknolojik etkinlik ve toplam faktör verimliliği bakımından en büyük azalış Samsun Çarşamba havaalanında gözlemlenmiştir. Teknolojik etkinlikte

%51,6 toplam faktör verimliliğinde %70,3 azalma mevcuttur. CCR etkinliği ve ölçek etkinliğinde %38,6'lık azalış gözlemlenmiştir. BCC etkinliği ise aynı kalmıştır.

Çizelge 5.5'te 2010-2011 dönemine ait analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.5. 2010-2011 döneminde havaalanlarının analiz sonuçları

Havaalanı	ED	TED	PE	ÖE	MPI
1.Atatürk Havaalanı	1,000	1,041	1,000	1,000	1,041
2.Esenboğa Havaalanı	0,953	1,117	0,941	1,012	1,065
3.Adnan Menderes H.	1,039	1,085	1,028	1,011	1,128
4.Antalya Havaalanı	1,000	1,081	1,000	1,000	1,081
5.Muğla Dalaman H.	0,861	1,106	0,967	0,890	0,953
6.Milas Havaalanı	1,000	1,143	1,000	1,000	1,143
7.Adana Havaalanı	1,000	1,078	1,000	1,000	1,078
8.Trabzon Havaalanı	0,983	1,126	1,000	0,983	1,107
9.Süleyman Demirel H.	1,291	1,174	1,000	1,291	1,515
10.Kapadokya Havaalanı	1,000	1,149	1,000	1,000	1,149
11.Erzurum Havaalanı	0,922	1,178	0,900	1,025	1,087
12.Gaziantep Havaalanı	1,100	1,149	1,041	1,056	1,264
13.Bursa Yenişehir H.	1,957	0,988	0,564	3,468	1,934
14.Çanakkale Gökçeada H.	2,261	1,146	1,000	2,261	2,591
15.Denizli Çardak H.	0,442	1,079	1,000	0,442	0,476
16.Diyarbakır H.	1,000	1,220	1,000	1,000	1,220
17.Elazığ H.	1,178	1,257	1,000	1,178	1,481
18.Erzincan H.	0,465	1,091	1,000	0,465	0,507
19.Kars Harakani H.	0,693	1,172	1,000	0,693	0,812
20.Kayseri H.	0,415	1,084	1,000	0,415	0,450
21.Malatya H.	1,852	1,112	0,975	1,900	2,060
22.Mardin H.	0,406	1,186	1,000	0,406	0,482
23.Muş H.	0,853	1,240	1,000	0,853	1,058
24.Samsun Çarşamba H.	0,952	1,147	1,000	0,952	1,092
25.Sivas Nuri Demirağ H.	0,602	1,113	1,000	0,602	0,670
26.Tekirdağ Çorlu H.	1,000	0,922	1,000	1,000	0,922
27.Van Ferit Melen H.	1,000	1,219	1,000	1,000	1,219
Geometrik Ortalama	0,926	1,124	0,973	0,951	1,040

2010-2011 döneminde etkinlik değerinde ve toplam faktör verimliliğindeki en büyük artış Çanakkale havaalanında gözlemlenmiştir. Bu oran etkinlik değeri için %126,1 ve toplam faktör verimliliği için %159,1'dir. Çanakkale havaalanı teknolojik etkinliğini %14,6,saf etkinliğini %126,1 artırmıştır. Ölçek etkinliği aynı kalmıştır.

Gaziantep havaalanı toplam faktör verimliliği ve bileşenlerinin tümünde artış göstermiştir. Saf etkinliğini %4,1 oranında artırarak en yüksek saf etkinliğe sahip havaalanı olmuştur. Etkinlik değerini %10, teknolojik etkinliğini %14,9, ölçek etkinliğini %5,6 ve toplam faktör verimliliğini de %26,4 oranında artırmıştır.

Aynı dönem için Bursa Yenişehir havaalanı etkinliğini %95,7 oranında artırmıştır. Teknolojik etkinliğini %1,2 oranında düşürmüştür. Saf etkinliğini %43,6 oranında azaltarak en düşük saf etkinliğe sahip havaalanı olmuştur. Ölçek etkinliğini %246,8 oranında artırarak en yüksek ölçek etkinliğine sahip olmuştur. Toplam faktör verimliliğini de %93,4 oranında artırmıştır. Aynı dönem için teknolojik etkinlikteki en yüksek değere %25,7'lik artışla Elazığ havaalanı ulaşmıştır. Kayseri havaalanının toplam faktör verimliliğinde %55 oranında azaltma gözlemlenmiştir ve bu oran en düşük toplam faktör verimliliğine sahip olan havaalanı olmuştur. Mardin havaalanı etkinlik değeri ve ölçek etkinliği değeri aynı dönem için en küçük değere sahiptir. Bu azalış oranı %59,4'tür. Teknolojik etkinlikteki en büyük gerileme Tekirdağ havaalanında görülmüştür. Tekirdağ havaalanı teknolojik etkinlikte %7,8 gerileme göstermiştir.

Çizelge 5.6'da 2011-2012 dönemine ait analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.6. 2011-2012 döneminde havaalanlarının analiz sonuçları

Havaalanı	ED	TED	PE	ÖE	MPI
1.Atatürk Havaalanı	1,000	1,854	1,000	1,000	1,854
2.Esenboğa Havaalanı	0,626	1,427	0,954	0,655	0,892
3.Adnan Menderes H.	1,032	1,965	1,147	0,899	2,028
4.Antalya Havaalanı	1,000	1,179	1,000	1,000	1,179
5.Muğla Dalaman H.	2,797	1,104	1,113	2,514	3,087
6.Milas Havaalanı	0,358	0,862	1,000	0,358	0,309
7.Adana Havaalanı	1,000	1,258	1,000	1,000	1,258
8.Trabzon Havaalanı	0,961	1,130	1,000	0,961	1,087
9.Süleyman Demirel H.	0,726	0,953	1,000	0,726	0,691
10.Kapadokya Havaalanı	1,093	0,955	1,000	1,093	1,044
11.Erzurum Havaalanı	0,893	1,673	1,338	0,667	1,493
12.Gaziantep Havaalanı	0,688	1,401	1,550	0,444	0,964
13.Bursa Yenişehir H.	1,097	1,094	0,950	1,155	1,201
14.Çanakkale Gökçeada H.	1,298	0,853	1,000	1,298	1,107
15.Denizli Çardak H.	1,411	0,988	1,000	1,411	1,394

Çizelge 5.6. (devam) 2011-2012 döneminde havaalanlarının analiz sonuçları

16.Diyarbakır H.	0,788	1,035	1,000	0,788	0,816
17.Elazığ H.	0,288	0,920	1,000	0,288	0,265
18.Erzincan H.	0,723	1,419	1,000	0,723	1,025
19.Kars H. Arakani H.	0,872	1,083	1,000	0,872	0,944
20.Kayseri H.	1,021	1,161	1,000	1,021	1,186
21.Malatya H.	0,688	1,108	0,736	0,936	0,762
22.Mardin H.	2,114	1,016	1,000	2,114	2,148
23.Muş H.	1,233	0,934	1,000	1,233	1,151
24.Samsun Çarşamba H.	0,981	1,079	1,000	0,981	1,059
25.Sivas Nuri Demirağ H.	0,970	1,104	1,000	0,970	1,071
26.Tekirdağ Çorlu H.	1,000	0,793	1,000	1,000	0,793
27.Van Ferit Melen H.	0,835	0,946	1,000	0,835	0,790
Geometrik Ortalama	0,926	1,128	1,021	0,907	1,045

2011-2012 dönemi için Adnan Menderes havaalanı etkinlik değerini %3,2 oranında, saf etkinlik değerini de %14,7 Oranında artırmıştır. Ölçek etkinliğini %10,1 oranında düşürmüştür. Teknolojik etkinlikte en büyük artış Adnan Menderes havaalanında görülmüştür ve bu oran %96,5'tir. Toplam faktör verimliliğinde ise %102,8'lik bir iyileşme mevcuttur.

Muğla Dalaman havaalanı bütün etkinlik değerleri için ilerleme göstermiştir. Temel etkinlik, ölçek etkinliği ve toplam faktör verimliliğinde en yüksek skorlara sahiptir. Temel etkinlikte %179,7, teknolojik etkinlikte %10,4, saf etkinlikte %11,3, ölçek etkinliğinde %151,4 ve toplam faktör verimliliğinde %208,7 ilerleme göstermiştir.

Aynı dönem için saf etkinlikteki en iyi ilerlemeyi Gaziantep havaalanı göstermiştir. Saf etkinlik oranını %55 artırmıştır. Gaziantep havaalanının temel etkinlik değeri %31,2 oranında düşüş göstermiştir. Teknolojik etkinliği %40,1 oranında artmıştır. Ölçek etkinliği %55,6 oranında ve toplam faktör verimliliği de %3,6 oranında gerileme göstermiştir.

Elazığ havaalanı saf etkinlikte aynı kalmış fakat diğer etkinlik değerlerinde düşüş göstermiştir. 2011-2012 dönemi için temel etkinlik, ölçek etkinliği ve toplam faktör verimliliğindeki en küçük değerler Elazığ havaalanında gözlemlenmiştir. Temel etkinlik değeri %71,2, teknolojik etkinlik değeri %8, ölçek etkinliği %71,2 ve toplam faktör verimliliği %73,5 düşüş göstermiştir.

Malatya havaalanı saf etkinlikte %26,4'lük azalma ile en büyük düşüşü göstermiştir. Tekirdağ havaalanı %20,7 gerileme ile teknolojik etkinliği en küçük havaalanı olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.7' de 2012-2013 dönemine ait analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.7. 2012-2013 döneminde havaalanlarının analiz sonuçları

Havaalanı	ED	TED	PE	ÖE	MPI
1.Atatürk Havaalanı	1,000	0,643	1,000	1,000	0,643
2.Esenboğa Havaalanı	1,108	0,897	1,014	1,093	0,994
3.Adnan Menderes H.	1,487	0,493	1,208	1,231	0,733
4.Antalya Havaalanı	1,000	0,783	1,000	1,000	0,783
5.Muğla Dalaman H.	0,824	0,715	1,000	0,824	0,589
6.Milas Havaalanı	0,991	0,887	1,000	0,991	0,879
7.Adana Havaalanı	1,000	0,880	1,000	1,000	0,880
8.Trabzon Havaalanı	1,013	0,985	1,000	1,013	0,998
9.Süleyman Demirel H.	1,378	1,371	1,000	1,378	1,890
10.Kapadokya Havaalanı	1,085	1,088	1,000	1,085	1,180
11.Erzurum Havaalanı	1,001	0,651	0,890	1,125	0,652
12.Gaziantep Havaalanı	1,828	0,660	1,000	1,828	1,207
13.Bursa Yenişehir H.	0,807	1,182	1,122	0,719	0,954
14.Çanakkale Gökçeada H.	0,302	1,233	1,000	0,302	0,372
15.Denizli Çardak H.	1,428	1,104	1,000	1,428	1,577
16.Diyarbakır H.	1,258	1,037	1,000	1,258	1,304
17.Elazığ H.	1,057	1,060	1,000	1,057	1,120
18.Erzincan H.	1,754	0,661	1,000	1,754	1,160
19.Kars Harakani H.	0,576	0,890	1,000	0,576	0,512
20.Kayseri H.	1,119	0,939	1,000	1,119	1,050
21.Malatya H.	0,865	1,145	1,207	0,717	0,991
22.Mardin H.	1,049	1,223	1,000	1,049	1,283
23.Muş H.	0,857	1,206	1,000	0,857	1,034
24.Samsun Çarşamba H.	0,936	1,040	1,000	0,936	0,973
25.Sivas Nuri Demirağ H.	1,233	0,982	1,000	1,233	1,211
26.Tekirdağ Çorlu H.	1,000	1,103	1,000	1,000	1,103
27.Van Ferit Melen H.	0,920	1,081	1,000	0,920	0,995
Geometrik Ortalama	1,018	0,934	1,015	1,003	0,951

2012-2013 döneminde etkinlik skoru ve ölçek etkinliğindeki en büyük artış %82,8 oranı ile Gaziantep havaalanında görülmektedir. Gaziantep havaalanının teknolojik etkinlik skoru %34 oranında düşüş göstermiştir. Saf etkinlik değeri sabit kalmıştır. Gaziantep havaalanının toplam faktör verimliliği ise %20,7 oranında artış göstermiştir. Adnan Menderes havaalanı etkinlik değerinde %48,7'lik yükseliş

göstermiştir. Teknolojik etkinliğinde %50,7 oranında düşüş göstererek en düşük teknolojik etkinliğe sahip havaalanı olmuştur. Aynı havaalanı saf etkinlik değerindeki en büyük etkinlik skoruna sahiptir. Bu değerini %20,8 oranında artırmıştır. Ölçek etkinliğini %23,1 oranında artırmıştır. Toplam faktör verimliliğinde ise %26,7'lik düşüş gözlemlenmiştir. Aynı dönem için Isparta Süleyman Demirel havaalanının saf etkinlik değeri sabit kalmıştır diğer tüm etkinlik değerleri artış göstermiştir. Bu artış oranları etkinlik değeri için %37,8, teknolojik etkinlik değeri için %37,1, ölçek etkinliği için %37,8 ve toplam faktör verimliliği için %89 'dur. Erzurum havaalanı saf etkinlik değerindeki %11'lik düşüş ile en küçük saf etkinlik değerine sahip havaalanı olmuştur. Çanakkale havaalanı etkinlik skorunda, ölçek etkinliğinde ve toplam faktör verimliliğinde en küçük etkinlik değerlerine sahiptir. Etkinlik değerinde ve ölçek etkinliğinde %69,8, toplam faktör verimliliğinde ise %62,8 oranında düşüş göstermiştir. Çanakkale havaalanı teknolojik etkinliğini %23,3 oranında artırmıştır. Saf etkinlik oranı ise sabit kalmıştır.

Çizelge 5.8' de yıllara ilişkin Malmquist indeks sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.8. yıllık ortalama Malmquist indeks özetleri

Yıllar	ED	TED	PE	ÖE	MPI
2009-2010	1,040	0,977	1,020	1,020	1,016
2010-2011	0,926	1,124	0,973	0,951	1,040
2011-2012	0,926	1,128	1,021	0,907	1,045
2012-2013	1,018	0,934	1,015	1,003	0,951
Geometrik Ortalama	0,976	1,037	1,007	0,969	1,012

Toplam faktör verimliliği incelenen dönemler için ortalama %1,2'lik bir artış göstermiştir. Toplam faktör verimliliğinde ilk üç dönem artış gözlemlenmiştir. Sadece 2012-2013 döneminde %4,9 oranında düşüş görülmektedir. Etkinlik değerinde en büyük artış 2009-2010 döneminde görülmektedir. Teknolojik etkinlikte en büyük artış %12,8 oranı ile 2011-2012 döneminde gözlemlenmiştir. Ölçek etkinliğindeki en büyük artış 2009-2010 döneminde gözlemlenmiştir.

5.2.3. İki aşamalı VZA sonuçları

İki aşamalı VZA modelinde birinci aşama fiziki altyapı açısından, ikinci aşama ise uçuşlar açısından analiz sonuçlarını vermektedir. Birinci aşama hesaplamalarında girdi olarak personel sayısı, gider, pist sayısı, terminal alanı, otopark kapasitesi, tüm araç toplamı ve check-in kontuarı sayısı kullanılırken; çıktı olarak uçak trafiği kullanılmıştır. İkinci aşamaya geçildiğinde ise uçak trafiği girdi, yolcu trafiği, yük trafiği ve gelir çıktı olarak analize alınmıştır.

Çizelge 5.9'da çoklu periyodlu iki aşamalı VZA sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.9. beş yıllık iki aşamalı etkinlik analizi sonuçları

	Toplanmış Model			Çoklu Periyodlu Model		
Havaalanı	Genel	Pr1	Pr2	Genel	Pr1	Pr2
1.Atatürk Havaalanı	1,000	1,000	1,000	0,925	0,989	0,935
2.Esenboğa Havaalanı	0,328	0,472	0,696	0,246	0,367	0,671
3.Adnan Menderes H.	0,501	0,615	0,814	0,355	0,451	0,785
4.Antalya Havaalanı	1,000	1,000	1,000	0,923	0,937	0,985
5.Muğla Dalaman H.	0,347	0,388	0,894	0,299	0,345	0,865
6.Milas Havaalanı	0,392	0,495	0,791	0,318	0,416	0,763
7.Adana Havaalanı	0,636	1,000	0,636	0,583	0,950	0,614
8.Trabzon Havaalanı	0,442	0,575	0,769	0,347	0,468	0,741
9.Süleyman Demirel H.	0,043	0,814	0,053	0,021	0,422	0,051
10.Kapadokya Havaalanı	0,095	0,179	0,532	0,080	0,156	0,514
11.Erzurum Havaalanı	0,142	0,195	0,730	0,123	0,174	0,704
12.Gaziantep Havaalanı	0,260	0,367	0,708	0,190	0,278	0,683
13.Bursa Yenişehir H.	0,032	0,283	0,114	0,015	0,139	0,111
14.Çanakkale Gökçeada H.	0,054	0,430	0,126	0,045	0,374	0,122
15.Denizli Çardak H.	0,056	0,129	0,434	0,040	0,096	0,419
16.Diyarbakır H.	0,486	0,601	0,808	0,374	0,480	0,780
17.Elazığ H.	0,286	0,363	0,788	0,173	0,228	0,760
18.Erzincan H.	0,067	0,116	0,582	0,050	0,090	0,562
19.Kars Harakani H.	0,180	0,226	0,795	0,114	0,149	0,767
20.Kayseri H.	0,297	0,396	0,751	0,232	0,320	0,727
21.Malatya H.	0,289	0,500	0,579	0,146	0,262	0,558
22.Mardin H.	0,374	0,508	0,737	0,318	0,447	0,711
23.Muş H.	0,275	0,375	0,735	0,229	0,323	0,709
24.Samsun Çarşamba H.	0,417	0,567	0,736	0,287	0,404	0,710
25.Sivas Nuri Demirağ H.	0,072	0,109	0,665	0,054	0,084	0,642
26.Tekirdağ Çorlu H.	0,207	1,000	0,207	0,183	0,944	0,194
27.Van Ferit Melen H.	0,541	0,732	0,740	0,354	0,496	0,713

Çizelge 5.9' da toplanmış model ve çoklu periyodlu model altında Pr1 ve Pr2 sırasıyla birinci aşama ve ikinci aşama analiz sonuçlarını vermektedir. Toplanmış model kısmında verilen genel analiz sonuçları Pr1 ve Pr2 'nin çarpımıdır. Birinci aşamada 4 havaalanı etkin, ikinci aşamada 2 havaalanı etkin ve genel anlamda sadece İstanbul Atatürk ve Antalya havaalanları etkin çıkmıştır. . Genel anlamda en kötü üç havaalanı ise; Bursa Yenişehir havaalanı, Isparta Süleyman Demirel havaalanı ve Çanakkale havaalanıdır. Muş havaalanı fiziki altyapı bakımından daha düşük skor sergilemiştir. Muğla Dalaman havaalanı fiziki altyapısı açısından düşük etkinlik skoru sergilemiştir ancak uçuşlar bakımından etkinliği daha yüksektir.

Tablonun sağ tarafında çok periyodlu model sonuçları verilmiştir. 5 yıllık periyodun tüm ve iki işlem verimleri verilmiştir. Bu sonuçlar toplanmış modelin sonuçlarından daha küçüktür. Ancak iki modelin de en iyi ve en düşük verime sahip havaalanları aynıdır. İstanbul Atatürk ve Antalya havaalanları ilk modele etkin çıkmasına rağmen ikinci modelde etkin çıkmamıştır. Ancak en yüksek verime sahip iki havaalanıdır. Bursa Yenişehir ve Isparta Süleyman Demirel havaalanları ise en küçük verime sahip havaalanlarıdır. Çoklu periyodlu model altında Tekirdağ Çorlu havaalanının fiziki alt yapısı çok iyi olmasına rağmen uçuşlar açısından düşük etkinlik skoru sergilemiştir.

Çizelge 5.10'da çoklu periyodlu iki aşamalı VZA sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.10. İki aşamalı VZA sonuçlarının yıllara göre dağılımı

		Genel Değerlendirme	1.aşama	2.Aşama
İstanbul Atatürk H.	2009	0,825	1,000	0,825
	2010	0,918	0,989	0,928
	2011	0,890	0,955	0,932
	2012	0,958	1,000	0,958
	2013	1,000	1,000	1,000
Esenboğa H.	2009	0,174	0,282	0,616
	2010	0,231	0,347	0,666
	2011	0,251	0,387	0,649
	2012	0,264	0,386	0,685

Çizelge 5.10. (devam) İki aşamalı VZA sonuçlarının yıllara göre dağılımı

	2013	0,310	0,432	0,717
Adnan Menderes H.	2009	0,249	0,342	0,726
	2010	0,290	0,385	0,752
	2011	0,342	0,444	0,769
	2012	0,469	0,577	0,812
	2013	0,461	0,546	0,845
Antalya H.	2009	0,774	0,814	0,951
	2010	0,869	0,893	0,973
	2011	1,000	1,000	1,000
	2012	0,990	1,000	0,990
	2013	0,971	0,971	1,000
Muğla Dalaman H.	2009	0,290	0,326	0,889
	2010	0,304	0,341	0,891
	2011	0,282	0,331	0,852
	2012	0,308	0,363	0,848
	2013	0,308	0,363	0,850
Milas H.	2009	0,413	0,549	0,752
	2010	0,488	0,643	0,758
	2011	0,535	0,696	0,769
	2012	0,218	0,283	0,769
	2013	0,226	0,295	0,766
Adana H.	2009	0,496	0,827	0,600
	2010	0,537	0,903	0,594
	2011	0,586	0,995	0,588
	2012	0,618	1,000	0,618
	2013	0,653	1,000	0,653
Trabzon H.	2009	0,257	0,377	0,680
	2010	0,311	0,445	0,700
	2011	0,357	0,483	0,740
	2012	0,408	0,533	0,764
	2013	0,403	0,504	0,800
S.Demirel Havaalanı	2009	0,006	0,132	0,049
	2010	0,013	0,367	0,036
	2011	0,008	0,559	0,015
	2012	0,020	0,341	0,060
	2013	0,060	0,719	0,084
Kapadokya Havaalanı	2009	0,062	0,122	0,511
	2010	0,070	0,140	0,499
	2011	0,080	0,161	0,496
	2012	0,088	0,164	0,538
	2013	0,100	0,192	0,520
	2009	0,098	0,134	0,727
	2010	0,117	0,165	0,711

Çizelge 5.10. (devam) İki aşamalı VZA sonuçlarının yıllara göre dağılımı

Erzurum Havaalanı	2011	0,120	0,184	0,650
	2012	0,173	0,253	0,683
	2013	0,120	0,157	0,762
Gaziantep Havaalanı	2009	0,114	0,175	0,648
	2010	0,142	0,224	0,633
	2011	0,179	0,282	0,637
	2012	0,239	0,339	0,703
	2013	0,303	0,399	0,757
Bursa Yenişehir Havaalanı	2009	0,013	0,061	0,214
	2010	0,018	0,117	0,160
	2011	0,019	0,152	0,128
	2012	0,015	0,189	0,079
	2013	0,011	0,173	0,065
Çanakkale Gökçeada Havaalanı	2009	0,028	0,310	0,091
	2010	0,029	0,244	0,119
	2011	0,090	0,632	0,142
	2012	0,073	0,585	0,125
	2013	0,011	0,128	0,089
Denizli Çardak Havaalanı	2009	0,036	0,068	0,539
	2010	0,029	0,059	0,488
	2011	0,036	0,075	0,482
	2012	0,040	0,100	0,403
	2013	0,056	0,167	0,338
Diyarbakır Havaalanı	2009	0,289	0,382	0,756
	2010	0,342	0,435	0,786
	2011	0,450	0,569	0,791
	2012	0,351	0,480	0,731
	2013	0,433	0,530	0,816
Elazığ Havaalanı	2009	0,152	0,177	0,860
	2010	0,168	0,240	0,700
	2011	0,218	0,287	0,761
	2012	0,153	0,208	0,737
	2013	0,181	0,232	0,780
Erzincan Havaalanı	2009	0,042	0,088	0,483
	2010	0,052	0,113	0,464
	2011	0,044	0,083	0,528
	2012	0,049	0,083	0,590
	2013	0,063	0,092	0,685
Kars Harakani Havaalanı	2009	0,083	0,103	0,803
	2010	0,166	0,220	0,754
	2011	0,203	0,252	0,805
	2012	0,169	0,228	0,743

Çizelge 5.10.(devam) İki aşamalı VZA sonuçlarının yıllara göre dağılımı

	2013	0,069	0,093	0,746
Kayseri Havaalanı	2009	0,184	0,268	0,688
	2010	0,234	0,334	0,700
	2011	0,209	0,295	0,707
	2012	0,243	0,316	0,770
	2013	0,280	0,376	0,745
Malatya Havaalanı	2009	0,260	0,404	0,643
	2010	0,139	0,251	0,554
	2011	0,142	0,272	0,522
	2012	0,128	0,241	0,533
	2013	0,131	0,230	0,568
Mardin Havaalanı	2009	0,301	0,426	0,705
	2010	0,323	0,472	0,684
	2011	0,155	0,250	0,623
	2012	0,353	0,493	0,716
	2013	0,456	0,588	0,775
Muş Havaalanı	2009	0,137	0,207	0,661
	2010	0,213	0,329	0,648
	2011	0,233	0,337	0,691
	2012	0,246	0,338	0,726
	2013	0,318	0,406	0,782
Samsun Çarşamba Havaalanı	2009	0,306	0,437	0,700
	2010	0,243	0,372	0,652
	2011	0,269	0,389	0,690
	2012	0,311	0,423	0,737
	2013	0,312	0,412	0,758
Sivas Nuri Demirağ H.	2009	0,091	0,143	0,639
	2010	0,042	0,076	0,552
	2011	0,051	0,085	0,609
	2012	0,045	0,072	0,621
	2013	0,060	0,083	0,725
Tekirdağ Çorlu H.	2009	0,205	1,000	0,205
	2010	0,218	1,000	0,218
	2011	0,186	1,000	0,186
	2012	0,177	0,803	0,221
	2013	0,137	0,924	0,149
Van Ferit Melen Havaalanı	2009	0,331	0,470	0,704
	2010	0,396	0,554	0,714
	2011	0,469	0,719	0,653
	2012	0,348	0,462	0,752
	2013	0,283	0,377	0,751

Çizelge 6.3.2' de her bir karar verme için beş yıllık çok periyodlu iki aşamalı VZA sonuçları verilmiştir. 1. aşama hesaplamaları fiziki altyapı açısından 2. aşama hesaplamaları ise uçuşlar açısından etkinlik skorlarını vermektedir. Atatürk havaalanı 1. aşama hesaplamalarında 2009 yılında etkin çıkmıştır fakat 2010 ve 2011 yıllarında gerileme göstermiştir. 2012 ve 2013'de tekrar performansını yükselterek etkinlik skorunu 1 yapmıştır. 2. aşama hesaplamalarında ise sadece 2013 yılında etkin çıkmıştır. Atatürk havaalanının genel değerlendirmesine bakacak olursak 2013 yılında etkindir.

Ankara Esenboğa havaalanı 1. aşamada beş yıl içinde hiç etkin çıkmamıştır. Ancak 2009'dan 2013'e doğru bir artış göstermiştir. 2. aşamada da beş yıllık periyot boyunca hiç etkin çıkmamıştır. Genel değerlendirmesinde de incelenen yıllar bazında düşük etkinlik skorları sergilemiştir.

Antalya havaalanı 1. aşama, 2. aşama ve genel değerlendirme hesaplamalarının üçünde de sadece 2011 yılında etkin çıkmıştır. Adana havaalanının genel değerlendirmesini incelediğimizde ise 2009 yılından sonra artış gözlenmiştir.

Tekirdağ havaalanı ise 1. aşama hesaplamalarında 2009, 2010 ve 2011 yıllarında etkin çıkmıştır. 2. aşama hesaplamalarında 2011 yılına kadar düşüş 2012 yılında artış ve tekrar 2013 yılında düşüş şeklinde gözlemlenmiştir. Genel değerlendirmesine baktığımızda ise 2009 dan 2010'a geçişte artış, daha sonrasında düşüş olduğu gözlemlenmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türk Havacılık sektörü her geçen gün güçlenen yapısıyla dünya standartlarını aşmış durumdadır. 2015 yılı itibari ile uçak trafiği 2 milyonu aşmıştır. İstanbul Atatürk Havalimanı Avrupa'nın 4. büyük havalimanı haline gelmiştir. Bu gelişmeler ışığında Türkiye'deki 27 havaalanının 2009-2013 yılları verileri analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

2009-2013 yılları CCR etkinlikleri incelendiğinde İstanbul Atatürk, Antalya, Adana ve Tekirdağ havaalanları beş yıl boyunca hep etkin çıkmıştır. 2009-2013 yılları MPI analizi sonuçlarında ise toplamda %1,2 oranında artış olduğu görülmektedir.

Yıllık ortalama MPI sonuçlarına bakıldığında ise; toplam faktör verimliliği incelenen dönemler için ortalama %1,2'lik bir artış göstermiştir. Toplam faktör verimliliğinde ilk üç dönem artış gözlemlenmiştir. Sadece 2012-2013 döneminde %4,9 oranında düşüş görülmektedir. Etkinlik değerinde en büyük artış 2009-2010 döneminde görülmektedir. Teknolojik etkinlikte en büyük artış %12,8 oranı ile 2011-2012 döneminde gözlemlenmiştir. Ölçek etkinliğindeki en büyük artış 2009-2010 döneminde gözlemlenmiştir.

İki aşamalı VZA sonuçlarına bakıldığında ise iki aşamada da etkin olan havaalanları İstanbul Atatürk ve Antalya havaalanlarıdır. Beş yıllık çoklu periyotlu VZA sonuçları incelendiğinde ise Atatürk havaalanı 1. Aşama hesaplamalarında 2009 yılında etkin çıkmıştır fakat 2010 ve 2011 yıllarında gerileme göstermiştir. 2012 ve 2013'de tekrar performansını yükselterek etkinlik skorunu 1 yapmıştır. 2. aşama hesaplamalarında ise sadece 2013 yılında etkin çıkmıştır. Atatürk havaalanının genel değerlendirmesine bakacak olursak 2013 yılında etkindir. Ankara Esenboğa havaalanı 1. aşamada beş yıl içinde hiç etkin çıkmamıştır. Ancak 2009'dan 2013'e doğru bir artış göstermiştir. 2. aşamada da beş yıllık periyot boyunca hiç etkin çıkmamıştır. Genel değerlendirmesinde de incelenen yıllar bazında düşük etkinlik skorları sergilemiştir. Antalya havaalanı 1. aşama, 2. aşama ve genel değerlendirme hesaplamalarının üçünde de sadece 2011 yılında etkin çıkmıştır. Adana havaalanının genel değerlendirmesini incelediğimizde ise

2009 yılından sonra artış gözlenmiştir. Tekirdağ havaalanı ise 1.aşama hesaplamalarında 2009, 2010 ve 2011 yıllarında etkin çıkmıştır. 2. Aşama hesaplamalarında 2011 yılına kadar düşüş 2012 yılında artış ve tekrar 2013 yılında düşüş şeklinde gözlemlenmiştir. Genel değerlendirmesine baktığımızda ise 2009 'dan 2010'a geçişte artış daha sonrasında düşüş olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, ele alınan 2009-2013 periyodunda Malmquist indeks sonuçlarında Türkiye havaalanlarının etkinliklerini geliştirdikleri söylenebilir. Bu çalışmada kullanılan tüm VZA tabanlı modellerde İstanbul Atatürk ve Antalya havaalanlarının en iyi performansı gösterdiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Abbott,M.,Wu,S.(2002). Total factor productivity and efficiency of Australian airports. **Aust. Econ. Rev.**(35),244-260.
2. Akal, Z.(2005).**İşletmelerde performans ölçme ve denetimi**. (Yedinci Baskı).Ankara: MPM Yayınları. 34.
3. Altun,D.(2006).*Türk Telekomünikasyon A.Ş. İl Telekom Müdürlüklerinin Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümü*,Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Ankara,22-23.
4. Aslankaraoğlu, N.(2006).VZA ve Temel Bileşenler Analizi ile Avrupa Birliği Ülkelerinin Sıralanması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 35.
5. Aydemir, Z.C.(2002).**Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: VZA Uygulaması**,Uzmanlık Tezi,İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü Proje,Yatırımları Değerlendirme ve Analiz Dairesi Başkanlığı,Ankara
6. Baş, İ. M., Artar, A. (1991). *İşletmelerde verimlilik denetimi ölçme ve değerlendirme modelleri*. Ankara: MPM Yayınları. 33-35.
7. Bektaş, B. (2007).Türkiye’de Faaliyet Gösteren Bankaların Farklı Yöntemlerle Sınıflandırılması ve Etkinliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
8. Boussofiane,A., Dyson, R.G., Thanassoulis, E. (1991). Applied data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**,1-15.
9. Chow,C.K.W.,Fung,M.K.Y.(2012).Estimating indices of airport productivity in Greater China. **J. Air Transport. Manag.**(24).12-17.
10. Depren, Ö.(2008). VZA ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 5-17.
11. Doğan, Ö. (2006). VZA ile Belediyelerde Performans Ölçümü: Kapadokya Bölgesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri, 6-31.
12. Erden,E.(2007).*Türkiye’deki Havalimanlarının İç Hat Uçuşları Yönünden Etkinliklerinin Karşılaştırılması: Bir VZA Uygulaması*,Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,Antalya,70-72.
13. Fernandes,E.,Pacheco,R.R.(2002). Efficient use of airport capacity. **Transportation Research A.**(3).225-230.

14. Gillen, D.,Lall,A.(1997).Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis. ***Transportation Research E.(33)***.261-273.
15. Güzhan,G.(2007).Mesleki ve Teknik Eğitim Sisteminin Performansının değerlendirilmesinde Bir VZA Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir
16. Kao,C.,Hwang,S.(2014).Multi-period efficiency and Malmquist productivity index in two-stage production systems,***European Journal of Operational Research(232)***,512-515.
17. Kao,C.,Hwang,S.N.(2008).Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan,***European Journal of Operational Research(185)***,418-429.
18. Kaya,E.,Başar,M.,Gerede,E.,Kuyucak,F.,Sürmeli,A.(2005). ***Havaalanlarında Yap İşlet Devret Uygulamaları: Antalya ve Atatürk Havalimanlarındaki Uygulamaların Değerlendirilmesi***. Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları.137-138.
19. Kaygın, E.(2006).Kars-Ardahan-Iğdır İlleri Orta Öğretim Kurumlarının Etkinliklerinin VZA Yöntemiyle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kars,47-48.
20. Kecek, G.(2010). ***VZA teori ve uygulama örneği***. Ankara: Siyasal Kitabevi. 14-56.
21. Korul,V.(2010). *Uluslar arası Havameydanı İşletmeciliği ve Türkiye'deki Durumu Üzerine Bir Araştırma, Sabiha Gökçen Havaalanı Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
22. Shahroudi, K., Taleghani,M., Mohammadi, G. (2011).Application of Two-Stage DEA Techn ique for Efficiencies Measuring of Private Insurance Companies in Iran, ***International Journal of Applied Operational Research***,95-96.
23. Kula,V.,Kandemir,T., Özdemir, L. (2009),VZA *Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Ölçüsü: İMKB'ye Koteli Çimento Şirketleri Üzerine Bir Araştırma*,193,194.
24. Martin,J.C.,Roman, C. (2001). An applicationof DEA to measure the efficiency of Spanish airports prior to privatization. ***J. Air Transport. Manag.(3)***.149-157.
25. Martin,J.C.,Roman,C.(2006). A benchmarking analysis of Spanish commercial airports: a comparison between SMOP and DEA ranking methods. ***Netw. Spat. Econ.(6)***.111-134.

26. Oum,T.H.,Yu,C.(2004).Measuring airports operating efficiency: a summary of the 2003 ATRS global airport benchmarking report. **Transportation Research E.(40)**.515-532.
27. Örkücü,H.H. (2004).Etkinlik Analizinde Ağırlık Dağılımı Problemine Çok Kriterli Bir Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 7-32.
28. Özcan, A. İ. (2005). *Celal Bayar Üniversitesine Bağlı Meslek Yüksekokullarının Etkinliklerinin VZA ile Ölçülmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa, 8-13.
29. Özok, U. (2006). *VZA ve Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi ile Türkiye'deki İllerin Tarım Etkinliklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 5-30.
30. Özsoy, V. S.(2012). *Performans Analizi için Yeni Karar Destek Sistemi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 9-20.
31. Pels,E.,Nijkamp,P.,Rietvle,P.(2003). Inefficiencies and scale economies of European airport operations.**Transportation Research E.** (39).341-361.
32. Prokopenko, J.(2011). **Verimlilik yönetimi uygulamalı el kitabı** (Çev. Olcay Baykal).MPM Yayınları. 1-53.
33. Ramanathan, R.(2003). **Data envelopment analysis**. Sage Publications Ltd. New Delhi, 25.
34. Sarıca, S.(2007). *Üniversitelerin Performansa Göre Yönetimi için VZA Tabanlı Bir Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir
35. Sarkis,J.,Talluri,S.(2004).Performance-based clustering for benchmarking of US airports. **Transportation Research A.**(38).329-346.
36. Sarkis,J.(2000). An analysisof the operational efficiency of major airports in the United States. **J.Oper. Manag.**(3).335-351.
37. Tsui,W.H.K.,Gilbey,A.,Balli,H.O.(2014).Estimating airport efficiency of New Zealand airports.**Journal of Air Transport Management**,80
38. Ulutaş, B. B. (2006). *Türkiye'deki Havaalanı Etkinliklerinin VZA ile Değerlendirilmesi*,Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Eskişehir

39. Yoshida,Y.,Fujimoto,H.(2004).Japanese-airport benchmarking with the DEA and endogenous-weight TFP methods: testing the criticism of overinvestment in Japanese regional airports. ***Transportation Research E.(40)***.533-546.
40. Wang,Y.,Chin,K.(2010).Some alternative DEA models for two-stage process,***Expert Systems with Applications***,8800.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARAOĞLU, Merve
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 27/05/1987 Ankara
Medeni hali : Evli
Telefon : 05437838333
e-posta : merve_arslan06@hotmail.com



Eğitim

Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/İstatistik A.B.D.	
Lisans	Gazi Üniversitesi/İstatistik Bölümü	2009
Lise	Halide Edip Lisesi	2004

Yabancı Dili

İngilizce

Yayınlar

1. Karaoğlu,M.,”Evaluation of Turkish Airports Efficiencies Using Data Envelopment Analysis”, **11.Uluslararası VZA Konferansı**,Samsun(2013).

Hobiler

Yüzme, Kitap okuma



GAZİ GELECEKTİR..