

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**İZMİR'DEKİ ORTAÖĞRETİM KURUMLARININ**

**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE ANALİTİK**

**HİYERARŞİ SÜRECİ BÜTÜNLEŞİK YÖNTEMİ**

**(VZAHP) İLE ETKİNLİKLERİNİN**

**DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Reyhan AYNA**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Özge ELMASTAŞ GÜLTEKİN**

**İstatistik Anabilim Dalı**

**Sunuş Tarihi: 22.06.2018**

**Bornova-İZMİR**

**2018**



Reyhan AYNA tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan "İzmir'deki Ortaöğretim Kurumlarının Veri Zarflama Analizi ve Analitik Hiyerarşi Süreci Bütünleşik Yöntemi (VZAHP) ile Etkinliklerinin Değerlendirilmesi" başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 22.06.2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:**

**İmza**

Jüri Başkanı

: Dr. Öğr. Üyesi Burcu Arıtaoğlu

Raportör Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Tuba Klen

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Özge Elmastaş  
Gültelam

## EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


### ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “İzmir’deki Orta Öğretim Kurumlarının Veri Zarflama Analizi ve Analitik Hiyerarşi Süreci Bütünleşik Yöntemi (VZAHP) ile Etkinliklerinin Değerlendirilmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

06.../07/2018

İmzası

Adı-Soyadı

Reyhan AYMA  


## ÖZET

# İZMİR'DEKİ ORTAÖĞRETİM KURUMLARININ VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ BÜTÜNLEŞİK YÖNTEMİ (VZAHP) İLE ETKİNLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

AYNA, Reyhan

Yüksek Lisans Tezi, İstatistik Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Özge ELMASTAŞ GÜLTEKİN

Haziran 2018, 71 sayfa

Eğitim, bir milletin kalkınmasında ve gelişmesinde en önemli unsurlardan birisidir. Bu nedenle, eğitim kurumları ile ilgili çalışmalar yapmak ve kurumların kalitesini arttırmasına katkıda bulunmak son derece önemlidir. Bu çalışma İzmir'de bulunan ortaöğretim kurumlarının etkinliklerini değerlendirmek ve etkin olmayan kurumlara etkin olabilmeleri için yol göstermek amacı ile yapılmıştır. Etkinlik ölçümü öncelikle veri zarflama analizi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra girdi ve çıktı değişkenlerine eşit ağırlık vermek yerine analitik hiyerarşi süreci yöntemi yardımıyla ağırlıklar atanarak analiz tekrarlanmıştır. Çalışmada 3 girdi ve 3 çıktı değişkeni belirlenmiş olup 47 adet Anadolu Lisesi analize dahil edilmiştir. Bu çalışma Türkiye'de veri zarflama analitik hiyerarşi süreci bütünleşik yöntemi (VZAHP) ile ortaöğretim kurumlarının etkinliklerini değerlendiren ilk çalışma olması açısından önemlidir.

Anahtar sözcükler: Eğitim, Veri Zarflama Analizi, Analitik Hiyerarşi Süreci, Etkinlik

**ABSTRACT****ASSESSING SECONDARY SCHOOLS EFFICIENCIES  
OF IZMIR BY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS  
AND ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (DEAHP)  
INTEGRATED METHOD**

AYNA, Reyhan

MSc in Statistics

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Özge ELMASTAŞ GÜLTEKİN

June 2018, 71 pages

Education is one of the most important element for improvement and development of a nation. For this reason, its extremely important to carry out studies related to educational institutions and contribute to increase the quality of institutions. This study was carried out to assess the efficiencies of the secondary schools in Izmir and to guide inefficient educational institutions to become efficient. Firstly, efficiency measurement was performed by data envelopment analysis method. Instead of assigning equal weights to the input and output variables, the analysis was repeated by assigning weights with the aid of the analytic hierarchy process method. 3 input and 3 output variables were determined in the study and 47 Anatolian High School were analyzed. In Turkey, this study is important since it is the first study to assess the efficiencies of secondary schools with data envelopment analytic hierarchy process (DEAHP) integrated method.

**Keywords:** Education, Data Envelopment Analysis, Analytical Hierarchy Process, Efficiency.

## TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu çalışma süresince gerekli her türlü yardımı sağlayan danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özge ELMASTAŞ GÜLTEKİN'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalışma için gerekli olan verilere ulaşmamız konusunda yardımcı olan İzmir İl Milli Eğitim Müdürlüğü-Strateji Geliştirme Hizmetleri Bölümü çalışanlarına teşekkür ederim.

15-FEN-031 Proje No.'su ile çalışmamızı gerçekleştirebilmemiz için bize mali olarak destek veren Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkürü bir borç bilirim.

Yaşamım boyunca maddi ve manevi olarak daima yanımda bulunan ve bu tez çalışması boyunca manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli annem Sibel AYNA ve değerli babam Ahmet AYNA'ya teşekkür ederim.

**İÇİNDEKİLER**

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	ix
TEŞEKKÜR .....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xix
1.GİRİŞ .....	1
2.LİTERATÜR TARAMASI .....	3
3.TEMEL KAVRAMLAR: PERFORMANS KAVRAMI VE ETKİNLİK .....	10
3.1 Performansın Tanımı .....	10
3.2 Verimlilik.....	11
3.3 Etkinlik .....	11
3.3.1 Teknik etkinlik.....	12
3.3.2 Tahsis (fiyat) etkinliği .....	13
3.3.3 Farrell'in etkinlik yaklaşımı .....	14
3.3.4 Ölçek etkinliği .....	15
3.4 Etkinlik Ölçme Yöntemleri.....	15
3.4.1 Oran analizi.....	16

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
3.4.2 Parametrik yöntemler .....	16
3.4.3 Parametrik olmayan yöntemler .....	17
<b>4. ORTAÖĞRETİM KURUMLARINDA ETKİNLİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>18</b>
4.1 Türkiye’de Ortaöğretim Sistemi.....	18
4.2 Ortaöğretim Kurumlarında Etkinlik .....	18
<b>5. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA) VE ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP) .....</b>	<b>20</b>
5.1 Veri Zarflama Analizi ile İlgili Genel Bilgiler .....	20
5.2 VZA’nın Uygulama Aşamaları .....	21
5.2.1 Karar verme birimlerinin seçimi .....	21
5.2.2 Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi .....	21
5.2.3 Verilerin elde edilmesi ve güvenilirliği.....	24
5.2.4 VZA modelinin belirlenmesi ve etkinlik ölçümü.....	24
5.2.5 Etkinlik değerleri ve etkinlik sınırı.....	24

**İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa

5.2.6 Referans gruplarının belirlenmesi.....	26
5.2.7 Etkin olmayan karar verme birimleri için hedef belirlenmesi .....	26
5.2.8 Sonuçların değerlendirilmesi .....	27
5.3 VZA’da Kullanılan Modeller .....	27
5.3.1 CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) modeli.....	28
5.3.2 BCC (Banker, Charnes, Cooper) modeli .....	32
5.4 VZA’nın Avantajları ve Dezavantajları.....	37
5.5 AHP ile İlgili Genel Bilgiler.....	38
5.6 AHP’nin Uygulama Aşamaları.....	39
5.6.1 Problemin tanımlanması .....	39
5.6.2 Kriterlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması .....	39
5.6.3 Ağırlıkların hesaplanması.....	41
5.6.4 Tutarlılık analizi yapılması.....	42
5.7 VZA ve AHP Yöntemlerinin Bütünleşik Olarak Kullanılması .....	42

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
6.VERİ ZARFLAMA ANALİZİ ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ BÜTÜNLEŞİK YÖNTEMİ (VZAHP) İLE ORTAÖĞRETİM KURUMLARININ ETKİNLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	45
6.1 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı .....	45
6.2 Karar Verme Birimlerinin Seçimi .....	46
6.3 Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi.....	47
6.4 VZA Yöntemi ile Etkinlik Analizi .....	48
6.5 VZAHP Yöntemi ile Etkinlik Analizi.....	52
7.SONUÇ VE ÖNERİLER .....	62
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	64

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Teknik etkinlik ve verimlilik .....	12
3.2 Farrell'in etkinlik gösterimi.....	13
3.3 Ölçeğin verimlilik üzerindeki etkisi .....	15
4.1 Bir okulun VZA tarafından değerlendirilmesi sürecinin şematik olarak gösterimi .....	19
5.1 Girdiye yönelik etkin sınır .....	25
5.2 Çıktıya yönelik etkin sınır .....	25
5.3 Temel VZA modelleri.....	27
5.4 Basit bir AHP modeli .....	39
6.1 Anadolu liselerinin VZA yöntemi ile elde edilen etkinlik skorlarının grafik ile gösterimi .....	52
6.2 Anadolu liselerinin VZAHP yöntemi ile elde edilen etkinlik skorlarının grafik ile gösterimi .....	57



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Çeşitli yaklaşımlara göre performans tanımları.....	10
5.1 Eğitim kurumlarının etkinliğini VZA ile değerlendiren çalışmalar .....	23
5.2 AHP ölçeğinin dereceleri.....	40
5.3 Rassal tutarlılık indeksleri .....	42
6.1 Karar verme birimleri .....	46
6.2 Girdi ve çıktı değişkenleri .....	47
6.3 Liselerin etkinlik skorları ve referans grupları (VZA yöntemi ile) .....	49
6.4 1. rehber öğretmenin girdilere ait ikili karşılaştırma matrisi .....	53
6.5 1. rehber öğretmenin çıktılara ait ikili karşılaştırma matrisi.....	53
6.6 2. rehber öğretmenin girdilere ait ikili karşılaştırma matrisi .....	53
6.7 2. rehber öğretmenin çıktılara ait ikili karşılaştırma matrisi.....	53
6.8 3. rehber öğretmenin girdilere ait ikili karşılaştırma matrisi .....	53
6.9 3. rehber öğretmenin çıktılara ait ikili karşılaştırma matrisi.....	53
6.10 4. rehber öğretmenin girdilere ait ikili karşılaştırma matrisi .....	54
6.11 4. rehber öğretmenin çıktılara ait ikili karşılaştırma matrisi.....	54
6.12 Girdi değişkenlerinin yüzde önem değerleri.....	54
6.13 Çıktı değişkenlerinin yüzde önem değerleri .....	54

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.14 Liselere ait etkinlik skorları ve referans grupları (VZAHP yöntemi ile).....	56
6.15 VZAHP sonucunda etkin olmayan KVB'lere ait hedef değerler.....	58
6.16 VZA yöntemi ve VZAHP yöntemi ile etkin bulunan okullar .....	59
6.17 VZA yöntemi ve VZAHP yöntemi etkinlik skorlarının karşılaştırılması.....	60



## 1. GİRİŞ

Bir milletin, kalkınmasında ve gelişmesinde eğitim en temel ve en önemli unsurlardan birisidir. Bu nedendir ki eğitim sisteminin iyileştirilmesi ve sürekli olarak geliştirilmesi ve bu konuda çalışmaların artırılması son derece önemlidir. Ortaöğretim kurumları ise eğitim sistemimizin önemli parçalarından bir tanesidir. Temel 8 yıllık eğitimden sonraki aşamayı oluşturan ortaöğretim, kazandırdığı temel ve mesleki bilgi ve becerilerin yanı sıra, kişileri geleceğe hazırlar. Ortaöğretim kurumlarının faaliyetlerinin kişiler için ve dolayısıyla ülkemiz için oldukça önemli olduğu göz önünde bulundurulduğunda kurumların etkinlik analizlerinin yapılması ve etkin çalışmayan kurumların etkin bir eğitim vermeleri için hedefler belirlenmesi kaçınılmaz hale gelmiştir.

Veri Zarflama Analizi (VZA), çoklu girdi ve çoklu çıktı durumunda birimlerin göreceli etkinliğini ölçmede kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir metottur. Matematiksel programlamayı çözüm tekniği olarak kullanması, çoklu girdi ve çoklu çıktı durumunda kullanılabilmesi ve diğer yöntemlere göre daha esnek bir yapıya sahip olması açısından veri zarflama analizi etkinlik ölçümünde ideal bir yöntem olarak benimsenmiştir. Çoklu girdi ve çoklu çıktıya sahip bir organizasyonda bu değişkenlerin her biri aynı önem derecesine sahip olmayabilir. Bu durum göz önüne alınarak, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi yardımı ile girdi ve çıktıların önem derecesine göre ağırlıklandırılmasına ve bu şekilde analize dahil edilmesine olanak veren çalışmalar yapılmıştır. Böylelikle, daha sağlıklı sonuçlara ulaşılmıştır.

Bu tez çalışmasının konusu İzmir ilinde bulunan ortaöğretim kurumlarının etkinliklerinin veri zarflama analizi-analitik hiyerarşi prosesi (VZAHP) bütünleşik yöntemi ile değerlendirilmesini içermektedir. Çalışma 7 bölümden oluşmaktadır.

İkinci bölümde literatürde yer alan VZA çalışmalarına ve VZA yöntemi ile AHP yönteminin bir arada kullanıldığı çalışmalara yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde çalışmanın içerisinde sıkça kullanılacak olan ve çalışmanın daha iyi anlaşılmasını sağlayacak olan veri zarflama analizinin temel kavramları açıklanmıştır. Öncelikle performans ve verimlilik kavramlarından bahsedilmiş daha sonra etkinlik kavramı tanımlanarak, etkinlik türleri ve etkinlik ölçme yöntemleri ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde bu tez çalışmasının uygulama alanını oluşturan ortaöğretim kurumları konusuna yer verilmiştir. Bu bölümde Türkiye'deki ortaöğretim sistemi ve bu sistemin amaçları açıklanmış ve daha sonra ortaöğretim kurumlarında etkinliğin ölçülmesi ile ilgili bilgiler verilmiştir. Son olarak da ortaöğretim kurumlarında etkinlik değerlendirilmesine ilişkin yapılmış olan bazı çalışmalar kısaca özetlenmiştir.

Beşinci bölümde VZA ve AHP konuları ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Öncelikle VZA ile ilgili konular tanımlanmış, uygulama aşamaları, modelleri, avantajları ve dezavantajları anlatılmıştır. Daha sonra AHP tanımlanarak, uygulama aşamaları açıklanmıştır. Bu iki yöntem ayrı ayrı ele alındıktan sonra, tezin uygulama konusu olan VZAHP bütünleşik yönteminden bahsedilmiştir. Son olarak da VZAHP ile ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalardan bazıları özetlenmiştir.

Altıncı bölümde ise uygulamaya yer verilmiştir. Uygulama detaylı bir şekilde anlatılmış, gerekli analizler gerçekleştirilmiş ve analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Yedinci bölümde ise analiz sonuçları yorumlanarak, etkin olmayan okullara etkin olabilmeleri için önerilerde bulunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Farrell'in 1957 yılında yayınlanan 'The Measurement of Productive Efficiency' adlı çalışması etkinlik ve etkinlik hesaplamaları ile ilgili çalışmaların başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir (Yoluk, 2010). Bu çalışmadan yola çıkarak Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) olarak adlandırılan ve doğrusal programlama temeline dayanan, parametrik olmayan bir model geliştirmişlerdir (Charnes et al., 1978).

Charnes, Cooper and Rhodes (1981), VZA'nın kullanımını ilk olarak devlet okullarında uyguladığı bir çalışma ile göstermiştir. Bu çalışmada "Program Follow Through" adlı eğitim programının değerlendirilmesi yapılmıştır. W.W. Cooper yönetiminde E. Rhodes tarafından, 'Program Follow Through' adlı eğitim programının etkileri, psikolojik testlerle programa katılanlar ve katılmayanlar arasında görece olarak ölçülmeye çalışılmıştır (Bektaş, 2007).

'Program Follow Through', ABD'deki devlet okullarında uygulanmıştır. Bu program dezavantajlı öğrenciler (özellikle siyah ve İspanyol öğrenciler) için bir eğitim programıdır. Bu çalışma için, 70 adet okul ele alınmıştır. Bu okullarda 25 adet girdi değişkeni ve 11 adet çıktı değişkeninin ölçümü gerçekleştirilmiştir (Charnes et al., 1981). İlk VZA modeli, 1978 yılında yapılan ve European Journal of Operational Research dergisinde yayınlanan bu çalışmadır.

VZA, ilk olarak ölçeğe göre sabit getiri (Constant Return to Scale-CRS) varsayımı altında geliştirilmiş, sadece kamuda hizmet alanlarında teknik etkinliği ölçmek amacıyla kullanılmıştır. Daha sonra, Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından ölçeğe göre değişken getiri (Variable Return to Scale-VRS) varsayımı altında, ölçek ve teknik etkinliğin ayrı ayrı ölçülmesine olanak sağlayan model geliştirilmiştir (Dikmen, 2004).

İlk olarak kar amacı gütmeyen kamu kuruluşlarında uygulanmış, daha sonraları kar amaçlı üretim ve hizmet sektörlerinde de sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Veri zarflama analizi birçok alanda uygulanmaktadır. Uygulama alanına üretim, hizmet ve finans sektörlerinden iç ve dış rekabet koşullarında bulunan her kurum girer (Balkan, 2009).

Örnek olarak, mahkemeler, hastaneler, postaneler, hava taşımacılığı, deniz yolu taşımacılığı, eczaneler, restoranlar, yer seçim problemleri, hisse senedi

değerlendirmesi, bankacılık, eğitim gibi birçok alanda farklı çalışmalar yapılmıştır (Bektaş, 2007).

Kirjavainen and Loikkanen (1998), Veri Zarflama analizi ve tobit analizi ile ortaokulların etkinliğini ölçmüşlerdir. Çalışmada farklı girdi çıktı kombinasyonları ile 4 farklı model kullanılmıştır. Çalışmada en kapsamlı modellerde etkinlik %82-%84 çıkmıştır. Ebeveynlerin eğitim düzeyleri ek bir girdi olarak ele alındığında, ortalama etkinlik %91'e yükselmiştir.

Bradley et al. (2001), rekabetin okulların etkinliğine olan etkisini ölçmek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. İngiltere'deki okulların teknik etkinliğini ölçen çalışmada 1993-1998 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Analiz tekniği olarak veri zarflama analizi yöntemi uygulanan çalışmada katılım oranı ve sınav sonuçları çıktı değişkeni, sosyoekonomik durum (ücretsiz okul yemekleri için uygun olmayan öğrenci oranı) ve personel nitelikleri girdi değişkeni olarak belirlenmiştir. Çalışmalarının sonucunda okullar arasında rekabet derecesi arttıkça etkinliğin de arttığı yönünde öneride bulunmuşlardır.

Deliktaş (2002), çalışmasında 1990-2000 dönemi özel sektör imalat sanayinin performans düzeyini ölçmeyi amaçlamıştır. Teknik etkinliği ve toplam faktör verimliliğindeki değişimleri ölçmek için Veri Zarflama Analizi ve Malmquist Verimlilik Endeksi yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmasının sonucunda ise en az etkinliğe sahip sektörün taş ve toprağa dayalı sanayi olduğu bilgisine ulaşmıştır.

Yeşilyurt ve Alan (2003), çalışmalarını fen liselerinin etkinlik ölçümü üzerine gerçekleştirmiştir. Veri zarflama analizi yöntemi ile EMS (Efficiency Measurement System) paket programı yardımıyla etkinlik ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. EMS programı ilk olarak okulların sabit girdi tükettiği varsayımı ile ikinci olarak öğrencilerin bu okullara yerleşmeden önceki seviyelerinin önemli olduğu varsayılarak Öğrenci Seçme Yerleştirme Sınavı taban puanlarının da girdi olarak kullanılması ile iki kez çalıştırılmıştır. İlk varsayım kullanıldığında etkin sınır sadece İzmir Fen Lisesi çıkarken ikinci varsayımda İzmir Fen Lisesi, Adana Fen Lisesi ve Gaziantep Fen Lisesi %100 etkinliğe sahip olarak elde edilmiştir.

Bal ve Örkcü (2005), Veri zarflama analizi yöntemini diskriminant analizi ile birleştirerek yeni bir model geliştirmişlerdir ve bu modeli VZA ve

diskriminant analizi yöntemlerini birlikte kullanarak yaptıkları uygulama ile desteklemişlerdir. Uygulamada AB üyesi olan 15 ülkenin ve AB üyesi olmayan 8 ülkenin sosyoekonomik göstergelerini incelemişlerdir.

Kardiyen ve Örkcü (2006), çoklu girdi ve çoklu çıktı durumunda karar verme birimlerini sıralamak için Veri Zarflama Analizi ve Temel Bileşenler Analizi yöntemlerini karşılaştırmışlardır.

Hadad et al. (2007), çalışmalarında 2 çıktı değişkeni ve 4 girdi değişkenine sahip 30 adet restoranlardan elde ettiği verilerle etkinlik ölçümü gerçekleştirmişlerdir. Daha sonra bu 30 adet restoran için 5 farklı sıralama yöntemi ile hesaplamalar yaparak elde ettikleri bilgileri tablo halinde özetlemişlerdir.

Rassouli-Currier (2007), Oklahoma şehrinde bulunan 354 devlet okulunda veri zarflama analizi ve tobit modelini kullanarak okulların etkinliğini incelemiştir. Veriler 3 periyot şeklinde elde edilmiştir. (1996-1997,1997-1998,1998-1999). Uygulamada DEAP 2.1. programı kullanılmıştır.

Tyagi et al. (2009), Hindistan'da bulunan 348 ilkokulun etkinliklerini ve birbirleri arasındaki etkinlik farklarını belirlemek amacıyla veri zarflama analizi yöntemi ile bir uygulama yapmışlardır. Ölçeğe göre sabit getiri modeli kullanılan çalışmada 8 girdi ve 3 çıktı değişkeni belirlenmiştir. Bu girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesinde Temel Bileşenler Analizi yönteminden yararlanılmıştır. Farklı girdi ve çıktı kombinasyonları ile 4 model oluşturulmuş ve analiz gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma Hindistan'da ilkokulların etkinliğini veri zarflama analizi yöntemi ile ölçen ilk çalışma niteliği taşımaktadır.

Demir vd. (2010), Türkiye'nin farklı bölgelerindeki etkin olan ve olmayan ortaöğretim okullarının performanslarını ele almışlardır. Etkin olmayan okulların etkin olabilmeleri için uygulamaları gereken stratejiler çıktıya yönelik CCR modeli ile araştırılmıştır. Çalışma sonunda, Türkiye'deki en etkin bölgenin İstanbul Bölgesi ve en etkin okul türlerinin ise Fen Liseleri ve Polis Koleji olduğu sonucuna varılmıştır.

Yıldırım (2010), Veri Zarflama analizi modeline dahil edilecek girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesinde kararsız kalınması durumunda Temel Bileşenler Analizi yönteminin analize dahil edilmesinin sağlayacağı avantajlar üzerine bir

çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasını İstanbul'da hizmet veren ilçe belediyelerinin mali etkinlik incelemesi üzerine yapmıştır.

Nedelea et al. (2010), iki aşamalı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. İlk aşamada VZA yöntemi kullanılarak, kritik erişim hastaneleri (CAH) ve kırsal kesimde bulunan, kritik erişim hastanesi grubuna girmeyen diğer hastanelerin (non-CAH rural hospitals) teknik, ölçek ve tahsis etkinliklerini belirlemişlerdir. Daha sonra ise ikinci aşamada, teknik, ölçek ve tahsis etkinliği ile bazı çevresel değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemek için Bootstrapped Truncated Regresyon yöntemini kullanmışlardır.

Yen and Othman (2011), Malezya'daki otellerin etkinliğinin değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. VZA yöntemi ile etkinlik değerlendirmesi yapılan bu çalışmada 6 girdi değişkeni ve 6 çıktı değişkeni belirlenmiştir.

Demir ve Durakoğlu (2013), Çorum'da bulunan liselerin 2012-2013 eğitim-öğretim dönemindeki etkinliklerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında öncelikle ölçeğe göre sabit getiri (CCR) modeli ile analiz yapmışlar daha sonra ölçeğe göre değişken getiri (BCC) modeli ile analiz yapmışlardır. Liselere ait 3 adet girdi ve 5 adet çıktı belirlemişlerdir. CCR modeline göre 4 lisenin, BCC modelinin uygulanması sonucunda 9 lisenin etkin olduğu sonucuna varmışlardır.

Aristovnik (2013), ülkelerin Avrupa Birliği'ne üye olup olmama durumuna göre etkinlik değerlendirmesi yapmıştır. Çalışması sonucunda AB üyesi olan ülkelerin, olmayanlardan görece olarak daha etkin olduğu, bununla birlikte daha eski AB üyesi ülkelere göre ise görece olarak daha düşük etkinlik değerine sahip oldukları sonucuna varmıştır.

Karataş (2016), çalışmasında kamu, özel, yabancı sermayeli bankaların etkinliklerini ölçmüştür. Bankalar arasında karşılaştırma yapılmasını amaçlayan bu çalışmada 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 yılları incelenmiştir.

Ertuğrul ve Sarı (2017), çalışmalarında bir üniversitenin İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesine bağlı 16 bölümün performanslarını VZA yöntemi ile analiz etmişlerdir. Analizde hem CCR hem de BCC modeli kullanılmış olup CCR modeline göre 8, BCC modeline göre ise 12 bölüm etkin olarak bulunmuştur.

Özçelik ve Kandemir (2017), BİST' te işlem görerek imalat sektöründe yer alan işletmelerin etkinliklerini değerlendirmişlerdir. 3 girdi ve 3 çıktının kullanıldığı çalışmada 14 alt sektör analiz edilmiştir. Analizlerde EMS 1.3.0 (Efficiency Measurement System) paket programı kullanılmıştır.

Türkan and Özel (2017), VZA yöntemi ile Türkiye'deki devlet üniversitelerinin etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada süper etkinlik modelini kullanmışlardır. Daha sonra etkinliği etkileyen faktörler Tobit ve Beta regresyon analizleri ile incelenmiştir.

Motroi (2018), ısıcam üretimi yapan bir fabrikanın aylara göre verimliliğini VZA yöntemi ile analiz etmiştir. 2014 yılına ait verilerin kullanıldığı bu çalışmada 3 girdi ve 1 çıktı değişkeni kullanılmıştır.

Aladağ vd. (2018), çalışmalarında VZA yöntemi ile Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bölümlerinin etkinliğini ölçmüşler daha sonra Promethee yöntemi ile bölümlerin performans sıralamasını belirlemişlerdir. Bu iki yöntem ile elde edilen sıralamalar arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını analiz etmişler ve yorumlamışlardır.

Bu tez çalışmasının uygulama konusunu oluşturan Veri zarflama analitik hiyerarşi prosesi (VZAHP) bütünleşik yöntemi ile ilgili yapılmış olan birçok çalışma mevcuttur. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Stern et al. (2000), birden çok girdi ve çıktıya sahip organizasyon birimleri için iki aşamalı bir model önermişlerdir. İlk aşamada birimlere veri zarflama analizi, ikinci aşamada ise analitik hiyerarşi prosesi uygulamışlardır.

Lee et al. (2007), AHP ve VZA hibrit yaklaşımını kullanarak ulusal enerji verimliliği planı sektöründe, enerji verimlilik teknolojilerinin görelî etkinlikleri ölçmüşlerdir. Uygulamada çıktıya yönelik CCR modeli kullanılmıştır. Bu çalışma ile karar vericilere, enerji sektöründe çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde AHP ve VZA hibrit yaklaşımının ele alınabileceği önerisinde bulunulmuştur.

Korpela et al. (2007), Veri zarflama analizi ve analitik hiyerarşi prosesi yöntemlerini birleştirerek depo operatör ağı seçimi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır.

Sevklı et al. (2007), BEKO şirketinin tedarikçi seçimi ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Önce AHP metodu ile daha sonra VZAHP metodu ile analizi gerçekleştirmişler ve çıkan sonuçları değerlendirmişlerdir.

Wang et al. (2008), çalışmalarında bütünleşik VZA/AHP yöntemini kullanarak, köprü şekillerinin risklerini değerlendirmişlerdir. VZA/AHP yönteminde; AHP kriterleri belirlemek için, VZA değerleri belirlemek için kullanılmıştır.

Erpolat ve Cinemre (2011), farklı marka ve modellerdeki notebook bilgisayarların etkinliklerini değerlendirdiği çalışmasında girdiye yönelik ölçüğe göre değişken getiri (BCC) modeli kullanılmıştır. EMS paket programı yardımıyla yapılan uygulamada VZA yöntemi ile ve VZA modeline AHP yöntemi yardımıyla ağırlıkların eklenmesi ile 2 farklı etkinlik analizi gerçekleştirilmiştir.

Lin et al. (2011), VZA ve AHP bütünleşik yöntemini kullanarak Çin'deki yerel hükümetlerin etkinliklerini sıralamışlardır.

Doğan ve Gencan (2014), Ankara'da bulunan 26 kamu hastanesinin etkinliklerini değerlendirmişlerdir. 4 girdi değişkeni ve 5 çıktı değişkeni kullanılmıştır. Çalışmalarında öncelikle VZA yöntemi ile etkinlik analizi gerçekleştirilmiş daha sonra girdi ve çıktı değişkenlerine AHP yöntemi yardımı ile ağırlıklar atanarak tekrar VZA yöntemi ile etkinlik analizi gerçekleştirilmiştir. VZA yöntemi ile yapılan analizde 13, AHP ağırlıklı VZA yöntemi ile yapılan analizde ise 10 hastane etkin olarak bulunmuştur.

Mahapatra et al. (2015), Hindistan'da bulunan bir çelik fabrikasından elde ettiği verilerle VZAHP çalışmasını gerçekleştirmiştir. Çalışmada 8 adet finansal yılın etkinlikleri değerlendirilmiştir. CCR modeli kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir.

Öztürk ve Girginer (2015), çalışmalarında 30 tekstil ve hazır giyim firmalarının ihracat etkinliklerini VZA yöntemi ile değerlendirmişlerdir. 2012 yılı verilerinin kullanıldığı bu çalışmada 4 girdi ve 1 çıktı değişkeni kullanılmıştır. Analiz sonucunda %100 etkinlik değerine sahip olan firmaların etkin olmalarında önemli olan faktörlerin önem derecelerinin belirlenmesinde AHP yönteminden yararlanmışlardır.

Mimovic and Krstic (2016), Sırbistan'da bulunan 12 fakültenin etkinliklerini öncelikle VZA daha sonra VZAHP yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Değerlendirme için ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında girdiye yönelik modeli kullanmışlar ve 2 çıktı 3 girdi değişkeni belirlemişlerdir.

Çağlar ve Öztaş (2016), Türkiye'deki 8 hayat dışı sigorta şirketlerine ait finansal oranlar için performans değerlendirmesi yapmışlardır. Çalışmalarında yöntem olarak VZA ve AHP yöntemlerine daya oran analizi yaklaşımını kullanmışlardır.

Pakkar (2017), çalışmasında VZA ve AHP yaklaşımını çoklu hiyerarşi durumunda gri ilişkisel analiz (GİA) modeline entegre ederek analiz gerçekleştirmiştir.

Thanassoulis et al. (2017), çalışmalarında VZA ve AHP yöntemleri ile yükseköğretimde öğrenim değerlendirmelerinin bir arada kullanıldığı bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışmada Yunanistan'da yer alan yükseköğretim kurumları değerlendirilmiştir.

### 3. TEMEL KAVRAMLAR: PERFORMANS KAVRAMI VE ETKİNLİK

#### 3.1 Performansın Tanımı

Performans, bir bireyin, bir grubun ya da bir organizasyonun yaptıkları işte amaçladıkları hedefe yönelik olarak nereye ulaşabildiğini veya neyi sağlayabildiğini nicel ve nitel olarak ifade eden bir kavramdır (Baş ve Artar, 1991).

Performans kavramı ile ilgili olarak farklı birçok tanım bulunmaktadır. Bu tanımlar, performansı değerlendirilecek olan bir bireyin veya organizasyonun hangi işlevi ile ilgilenildiğinden yola çıkılarak yapılmıştır. Çeşitli yaklaşımlara göre performans kavramının ifade ettiği anlamlar Çizelge 3.1’de verilmiştir (Gülcü vd., 2004).

Çizelge 3.1 Çeşitli yaklaşımlara göre performans tanımları

Yaklaşım	Performans Tanımı
Amaç Yaklaşımı	Bir organizasyon ifade ettiği amaçlara ulaştığı derecede başarılıdır.
Sistem Kaynakları Yaklaşımı	Bir organizasyon ihtiyaç duyduğu kaynakları elde ettiği derecede başarılıdır.
İç Süreç Yaklaşımı	Bir organizasyon iç bileşenleri arasında uyumluluk gösterdiği derecede başarılıdır.
Bileşenler Yaklaşımı	Bir organizasyon bütün stratejik bileşenlerini en azından minimal olarak tatmin ettiği derecede başarılıdır.
Meşruluk Yaklaşımı	Bir organizasyon meşru faaliyetlerle hayatını devam ettirdiği derecede başarılıdır.
Hata Yaklaşımı	Bir organizasyon hata yapmadığı ölçüde başarılıdır.
Yüksek Performanslı Sistemler Yaklaşımı	Bir organizasyon benzerlerine göreceli olarak üstün olduğu derecede başarılıdır.
Beşeri Kaynaklar Yaklaşımı	Bir organizasyon fonksiyonel alt birimlerinin karakteristikleri ile yaptığı işin karakteristiklerinin uyumu derecesinde başarılıdır.
Organizasyonel Rekabet Yaklaşımı	Bir organizasyon amaçlarını başarmak için sahip olduğu potansiyel kadar başarılıdır.
Açık Sistem Yaklaşımı	Bir organizasyon uzmanlaştığı ve bunu koruduğu derecede başarılıdır.
Rasyonel Sistem Yaklaşımı	Bir organizasyon belirli bir zaman periyodunda yaptığı üretim miktarı kadar başarılıdır.
Doğal Sistemler Yaklaşımı	Bir organizasyon yaptığı üretim ve bu üretim hacmini koruduğu derecede başarılıdır.
Beşeri İlişkiler Yaklaşımı	Bir organizasyon çalışanlarına organizasyonun amaçları doğrultusunda çalışacak ortam sağladığı derecede başarılıdır.

Örgütsel bir iş sisteminde performansın yedi boyutu vardır. Bunlar; Etkinlik, verim ve girdilerden yararlanma, verimlilik, kalite, yenilik, çalışma yaşamının kalitesi, karlılık ve bütçeye uygunluktur (Sink and Tuttle, 1989).

Dünyada kaynakların sınırlı olması ve isteklerin ise sınırsız olması durumu göz önüne alındığında verimlilik ve etkinlik kavramlarının önemini hiçbir zaman kaybetmeyeceği bir gerçektir (Yeşilyurt ve Alan, 2003). Bölüm 3.2 ve 3.3’de bu yedi performans boyutlarından çalışmada sıkça kullanılacak olan verimlilik ve etkinlik kavramlarından bahsedilecektir.

### **3.2 Verimlilik**

Verimlilik, bir üretim sürecinde elde edilen üretim miktarının, kullanılan toplam girdilere oranı ile elde edilen bir göstergedir. Yani, belli girdilerle en fazla çıktının üretilmesi veya belli bir çıktı miktarının en az girdinin kullanılması ile elde edilmesidir (Sarı, 2015).

Verimlilik artışının gerçekleşmesi için beş durum söz konusudur. Bunlar;

- Az sayıda girdi kullanılarak aynı düzeyde çıktı üretilmesi,
- Kullanılan girdi miktarı sabitken daha fazla çıktı üretilmesi,
- Az sayıda girdi kullanılarak daha fazla çıktı üretilmesi,
- Çıktı miktarındaki artışın girdi miktarındaki artıştan daha fazla olması,
- Girdi miktarındaki azalmanın çıktı miktarındaki azalmadan daha fazla olmasıdır (Budak, 2010).

### **3.3 Etkinlik**

Etkinlik, bir işletmenin kaynaklarını nasıl kullandığını veya kaynaklarından hangi ölçüde faydalandığını gösteren bir performans boyutudur (Sarica, 2007). Başka bir ifade ile, gerçekleşen performansın olması gereken performansa hangi ölçüde yaklaşım yaklaşmadığını gösterir (Karaca, 2010).

Etkinlik kavramı, girdilerle ilgilidir. Yani girdilerin tam ve doğru kullanılması hakkında bilgi verir. Etkinlik oranı 1'e yaklaştıkça, girdilerin daha etkin kullanıldığı yorumu yapılabilir. Böylece etkinlik, fiili çıktının elde edilen maksimum çıktıya oranı ile ifade edilir (Deliktaş, 2002).

$$Etkinlik = \frac{Gerçekleşen\ çıktı}{Gerçek\ kapasite} \quad (3.1)$$

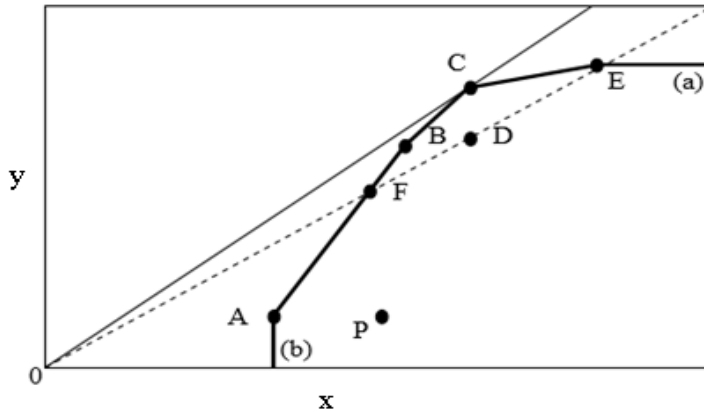
Etkinlik türleri, teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve tahsis etkinliği olmak üzere 3 grupta incelenir.

### 3.3.1 Teknik etkinlik

Teknik etkinlik kavramı, ilk kez Koopmans (1951) tarafından tanımlanmıştır. Koopmans teknik etkinliği, bir çıktıyı eş zamanlı olarak azaltmadan (veya bir girdiyi arttırmadan), herhangi bir çıktıyı artırmanın (veya herhangi bir girdiyi azaltmanın) teknolojik olarak imkansız olduğu şeklinde tanımlamıştır (Ruggiero, 2000).

Girdilere ve çıktılara sahip ve etkinliği değerlendirilen bölümlerin, firmaların ya da yönetsel birimlerin topluluğuna 'karar verme birimi' (KVB) adı verilmektedir (Kecek, 2010). Bir üretim sürecinde girdiler x vektörü ve çıktılar ise y vektörü ile gösterilir ve tüm mümkün olan girdi-çıkıtı karışımı (x,y) kümesi üretim imkanları kümesini oluşturur (Tarım, 2001). Bir KVB'nin üretim imkanları kümesi sınırında bulunması durumu teknik etkin olduğunu göstermektedir. KVB'nin bu sınırın altında bulunması ise teknik etkinsizliği gösterir (Balkan, 2009).

Şekil 3.1 Teknik etkinlik ve verimlilik (Tarım, 2001).



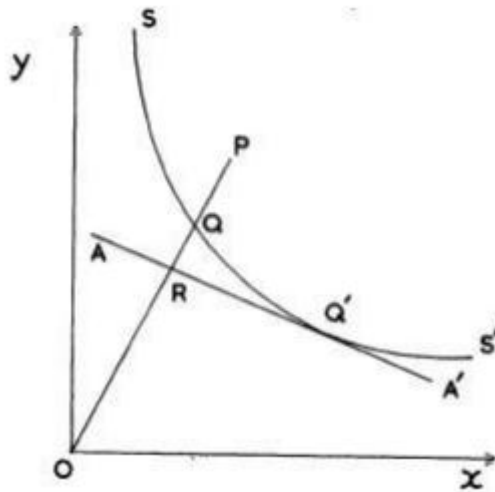
Şekil 3.1’de verilen üretim imkanları kümesi incelendiğinde;

A, B, C, E ve F KVB’leri üretim imkanları kümesinin etkinlik sınırı üzerinde bulunmaktadır. Bu nedenle teknik olarak bu KVB’ler etkindir. P ve D KVB’leri ise etkinlik sınırı üzerinde değildir ve bu KVB’ler teknik etkin olmamaktadır. P’ye bakıldığında, B ile aynı miktarda girdi kullanmaktadır. Ürettikleri çıktı miktarına bakıldığında ise B’nin P’ye göre daha fazla çıktı ürettiği görülmektedir. Yine P birimi, A ile aynı miktarda çıktı üretmesine karşın P daha fazla girdi kullanmıştır. Bütün bu değerlendirmeler sonucunda P’nin teknik etkinsiz olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Tarım, 2001).

### 3.3.2 Tahsis (fiyat) etkinliği

Tahsis (fiyat) etkinliği, aynı zamanda dağıtım etkinliği olarak da adlandırılmaktadır. Birden fazla girdiye sahip bir ekonomik birimin, minimum maliyetle üretim yapmasını sağlayan en uygun girdi bileşiminin seçilmesindeki başarı olarak ifade edilmektedir. Tahsis etkinliği, minimum maliyetle üretim yapılmasını sağlayan en uygun faktör bileşimi ile var olan durumun kıyaslanmasını sağlamaktadır. Girdi faktör maliyetlerinin bilindiği ve önemli olduğu durumlarda, teknik ve ölçek etkinliğinin yanı sıra, tahsis etkinliğinin de incelenmesi gerekmektedir (Tarım, 2001). Tahsis etkinliği eş ürün ve eş maliyet eğrilerinden faydalanılarak açıklanır. Farrell (1957) Şekil 3.2’deki eş ürün ve eş maliyet eğrilerini kullanarak tahsis etkinliğini şu şekilde açıklamıştır:

Şekil 3.2 Farrell’in etkinlik gösterimi (Farrell, 1957).



Şekil 3.2’de Farrell (1957), tek bir çıktının iki girdi tarafından üretildiğini varsaymıştır ve x eksenini girdileri, y eksenini ise çıktıları ifade etmektedir. Bununla birlikte  $SS'$  eş ürün eğrisini,  $AA'$  ise eş maliyet doğrusunu göstermektedir. Eş maliyet doğrusu ( $AA'$ ), girdi fiyatları ile ilgili olup çıktı üretiminin belirli bir harcama sınırında yapılması zorunluluğunu ifade eder ve  $AA'$  eğrisi üzerinde olan her birim tahsis (fiyat) etkinliğine sahiptir (Farrell, 1957).

Belirli bir çıktıyı üretebilmek için gereken tüm olası girdi bileşimini ifade eden noktaların geometrik yeri eş ürün eğrisini ( $SS'$ ) vermektedir.  $Q'$  noktası, hem eş maliyet doğrusu hem de eş ürün eğrisi üzerinde bulunduğundan en iyi girdi bileşimini vermektedir. Yani tahsis etkinliğini sağlamaktadır.  $Q'$  noktasında yer alan bir işletmenin tahsis etkinliği değeri 1’e eşittir (Budak, 2010). P noktası, eş maliyet doğrusu ve eş ürün eğrilerinin dışında kaldığından tahsis etkinliği aşağıdaki şekilde ölçülmektedir (Farrell, 1957).

$$\text{Tahsis etkinliği} = \frac{OR}{OQ} \quad (3.2)$$

### 3.3.3 Farrell’in etkinlik yaklaşımı

Farrell (1957), bir işletmenin ekonomik etkinliğinin iki unsur içerdiğini savunmuştur. Bunlar; teknik etkinlik ve tahsis (fiyat) etkinliğidir. Teknik etkinlik, bir firmanın girdileri ile maksimum çıktıyı elde etme yeteneğini yansıtmaktadır. Tahsis etkinliği ise, kaynakların fiyatları verildiğinde girdileri en iyi oranda kullanma yeteneğini yansıtmaktadır. Ekonomik etkinlik değeri aşağıdaki eşitlik ile elde edilmektedir (Charles and Kumar, 2012).

Ekonomik (toplam) etkinlik = Teknik etkinlik x Tahsis etkinliği

Farrell’in yaklaşımı bir firmanın iki girdi kullanarak tek çıktı ürettiği basit durum üzerinden yukarıda verilen Şekil 3.2’de gösterilmiştir (Farrell, 1957). Şekil 3.2’ye göre;

$$\text{Teknik etkinlik} = \frac{OQ}{OP}$$

$$\text{Tahsis etkinliği} = \frac{OR}{OQ}$$

$$P \text{ noktasının ekonomik (toplam) etkinliği} = \frac{OQ}{OP} \times \frac{OR}{OQ} = \frac{OR}{OP} \quad (3.3)$$

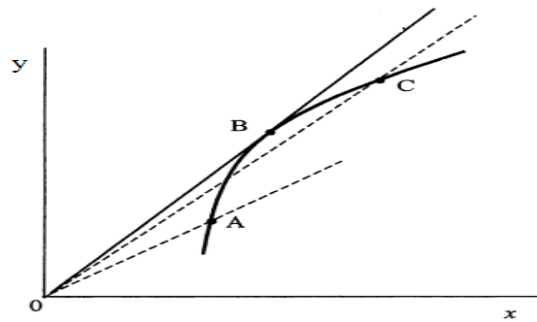
### 3.3.4 Ölçek etkinliği

Bir birim girdi için en fazla çıktı üretimini ifade eden *en verimli ölçek büyüklüğü* kavramı ölçek etkinliği olarak tanımlanır (Tarım, 2001).

Bir üretim sürecinde, girdi miktarı arttırıldığında;

- Çıktılardaki artış oranı girdilerdeki artış oranından fazla ise ölçeğe göre artan getiri,
- Çıktılardaki artış oranı girdilerdeki artış oranından az ise ölçeğe göre azalan getiri,
- Çıktılar ile girdilerin artış oranları aynı ise ölçeğe göre sabit getiriden söz edilir (Depren, 2008).

Şekil 3.3 Ölçeğin verimlilik üzerindeki etkisi (Coelli et al., 2005).



Şekil 3.3 tek çıktılı ve tek girdili üretim teknolojisini göstermektedir. Burada A, B ve C karar birimleri teknik olarak etkindir. Çünkü üretim sınırı üzerindedirler. Fakat bu 3 karar biriminin ölçek etkisinden dolayı verimlilikleri eşit değildir. A karar birimi üretim sınırı üzerinde B gözlemine doğru ölçeğini arttırarak verimliliğini arttırabilmektedir. C karar birimi ise, teknik etkinliğini koruyarak ölçeğini küçültürse verimliliği artacaktır. B'nin ölçek büyüklüğünü değiştirerek daha verimli olması mümkün değildir. Çünkü B karar birimi en verimli ölçek büyüklüğüne (Most Productive Scale Size-MPSS) sahiptir. Diğer bir ifade ile B karar birimi teknik olarak en verimli üretken ölçek olarak adlandırılır (Coelli et al., 2005).

### 3.4 Etkinlik Ölçme Yöntemleri

Etkinlik ölçüm yöntemleri 3 başlık altında incelenmektedir. Bunlar; oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemlerdir.

### 3.4.1 Oran analizi

Etkinlik ölçme yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılan yöntem, oran analizidir. Bunun nedeni uygulamasının oldukça kolay olmasıdır. Tek girdinin tek çıktıya oranlanması ile elde edilir. İşletmelerin finansal durumlarının belirlenmesinde analistler tarafından kullanılan bir metottur (Kecek, 2010).

Oran analizinin avantajları yanında birçok dezavantajı da bulunmaktadır. Çok az bilgiye gereksinim duyması, basit ve sade bir yöntem olması nedeniyle etkinlik değerlendirmesinde en uygun yöntem olarak görülür. Fakat bu yöntem performans iyileştirilmesine yönelik bir yöntem değildir, bu yöntemle yalnızca durum belirlenir. Bu analizle yapılan oranlama en iyiye göre değil, var olan değerlerin bölünmesi ile elde edilir. Oranlar değerlendirilirken mutlaka ya kendi içindikilerle ya da farklı birimlerin benzer değerleriyle karşılaştırılmaya ihtiyaç duyar, oranlar tek başına anlam ifade etmez. Bunun yanı sıra, tek girdinin tek çıktıya oranlanması ile elde edilmesi nedeniyle performans boyutlarından yalnızca birini göz önüne alırken, diğerlerini göz ardı etmektedir (Yeşilyurt ve Alan, 2003).

### 3.4.2 Parametrik yöntemler

Parametrik yöntemlerde etkinlik analizi, ilgili birimin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayımı altında yapılır. Performansla ilgili yaygın şekilde kullanılan “Cobb-Douglas” tipi üretim fonksiyonuna ilişkin parametrelerin belirlenmesi bu tür yöntemlere örnek olarak gösterilebilir. Performans ölçümünde genellikle regresyon tekniği kullanılarak tahmin yapılır. Üretim fonksiyonu tanımlanırken birçok girdi tek çıktı ile ilişkilendirilir (Yeşilyurt ve Alan, 2003).

Bu yöntemde, genel olarak bir gözlem kümesi bulunur. Bu küme içinde regresyon çizgisi üzerinde olan gözlemler etkin, diğerleri etkin değildir. Parametrik yöntemlerde her zaman bir rassal hatanın olacağı varsayılır. Bir gözlemin tam etkinliğe sahip olması, hatanın sıfır olması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla bir gözlemin etkin olup olmadığına ölçüm hataları giderildikten sonra karar verilebilir (İnan, 2000).

Regresyon tekniği ile ölçüm yapmanın da sakıncaları bulunmaktadır. Bunlar;

- Bu yöntem ile birden fazla girdi değişkeni kullanılarak yalnızca tek bir çıktının analizi yapılabilir.
- Regresyon yöntemi ile, en iyi performansa göre değil, ortalama performansa göre göreceli performans ölçülür. Bu yöntem, en iyi performansa sahip olan KVB'ye göre iyileştirme yapılmasına olanak vermez ve en iyi KVB'leri de ortalamaya çeker. Bu da en iyi performansı ortalama performans olarak kabul etmek anlamına gelmektedir.
- Bir diğeri, bu yöntem parametrik bir üretim fonksiyonunun tanımlanmasını gerektirdiğinden, yapısal üretim fonksiyonunun tanımlanması zor olan örgütler için regresyon analizi yöntemi yetersiz kalmaktadır (Yeşilyurt ve Alan, 2003).

### 3.4.3 Parametrik olmayan yöntemler

Parametrik olmayan yöntemler, parametrik yöntemlere alternatif olarak ortaya çıkmış olup etkinliği değerlendirilen birimin üretim fonksiyonunun ardında bir analitik formun varlığına ihtiyaç duyulmaz. Parametrik yöntemlere göre daha esnek olan bu yöntemde, matematiksel programlama çözüm tekniği olarak benimsenmiştir (Yolalan, 1993).

Parametrik olmayan yöntemlerde birimlerin etkinlik sınırına olan uzaklığı ölçülür. Birden fazla girdi ve çıktı bulunması durumunda kullanılabilmesi bu yöntemlerin avantajlarından biridir. Rassal hata terimi içermeyen bu yöntemde, şans veya farklı nedenlerle oluşan hatalar, ölçüm hataları modele aktarılabilir buna bağlı olarak da etkinlik sınırı yanlış tespit edilebilir (Berger and Humphrey, 1997).

Parametrik olmayan yöntemler içerisinde 2 temel yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan birisi veri zarflama analizi ve diğeri ise serbest atılabilir zarf yaklaşımıdır. Veri zarflama analizi parametrik olmayan yöntemler içerisinde en çok kullanılan yöntemdir. Serbest atılabilir zarf modeli ise veri zarflama analizinin özel bir halidir. Bu yaklaşım etkinlik sınırı üstünde bulunan farklı noktalar arasında bir ikame olmayacağını varsayar ve bu noktaları sınıra dahil etmez (Bektaş, 2007).

## **4. ORTAÖĞRETİM KURUMLARINDA ETKİNLİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

### **4.1 Türkiye’de Ortaöğretim Sistemi**

Ortaöğretim, okul öncesi dönemini izleyen 8-10 yıllık eğitim üzerine yapılandırılmış, temel eğitim dönemi ile yükseköğretim dönemi arasında yer alan, genel amaçlı eğitim kurumları ile mesleki ve teknik eğitim kurumlarını içine alan yükseköğretim öncesindeki bir öğretim basamağı olarak tanımlanabilir. Teorik olarak 15-17 yaş grubundaki kişilerin eğitimini kapsamaktadır (DPT, 2001).

Türkiye’de ortaöğretim seviyesindeki okullarda uygulanacak olan programlar okul türlerine göre farklılık göstermektedir. Anadolu lisesi, Fen lisesi, Güzel sanatlar lisesi, Teknik lise, Endüstri meslek lisesi, Ticaret lisesi, Kız meslek lisesi vb. okullar için, okutulacak olan derslerle ilgili içeriği ve haftalık saatleri Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanmış programlar bulunmaktadır (Sözer, 1996).

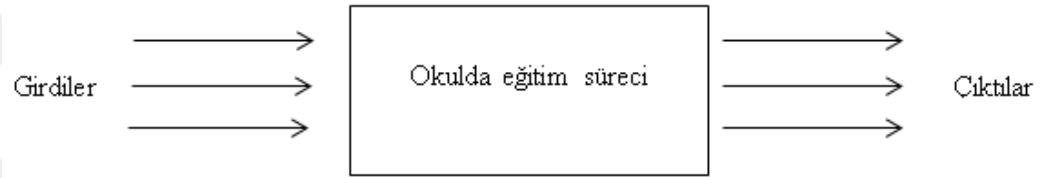
### **4.2 Ortaöğretim Kurumlarında Etkinlik**

Ortaöğretim kurumlarında etkinliğin belirlenmesi ve bu konuda çalışmaların yapılması son derece önemlidir. Çünkü eğitim, bir milletin gelişmesinde ve kalkınmasında en önemli güçlerden birisidir. Bu nedenle, eğitim kurumlarımızın öğrencilere daha iyi bir eğitim verebilmek için etkin olması gerekmektedir. Buna bağlı olarak eğitim kurumlarının koşulları daima iyileştirmeli ve geliştirmelidir.

Uzmanlar eğitim kurumlarının sorunlarının, ihtiyaçlarının belirlenmesi ve kurumlar arasında bilimsel yöntemler kullanılarak karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla ülkelerin içinde bulunduğu sosyal, kültürel ve ekonomik yapılarını da yansıtan bir takım performans ölçütleri belirlemişlerdir. Ortaöğretim kurumlarında etkinliğin ölçümü bu ölçütlerin kullanılması ile gerçekleşmektedir (Balkan, 2009). Etkinlik ölçümü, oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler kullanılarak yapılabilir. Eğer oran analizi ile ölçüm yapılırsa, bu yöntem tek girdinin tek çıktıya oranı ile hesaplandığından performans boyutlarından yalnızca birini göz önüne alınacak diğerleri ise göz ardı edilecektir. Ortaöğretim kurumlarında ise eğitim sürecinde çok girdi ve çıktı bulunmasından dolayı etkinlik ölçümünde yetersiz kalacak ve kurumların etkinliği ile ilgili net bir şey söylenmesi mümkün olmayacaktır (Yolalan, 1993). Parametrik yöntemler, analitik üretim fonksiyonunun bulunduğu durumlarda regresyon tekniği

kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Fakat regresyon tekniği performansı en iyiye göre değil ortalama performansa göre göreceli olarak ler. Bu durum ise en iyi KVB'lere göre iyileştirme yapmak yerine, onları da ortalamaya çeker (Yeşilyurt ve Alan, 2003). Yani bu yöntem de ortaöğretim kurumlarının etkinliğini belirlemek için yeterli ve doğru bir yöntem olmayacaktır. Parametrik olmayan yöntemler ise, birçok girdi ve birçok çıktı durumunda kullanılabilmesi, analitik üretim fonksiyonuna ihtiyaç duymaması, matematiksel programlama ile çözümlenmesi ve diğer yöntemlerden daha esnek bir yapıya sahip olması sebebiyle ortaöğretim kurumlarının etkinliğini lebilmemiz için en doğru yöntemdir (Balkan, 2009). Bir okulun veri zarflama analizi yöntemi ile değerlendirilmesi süreci şema ile şekil 4.1'de gösterilmiştir.

şekil 4.1 Bir okulun VZA tarafından değerlendirilmesi sürecinin şematik olarak gösterimi  
(Thanassoulis and Dunstan, 1994).



## 5. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA) VE ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP)

### 5.1 Veri Zarflama Analizi ile İlgili Genel Bilgiler

Veri zarflama analizi (VZA), ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında ortaya atılmıştır. Özellikle yöneylem araştırması ve yönetim bilimi konularında en çok kullanılan metotlardan biri haline gelmiştir. Bu başarısının sebebi görev yönelimli bir yaklaşım olmasıdır, odaklandığı önemli bir görev karar verme birimlerinin görelî etkinliklerini değerlendirmesidir (Korhonen, 1997). VZA, çoklu girdi ve çoklu çıktı durumunda karar verme birimlerinin görelî etkinliklerini ölçen parametrik olmayan bir yöntemdir (Hadad et al., 2007).

VZA, karar verme birimleri için toplam ağırlıklı çıktılar ile toplam ağırlıklı girdilerin oranlanmasıyla etkinlik oranları üretir (Haas, 1998).

$$\text{Maks} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad j=1, \dots, n$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \leq 1 \quad k=1, \dots, n$$

$$v_i, u_r \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5.1)$$

Burada;

$n$ : karar verme birimlerinin sayısını,

$x_{ij}$ :  $j$ . KVB'nin  $i$ . girdisini,

$y_{rj}$ :  $j$ . KVB'nin  $r$ . çıktısını,

$u_r$ :  $r$ . çıktının ağırlığını,

$v_i$ :  $i$ . girdinin ağırlığını,

$m$ : girdilerin sayısını,

$s$ : çıktıların sayısını göstermektedir (Haas, 1998).

## 5.2 VZA'nın Uygulama Aşamaları

Veri zarflama analizinin uygulama işlemi 8 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; karar verme birimlerinin seçimi, girdi ve çıktıların seçimi, verilerin elde edilmesi ve güvenilirliği, VZA modelinin belirlenmesi ve etkinlik ölçümü, etkinlik değerleri ve etkinlik sınırı, referans gruplarının belirlenmesi, etkin olmayan karar verme birimleri için hedef belirlenmesi ve sonuçların değerlendirilmesidir.

### 5.2.1 Karar verme birimlerinin seçimi

VZA'nın ilk aşaması etkinliği ölçülecek olan karar verme birimlerini belirlemektir.

KVB'nin seçimi, çalışmanın ana temasını oluşturan konuya bağlı olarak değişir. Çalışmanın konusuna bağlı olarak girdileri çıktılarına dönüştüren herhangi bir ekonomik birim, KVB olarak seçilebilir (Yoluk, 2010).

Karar verme birimlerinin seçiminde dikkat edilmesi gereken nokta, birimlerin homojen olması durumudur. Homojen olmasından kasıt, dışsal etkenlerin birbirlerinden çok farklı olmaması ve aynı tür girdi ve çıktılarına sahip olmaları anlamına gelmektedir. Ayrıca KVB sayısının belirli bir değer üstünde olması gerekir. Böylelikle analiz sonucunda elde edilecek olan etkinlik ölçütlerinin birbirlerinden farklı olmaları sağlanır. KVB sayısı yeterince büyük olmazsa, çıktı-girdi oranında avantajlı olan KVB, tüm ağırlıkları kendi açısından maksimum duruma getirerek etkinlik sınırına ulaşır (Bektaş, 2007).

### 5.2.2 Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi

Girdi, bir üretim sisteminde karar verme birimlerinin yararlandığı kaynaklar, birimlerin performanslarını etkileyen koşullar olarak tanımlanır. Çıktı ise, bir üretim sisteminde karar verme birimlerinin işlemlerinin sonucunda oluşturulan kazançları ifade eder (Kecek, 2010).

Girdi ve çıktıların doğru olarak belirlenmesi son derece önemlidir. Üretim sistemini en iyi şekilde simgelemeyen değişkenlerin seçimi sonucunda etkinlik değerleri de doğru olarak elde edilemez. Bu aşamada, üretim sistemini en iyi ifade eden girdilerin ve çıktıların seçilmesi gerekir. Girdi ve çıktı değişkenleri belirlenirken aralarında yüksek korelasyon bulunan ve direkt etkisi olmayan değişkenlerin seçilmemesine dikkat edilmelidir. (Balkan, 2009). Buna karşın, süreç için önemli olan ve etkin olarak kullanılan bir değişkenin de göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Eğer önemli bir değişken analize dahil edilmezse, bu değişkeni etkin olarak kullanan karar verme birimlerinin etkinlik değerleri düşük çıkacaktır.

Fazla sayıda girdi ve çıktı değişkeninin analize dahil edilmesi VZA'nın ayırma yeteneğini düşürmektedir. Girdi değişkenlerinin ve çıktı değişkenlerinin sayılarının artırılması durumunda karar verme birimlerinin sayısında da artış yapılması gerekir. Bir VZA çalışmasında girdi ve çıktı değişkenlerinin sayısı olabildiğince küçük olmalıdır ve analizi yapılan karar verme birimlerinin gerçekleştirdiği üretimi doğru bir şekilde yansıtabilmelidir (Bektaş, 2007).

Girdi, çıktı ve KVB sayılarına ilişkin çeşitli görüşler bulunmaktadır:

- Vassiloğlu ve Giokas (1990), KVB sayısının, girdi ve çıktı değişkenlerinin sayılarının toplamından en az üç kat fazla olması gerektiğini,
- Norman ve Stoker (1991), KVB sayısının en az 20 olmasını gerektiğini,
- Boussofiane et al. (1991), girdi değişkeni  $m$  adet ve çıktı değişkeni  $n$  adet olmak üzere, KVB sayısının en az  $m+n+1$  adet olması gerektiğini,
- Bowlin (1987) ise, her bir girdi ve çıktı değişkeni başına en az iki KVB seçilmesi gerektiğini savunmuşlardır.

Literatürde yer alan eğitim kurumlarının etkinliğini VZA ile değerlendiren bazı çalışmalara ilişkin girdi ve çıktı değişkenleri Çizelge 5.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 5.1 Eğitim kurumlarının etkinliğini VZA ile değerlendiren çalışmalar

<b>Yazar/Yazarlar</b>	<b>Girdi değişkenleri</b>	<b>Çıktı değişkenleri</b>
-Baysal,M.E. -Toklu, B. (2001)	-Öğretmen sayısı -Personel giderleri	-ÖSS ile üniv'e yerleşen öğrenci sayısı -ÖYS ile üniv'e yerleşen öğrenci sayısı
-Atan, M. -Karpat, G. -Göksel, A.(2002)	-Toplam öğrenci sayısı -Toplam öğretmen sayısı -Şube sayısı -Derslik sayısı -Bilgisayar sayısı -Laboratuvar sayısı	-Mezun öğrenci sayısı -ÖYS ile yerleştirilen öğrenci sayısı -Sınıf geçme başarı oranı -ÖYS başarı oranı
-Yeşilyurt, C. -Alan, M. A. (2003)	-Min. giriş puanı -Sabit girdi (fen liselerinin homojen yapısından)	-ÖSS SAY -ÖSS SÖZ -ÖSS EA
Bektaş, A. (2007)	-Toplam öğrenci sayısı -Toplam öğretmen sayısı -Şube sayısı -Laboratuvar sayısı	-Mezun öğrenci sayısı -Sınıf geçme başarı oranı -ÖSS ile yerleşen öğrenci sayısı -ÖSS başarı oranı
Balkan, D. (2009)	-Öğretmen başına düşen öğrenci sayısı -Derslik başına düşen öğrenci sayısı	-ÖSS sınavına girenlerin bir yükseköğretim programına yerleşme oranı -ÖSS SAY -ÖSS SÖZ -ÖSS EA
-Balkan, D. -Arıkan, M.(2010)	-Öğretmen başına düşen öğrenci sayısı -Derslik başına düşen öğrenci sayısı	-ÖSS'ye girenlerin yükseköğretim programına yerleşme oranı -ÖSS SAY puan ortalaması -ÖSS SÖZ puan ortalaması -ÖSS EA puan ortalaması
-Göktolga, G. -Artut, A. (2011)	-9. Sınıf şube başına düşen öğrenci sayısı -10. Sınıf şube başına düşen öğrenci sayısı -11. Sınıf şube başına düşen öğrenci sayısı -12. Sınıf şube başına düşen öğrenci sayısı -Öğretmen başına düşen öğrenci sayısı -Bilgisayar başına düşen öğrenci sayısı	-Lisans kazanan öğrenci sayısı -Önlisans kazanan öğrenci sayısı -Açıköğretim kazanan öğrenci sayısı
-Demir, E. -Durakoğlu, M. (2013)	-Toplam öğrenci sayısı -Toplam öğretmen sayısı -Şube sayısı	-YGS-LYS Başarı oranı -YGS puan ortalaması -LYS SAY. puan ortalaması -LYS EA. puan ortalaması -LYS SÖZ. puan ortalaması
-Ertuğrul, İ. -Sarı, G. (2017)	-Bölüme giren öğrenci sayısı -Öğretim üyesi sayısı -Bölüm taban puanları	-Mezuniyet oranı -Mezuniyet not ortalaması
Aladağ, Z. Alkan, A. Güler, E. Özdin, Y. (2018)	-Toplam akademik personel sayısı -Bölüm ders sayısı Derslik sayısı -Bilimsel araştırma proje bütçesi	-Akademik teşvik puanı -Mezun lisans öğrenci sayısı -Akademik yayın sayısı

### 5.2.3 Verilerin elde edilmesi ve güvenilirliği

Girdiler ve çıktılar seçildikten sonraki aşama, tüm karar verme birimleri için verilerin elde edilmesidir. Eğer bir KVB için verilere ulaşılamıyorsa veya elde edilen verilerin güvenilirliğinden şüphe duyuluyorsa o KVB ya analizden çıkarılır ya da farklı girdi ve çıktı değişkenleri belirlenir. KVB'nin çalışmadan çıkarılması diğer birimlerin görelî etkinliklerini değiştirecektir. Bu nedenle kolay veri elde edilebilecek ve veri güvenirlığının yüksek olduğu girdi-çıkıtı değişkenlerinin belirlenmesi son derece önemlidir (Depren, 2008).

### 5.2.4 VZA modelinin belirlenmesi ve etkinlik ölçümü

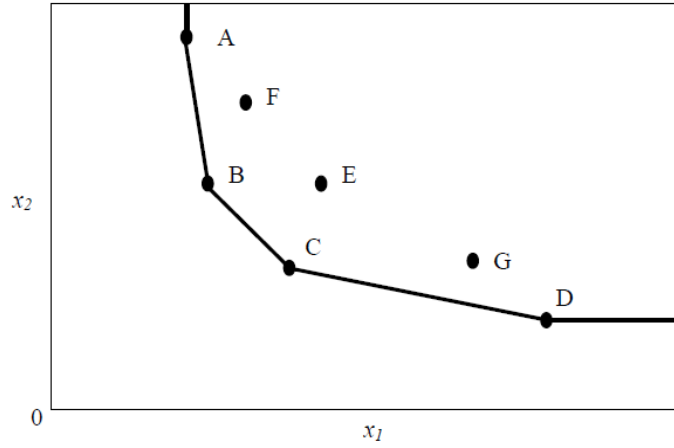
Veriler elde edildikten sonra karar verme birimlerinin etkinliklerinin ölçülmesi aşamasına geçilir. Etkinliklerin ölçülebilmesi için öncelikle en uygun model belirlenir.

VZA modelleri, girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere 2 grupta incelenir. Girdiye yönelik modelde amaç, belirli bir çıktı düzeyini elde etmek için, girdilerin ne kadar azaltılabileceğini araştırmaktır. Yani girdiye yönelik modelde maksimum çıktıyı elde etmek için en uygun girdi bileşimi belirlenmesi amaçlanır. Çıktıya yönelik modelde ise belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı elde edilebileceği araştırılır. Modeli oluşturduktan sonra, doğrusal programlama modellerinin çözümü için kullanılan programlar yardımıyla etkinlik ölçümü gerçekleştirilir (Depren, 2008).

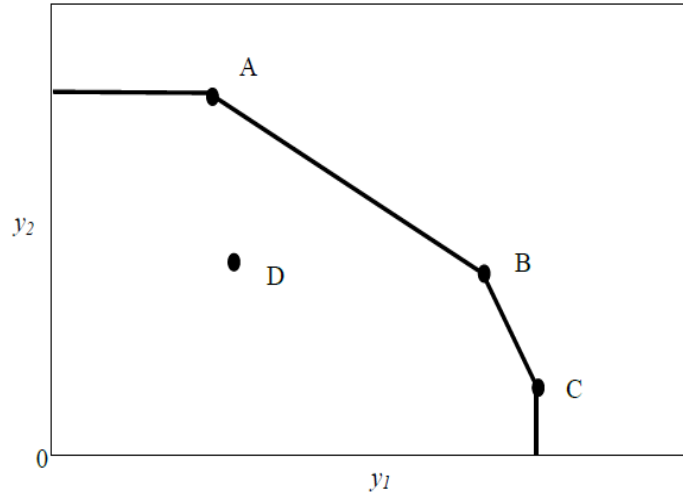
### 5.2.5 Etkinlik değerleri ve etkinlik sınırı

Her KVB için 0 ile 1 arasında değişen etkinlik değerleri hesaplanır. Hesaplanan bu etkinlik değerleri eğer 1'e eşit ise ilgili KVB etkin olarak kabul edilir ve bu etkin olan karar verme birimleri etkinlik sınırını oluştururlar (Kecek, 2010). Girdi faktörleri, tek bir çıktı faktörünün üretiminde farklı oranlarda kullanılabiliriyorsa, yani birbirleri yerine ikame edilebiliyorsa, üretim fonksiyonu  $y=f(x_1, x_2)$  şeklinde yazılabilmektedir. Burada, y sabit çıktı miktarını,  $x_1$  ve  $x_2$  ise iki girdi faktörünün y çıktı miktarını verebilecek karışımlarını göstermektedir.

Şekil 5.1 Girdiye yönelik etkin sınır (Balkan, 2009)



Şekil 5.2 Çıktıya yönelik etkin sınır (Balkan, 2009)



Girdiye yönelik bir modele ait etkin ve etkin olmayan karar verme birimleri Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Buna göre, etkinlik sınırı üzerindeki A,B,C ve D karar verme birimleri etkin, A,F,E ve G ise etkin değildir. Burada çıktı miktarı sabit tutulurken girdi faktörlerinde azalma yapılmaya çalışılmaktadır.

Çıktıya yönelik bir modele ait etkin ve etkin olmayan karar verme birimleri ise Şekil 5.2’de gösterilmiştir. A,B ve C karar verme birimleri etkinlik sınırı üzerinde yani etkindir. D ise etkinlik sınırı üzerinde olmadığından etkin değildir. Burada, tek girdi ve  $y_1$  ve  $y_2$  olarak iki çıktı faktörünün bulunduğu bir üretim sürecinde girdiler sabit tutularak çıktılar arttırılmaya çalışılmaktadır. Bu süreçte KVB’lerin kullandığı girdi miktarları aynıdır. Fakat üretilen çıktı miktarları farklıdır.

Bir KVB için %100 etkinlik yani tam etkin olma durumu ancak bazı durumlarda gerçekleşmektedir. Bunlar;

Etkinliği ölçülecek olan KVB'nin;

- Bir veya birden çok girdisi arttırılmadan hiçbir çıktısı arttırılamaz.
- Çıktılarından bazıları azaltılmadan hiçbir çıktısı arttırılamaz.
- Çıktılarından bazıları azaltılmadan hiçbir girdisi azaltılamaz.
- Girdilerinden bazıları arttırılmadan hiçbir girdisi azaltılamaz (Charles and Kumar, 2012).

### **5.2.6 Referans gruplarının belirlenmesi**

VZA yöntemi ile etkinlik değerlendirmesinde, KVB'ler birbirleri ile kıyaslanarak etkin olan ve etkin olmayan birimler belirlenir. Etkin olmayan birimler, kendilerini etkin birimlere benzetme yoluna giderler. Kendilerini benzetmeye çalıştıkları ve etkin KVB'lerden oluşan bu kümeye referans kümesi adı verilmektedir.

Referans kümesinde bulunan yani etkin olan bir KVB'nin etkin olmayan birimler tarafından kaç kez referans olarak alındığı bize o KVB'nin 'referans gücü'nü göstermektedir (Depren, 2008).

### **5.2.7 Etkin olmayan karar verme birimleri için hedef belirlenmesi**

Veri zarflama analizinde yapılan karşılaştırma karar verme birimlerinin benzerliklerinden hareket eder. Bu yöntemin uygulanmasındaki en büyük fayda elde edilebilir hedefler konulması ve KVB'lerin buna dayanarak etkinliklerini iyileştirebilmesidir. Bu hedefler, etkin olmayan karar verme birimlerinin referans kümelerindeki etkin birimlerin ağırlıklı ortalaması ile elde edilir (Bektaş, 2007).

Hesaplamalar ile bulunan sonuçlar, etkin bulunan karar verme birimlerinin ulaşılabilir bir teknoloji kullandığı kabulünü içermektedir ve buna dayanarak etkin olmayan birimler için de bu sonuçların elde edilebileceği kabul edilir. Fakat etkin olmayan karar verme birimlerinde fiziksel kısıtlamalar olabilir veya kontrol

edilemeyen girdiler bulunabilir ve iyileştirme çabaları sonuç vermeyebilir (Depren, 2008).

Dikkat edilmesi gereken bir nokta ise şudur ki etkinlik analizi yapıp hedefin belirlendiği tarih 't' iken, hedeflere ulaşmak için iyileştirme çalışmaları muhtemelen 't+1' zamanında yapılacaktır. Bu tarihler bütçe dönemlerini belirtiyorsa 't' tarihinde belirlenen hedeflere bağlı kalmak etkinliğin zaman içerisinde sabit olduğu varsayımını yapmak anlamına gelebilir (Kulaksızoğlu, 2010).

### 5.2.8 Sonuçların değerlendirilmesi

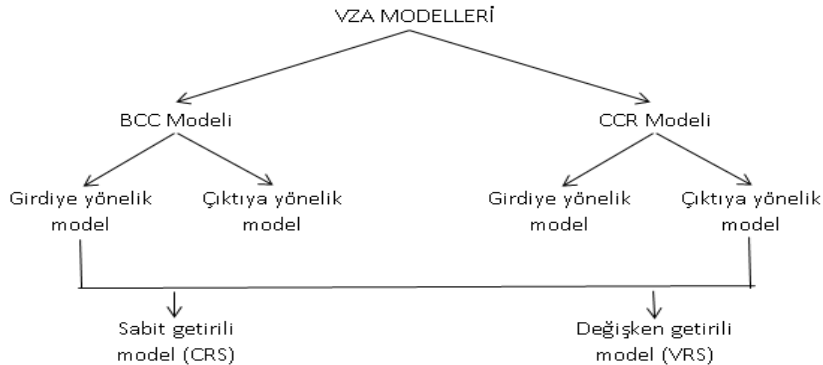
Bu aşamada etkin olan ve etkin olmayan karar verme birimleri için ortak bulgular araştırılarak karar verme birimleri detaylı olarak incelenir. Etkin olmayan birimlerin etkinliğe ulaşabilmesi için yapılması gerekenler araştırılır. Genel olarak analiz sonucu değerlendirilir (Sarı, 2015).

### 5.3 VZA'da Kullanılan Modeller

Lorcu'ya göre, VZA modelleri, farklı kriterlere göre farklı şekilde sınıflandırılabilir. İlk olarak ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olarak CCR modeli ortaya çıkmış daha sonra ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında BCC modeli geliştirilmiş olup bunların dışında bugün farklı modellere farklı sınıflandırmalar ile rastlamak mümkündür (Yoluk, 2010).

Şekil 5.3'de ölçeğe göre getiri ve yönlendirilme durumlarına göre VZA modellerinin sınıflandırılması görülmektedir:

Şekil 5.3 Temel VZA modelleri (Balkan, 2009).



### 5.3.1 CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) modeli

Bu model 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından önerilmiştir ve en temel veri zarflama analizi modelidir. Farrell'in 1957 yılında yaptığı çalışmasındaki etkinlik ölçümü metoduna dayanır. Model, bütün karar verme birimlerinin ideal ölçekte çalıştığını varsayar (Sowlati, 2001).

CCR modeli, girdiye yönelik CCR modeli ve çıktıya yönelik CCR modeli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu modeller aşağıda incelenecektir.

#### 5.3.1.1 Girdiye yönelik CCR modeli

Girdiye yönelik CCR modeli, belirli bir çıktı seviyesini karşılarken girdileri en aza indirmeyi amaçlar (Cooper et al., 1999). CCR modelini 3 grupta incelemek mümkündür.

#### Girdiye yönelik oransal CCR modeli

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

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

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

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

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

(5.2)

Girdiye yönelik ağırlıklı CCR modeli	Girdiye yönelik zarflama CCR modeli
$E_k = Maks \left( \sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right)$ $\left( \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) = 1$ $\left( \sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left( \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) \leq 0$ $u_r \geq \varepsilon$ $v_i \geq \varepsilon$ $j = 1, \dots, n$ $r = 1, \dots, p$ $i = 1, \dots, m$ <p style="text-align: right;">(5.3)</p>	$E_k = Min \alpha - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- \right) - \varepsilon \left( \sum_{r=1}^p s_r^+ \right)$ $\left( \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{ik} \right) = 0$ $\left( \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_i^+ - Y_{rk} \right) = 0$ $\lambda_j \geq 0$ $s_i^- \geq 0$ $s_i^+ \geq 0$ $j = 1, \dots, n$ $r = 1, \dots, p$ $i = 1, \dots, m$ <p style="text-align: right;">(5.4)</p>

Burada;

n: KVB sayısı,

p: çıktı sayısı,

m: girdi sayısı,

$u_r$ : 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,

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

$\varepsilon$ : Yeterince küçük pozitif bir sayı.

$\alpha$ : Göreli etkinliği ölçülen k KVB'nin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı,

$\lambda_j$ : j. KVB'nin aldığı yoğunluk değerı,

$s_i^-$ : k. KVB'nin i. değerine ait atıl değer,

$s_r^+$ : k. KVB'nin r. değerine ait atıl değer,

olmaktadır (Eroğlu, 2007).

#### Girdiye yönelik oransal CCR modeli

Bu model VZA'nın temelini oluşturur. n adet KVB'ye ait girdi ve çıktı verilerinden oluşturulan kümede, her bir KVB için n adet modelin oluşturulup, çözülmesi gerekmektedir. Bu nedenle çözümü zor bir modeldir. Girdiye yönelik oransal CCR modelinin çözümünden elde edilen sonuç eğer 1 ise analiz edilen karar biriminin etkin olduğu, 1'den küçük ise etkin olmadığı sonucuna varılır (Budak, 2010).

#### Girdiye yönelik ağırlıklı CCR modeli

Bu model girdiye yönelik oransal CCR modelinin doğrusal programlama formuna dönüştürülmüş halidir. Doğrusal programlamada amaç fonksiyonunun paydalı olması mümkün olmadığından oransal formdaki amaç fonksiyonda payda 1'e eşitlenerek kısıt olarak eklenmektedir (Budak, 2010).

#### Girdiye yönelik zarflama (dual) CCR modeli

Bu model etkinliği ölçülen karar biriminin hangi girdi veya çıktısını ne oranda atıl bırakıldığını görmemizi sağlar. Etkinliği ölçülen karar birimi eğer etkin ise  $\alpha$  büzülme katsayısı 1'e eşittir, eğer etkin değil ise 1'den küçük olmaktadır (Eroğlu, 2007).

#### **5.3.1.2 Çıktıya yönelik CCR modeli**

Çıktı yönelimli CCR modeli olarak adlandırılan model, gözlenen girdi değerlerinden daha fazlasına gerek duymadan çıktıları maksimize etmeyi

amaçlamaktadır (Cooper et al., 1999). Tıpkı girdiye yönelik modellerde olduğu gibi, girdiye yönelik oransal modelin tam tersi düşünülerek çıktıya yönelik oransal CCR modeli oluşturulur. Oransal form doğrusal programlamaya dönüştürülerek ağırlıklı CCR modeli elde edilir, çıktıya yönelik ağırlıklı CCR modelinin duali alınarak ise zarflama modeli elde edilir. Bu üç modele ait formülasyonlar aşağıda verilmiştir (Depren, 2008).

<b>Çıktıya yönelik oransal CCR modeli</b>	
$E_k = \text{Min} \frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}}{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk}}$ $\frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}}{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj}} \geq 1$ $u_r \geq \varepsilon$ $v_i \geq \varepsilon$ $j = 1, \dots, n$ $r = 1, \dots, p$ $i = 1, \dots, m$	(5.5)

<b>Çıktıya yönelik ağırlıklı CCR modeli</b>	<b>Çıktıya yönelik zarflama CCR modeli</b>
$E_k = \text{Min} \left( \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right)$ $\left( \sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) = 1$ $\left( \sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left( \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) \leq 0$ $u_r \geq \varepsilon$ $v_i \geq \varepsilon$ $j = 1, \dots, n$ $r = 1, \dots, p$ $i = 1, \dots, m$	$E_k = \text{Maks} \beta + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- \right) + \varepsilon \left( \sum_{r=1}^p s_r^+ \right)$ $\left( \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - X_{ik} \right) = 0$ $\left( \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_i^+ - \beta Y_{rk} \right) = 0$ $\lambda_j \geq 0$ $s_i^- \geq 0$ $s_i^+ \geq 0$ $j = 1, \dots, n$ $r = 1, \dots, p$ $i = 1, \dots, m$
(5.6)	(5.7)

Burada;

$u_r$ : 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,

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

$\varepsilon$ : Yeterince küçük pozitif bir sayı,

$\beta$ : Görelî etkinliği ölçülen k KVB'nin çıktılarının ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı,

$\lambda_j$ : j. KVB'nin aldığı yoğunluk değeri,

$s_i^-$ : k. KVB'nin i. değerine ait atıl değeri,

$s_r^+$ : k. KVB'nin r. değerine ait atıl değeri,

olmaktadır (Depren, 2008).

### 5.3.2 BCC (Banker, Charnes, Cooper) modeli

Bu model Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından ölçeğe göre değişken getiri (VRS) varsayımı altında geliştirilmiştir ve literatürde BCC modeli olarak adlandırılır (Banker et al., 1984). Bowlin'e göre, ölçeğe göre değişken getiri modellerinde yoğunluk vektörü  $\lambda$  karar değişkenleri toplamının 1'e eşit olmaları ile kısıtlanır. Bu ise, BCC modeli ile CCR modeli arasındaki en temel farktır. Bunun sonucu olarak ise, BCC modelleri ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında yalnızca teknik etkinliği ölçer. Bir KVB'nin CCR etkin olabilmesi için hem teknik etkin hem de ölçek etkin olması gerekirken, BCC etkin

olabilmesi için teknik etkin olması yeterlidir. CCR modelde toplam etkinlik, BCC modelde ise teknik etkinlik ölçülür (Kecek, 2010).

### 5.3.2.1 Girdiye yönelik BCC modeli

Belli bir çıktı miktarını elde edebilmek için minimum girdi düzeyini araştıran modeldir (Sarı, 2015). Girdiye yönelik BCC modeline ait oransal, ağırlıklı ve zarflama modelleri aşağıdaki gibidir.

#### Girdiye yönelik oransal BCC modeli

$$E_k = \text{Maks} \frac{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} - \mu_0}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}}$$

$$\frac{\left( \sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} - \mu_0 \right)}{\left( \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right)} \leq 1$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

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

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

$$\mu_0 : \text{serbest}$$

(5.8)

<b>Girdiye yönelik ağırlıklı BCC modeli</b>	<b>Girdiye yönelik zarflama BCC modeli</b>
$E_k = Maks \left( \sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) - \mu_0$ $\left( \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) = 1$ $\left( \sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left( \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) - \mu_0 \leq 0$ $u_r \geq \varepsilon$ $v_i \geq \varepsilon$ $j = 1, \dots, n$ $r = 1, \dots, p$ $i = 1, \dots, m$ $\mu_0 : serbest$ <p style="text-align: right;">(5.9)</p>	$E_k = Min \alpha - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- \right) - \varepsilon \left( \sum_{r=1}^p s_r^+ \right)$ $\left( \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{ik} \right) = 0$ $\left( \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_i^+ - Y_{rk} \right) = 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0$ $s_i^- \geq 0$ $s_i^+ \geq 0$ $j = 1, \dots, n$ $r = 1, \dots, p$ $i = 1, \dots, m$ <p style="text-align: right;">(5.10)</p>

Burada;

$u_r$ : k. KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

$v_i$ : k. KVB tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

$\alpha$ : Göreli etkinliği ölçülen k KVB'nin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı,

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

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

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

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

$\lambda_j$ : j. KVB'nin aldığı yoğunluk değeri,

$s_i^-$ : k. KVB'nin i. değerine ait atıl değer,

$s_r^+$ : k. KVB'nin r. değerine ait atıl değer,

$\varepsilon$ : Yeterince küçük pozitif bir sayı,

olmaktadır (Depren, 2008).

### 5.3.2.2 Çıktıya yönelik BCC modeli

Belli bir girdi miktarı ile maksimum çıktı düzeyini araştıran modeldir (Budak, 2010). Çıktıya yönelik BCC modeline ait oransal, ağırlıklı ve zarflama modelleri aşağıdaki gibidir.

#### Çıktıya yönelik oransal BCC modeli

$$E_k = \text{Min} \frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} - \mu_0}{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk}}$$

$$\frac{\left( \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - \mu_0 \right)}{\left( \sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right)} \geq 1$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

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

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

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

$$\mu_0 : \text{serbest}$$

(5.11)

Çıktıya yönelik ağırlıklı BCC modeli	Çıktıya yönelik zarflama BCC modeli
$E_k = \text{Min} \left( \sum_{r=1}^m v_r X_{ik} \right) - \mu_0$ $\left( \sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) = 1$ $\left( \sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left( \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) + \mu_0 \leq 0$ $u_r \geq \varepsilon$ $v_i \geq \varepsilon$ $j = 1, \dots, n$ $r = 1, \dots, p$ $i = 1, \dots, m$ $\mu_0 : \text{serbest}$ <p style="text-align: right;">(5.12)</p>	$E_k = \text{Maks} \beta + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- \right) + \varepsilon \left( \sum_{r=1}^p s_r^+ \right)$ $\left( \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - X_{ik} \right) = 0$ $\left( \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_i^+ - \beta Y_{rk} \right) = 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0$ $s_i^- \geq 0$ $s_i^+ \geq 0$ $j = 1, \dots, n$ $r = 1, \dots, p$ $i = 1, \dots, m$ <p style="text-align: right;">(5.13)</p>

Burada;

$u_r$ : 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,

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

$\varepsilon$ : Yeterince küçük pozitif bir sayı,

$\beta$ : Göreli etkinliği ölçülen k KVB'nin çıktılarının ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı,

$\lambda_j$ : j. KVB'nin aldığı yoğunluk değeri,

$s_i^-$  : k. KVB'nin i. değerine ait atıl değer,

$s_r^+$  : k. KVB'nin r. değerine ait atıl değer,

olmaktadır (Depren, 2008).

#### 5.4 VZA'nın Avantajları ve Dezavantajları

Veri zarflama analizinin avantajları aşağıdaki gibidir;

- Parametrik yaklaşım çoklu girdi ile tek çıktı üretildiği durumlarda etkinliği tahmin eder (Charles and Kumar, 2012). VZA ise, birden çok girdinin ve birden çok çıktının kullanımına olanak sağlayacak şekilde kurgulanmıştır (Aydoğdu, 2011).
- VZA girdi ve çıktılarla ilgili herhangi bir fonksiyonel formun varlığına ihtiyaç duymaz. Farklı firmalar için verilen girdi ve çıktı setleri için ayrı ayrı kendi fonksiyonel formları oluşturulur. Böylece, spesifikasyon hataları yapılmaz. Bunun aksine, ekonometrik yaklaşım ise girdi ve çıktılar için bir fonksiyonel form varsayar; Cobb-Douglas veya Translog gibi (Charles and Kumar, 2012).
- Merkezi eğilim yaklaşımı olarak tanımlanmış klasik istatistiksel yaklaşım, üreticiyi göreceli olarak ortalama üreticiye göre değerlendirir. Bunun aksine VZA ise, bir uç nokta metodudur ve her üreticiyi sadece en iyi üretici ya da üreticiler ile karşılaştırır (Charles and Kumar, 2012). Yani VZA ile KVB'ler göreceli olarak tam etkinliğe sahip olan birimlerle kıyaslanır (Atan vd., 2002).
- Girdi ve çıktı değişkenlerinin farklı birimlere sahip olduğu durumlarda, etkinlik ölçümü için dönüşümler yapmaya gerek yoktur. Farklı birimlere sahip değişkenlerin birlikte değerlendirilmesine olanak sağlar (Atan vd., 2002).

Veri zarflama analizinin dezavantajları aşağıdaki gibidir;

- VZA ölçüm hatalarına karşı çok duyarlıdır (Gemici, 2009).

- VZA, karar noktalarının performansını ölçmek açısından yeterli bir yöntem olmasına karşın değerlendirmenin mutlak etkinlik bazındaki yorumu ile ilgili ipucu vermez (Atan vd., 2002).
- VZA, parametrik olmayan bir yöntemdir ve bu nedenle sonuçlara istatistiksel hipotez testlerini uygulamak zordur (Aydoğdu, 2011).
- VZA, bir tek dönemdeki karar noktası verileri arasında bir kesit analizi yapar. Analiz sonucunda her karar noktası için tek bir etkinlik tahminleyicisi elde edilmektedir ve bu tahminleyicinin istatistiksel özelliklerinin elde edilmesi çok zordur (Atan vd., 2002).
- VZA'da her bir KVB için ayrı ayrı doğrusal programlama modelinin çözülmesi gerekir. Fakat büyük boyutlu problemlerde bu durum daha karmaşık ve zaman alıcı olacaktır (Sarı, 2015).

## 5.5 AHP ile İlgili Genel Bilgiler

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), birden çok kriter içeren karar verme probleminin çözümünü desteklemek için Thomas Saaty (1980) tarafından geliştirilen bir yöntemdir (Wang et al., 2008). AHP, hem nicel hem de nitel etkenlerin karar verme sürecine dahil edilmesine olanak sağlar. Bu sayede nicel ve nitel birçok etken bir arada değerlendirilebilmektedir. Bu yöntem sayesinde soyut kavramlar sayısal yargılara dönüştürülebilmekte ve hiyerarşik bir yapıya sokulmuş olan faktör ve alt faktörler yorumlanabilmektedir (Erpolat ve Cinemre, 2011).

AHP yöntemi, çoklu kriter içeren karar verme probleminin hiyerarşiye ayrılması, karar kriterlerinin göreceli öneminin değerlendirilmesi, her kritere göre karar alternatiflerinin karşılaştırılması ve her karar alternatifi için öncelik değerleri ve bir sıralama belirlenmesini içerir. Karar hiyerarşisinin en üstünde, ana hedef (amaç), bir alt seviyede karar kriterleri ve en alt seviyede karar alternatifleri olacak şekilde oluşturulur (Wang et al, 2008).

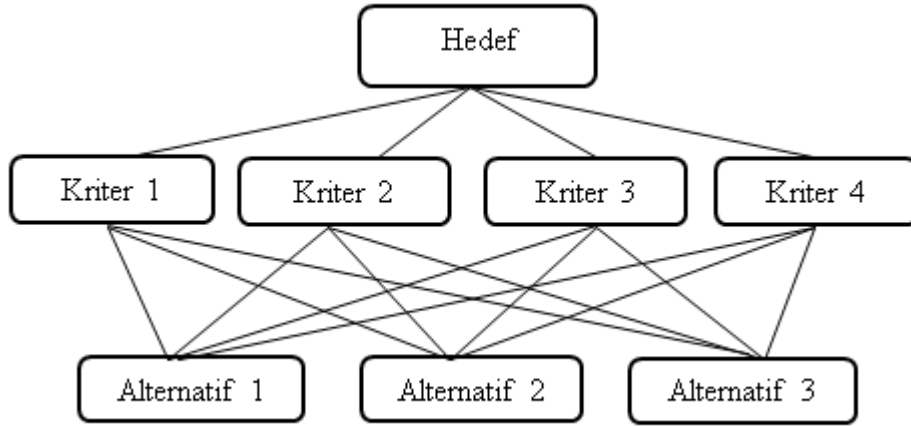
## 5.6 AHP'nin Uygulama Aşamaları

AHP'nin uygulanması 4 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; problemin tanımlanması, kriterlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması, ağırlıkların hesaplanması ve tutarlılık analizinin yapılmasıdır.

### 5.6.1 Problemin tanımlanması

Öncelikle problem tanımlanır ve ulaşılmak istenen hedef belirlenir. Hedeflerden başlayarak, orta seviyede kriterler ve en alt düzeyde de alternatifler (seçenekler) belirlenerek hiyerarşik yapı oluşturulur (Kamal, 2001). Hiyerarşik yapıda aynı seviyedeki öğelerin birbirinden bağımsız olduğu varsayılır (Özden, 2008). AHP hiyerarşi modeli en basit haliyle Şekil 5.4'de gösterilmiştir (Ramanathan, 2006). Karar verme probleminin hiyerarşik bir düzende ayrıştırılması, problemin daha kolay anlaşılmasını ve çözümlenmesini sağlar.

Şekil 5.4 Basit bir AHP modeli (Ramanathan, 2006).



### 5.6.2 Kriterlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması

Hiyerarşik yapı belirlendikten sonra ikili karşılaştırma matrislerinin elde edilebilmesi için kriterlerin önem derecelerini ifade eden sayılardan oluşturulan görece önem ölçeği belirlenir. Bu ölçek ile tüm kriterler ile ilgili ayrı ayrı yargıda bulunmak mümkün olmaktadır (Özden, 2008). Önem derecelerini belirtmek için Saaty tarafından 1-9 ölçeği geliştirilmiştir.

Çizelge 5.2 AHP ölçeğinin dereceleri (Özden, 2008).

Önem ölçeği	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki seçenek eşit derece öneme sahiptir.
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmaktadır.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmaktadır.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır.
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerlerdir.

1-9 ölçeğinden yararlanılarak oluşturulan karar vericinin kişisel yargılarını yansıtan ikili karşılaştırmalar matrisi A ile gösterilirse,  $a_{ij}$   $i$ . özelliğin,  $j$ . özelliğe göre önemini gösterir.

$m$  değerlendirilecek kriter sayısını göstermek üzere ikili karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi elde edilmektedir;

$$A = (a_{ij})_{m \times m} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mm} \end{bmatrix} \quad i, j = 1, \dots, m.$$

$a_{ij} > 0$  olmak üzere,

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \text{ ve } a_{ii} = 1$$

$a_{ij} = a_{ik}a_{kj}$   $i, j, k = 1, \dots, m$  eşitliği sağlanıyorsa, A matrisi tam tutarlı eğer sağlanmıyorsa tutarsızdır (Wang et al., 2008).

### 5.6.3 Ağırlıkların hesaplanması

A matrisi oluşturulduktan sonra, A matrisinde bulunan değerlerin normalleştirilmesi gerekmektedir. Her bir sütun elemanı bulunduğu sütunun toplamına bölünerek normalleştirilmiş değerler bulunur. Normalleştirilmiş matriste her satırın aritmetik ortalamasının alınması ile önem değerleri (ağırlık değerleri) elde edilir.

$b_j$ :  $j$ . sütunun toplam değerini göstermek üzere, sütunların toplam değeri,

$$b_j = \sum_{i=1}^m a_{ij}$$

formülüyle elde edilir. Daha sonra ise A matrisi elemanları yer aldıkları sütunun toplam değerine,

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{b_j}$$

formülü ile bölünür. Bu hesaplamalar sonucunda ikili karşılaştırmalar matrisinin normalleştirilmesiyle elde edilen  $m \times m$  boyutlu C matrisi bulunur.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & \cdots & c_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & \cdots & c_{mm} \end{bmatrix}$$

C matrisinden faydalanarak kriterlerin birbirlerine göre yüzde önem değerleri (ağırlıkları) bulunur.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^m c_{ij}}{m}$$

C matrisinin satırlarının ortalaması ile kriterlerin yüzde ağırlıklarından oluşan W sütun vektörü bulunur.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_m \end{bmatrix}$$

(Özden,2008).

### 5.6.4 Tutarlılık Analizi Yapılması

Sonuçların doğruluğu ve dolayısı ile gerçekçiliği ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılığına bağlıdır. Tutarlılık oranı (CR) hesaplanarak karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığına karar verilir. Tutarlılık analizinin yapılması ile yanlış değerlendirmeler tespit edilebilmektedir. Ayrıca bu hesaplama yapılan hataların azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Özden, 2008).

Karşılaştırma matrislerinin tutarlılığını ölçmek için tutarlılık oranı (CR), tutarlılık indeksi (CI) değerinin, rassal indeks (RI) değerine bölünmesiyle elde edilir. Tutarlılık indeksi (CI) değerinin hesaplanmasında kullanılan  $\lambda_{maks}$ , A matrisinin en büyük özdeğerini göstermektedir ve  $(A - \lambda_{maks} I) w = 0$  denklemi yardımı ile hesaplanmaktadır.

RI değeri, karşılaştırma matrisinin boyutuna göre belirlenir. 1-10 boyutundaki rassal indeksler Çizelge 5.3' de gösterilmiştir.

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - m}{m - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Çizelge 5.3 Rassal tutarlılık indeksleri (Lee et al, 2007).

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Hesaplanan CR değeri 0,10 değerinden küçük ise karar verici tarafından yapılan karşılaştırmaların tatmin edici derecede tutarlı olduğu kararına varılır. Eğer CR değeri 0,10 değerinden büyük ise tutarsızlığı göstermektedir ve AHP'nin anlamlı sonuçlar vermeyeceği kararına varılır (Lee et al, 2007).

### 5.7 VZA ve AHP Yöntemlerinin Bütünleşik Olarak Kullanılması

Veri zarflama analizi yöntemi ile nicel girdi ve çıktılar kullanılarak karar verme birimlerinin etkinlikleri değerlendirilir. Fakat analiz için belirlenen girdi ve çıktılar eşit öneme sahip olmayabilir. Böyle bir durumda, değişkenlere eşit ağırlık

vermek yerine bu değişkenlerin birbirlerine göre üstünlüklerinin belirlenmesi gerekmektedir (Doğan ve Gencan, 2014). Veri zarflama analitik hiyerarşı prosesi bütünleşik yöntemi, girdi ve çıktıların ağırlıklarının belirlenerek analiz yapılmasına olanak sağlayan bir yöntemdir (Sevklı et al., 2007). VZAHP yöntemi, ilk olarak Ramanathan (2006) tarafından önerilmiştir.

Veri zarflama analizinin kısıtları, etkinliğin %100'ü geçmemesi ve ağırlıkların pozitif olma zorunluluğudur. Veri Zarflama Analizi için Analitik Hiyerarşı Prosesi yönteminden yararlanarak oluşturulabilecek üçüncü bir kısıt ağırlıklara uzman görüşünün dahil edilmesini sağlamaktır. AHP'nin ikili karşılaştırmalar matrisi ile uzman görüşünün analize dahil edilmesini sağlayan üçüncü kısıta ilişkin matematiksel gösterim aşağıdaki gibidir;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mm} \end{bmatrix}$$

Çıktılar için oluşturulmuş AHP ikili karşılaştırmalar matrisi A ise çıktıların ağırlık kısıtlamaları şu şekilde olur:

$$\frac{u_1}{u_2} \geq a_{12} \rightarrow u_1 \geq a_{12}u_2 \rightarrow u_1 - a_{12}u_2 \geq 0$$

.

.

.

$$\frac{u_{m-1}}{u_m} \geq a_{(m-1)m} \rightarrow u_{m-1} \geq a_{(m-1)m}u_m \rightarrow u_{m-1} - a_{(m-1)m}u_m \geq 0$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{p1} & \cdots & b_{pp} \end{bmatrix}$$

B matrisi girdiler için oluşturulmuş AHP ikili karşılaştırmalar matrisi ise, girdiler için ağırlık kısıtlamaları şu şekilde olur:

$$\frac{v_1}{v_2} \geq a_{12} \rightarrow v_1 \geq b_{12}v_2 \rightarrow v_1 - b_{12}v_2 \geq 0$$

.

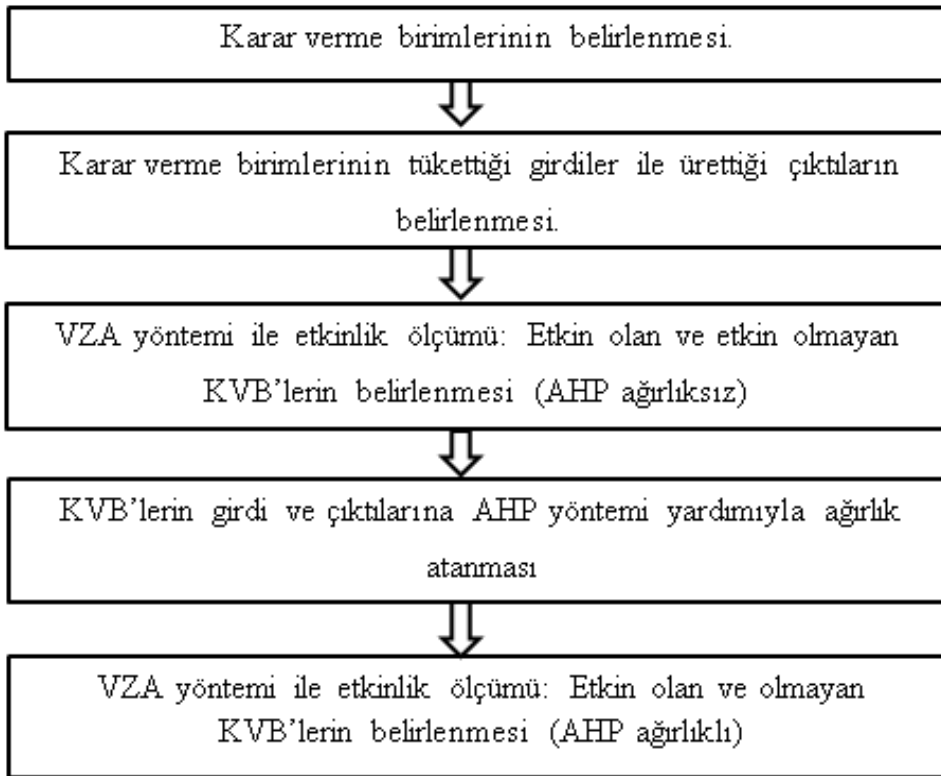
.

.

$$\frac{v_{p-1}}{v_p} \geq b_{(p-1)p} \rightarrow v_{p-1} \geq b_{(p-1)p}v_p \rightarrow v_{p-1} - b_{(p-1)p}v_p \geq 0$$

Bu eşitsizliklerin doğrusal programlamaya uygun şekilde yazılmasıyla, problem simpleks veya buna benzer algoritmalarla çözülebilir (Erpolat ve Cinemre, 2011).

Bu çalışmada uygulanan VZAHF yöntemi için uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir;



## **6. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ BÜTÜNLEŞİK YÖNTEMİ (VZAHP) İLE ORTAÖĞRETİM KURUMLARININ ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bu uygulama, Veri Zarflama Analizi ve Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemlerini birlikte kullanarak İzmir’de bulunan Anadolu liselerinin etkinliklerinin değerlendirilmesi üzerine yapılmıştır.

### **6.1 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı**

Geçmişe yönelik literatür taraması yapıldığında Veri zarflama analizi ve analitik hiyerarşi prosesi bütünleşik yöntemi (VZAHP) ile ilgili farklı alanlarda, sağlık, eğitim vb. birçok çalışma mevcuttur. Eğitim alanında yapılan çalışmalar incelenmiş ve Türkiye’de VZAHP yöntemi ile ortaöğretim kurumları üzerine bir çalışma olmadığı saptanmıştır.

Bu çalışmanın temel amacı, İzmir ilinde bulunan bazı ortaöğretim kurumlarının etkinliklerini belirlemek, etkin olmayan okulların etkinliklerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi için önerilerde bulunmaktır. Yöntem olarak veri zarflama analizi analitik hiyerarşi prosesi bütünleşik yöntemi seçilmiştir. Bu yöntemin seçilmesindeki amaç, okulların etkinliklerini belirlerken uzman kişilerin görüşlerinin de analize dahil edilmesini sağlamak ve bununla birlikte daha sağlıklı sonuçlar elde etmektir. Verilerin analizinde 2 farklı yöntem kullanılmıştır. İlk olarak VZA yöntemi ile etkinlik değerlendirmesi yapılmıştır. Daha sonra girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlık değerleri eklenerek analiz tekrarlanmıştır.

Çalışma genel olarak aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

- 1- Karar verme birimlerinin seçilmesi,
- 2- Karar verme birimlerine ait girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi,
- 3- Veri zarflama analizi (VZA) yöntemi ile analizin gerçekleştirilmesi, etkin olan ve etkin olmayan karar verme birimlerinin belirlenmesi,
- 4- Analitik hiyerarşi prosesi yöntemi yardımı ile uzman kişilerin görüşlerini alarak karar verme birimlerinin girdi ve çıktı değişkenlerine ağırlık atanması,

5- Veri zarflama analizi analitik hiyerarşi prosesi (VZAHP) bütünleşik yöntemi etkinlik analizinin uygulanması ve tekrar etkin olan ve etkin olmayan KVB'lerin belirlenmesi,

6- VZA ve VZAHP yöntemleri ile elde edilen sonuçların değerlendirilerek karşılaştırmalı olarak yorumlanması.

## 6.2 Karar Verme Birimlerinin Seçimi

Karar verme birimlerinin homojen olması, aynı girdi ve çıktılara sahip olması şartları göz önüne alınarak İzmir ilinin merkez ilçelerinde (Balçova, Buca, Gaziemir, Çiğli, Bornova, Konak, Karşıyaka) bulunan 47 adet Anadolu lisesi KVB olarak seçilmiştir. Eğitim farklılıkları nedeniyle İmam Hatip Liseleri ve Mesleki ve Teknik liseler çalışma kapsamına alınmamıştır. Belirlemiş olduğumuz 47 adet lise Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Karar verme birimleri

Sıra no	Okul adı	Sıra no	Okul adı
1	Balçova Anadolu Lisesi	25	Necip Fazıl Kısakürek Anadolu Lisesi
2	Nevvar Salih İşgören Anadolu Lisesi	26	Gaziemir Nevvar Salih İşgören Anadolu Lisesi
3	Salih Dede Anadolu Lisesi	27	Gaziemir Anadolu Lisesi
4	Bornova Anadolu Lisesi	28	Kipa 10.Yıl Anadolu Lisesi
5	Bornova Cem Bakıoğlu Anadolu Lisesi	29	Karşıyaka Atakent Anadolu Lisesi
6	Bornova Hatice Güzelcan Anadolu Lisesi	30	Karşıyaka Behçet Uz Anadolu Lisesi
7	Bornova Suphi Koyuncuoğlu Anadolu Lisesi	31	Karşıyaka Cihat Kora Anadolu Lisesi
8	Çimentaş Anadolu Lisesi	32	Şemikler Anadolu Lisesi
9	Gülsefa Kapancıoğlu Anadolu Lisesi	33	Vali Erol Çakır Anadolu Lisesi
10	Hayrettin Duran Anadolu Lisesi	34	Karşıyaka Anadolu Lisesi
11	Yunus Emre Anadolu Lisesi	35	Emlakbank Süleyman Demirel Anadolu Lisesi
12	Sıdika Rodop Anadolu Lisesi	36	Gazi Anadolu Lisesi
13	Betontaş Anadolu Lisesi	37	Karşıyaka Lisesi

Sıra no	Okul adı	Sıra no	Okul adı
14	Buca 85.Yıl Anadolu Lisesi	38	50.Yıl Anadolu Lisesi
15	Fatih Sultan Mehmet Anadolu Lisesi	39	İzmir Kız Lisesi
16	İzmir Buca Aybers Hikmet Karabacak Anadolu Lisesi	40	Karataş Anadolu Lisesi
17	Buca Fatma Saygın Anadolu Lisesi	41	Konak Anadolu Lisesi
18	Şirinyer Anadolu Lisesi	42	Konak Hürriyet Anadolu Lisesi
19	Gürçeşme Anadolu Lisesi	43	Namık Kemal Lisesi
20	Buca Anadolu Lisesi	44	Selma Yiğitalp Anadolu Lisesi
21	Büyükçiğli Anadolu Lisesi	45	Vali Vecdi Gönül Anadolu Lisesi
22	Çiğli Teğmen Ali Rıza Akıncı Anadolu Lisesi	46	Konak Kenan Evren Anadolu Lisesi
23	Tuğba Özbek Anadolu Lisesi	47	Atatürk Lisesi
24	Çiğli Yıldız Tınas İzmirlioğlu Anadolu Lisesi		

### 6.3 Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi analiz için çok önemlidir. VZA yöntemi ile etkinliklerin güvenilir bir biçimde ölçülebilmesi için süreci en iyi ifade eden değişkenler belirlenmelidir. Bu nedenle VZA ile ilgili eğitim alanında yapılmış olan ve Çizelge 5.1’de listelenmiş olan çalışmalar incelenmiş ve Anadolu liselerinin etkinliğini ölçmede önemli olan, süreci en iyi ifade eden ve ulaşılabilir olan girdi ve çıktı değişkenleri Çizelge 6.2’deki gibi belirlenmiştir;

Çizelge 6.2 Girdi ve çıktı değişkenleri

Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri
Öğretmen sayısı	Mezun öğrenci sayısı
Öğrenci sayısı	Üniversiteye yerleşen öğrenci sayısı
Derslik sayısı	YGS + LYS başarı oranı

Öğretmen sayısı: Seçilen okullarda 2015-2016 eğitim-öğretim dönemi içerisinde çalışan kadrolu öğretmenlerin sayısının toplamıdır.

Öğrenci sayısı: Seçilen okullarda 2015-2016 eğitim-öğretim dönemi içerisinde eğitim gören tüm öğrencilerin sayısıdır. Ayrıca bu sayı velilerin okuldan yana tercihlerini ve okulun da öğrenci okutabilme kapasitesini göstermektedir. Bundan dolayı girdi ölçütü olarak ele alınmıştır.

Derslik sayısı: Ders yapılan toplam fiziki alanı ifade etmektedir. Seçilen okullarda 2015-2016 eğitim-öğretim dönemi içerisinde mevcut olan derslik sayılarının toplamıdır.

Mezun öğrenci sayısı: Seçilen okullardan 2015-2016 eğitim-öğretim dönemi sonunda mezun olan toplam öğrenci sayısını göstermektedir.

Üniversiteye yerleşen öğrenci sayısı: Seçilen okullarda 2015-2016 eğitim öğretim dönemi sonunda lisans, önlisans ve açıköğretime yerleşen toplam öğrenci sayısını göstermektedir.

YGS + LYS başarı oranı: Üniversiteye yerleşen (Lisans+önlisans+açıköğretim) öğrenci sayısının, üniversite sınavına giren öğrenci sayısına oranını göstermektedir.

Araştırmaya ait girdi ve çıktı değişkenlerinden öğretmen sayısı, öğrenci sayısı, derslik sayısı ve mezun öğrenci sayısı Milli Eğitim Bakanlığı – Strateji Geliştirme Hizmetleri bölümü ile yapılan görüşmeler ve dilekçe ile talebi sonucunda elde edilmiştir. Üniversiteye yerleşen öğrenci sayısı Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi Başkanlığı <http://www.osym.gov.tr> web sitesinden Araştırma, Yayın ve İstatistikler başlığı altında Süreli Yayınlar bölümünden alınmıştır. YGS + LYS başarı oranı ise, üniversiteye yerleşen öğrenci sayısının üniversite sınavına giren öğrenci sayısına oranından elde edilmiştir.

#### **6.4 VZA Yöntemi ile Etkinlik Analizi**

VZA modellerinden girdiye yönelik modelin amacı en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırmaktır. Bu çalışmada da temel amaç etkin olmayan okulların etkinliğini iyileştirmek amacıyla girdi miktarlarında ne kadar azalış/artış yapılması gerektiğini tespit etmek olduğundan ölçüğe göre sabit

getiri varsayımı altında girdiye yönelik VZA modelinin kullanılması uygun bulunmuştur. Etkinlik analizleri için EMS 1.3.0 (Efficiency Measurement System) paket programı kullanılmıştır. 47 adet KVB ve 3 adet girdi, 3 adet çıktı değişkeni ile yapılan etkinlik analizinin sonuçları Çizelge 6.3’de verilmiştir. Bu çizelgede okulların isimleri KVB1, KVB2, KVB3, ..., KVB47 olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 6.3 Liselerin etkinlik skorları ve referans grupları (VZA yöntemi ile)

Anadolu Liseleri	Etkinlik Skorları	Referans Grupları
KVB1	58,53%	3 (0,11) 17 (0,83) 40 (0,00)
KVB2	80,04%	3 (0,27) 17 (0,74)
KVB3	100,00%	8
KVB4	100,00%	6
KVB5	60,76%	4 (0,10) 21 (0,56) 40 (0,24)
KVB6	66,72%	17 (0,51) 21 (0,19) 40 (0,20)
KVB7	58,56%	17 (0,17) 21 (0,52) 40 (0,22)
KVB8	90,05%	21 (0,58) 40 (0,38) 47 (0,07)
KVB9	87,47%	3 (0,05) 17 (0,70) 40 (0,02)
KVB10	91,54%	40 (1,09)
KVB11	83,24%	4 (0,10) 21 (0,96)
KVB12	87,21%	21 (0,78) 40 (0,29)
KVB13	54,86%	17 (0,62) 21 (0,18) 40 (0,09)
KVB14	64,97%	17 (0,80) 40 (0,15)
KVB15	51,57%	4 (0,06) 21 (0,42) 40 (0,38)
KVB16	67,98%	17 (0,20) 40 (0,46)
KVB17	100,00%	27
KVB18	65,05%	21 (0,67) 40 (0,30)
KVB19	58,07%	17 (0,48) 40 (0,28)
KVB20	64,82%	17 (0,28) 21 (0,49) 40 (0,16)
KVB21	100,00%	22
KVB22	74,86%	4 (0,02) 21 (0,91) 40 (0,06)
KVB23	77,15%	21 (0,68) 40 (0,33)
KVB24	72,85%	3 (0,13) 17 (0,60) 40 (0,05)
KVB25	70,21%	17 (0,64) 40 (0,00)
KVB26	71,29%	3 (0,20) 17 (0,54) 40 (0,05)
KVB27	95,73%	17 (0,08) 40 (0,70)
KVB28	70,93%	4 (0,04) 21 (0,50) 40 (0,34) 47 (0,00)
KVB29	66,95%	17 (0,62) 21 (0,32) 40 (0,04)
KVB30	81,64%	3 (0,00) 17 (0,84) 40 (0,05)
KVB31	59,46%	17 (1,08) 40 (0,01)
KVB32	90,49%	3 (0,09) 40 (1,04)
KVB33	47,02%	17 (0,69) 40 (0,10)

Anadolu Liseleri	Etkinlik Skorları	Referans Grupları
KVB34	73,63%	17 (0,11) 21 (0,90)
KVB35	53,88%	17 (0,47) 21 (0,49) 40 (0,03)
KVB36	64,70%	21 (0,79) 40 (0,13)
KVB37	58,22%	4 (0,05) 21 (0,84) 40 (0,09)
KVB38	61,86%	17 (0,33) 21 (0,29) 40 (0,23)
KVB39	81,85%	21 (0,41) 40 (0,31) 47 (0,30)
KVB40	100,00%	38
KVB41	63,91%	17 (0,27) 21 (0,49) 40 (0,15)
KVB42	55,83%	3 (0,02) 17 (0,38) 40 (0,22)
KVB43	36,20%	17 (0,37) 40 (0,28)
KVB44	54,65%	17 (0,50) 21 (0,27) 40 (0,14)
KVB45	81,42%	17 (0,81) 40 (0,04)
KVB46	76,52%	17 (0,85) 40 (0,02)
KVB47	100,00%	3

Çizelge 6.3 incelendiğinde, 2. sütun olan etkinlik skorları sütunu Anadolu liselerinin yüzde kaç etkin olduğunu göstermektedir. %100 etkinliğe sahip olan okullar etkin olarak adlandırılırlar. Etkinlik skoru %100'ün altında olan okullar ise etkin değildir. Bu analizde 6 adet okul etkin geriye kalan 41 adet okul ise etkin değildir. Buna göre;

KVB3 (Salih Dede Anadolu Lisesi),

KVB4 (Bornova Anadolu Lisesi),

KVB17 (Buca Fatma Saygın Anadolu Lisesi),

KVB21 (Büyükçiğli Anadolu Lisesi),

KVB40 (Karataş Anadolu Lisesi)

KVB47 (Atatürk Lisesi) etkin olarak bulunmuştur.

Diğer liselerin ise etkinlik skorları %100'ün altında bulunduğu için etkin değildir. Etkin olmayan liseler arasında değerlendirme yapıldığında, KVB27 (Gaziemir Anadolu Lisesi), %95,73 ile etkin olmayan liseler arasında en yüksek etkinlik yüzdesine sahiptir. En düşük etkinlik yüzdesine sahip okul ise %36,20 ile KVB43 (Namık Kemal Lisesi) bulunmuştur.

3. sütun olan ‘Referans Grupları’ sütununda, etkin olmayan okulların referans gruplarını yani tam etkin konuma gelebilmek için referans alınan okulları, etkin olan okulların ise etkin olmayan okullar tarafından kaç kez referans olarak alındığını gösteren bilgiler yer almaktadır. Bu yüzdeler kullanılarak birtakım hesaplamalar ile etkin olmayan okullar için hedef değerler bulunur.

3. sütun incelendiğinde, KVB3 etkin olmayan okullar tarafından 8 kez referans olarak alınmıştır. KVB4 6 kez, KVB17 27 kez, KVB21 22 kez, KVB40 38 kez, KVB 47 ise 3 kez referans olarak alınmıştır. Buna göre en çok referans grubunda yer alan okul KVB40’dır. Etkin olmayan okullar için ise referans grupları yorumu şu şekilde yapılır: Örneğin KVB27 etkin konuma gelebilmek amacıyla, KVB17’yi %8 oranında, KVB40’ı ise %70 oranında referans olarak almaktadır. Referans grupları sütununda yer alan yüzdeler kullanılarak hedef değer bulunmasına ilişkin hesaplamaya bir örnek aşağıda verilmiştir.

$$KVB27_i = [(0,08)(KVB17_i)] + [(0,70)(KVB40_i)]$$

$KVB27_i$  : KVB27’nin i.nci girdisine ilişkin hedef değeri

$KVB17_i$  : KVB17’nin i.nci girdisine ilişkin mevcut değeri

$KVB40_i$  : KVB40’ın i.nci girdisine ilişkin mevcut değeri

0,08 : KVB17’nin ağırlığı

0,70 :KVB40’ın ağırlığı

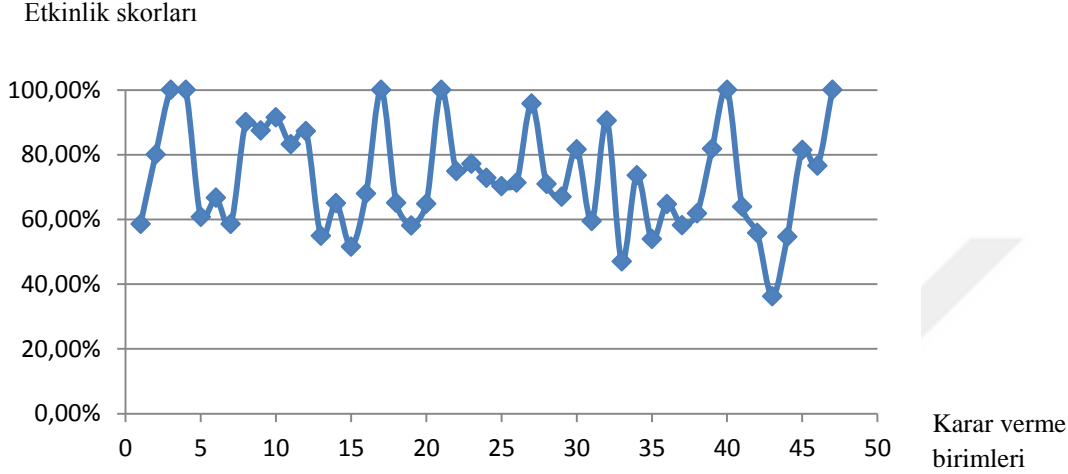
Yukarıdaki formülden yola çıkarak, 2. girdi olan ‘öğrenci sayısı’, ile ilgili hesaplama şu şekildedir;

$$KVB27_2 = [(0,08)(350)] + [(0,70)(712)] = 526,4$$

27. KVB’nin mevcut öğrenci sayısı 630’dur. Hesaplamalar sonucunda bu KVB’nin 2. girdisi olan öğrenci sayısı için hedef değer 526 bulunmuştur. Yani bu birimin etkinliğini arttırabilmesi için öğrenci sayısını 526 değerine azaltması gerekmektedir. 27. KVB’nin öğretmen sayısı ve derslik sayısı için de aynı şekilde hesaplama yapıp, hedef değer bulunduktan sonra program yardımı ile analiz edildiğinde görülmüştür ki birim %100 etkinliğe ulaşmıştır.

Yukarıdaki örnek gibi etkin olmayan diğer karar verme birimleri için de referans alınan birimler ve ilgili değerlerden yararlanılarak hedef değerler ve iyileştirme oranları hesaplanır.

Şekil 6.1 Anadolu liselerinin VZA yöntemi ile elde edilen etkinlik skorlarının grafik ile gösterimi



Şekil 6.1 ile analiz yaptığımız 47 adet anadolu lisesinin etkinlik skorları gösterilmiştir. Etkinlik yüzdesi düşük olan birimler ve tam etkinliğe sahip olan birimler şekilde net bir şekilde gözükmemektedir.

### 6.5 VZAHP Yöntemi ile Etkinlik Analizi

Veri zarflama analizi, KVB'lerin etkinliklerini nicel girdi ve çıktılar ile değerlendirmektedir. Her bir girdinin ve çıktının eşit önem derecesine sahip olduğu varsayılmaktadır. Ancak girdi ve çıktı değerleri her zaman aynı önem derecesine sahip olmayabilir. Yapılacak çalışma için bazı girdiler veya çıktılar daha fazla önemli iken, bazıları daha az önem derecesine sahip olabilir. Böyle bir durumda girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıklarının belirlenmesi çalışmanın sağlıklı sonuç vermesi açısından oldukça önemlidir.

Çalışmanın bu bölümünde AHP yönteminden yararlanılarak girdi ve çıktı değişkenleri için ağırlıklar belirlenmiştir. Bu öncelik değerleri analize dahil edilerek tekrar etkinlik ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Girdi ve çıktıların ağırlıklarının belirlenebilmesi için, İzmir'de farklı liselerde görev yapan 8 adet rehber öğretmen ile görüşülmüştür. Görüşmeler

sonucunda girdiler ve çıktılar için ikili karşılaştırmalar matrisleri oluşturulmuştur. Bunlardan dördünün karşılaştırmaları tutarlı bulunmuş ve bu matrisler ile girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıkları belirlenmiştir. Aşağıdaki 8 adet çizelgede tutarlı bulunan ikili karşılaştırma matrisleri ve tutarlılık oranları verilmiştir.

Çizelge 6.4 1. rehber öğretmenin girdilere ait ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Öğretmen Sayısı	Öğrenci Sayısı	Derslik Sayısı
Öğretmen Sayısı	1	4	3
Öğrenci Sayısı	1/4	1	1/2
Derslik Sayısı	1/3	2	1
CR=0,016			

Çizelge 6.5 1. rehber öğretmenin çıktılara ait ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Mezun Öğr. Say.	Üniv. Yerleşen Öğr. Say.	YGS+LYS Başarı Oranı
Mezun Öğr. Say.	1	1/8	1/9
Üniv. Yerleşen Öğr. Say.	8	1	1/3
YGS+LYS Başarı Oranı	9	3	1
CR=0,094			

Çizelge 6.6 2. rehber öğretmenin girdilere ait ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Öğretmen Sayısı	Öğrenci Sayısı	Derslik Sayısı
Öğretmen Sayısı	1	3	2
Öğrenci Sayısı	1/3	1	1/3
Derslik Sayısı	1/2	3	1
CR=0,046			

Çizelge 6.7 2. rehber öğretmenin çıktılara ait ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Mezun Öğr. Say.	Üniv. Yerleşen Öğr. Say.	YGS+LYS Başarı Oranı
Mezun Öğr. Say.	1	1/7	1/8
Üniv. Yerleşen Öğr. Say.	7	1	1/3
YGS+LYS Başarı Oranı	8	3	1
CR=0,091			

Çizelge 6.8 3. rehber öğretmenin girdilere ait ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Öğretmen Sayısı	Öğrenci Sayısı	Derslik Sayısı
Öğretmen Sayısı	1	5	7
Öğrenci Sayısı	1/5	1	3
Derslik Sayısı	1/7	1/3	1
CR=0,057			

Çizelge 6.9 3. rehber öğretmenin çıktılara ait ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Mezun Öğr. Say.	Üniv. Yerleşen Öğr. Say.	YGS+LYS Başarı Oranı
Mezun Öğr. Say.	1	1/6	1/9
Üniv. Yerleşen Öğr. Say.	6	1	1/4
YGS+LYS Başarı Oranı	9	4	1
CR=0,095			

Çizelge 6.10 4. rehber öğretmenin girdilere ait ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Öğretmen Sayısı	Öğrenci Sayısı	Derslik Sayısı
Öğretmen Sayısı	1	5	4
Öğrenci Sayısı	1/5	1	1/3
Derslik Sayısı	1/4	3	1
CR=0,075			

Çizelge 6.11 4. rehber öğretmenin çıktılara ait ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Mezun Öğr. Say.	Üniv. Yerleşen Öğr. Say.	YGS+LYS Başarı Oranı
Mezun Öğr. Say.	1	1/7	1/9
Üniv. Yerleşen Öğr. Say.	7	1	1/3
YGS+LYS Başarı Oranı	9	3	1
CR=0,070			

Görüldüğü üzere tutarlılık oranları  $CR < 0,1$  olduğu için yukarıda verilen ikili karşılaştırma matrisleri tutarlıdır. Bu matrislerden yola çıkarak hesaplanan girdi ve çıktı değişkenlerinin yüzde önem değerleri Çizelge 6.12 ve 6.13'de verilmiştir.

Çizelge 6.12 Girdi değişkenlerinin yüzde önem değerleri

Girdiler	1. rehber öğretmen (1. karar verici)	2. rehber öğretmen (2. karar verici)	3. rehber öğretmen (3. karar verici)	4. rehber öğretmen (4. karar verici)	Ortalama Ağırlık
Öğretmen Sayısı	0,623	0,525	0,724	0,665	0,634
Öğrenci Sayısı	0,137	0,141	0,193	0,104	0,144
Derslik Sayısı	0,240	0,334	0,083	0,231	0,222
<b>Toplam</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 6.13 Çıktı değişkenlerinin yüzde önem değerleri

Çıktılar	1. rehber öğretmen (1. karar verici)	2. rehber öğretmen (2. karar verici)	3. rehber öğretmen (3. karar verici)	4. rehber öğretmen (4. karar verici)	Ortalama Ağırlık
Mezun Öğrenci Sayısı	0,054	0,061	0,059	0,057	0,058
Üniv. Yerleşen Öğrenci Sayısı	0,306	0,302	0,251	0,295	0,288
YGS+LYS Başarı Oranı	0,640	0,637	0,690	0,648	0,654
<b>Toplam</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Girdi ve çıktı değişkenlerinin ortalama yüzde ağırlıkları incelendiğinde, girdi değişkenleri içerisinde “öğretmen sayısı” %63,4'lük önem değeri ile ilk sırada yer almaktadır. Çıktı değişkenleri içerisinde ise %65,4'lük önem değeri ile “YGS+LYS başarı oranı” ilk sıradadır.

Girdi değişkenlerinin önem değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralaması;

Öğretmen sayısı,

Derslik sayısı,

Öğrenci sayısı şeklinde elde edilmiştir.

Çıktı değişkenlerinin önem değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralaması ise;

YGS+LYS başarı oranı,

Üniversiteye yerleşen öğrenci sayısı,

Mezun öğrenci sayısı olarak bulunmuştur.

Girdi ve çıktı değişkenleri için elde edilen matrislerden yola çıkarak elde edilen 6 kısıt VZA modellerine eklenmiştir.

Girdiler	$g_1$	$g_2$	$g_3$	Çıktılar	$\zeta_1$	$\zeta_2$	$\zeta_3$
$g_1$	1	4,16	3,6	$\zeta_1$	1	0,144	0,114
$g_2$	0,24	1	0,64	$\zeta_2$	6,96	1	0,31
$g_3$	0,28	1,56	1	$\zeta_3$	8,74	3,22	1

$$\frac{g_1}{g_2} \geq 4,16 \quad g_1 - 4,16 g_2 \geq 0$$

$$\frac{g_1}{g_3} \geq 3,6 \quad g_1 - 3,6 g_3 \geq 0$$

$$\frac{g_2}{g_3} \geq 0,64 \quad g_2 - 0,64 g_3 \geq 0$$

$$\frac{\zeta_1}{\zeta_2} \geq 0,144 \quad \zeta_1 - 0,144 \zeta_2 \geq 0$$

$$\frac{\zeta_1}{\zeta_3} \geq 0,114 \quad \zeta_1 - 0,114\zeta_3 \geq 0$$

$$\frac{\zeta_2}{\zeta_3} \geq 0,31 \quad \zeta_2 - 0,31\zeta_3 \geq 0$$

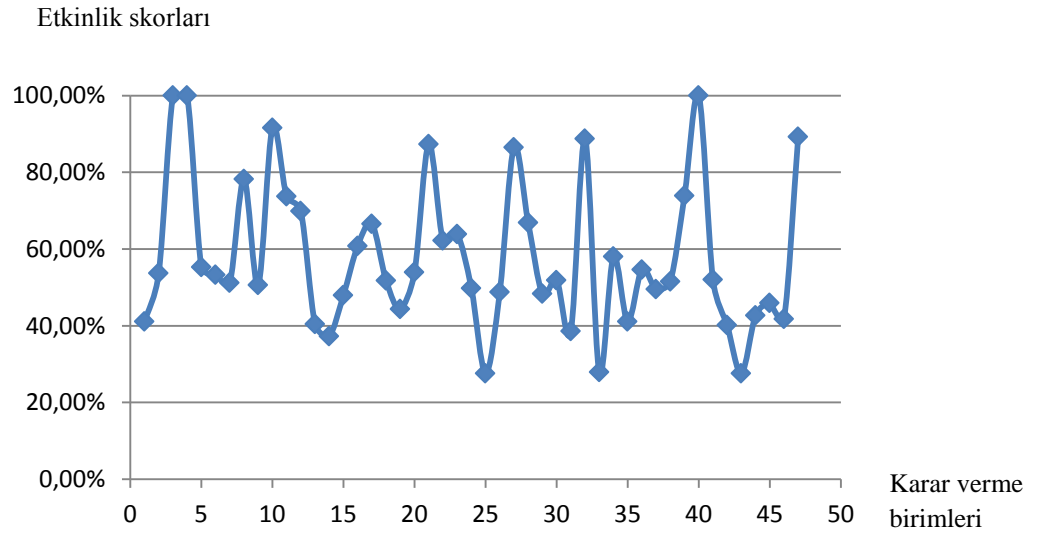
Yukarıdaki 6 kısıtın modele eklenmesi ile ağırlıklar analize dahil edilmiş olup 47 adet liseye ait etkinlik ölçümü EMS 1.3.0 programı yardımı ile tekrar hesaplanmıştır. Ağırlıkların analize dahil edilmesi ile elde edilen etkinlik skorları ve karar verme birimlerinin referans grupları Çizelge 6.14’de verilmiştir.

Çizelge 6.14 Liselere ait etkinlik skorları ve referans grupları (VZAHF yöntemi ile)

Anadolu Liseleri	Etkinlik Skorları	Referans Grupları
KVB1	41,12%	3 (0,11) 4 (0,14)
KVB2	53,73%	3 (0,42) 4 (0,08)
KVB3	100,00%	28
KVB4	100,00%	37
KVB5	55,28%	4 (0,25) 40 (0,24)
KVB6	53,31%	4 (0,16) 40 (0,16)
KVB7	51,16%	3 (0,06) 4 (0,18) 40 (0,17)
KVB8	78,22%	3 (0,05) 4 (0,35) 40 (0,08)
KVB9	50,61%	3 (0,03) 4 (0,05) 40 (0,10)
KVB10	91,54%	40 (1,09)
KVB11	73,74%	3 (0,12) 4 (0,33)
KVB12	69,88%	3 (0,12) 4 (0,31)
KVB13	40,43%	4 (0,18) 40 (0,04)
KVB14	37,28%	40 (0,30)
KVB15	47,98%	4 (0,17) 40 (0,38)
KVB16	60,81%	40 (0,49)
KVB17	66,55%	3 (0,04) 4 (0,15)
KVB18	51,81%	3 (0,03) 4 (0,25) 40 (0,13)
KVB19	44,34%	3 (0,00) 4 (0,06) 40 (0,30)
KVB20	53,93%	3 (0,03) 4 (0,19) 40 (0,12)
KVB21	87,35%	3 (0,14) 4 (0,23)
KVB22	62,22%	4 (0,27) 40 (0,05)
KVB23	63,91%	4 (0,28) 40 (0,13)
KVB24	49,82%	3 (0,10) 4 (0,06) 40 (0,10)
KVB25	27,63%	3 (0,05) 4 (0,00) 40 (0,11)
KVB26	48,80%	3 (0,13) 4 (0,03) 40 (0,16)
KVB27	86,49%	40 (0,72)
KVB28	66,88%	3 (0,09) 4 (0,19) 40 (0,28)
KVB29	48,35%	4 (0,21)
KVB30	51,87%	3 (0,03) 4 (0,12) 40 (0,05)

Anadolu Liseleri	Etkinlik Skorları	Referans Grupları
KVB31	38,64%	3 (0,02) 4 (0,17)
KVB32	88,70%	3 (0,23) 40 (0,96)
KVB33	27,96%	3 (0,04) 4 (0,07) 40 (0,12)
KVB34	58,03%	4 (0,26)
KVB35	41,10%	3 (0,03) 4 (0,22)
KVB36	54,65%	3 (0,26) 4 (0,20)
KVB37	49,55%	4 (0,28) 40 (0,07)
KVB38	51,54%	4 (0,15) 40 (0,20)
KVB39	73,89%	3 (0,11) 4 (0,48) 40 (0,08)
KVB40	100,00%	32
KVB41	52,00%	4 (0,19) 40 (0,12)
KVB42	40,16%	3 (0,00) 40 (0,29)
KVB43	27,59%	40 (0,34)
KVB44	42,65%	3 (0,00) 4 (0,18) 40 (0,10)
KVB45	45,92%	3 (0,02) 4 (0,09) 40 (0,07)
KVB46	41,81%	3 (0,06) 4 (0,09) 40 (0,03)
KVB47	89,25%	3 (0,06) 4 (0,94)

Şekil 6.2 Anadolu liselerinin VZAHP yöntemi ile elde edilen etkinlik skorlarının grafik ile gösterimi



Çizelge 6.14’de verilen değerler incelendiğinde VZA modeline AHP yöntemi ile ağırlık kısıtlamalarının eklenmesi ile etkin olan okul sayısında azalma olduğu görülmektedir. Etkinlik skoru %100 olan yani tam etkinliğe sahip olan 3 adet okul bulunmuştur. Çizelge 6.14’de verilen referans gruplarından yola çıkarak

etkin olmayan KVB'lerin girdi değişkenleri için hesaplanan hedef değerler Çizelge 6.15'de verilmiştir.

Çizelge 6.15 VZAHP sonucunda etkin olmayan KVB'lere ait hedef değerler

Anadolu Liseleri	HEDEF DEĞERLER		
	Öğretmen sayısı	Öğrenci sayısı	Derslik sayısı
KVB1	18,42	230,04	9,88
KVB2	26,24	227,88	11,36
KVB3	% 100 etkinlik skoruna sahip.		
KVB4	% 100 etkinlik skoruna sahip.		
KVB5	36,97	528,63	20,02
KVB6	24	342,88	12,96
KVB7	29,11	394,82	15,31
KVB8	40,39	571,31	22,94
KVB9	11,47	150,85	5,68
KVB10	57,77	776,08	25,07
KVB11	37,29	504,63	21,06
KVB12	35,35	476,01	19,9
KVB13	19,58	286,06	11,36
KVB14	15,9	213,6	6,9
KVB15	36,63	513,83	18,6
KVB16	25,97	348,88	11,27
KVB17	16,31	225,45	9,34
KVB18	32,46	458,41	17,97
KVB19	21,72	299,46	10,38
KVB20	26,11	365,43	14,26
KVB21	28,47	366,93	15,58
KVB22	28,84	421,97	16,81
KVB23	34,05	493,24	19,23
KVB24	15,52	184,06	7,38
KVB25	8,03	91,82	3,33
KVB26	17,11	191,95	7,5
KVB27	38,16	512,64	16,56
KVB28	37,23	495,55	18,9
KVB29	20,37	300,51	12,18
KVB30	15,61	215,42	8,59
KVB31	17,37	248,67	10,18
KVB32	61	745,62	25,76
KVB33	14,91	196,41	7,46
KVB34	25,22	372,06	15,08

Anadolu Liseleri	Öğretmen sayısı	Öğrenci sayısı	Derslik sayısı
KVB35	22,66	322,92	13,24
KVB36	30,84	356,4	15,76
KVB37	30,87	450,52	17,85
KVB38	25,15	357,05	13,3
KVB39	55,64	773,54	31,44
KVB40	%100 etkinlik skoruna sahip.		
KVB41	24,79	357,33	13,78
KVB42	15,37	206,48	6,67
KVB43	18,02	242,08	7,82
KVB44	22,76	328,78	12,74
KVB45	13,32	184,03	7,15
KVB46	12,96	166,35	6,87
KVB47	93,82	1361,34	55,48

Etkin olmayan kurumlar girdi değerlerini Çizelge 6.15’de verilen değerlerine göre düzenlediğinde etkinlik skorları %100’e ulaşacaktır.

Çizelge 6.16 VZA yöntemi ve VZAHP yöntemi ile etkin bulunan okullar

VZA yöntemi ile etkin bulunan okullar	VZA/AHP bütünsel yöntemi ile etkin bulunan okullar
Salih Dede Anadolu Lisesi (KVB3)	Salih Dede Anadolu Lisesi (KVB3)
Bornova Anadolu Lisesi (KVB4)	Bornova Anadolu Lisesi (KVB4)
Buca Fatma Saygın Anadolu Lisesi (KVB17)	Karataş Anadolu Lisesi (KVB40)
Büyükçiğli Anadolu Lisesi (KVB21)	
Karataş Anadolu Lisesi (KVB40)	
Atatürk Lisesi (KVB47)	

Çizelge 6.16’den de anlaşılacağı üzere VZA yöntemi ile etkin bulunan okul sayısı 6 iken, uzman görüşlerinin analize dahil edilmesi ile tam etkin bulunan okul sayısı 3’e düşmüştür. Ağırlıkların analize eklenmesi ile Buca Fatma Saygın Anadolu Lisesi, Büyükçiğli Anadolu Lisesi ve Atatürk Lisesi’nin etkinlik skorları %100’ün altında bulunmuştur.

Çizelge 6.17 VZA yöntemi ve VZAHP yöntemi etkinlik skorlarının karşılaştırılması

<b>Anadolu Liseleri</b>	<b>VZA yöntemi ile analiz sonucu etkinlik skorları</b>	<b>VZAHP bütünleşik yöntemi ile analiz sonucu etkinlik skorları</b>
KVB1	58,53%	41,12%
KVB2	80,04%	53,73%
KVB3	100,00%	100,00%
KVB4	100,00%	100,00%
KVB5	60,76%	55,28%
KVB6	66,72%	53,31%
KVB7	58,56%	51,16%
KVB8	90,05%	78,22%
KVB9	87,47%	50,61%
KVB10	91,54%	91,54%
KVB11	83,24%	73,74%
KVB12	87,21%	69,88%
KVB13	54,86%	40,43%
KVB14	64,97%	37,28%
KVB15	51,57%	47,98%
KVB16	67,98%	60,81%
KVB17	100,00%	66,55%
KVB18	65,05%	51,81%
KVB19	58,07%	44,34%
KVB20	64,82%	53,93%
KVB21	100,00%	87,35%
KVB22	74,86%	62,22%
KVB23	77,15%	63,91%
KVB24	72,85%	49,82%
KVB25	70,21%	27,63%
KVB26	71,29%	48,80%
KVB27	95,73%	86,49%
KVB28	70,93%	66,88%
KVB29	66,95%	48,35%
KVB30	81,64%	51,87%
KVB31	59,46%	38,64%
KVB32	90,49%	88,70%
KVB33	47,02%	27,96%
KVB34	73,63%	58,03%
KVB35	53,88%	41,10%
KVB36	64,70%	54,65%
KVB37	58,22%	49,55%

<b>Anadolu Liseleri</b>	<b>VZA yöntemi ile analiz sonucu etkinlik skorları</b>	<b>VZAHP bütünleşik yöntemi ile analiz sonucu etkinlik skorları</b>
KVB38	61,86%	51,54%
KVB39	81,85%	73,89%
KVB40	100,00%	100,00%
KVB41	63,91%	52,00%
KVB42	55,83%	40,16%
KVB43	36,20%	27,59%
KVB44	54,65%	42,65%
KVB45	81,42%	45,92%
KVB46	76,52%	41,81%
KVB47	100,00%	89,25%

VZA yöntemi ve VZAHP yöntemlerinin etkinlik analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak Çizelge 6.17’de verilmiştir. Çizelge 6.16’den de anlaşılacağı üzere VZA yöntemi ile yapılan analizde etkin bulunan 6 adet okuldan 3’ü VZAHP yöntemi ile yapılan analizde %100 etkin bulunmamıştır. Bununla birlikte ağırlıkların eklenmesi ile etkinlik skorlarında düşüş gerçekleştiği görülmektedir. Burada, girdi ve çıktı değişkenlerine eşit ağırlık vermek yerine bu değişkenlerin AHP yöntemi yardımı ile ağırlıklarının analize dahil edilmesi daha sağlıklı, daha güvenilir sonuçlara ulaşmamızı sağlamaktadır.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Eğitim sisteminin, ülkelerin kalkınması ve gelişmesi açısından oldukça önemli olduğu göz önüne alındığında bu konuda çalışmalar yapmak ve eğitim kurumlarını geliştirmek kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu nedenledir ki eğitim sistemi ile ilgili her geçen yıl çalışmalar artmaktadır.

Bu çalışma İzmir'deki orta öğretim kurumlarının etkinliklerini değerlendirmek ve etkin olmayan kurumların etkin hale gelebilmeleri için önerilerde bulunmak, en önemlisi de eğitim sistemine katkı sağlamak amacı ile gerçekleştirilmiştir. Orta öğretim kurumlarında veri zarflama analizi ve analitik hiyerarşi prosesi bütünleşik yöntemi ile yapılan ilk çalışma olması açısından önemlidir.

Çalışmada KVB olarak İzmir ili merkez ilçelerinde bulunan 47 adet anadolu lisesi belirlenmiştir. Daha sonra liselerin eğitim sürecini en iyi ifade eden 3 girdi ve 3 çıktı değişkeni seçilmiştir. Çalışmada 2015-2016 eğitim öğretim dönemine ait veriler kullanılmıştır. Analiz için EMS 1.3.0 paket programı kullanılmıştır. Değişkenler belirlenip veriler elde edildikten sonra veri zarflama analizi yöntemi ile etkinlik ölçümü gerçekleştirilmiş daha sonra girdi ve çıktı değişkenlerine analitik hiyerarşi prosesi yöntemi yardımı ile ağırlıklar atanarak veri zarflama analitik hiyerarşi prosesi bütünleşik yöntemi ile etkinlik analizi tekrarlanmıştır.

Veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü sonucunda 6 adet okul etkin olarak bulunmuştur. Diğer 41 adet okulun ise etkinlik skorları %100'ün altında bulunmuştur. En düşük etkinlik skoruna sahip okul %36,20 ile Namık Kemal Lisesi bulunmuştur. Analiz sonucunda referans sütununda yer alan bilgilerden yola çıkarak 27. KVB olan Gaziemir Anadolu Lisesi için hedef değer hesaplanmıştır. Gaziemir Anadolu Lisesi'nin mevcut öğrenci sayısı 630'dur. Hesaplamalar sonucunda bu KVB'nin 2. girdisi olan öğrenci sayısı için hedef değer 526 bulunmuştur. Yani bu birimin etkinliğini arttırabilmesi için öğrenci sayısını 526 değerine azaltması gerekmektedir. 27. KVB'nin öğretmen sayısı ve derslik sayısı için de aynı şekilde hesaplama yapıp, hedef değer bulunduktan sonra program yardımı ile analiz edildiğinde görülmüştür ki birim %100 etkinliğe ulaşmıştır.

VZAHP yöntemi ile yapılan analizde ise görüşleri tutarlı bulunan 4 adet rehber öğretmen yardımı ile elde edilen ikili karşılaştırma matrisleri ile girdi ve çıktı değişkenlerine ağırlıklar atanmış ve etkinlik analizi gerçekleştirilmiştir.

Analiz sonucunda görülmüştür ki VZA yöntemi ile etkin bulunan 6 adet okuldan 3 tanesinin etkinlik skorlarında düşüş gerçekleşmiş ve toplam 3 adet okul etkin olarak bulunmuştur.

Rehber öğretmenler yardımı ile oluşturulan girdi ve çıktılara ait ikili karşılaştırma matrislerinden yola çıkarak hesaplanan ortalama önem değerlerine göre, girdi değişkenlerinin önem değerlerine göre sıralaması büyükten küçüğe doğru öğretmen sayısı, derslik sayısı ve öğrenci sayısı olarak bulunmuştur. Çıktı değişkenleri için ise sıralama YGS+LYS başarı oranı, üniversiteye yerleşen öğrenci sayısı ve mezun öğrenci sayısı olarak elde edilmiştir.

Sonuç olarak, etkin bulunan orta öğretim kurumların etkinliklerini korumaya devam etmeleri önerilmektedir. Etkin olmayan kurumların ise, VZAHP yöntemi ile yapılan analizin sonucunda bulunan referans kurumları örnek alarak en iyi girdi miktarlarını yani hedef değerlerini belirlemeleri ve bu yönde iyileştirmeler yaparak etkin hale gelebilmeleri önerilmektedir. Bu etkinlik analizlerinin sadece bir defaya mahsus değil düzenli aralıklarla tekrar edilip hedef değerlerin bulunması ve bu konuda çalışmalar yapılması eğitim sistemimizin iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aladağ, Z., Alkan, A., Güler, E. ve Özdin, Y.**, 2018, Akademik birimlerin veri zarflama analizi ve promethee yöntemleri ile performans değerlendirmesi: Kocaeli üniversitesi örneği, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 34(1), 1-13 s.
- Aristovnik, A.**, 2013, Relative efficiency of public education in the new EU member states: the case of primary education, 237-243 pp.
- Atan, M., Karpat, G., ve Göksel, A.**, 2002, Ankara'daki anadolu liselerin toplam etkinliğinin veri zarflama analizi (VZA) ile saptanması, Yakın Doğu Üniversitesi XI. Eğitim Bilimleri Kongresi, 1-10 s.
- Aydoğdu, F.**, 2011, Tedarik Zinciri Yönetiminde Scor Modeli ve Veri Zarflama Analizi (VZA) Entegrasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 126 s.
- Balkan, D.**, 2009, Sivas İli Ortaöğretim Kurumlarının Eğitim Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 73s.
- Balkan, D. ve Arıkan, M.**, 2010, Sivas ilindeki ortaöğretim kurumlarının etkinliklerinin öğrenci başına düşen öğretmen ve derslik sayısı bakımından veri zarflama analizi ile ölçülmesi, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 11(2), 133-153 s.
- Bal, H. ve Örkü, H. H.**, 2005, Çok kriterli karar verme açısından veri zarflama analizi ile diskriminant analizinin birleştirilmesi: yeni bir model, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 18(3), 355-364 s.
- Banker, R.D., Charnes, A and Cooper, W.W.**, 1984, Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, Management Science, 30(9), 1078-1092 pp.
- Baş, İ. M. ve Artar, A.**, 1991, İşletmelerde Verimlilik Denetimi: Ölçme ve Değerlendirme Modelleri, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 435, Ankara, 423s.
- Baysal, M. E. ve Toklu, B.**, 2001, Veri zarflama analizi ile bazı orta öğretim kurumlarının performanslarının değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 6(2), 203-220 s.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bektaş, A.**, 2007, Ankara'daki Özel Liselerin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 120s.
- Berger, A. N. and Humphrey D. B.**, 1997, Efficiency of financial institutions: International survey and directions for future research, *European Journal of Operational Research*, 98, 175-212 pp.
- Bousofiane, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E.**, 1991, Applied data envelopment analysis, *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1-15 pp.
- Bowlin, W. F.**, 1987, Evaluating the efficiency of US air force real – property maintenance activities, *The Journal of the Operational Research Society*, 38(2), 127-135 pp.
- Bradley, S., Johnes, G. and Millington, J.**, 2001, The effect of competition on the efficiency of secondary schools in England, *European Journal of Operational Research*, 135, 545-568 pp.
- Budak, H.**, 2010, Veri Zarflama Analizi ve Hisse Senedi Seçiminde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Ankara, 88s.
- Charles, V. and Kumar, M.**, 2012, *Data Envelopment Analysis and Its Applications to Management*, Cambridge Scholars Publishing, 275p.
- Charnes A., Cooper, W.W. and Rhodes, E.**, 1978, Measuring the efficiency of decision making units, North-Holland Publishing Company, *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444 pp.
- Charnes A., Cooper, W.W. and Rhodes, E.**, 1981, Evaluating program and managerial efficiency: An application of DEA to program follow through, *Management Science*, 27(6), 668-697 pp.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J. and Battese, G. E.**, 2005, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Springer Science&Business Media, USA, 349p.
- Cooper, W., Seiford, L. and Tone, K.**, 1999, *Data Envelopment Analysis- A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, Hingham-US.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Çağlar, A. ve Öztaş, G. Z.**, 2016, Veri zarflama analizi ve analitik hiyerarşi süreci ile sigorta şirketlerinin finansal oran analizi, Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6(2), 221-248 s.
- Deliktaş, E.**, 2002, Türkiye özel sektör imalat sanayiinde etkinlik ve toplam faktör verimliliği analizi, ODTÜ Gelişim Dergisi, 29(3-4), 247-284 s.
- Demir, İ., Depren, Ö. and Kılıç, S.**, 2010, Measuring the efficiency of secondary schools in different regions in Turkey using data envelopment analysis, The International Journal of Research in Teacher Education, 1(1), 52-64 pp.
- Demir, E. ve Durakoğlu, M.**, 2013, Çorum ilindeki liselerin 2012-2013 eğitim öğretim sürecindeki etkinliğinin veri zarflama analizi ile ölçülmesi, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(1), 19-46s.
- Depren, Ö.**, 2008, Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 117s.
- Dikmen, F.C.**, 2004, Karar Vermede Veri Zarflama Analizi ve VZA Yardımıyla Üniversite Etkinliklerinin Ölçülmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 220s.
- Doğan, N. Ö. ve Gencan, S.**, 2014, VZA/AHP bütünleşik yöntemi ile performans ölçümü: Ankara'daki kamu hastaneleri üzerine bir uygulama, Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16(2), 88-112 s.
- Eroğlu, H.**, 2007, Bankacılıkta Veri Zarflama Analizi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 132 s.
- Erpolat, S. ve Cinemre, N.**, 2011, Notebook seçiminde hibrit bir yaklaşım: analitik hiyerarşi yöntemine dayalı veri zarflama analizi, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 40(2), 207-225 s.
- Ertuğrul, İ. ve Sarı, G.**, 2017, Veri zarflama analizi ile bir üniversitede lisans bölümlerinin etkinlik analizi, Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 3(3), 65-85 s.
- Farrell, M. J.**, 1957, The measurement of productive efficiency, Journal of the Royal Statistical Society, 120(3), 253-290 pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gemici, M. F.**, 2009, Tedarik Zincirinde Veri Zarflama Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemiyle Perakende Sektöründe Tedarikçi Performans Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 89 s.
- Göktolga, Z. G. ve Artut, A.**, 2011, Sivas ilinde liselerin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 12(2), 63-78 s.
- Gülcü, A., Tutar, H. ve Yeşilyurt, C.**, 2004, Sağlık Sektöründe Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Göreceli Verimlilik Analizi, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Hadad, Y., Friedman, L. and Hanani, Z. M.**, 2007, Measuring efficiency of restaurants using the data envelopment analysis methodology, Computer Modelling and New Technologies, 11(4), 25-35 pp.
- Haas, D. A.**, 1998, Evaluating the Efficiency of Municipal Reverse Logistics Channels: An Application of Data Envelopment Analysis, Doctoral Dissertation, Temple University, 276p.
- İnan, E. A.**, 2000, Banka etkinliğinin ölçülmesi ve düşük enflasyon sürecinde bankacılıkta etkinlik, Bankacılar Dergisi, 34, 82-96 s.
- Kamal M. Al-Subhi Al-Harbi**, 2001, Application of the AHP in Project management, International Journal of Project Management, 19, 19-27 pp.
- Karaca, C.**, 2010, Veri Zarflama Analizi ile Antalya Bölgesindeki Ziraat Bankası Şubelerinin Performans Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Ankara, 105s.
- Karataş, E.**, 2016, Veri Zarflama Analizi Yöntemi Kullanılarak Türkiye'deki Kamu, Özel ve Yabancı Sermayeli Bankaların Etkinliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Antalya, 111s.
- Kardiyen, F. and Örkçü, H. H.**, 2006, The comparison of principal component analysis and data envelopment analysis in ranking of decision making units, G.U. Journal of Science, 19(2), 127-133 pp.
- Kecek, G.**, 2010, Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama Örneği, Siyasal Kitabevi, Ankara, 180s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kırjavainen, T. and Loikkanen, H. A.**, 1998, Efficiency differences of finish senior secondary schools: an application of DEA and Tobit analysis, *Economics of Education Review*, 17(4), 377-394 pp.
- Koopmans, T. C.**, 1951, *Activity Analysis of Production and Allocation*, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Korhonen, P.**, 1997, Searching the efficient frontier in data envelopment analysis, IIASA Interim Report, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 15p.
- Korpela, J., Lehmusvaara, A. and Nisonen, J.**, 2007, Warehouse operator selection by combining AHP and DEA methodologies, *International Journal of Production Economics*, 108, 135-142 pp.
- Kulaksızoğlu, E. Ş.**, 2010, Veri Zarflama Analizi ve Çapraz Etkinlik, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Ankara, 94s.
- Lee, S. K., Mogi, G., Shin, S. C. and Kim, J.W.**, 2007, An AHP/DEA hybrid model for measuring the relative efficiency of energy efficiency technologies, *IEEE*, 55-59 pp.
- Lin, M. I., Lee, Y. D. and Ho, T. N.**, 2011, Applying integrated DEA/AHP to evaluate the economic performance of local governments in China, *European Journal of Operational Research*, 209, 129-140 pp.
- Mahapatra, B., Mukherjee, K. and Bhar, C.**, 2015, Performance measurement-an AHP-DEA based approach, *Journal of Advanced Management Science*, 3(1), 26-30 pp.
- Mimovic, P. and Krstic, A.**, 2016, The integrated application of the AHP and the DEA methods in evaluating the performances of higher education institutions in the republic of Serbia, *Economic Horizons*, 18(1), 73-86 pp.
- Motroi, A.**, 2018, İmalat işletmelerinde veri zarflama analizi ile verimlilik ölçümü, *Bankacılık ve Finansal Araştırmalar Dergisi (BAFAD)*, 5(1), 28-39 s.
- Nedelea, I. C., Fannin, J. M. and Barnes, J. N.**, 2010, Analyzing differences in rural hospital efficiency: a data envelopment analysis approach, 1-28 pp.
- Norman, M. ve Stoker, B.**, 1991, *Data Envelopment Analysis The Assessment of Performance*, John Wiley&Sons, Ltd., England.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi Başkanlığı**, ‘Ortaöğretim Kurumlarına göre 2016 Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Sistemi Sonuçları Kitabı’, <http://www.osym.gov.tr/TR,12734/2016-yili-yayinlari.html> (Erişim tarihi: 20.04.2017).
- Özçelik, H. ve Kandemir, B.**, 2017, Veri zarflama analizi ve imalat sektöründe bir uygulama, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 22(1), 43-53 s.
- Özden, Ü. H.**, 2008, Analitik hiyerarşi yöntemi ile ilkokul seçimi, Marmara Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi, 14(1), 299-320 s.
- Öztürk, O. ve Girginer, N.**, 2015, Türk tekstil ve hazır giyim firmalarının ihracat etkinliği: veri zarflama analizi (VZA) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanımıyla bir inceleme, Tekstil ve Konfeksiyon, 25(1), 10-23 s.
- Pakkar, M. S.**, 2017, Hierarchy grey relational analysis using DEA and AHP, PSU Research Review, 1(2), 150-163 pp.
- Ramanathan, R.**, 2006, Data envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the analytic hierarchy process, Computers&Operations Research, 33, 1289-1307 pp.
- Rassouli-Currier, S.**, 2007, Assessing the efficiency of Oklahoma public schools: A data envelopment analysis, Southwestern Economic Review, 34(1), 131-134 pp.
- Ruggiero, J.**, 2000, Measuring technical efficiency, European Journal of Operational Research, 121(1), 138-150 pp.
- Saaty, T.L.**, 1980, The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York.
- Sarı, Z.**, 2015, Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Ankara, 72s.
- Sarıca, S.**, 2007, Üniversitelerin Performansa Göre Yönetimi için Veri Zarflama Analizi Tabanlı Bir Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 91s.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Sevкли M., Koh, S. C. L., Zaim, S., Demirbag, M. and Tatoglu, E.,** 2007, An application of data envelopment analytic hierarchy process for supplier selection: a case study of BEKO in Turkey, *International Journal of Production Research*, 45(9), 1973-2003 pp.
- Sink, D. S. and Tuttle, T. C.,** 1989, *Planning and Measurement in your Organization of the Future*, Industrial Engineering and Management Press, Norcross, GA.
- Sowlati, T.,** 2001, *Establishing the Practical Frontier in Data Envelopment Analysis*, University of Toronto, Canada, 151p.
- Sözer, E.,** 1996, *Türk Eğitim Sisteminde Ortaöğretim Programları ve Uygulamalar*, 1, 116-128 s.
- Stern, Z. S., Mehrez, A. and Hadad, Y.,** 2000, An AHP/DEA methodology for ranking decision making units, *International Transactions In Operational Research*, 7, 109-124 pp.
- Tarım, A.,** 2001, *Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Görelilik Ölçümü Yaklaşımı*, Sayıştay Yayınları Araştırma İnceleme Çeviri Dizisi, 15, Ankara.
- T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (DPT),** 2001, *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı*, Ortaöğretim: Genel Eğitim, Meslek Eğitimi, Teknik Eğitim Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Thanassoulis, E. and Dunstan, P.,** 1994, Guiding schools to improved performance using data envelopment analysis: An illustration with data from a local education authority, *The Journal of the Operational Research Society*, 45(11), 1247-1262 pp.
- Thanassoulis, E., Dey, P. K., Petridis, K., Goniadis, I. and Georgiou, A. C.,** 2017, Evaluating higher education teaching performance using combined analytic hierarchy process and data envelopment analysis, *Journal of the Operational Research Society*, 68, 431-445 pp.
- Türkan, S. and Özel, G.,** 2017, Efficiency of state universities in Turkey during the 2014-2015 academic year and determination of factors affecting efficiency, *Education and Science*, 42(191), 307-322 pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Tyagi, P., Yadav, S.P. and Singh, S.P.**, 2009, Efficiency analysis of schools using DEA: A case study of Uttar Pradesh state in India, Department of Mathematics, Roorkee, India.
- Vassiloğlu, M. and Giokas, D.**, 1990, A study of the relative efficiency of bank branches: An application of data envelopment analysis, Journal of Operational Research Society, 41(7), 591-574 pp.
- Wang, Y. M., Liu, J. and Elhag, T.M.S.**, 2008, An integrated AHP-DEA methodology for bridge risk assessment, Computers&Industrial Engineering, 54, 513-525 pp.
- Yen, F. L. and Othman, M.**, 2011, Data envelopment analysis to measure efficiency of hotels in Malaysia, SEGI Review, 4(1), 25-36 pp.
- Yeşilyurt, C. ve Alan, M.A.**, 2003, Fen liselerinin 2002 yılı göreceli etkinliğinin veri zarflama analizi (VZA) yöntemi ile ölçülmesi, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 4(2), 91-104 s.
- Yıldırım, İ. E.**, 2010, Veri zarflama analizi sürecinde temel bileşenler analizinin ayırım gücünü artırıcı etkisi, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 38(1), 66-83 s.
- Yolalan, R.**, 1993, İşletmeler Arası Görelî Etkinlik Ölçümü, MPM Yayınları, 483, Ankara.
- Yoluk, M.**, 2010, Hastane Performansının Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sağlık Kurumları İşletmeciliği Anabilim Dalı, Ankara, 121s.