

**TÜRKİYE'DEKİ İSTATİSTİK
BÖLÜMLERİNİN GÖRELİ
ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA
ANALİZİ İLE BELİRLENMESİ**

Cenk İÇÖZ

Yüksek Lisans Tezi

İstatistik Anabilim Dalı

Temmuz-2013

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Cenk İçöz'ün "Türkiye'deki İstatistik Bölümlerinin Görelî Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Belirlenmesi" başlıklı İstatistik Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 08.07.2013 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

<u>Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı) : Doç. Dr. Harun SÖNMEZ
Üye : Doç. Dr. Fikret ER
Üye : Yard. Doç. Dr. Şenay Lezki

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE'DEKİ İSTATİSTİK BÖLÜMLERİNİN GÖRELİ ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE BELİRLENMESİ

Cenk İÇÖZ

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Harun SÖNMEZ
2013, 94 Sayfa

Bir eğitim sisteminin başarısı, eğitim süreci içinde sunduğu olanaklar ve eğitim sonrası elde edilen yeterlilikler tarafından belirlenebilmektedir. Bu bağlamda ülkemizdeki üniversite performanslarının karşılaştırılmaları genellikle akademisyen performansları, mezunlarının işsizlik oranı ve ülke genelinde yapılan ortak sınav sonuçları üzerinden çıktı yönlü olarak yapıldığı gözlemlenmektedir. Kamu Personeli Seçme Sınavı (KPSS) sonuçları da karşılaştırma unsuru olarak kabul gören bir çıktıdır. Fakat eğitim bilimciler eğitim sitelerinin performanslarının değerlendirilmesinde sunulan olanakların çıktıya ne kadar verimli olarak dönüştürebildiklerine önem vermektedirler. Bu çalışmada Türkiye'deki devlet üniversitelerinin verilerine ulaşılan 18 adet istatistik bölümü homojen karar verme birimi (KVB) olarak ele alınmış ve bölümlerin görelî etkinlikleri veri zarflama analizi (VZA) yardımı ile hesaplanmıştır. Etkinlik değerleri arasındaki farklılıkların kontrol edilemeyen girdiler tarafından etkilenip etkilenmediği, etkinlik değerleri ve girdi-çıkıtı değişkenleri arasındaki ilişkiler ve öğretim programlarına göre bölümler arasında etkinlik farklarının anlamlılığı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçların karar vericilere ve istatistik bölümünde okuyan öğrencilere yol gösterici olması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi (VZA), etkinlik, performans ölçüm yöntemleri, ikinci aşama analizleri, eğitim sistemleri

ABSTRACT

Master of Science Thesis

DETERMINING RELATIVE EFFICIENCIES OF STATISTICS DEPARTMENTS IN TURKEY WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Cenk İÇÖZ

Anadolu University
Graduate School of Sciences
Statistics Program

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Harun SÖNMEZ
2013, 94 Pages

The success of an educational system can be determined by the facilities offered during an education process and the qualifications obtained afterwards. In this context, it is been observed that the comparison of Turkish university performances can be generally done according to output based performance indicators like academician performances, nationwide exam results and the unemployment rate of the graduates. KPSS exam is an accepted output used as a comparison element. However, pedagogues give importance to conversion of the offered facilities into outputs productively in the performance evaluation of an educational system. In this study, 18 statistics department of Turkish universities which have accessible data have been considered as decision making units and their relative efficiencies have been calculated with the help of data envelopment analysis. The relations between the efficiency values and the input-output variables, the significance of the efficiency differences of the different programs and the effects of nondiscretionary inputs on efficiency differences have been investigated and set. It is hoped that the obtained results of the study may help to the decision makers and the prospective statistics students.

Key Words: Data Envelopment Analysis (DEA), efficiency, performance measurement methods, second stage analysis, education systems

TEŞEKKÜR

Yaşamımın her alanında doğumumdan bugünlere kadar beni destekleyen ve bu tezin varoluş sebebi olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Tezin yazım sürecinde ve öncesinde beni sürekli motive eden, bilgilerini paylaşmaktan kaçınmayan, yol gösterici olan ve öncelikle bana arkadaş olarak davranan danışman hocalarım Doç. Dr. Harun Sönmez ve Doç. Dr. H. Kıvanç Aksoy'a teşekkürlerimi sunarım. Hocalarım Doç. Dr. Fikret Er, Yrd. Doç. Dr. Kadir Özgür Peker ve Yrd. Doç. Dr. Levent Terlemez'e fikirlerimi dinledikleri ve çalışma ile ilgili eleştirileri, tez ile ilgili kaynak önermeleri ve tezdeki grafiklerin oluşturulmasındaki yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca, tez yazım sürecinde manevi olarak desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Erdener Özçetin ve Emre Çimen'e teşekkürlerimi sunarım.

Cenk İçöz

Temmuz 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. TEMEL KAVRAMLAR	4
2.1. Performans	4
2.2. Üretim Olanakları Kümesi.....	6
2.3. Verim ve Verimlilik	9
2.4. Etkinlik ve Etkililik	11
2.4.1. Etkinlik sınırı	12
2.4.2. Teknik etkinlik.....	14
2.4.3. Ölçek etkinliği	16
2.4.4. Toplam etkinlik.....	17
2.4.5. Fiyat (Tahsis) etkinliği	17
2.4.6. Ekonomik etkinlik.....	18
2.4.7. Farrell'in etkinlik yaklaşımı	19
2.5. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri	20
2.5.1. Oran analizleri	21
2.5.2. Parametrik yöntemler	22
2.5.3. Parametrik olmayan yöntemler.....	23
2.5.4. Etkinlik ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması	24
3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)	26
3.1. VZA Tarihçesi	26
3.2. VZA Kullanım Alanları.....	28
3.3. VZA Literatür Taraması	29

3.4.	VZA Uygulama Aşamaları.....	38
3.4.1.	KVB'lerin seçilmesi.....	39
3.4.2.	Girdi ve çıktıların belirlenmesi.....	40
3.4.3.	Verilerin elde edilebilirliği ve güvenilirliği.....	41
3.4.4.	VZA ile görelî etkinlik ölçümü	42
3.4.5.	Sonuçların değerlendirilmesi.....	42
3.5.	VZA Modelleri.....	43
3.5.1.	Girdi yönlü CCR modeli	45
3.5.2.	Çıktı yönlü CCR modeli.....	49
3.5.3.	Girdi yönlü BCC modeli	50
3.5.4.	Çıktı yönlü BCC modeli.....	52
3.5.5.	Toplamsal modeller	53
3.6.	Ölçeğe Göre Getirinin Belirlenmesi.....	54
3.7.	VZA Çıktılarının İleri Analizler İçin Kullanımı.....	54
3.7.1.	VZA etkinliklerinin regresyon analizi ile incelenmesi	55
3.7.2.	Tobit regresyonu	56
3.8.	VZA Güçlü ve Zayıf Yanları.....	57
3.8.1.	VZA güçlü yönleri	57
3.8.2.	VZA zayıf yönleri.....	58
4.	UYGULAMA	60
4.1.	Araştırmanın Amacı ve Kapsamı.....	60
4.2.	Karar Verme Birimlerinin Seçilmesi	61
4.3.	Girdi ve Çıktı Faktörlerinin Belirlenmesi.....	61
4.4.	Verilerin Elde Edilmesi ve Güvenilirliği.....	64
4.5.	Model Seçimi ve Görelî Etkinliklerin Belirlenmesi	65

4.5.1. Girdi yönlü CCR modeli sonuçlarına göre etkin bölümlerin incelenmesi	67
4.5.2. Girdi yönlü CCR modeli sonuçlarına göre etkin olmayan bölümlerin incelenmesi	68
4.6. Etkinlik Sonuçları ve Değişkenler Arasındaki İlişkiler.....	75
4.7. İkinci Aşama Analizleri.....	79
4.8. İkinci Öğretim Programı Bulunan ve Bulunmayan İstatistik Bölümlerinin Etkinliklerinin Karşılaştırılması.....	82
5. SONUÇLAR	84
KAYNAKLAR.....	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. Performansın Boyutları ve İlişkileri	6
2.2. Üretim Olanakları Kümesi	8
2.3. Verimlilik	10
2.4. Girdiye yönelik etkinlik sınırı.....	13
2.5. Çıktıya yönelik etkinlik sınırı	14
2.6. Teknik Etkinlik ve Ölçek Etkinliği	15
2.7. Eş Ürün Eğrisi ve Eş Maliyet Doğrusu	18
2.8. Farrell'ın Etkinlik Gösterimi.....	20
3.1. VZA'nın Uygulama Aşamaları	39
3.2. Çeşitli Kriterlere Göre VZA Modelleri.....	45
4.1. Etkinlik - Lisans Öğrenci/Öğretim Üyesi Saçılım Grafiği.....	75
4.2. Etkinlik - Lisansüstü Öğrenci/ Öğretim Üyesi Saçılım Grafiği.....	76
4.3. Etkinlik - KPSS Genel Yetenek Sonuçları Saçılım Grafiği	76
4.4 Etkinlik - KPSS Genel Kültür Sonuçları Saçılım Grafiği	77
4.5. Etkinlik - KPSS Alan Sonuçları Saçılım Grafiği.....	78
4.6. Etkinlik - Bölüm Taban Puanları Saçılım Grafiği	78
4.7. Etkinlik - Kontenjan Saçılım Grafiği	79
4.8. Öğretim Programlarına Göre Etkinlik Değerlerinin Karşılaştırılması	82

TABLÖLAR DİZİNİ

2.1. Çeşitli Yaklaşımlara Göre Performans Tanımları	5
2.2. Etkinlik ve Etkinlik Düzeyleri	12
2.3. Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması	25
3.1. Eğitim Kurumlarına İlişkin VZA Çalışmaları	36
3.1. (Devam) Eğitim kurumlarına İlişkin VZA çalışmaları	37
4.1. Türkiye'deki İstatistik Bölümlerine İlişkin Veriler	62
4.2. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	63
4.3. Girdi ve Çıktı Değişkenleri Arasındaki Korelasyonlar	64
4.4. Tüm VZA Modellerine İlişkin Göreli Etkinlik Sonuçları.....	66
4.5. VZA Sonuçlarına İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler.....	67
4.6. KVB'lere İlişkin Yoğunluk Değerleri ve Referans Kümeleri.....	70
4.7. Hipotetik Girdi ve Çıktı Seviyeleri	72
4.8. Girdi ve Çıktılara Yönelik İyileştirme Yüzdeleri	73
4.9. Ölçeğe Göre Getiriler ve Etkinlik Çeşitleri	74
4.10. Kontrol Edilemeyen Girdiler ve Etkinlik Sonuçları	80
4.11. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Katsayıları ve Olasılık Değerleri	81
4.12. Etkinlik - Bölüm Taban Puan Regresyon Katsayıları ve Olasılık Değerleri	81
4.13. Tobit Regresyonu Çıktıları	81

1. GİRİŞ

Günümüz rekabetçi piyasa koşulları ve kullanılabilir olan fiziki ve insan sermayesinin kısıtlılığı, işletmelerde performans yönetimi ve ölçümü süreçlerini uygulamanın önemini arttırmıştır. İşletmelerin amaçları doğrultusunda sınırlı kaynakları en etkin şekilde kullanmaları ile en üst düzey mal ve hizmet üretimini gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Bu süreçlerin uygulamaları sonucunda karar vericiler diğer işletmelere göre konumlarını iyileştirmek ya da kendi en iyi performanslarını yakalayabilmek adına gerekli bulguları elde etmektedirler. Karar vericiye bu avantajı sağlayan birden çok girdi ve çıktının bulunduğu ortamda kullanılabilir performans ölçüm yöntemlerinden biri de Veri Zarflama Analizi'dir.

Veri Zarflama Analizi (VZA), karar verme birimi (KVB) olarak adlandırılan homojen birimlerin göreceli etkinliklerini belirlemek amacıyla kullanılan matematiksel programlamaya dayalı parametrik olmayan bir yöntemdir. Yöntem gerek kâr amaçlı, gerekse kâr amacı taşımayan işletmelerin etkinliklerinin ölçülmesinde kolaylıkla kullanılabilir. Ayrıca, çeşitli ekonometrik analizler ve oran analizleri ile performansları ölçülemeyen KVB'ler için de performans ölçümünü mümkün kılması VZA'yı eğitim sektöründe performans ölçümü için ideal bir yöntem yapmaktadır.

Ülkemiz Yükseköğretim sisteminde, ortaöğretim mezuniyeti sonrası herhangi bir üniversitedeki bir yükseköğretim programında öğrenim hakkının kazanılması için ÖSYM'nin (Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi) düzenlediği YGS (Yükseköğretime Geçiş sınavı) ve LYS' den (Lisans Yerleştirme Sınavı) belirli puanların elde edilmesi gerekmektedir. LYS, Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) tarafından 2010 yılından itibaren uygulamaya başlanan test türü bir sınavdır. YGS sınavı, LYS sınavından daha önce uygulanır. Çünkü bu sınav LYS sınavına girişi sağlayan bir baraj sınavıdır. YGS puanlarından en az biri 180 ve daha fazla olan adaylar, isterlerse LYS sınav(lar)ına başvuru yapabileceklerdir. İstatistik bölümleri ise bir LYS puan türü olan MF-1 puan türüne göre öğrenci almaktadırlar. Öğrenciler bölümlerinden mezun olduktan sonra kamuya ait bir kurumda çalışabilmeleri için Kamu

Personeli Seçme Sınavı'na (KPSS) girmiş ve kurumların belirlemiş olduğu puanları elde etmiş olmaları gerekmektedir.

Daha önce eğitimde performans ölçümü ile ilgili yapılan VZA çalışmalarında sıklıkla üniversiteler, üniversite fakülteleri, ilköğretim eğitim kurumları ve ortaöğretim eğitim kurumları KVB olarak seçilmişlerdir. Bu çalışmada, örgün ve ikinci öğretim programları bulunan Türkiye'deki devlet üniversitelerinde faaliyet gösteren ve ilgili verilerine ulaşılabilen 18 adet istatistik, istatistik ve bilgisayar bilimleri bölümünün görelî etkinliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu seçim sadece verilerin ayrıştırılmasında kullanılacak olup asıl KVB'ler fakülte dekanları, üniversite rektörleri ve Yükseköğretim Kurulu'nda (YÖK) ilgili merciler olarak belirlenebilir. Çalışma sonuçlarının ve performans belirleyicilerin istatistik bölümünde okumayı düşünen aday öğrencilere ışık tutmasının yanı sıra diğer karar vericilere de alınabilecek önlemler ve buldukları konumu görmeleri açısından faydalı olabileceği düşünülmüştür.

18 adet istatistik bölümünden 12 tanesi hem örgün hem de ikinci öğretim programlarında eğitim vermekte; 6 tanesi ise sadece örgün eğitim vermektedir. Belirtilen istatistik bölümlerinin etkinliklerin hesaplanmasında bölümler bazında KPSS puan türleri ortalamaları çıktı olarak ele alınmıştır. Girdiler ise öğretim üyesi başına düşen lisans öğrenci sayısı ve öğretim elemanı başına düşen lisansüstü öğrenci sayısı olarak belirlenmiştir. Bir eğitim sisteminin performansının değerlendirilmesinde ise genellikle eğitim süreci içinde bulunulan koşullar ve süreç sonrası tabi tutulan sınavlar performans belirleyicileri olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple seçilen girdi ve çıktılar çalışmanın amacı ile paralel olarak seçilmiştir.

Çalışmanın ilerleyen bölümünde performans, etkinlik, etkinlik türleri, performans ölçüm yöntemleri gibi VZA'yı yakından ilgilendiren kavramlar ele alınacaktır.

Üçüncü bölümde analizin tarihçesi, bugüne kadar yapılmış olan çalışmalarla ilgili geniş bir literatür taraması, VZA'nın kullanım alanları, VZA'nın uygulamasında izlenecek olan prosedür, VZA modelleri ve ileri aşama analizi vb. konulardan bahsedilecektir.

Dördüncü bölümde uygulama detayları ile anlatılacaktır. Seçilen VZA modeline ilişkin etkinlik sonuçları yorumlanacak, etkin olmayan bölümler için iyileştirmeler önerilecek, KVB'lerin ölçeğe göre getirileri araştırılacak, çevresel faktörlerin etkinlik sonuçları üzerindeki etkileri incelenecek ve sadece örgün öğretim programı bulunan bölümlerle hem örgün hem de ikinci öğretim programları faaliyet gösteren bölümler arasındaki etkinlik farkları incelenecektir.

Son bölümde ise çalışmanın yapılmasında karşılaşılan zorluklardan bahsedilerek, ileride yapılabilecek olan çalışmalar irdelenip, uygulama sonucu elde edilen tüm bulgular derlenecek ve yorumlanacaktır.

2. TEMEL KAVRAMLAR

İşletmelerin içinde buldukları koşullar gerek yaşadığımız dünya üzerindeki kullanılabilir fiziki ve insan kaynaklarının kısıtlılığı gerekse diğer işletmelerle olan sürekli artan rekabetçi koşullar işletmelerde performans ölçümü ve yönetimi süreçlerinin uygulanmasını zorunlu kılmıştır. Bu rekabetçi ortamda işletmenin nasıl bir performans gösterdiği ve aynı kategorideki işletmelere göre olan konumunun belirlenmesi çok büyük bir önem arz etmektedir. Sahip olunan kaynaklarla en etkin mal ve hizmet üretme çabası, hedeflenen çıktılara ulaşma oranı ve girdilerin çıktılara verimli bir şekilde dönüştürülmesi işletmelerin varoluş amaçlarındandır. Dolayısıyla performans, etkinlik ve verimlilik kavramlarının değerlendirilmesi işletmelerin faaliyetlerini sürdürmesi ve geliştirmesinde ele alınması gereken önemli kavramlardır.

Sıkça karıştırılan, birbirleri yerine kullanılabilen performans, verimlilik ve etkinlik kavramlarının tanımlanması VZA'nın daha iyi anlaşılabilmesi açısından önemlidir. Bu kavramlar her ne kadar birbirleri ile ilişkili kavramlar gibi görülsede farklı anlamlar içermektedir [1]. İzleyen bölümde bu farklılıklardan söz edilecek, etkinlik türleri, verimlilik, performans ölçme yöntemleri ve üretim olanakları kümesi vb. kavramlardan bahsedilecektir.

2.1. Performans

Performans; bir işi yapan bireyin, grubun veya kuruluşun o iş ile ilgili amaçlanılan hedeflere ulaşma derecesini nitel ya da nicel şekilde değerlendiren bir kavram olarak tanımlanabildiği gibi, daha önceden amaçlanarak planlanmış bir etkinliğin sonucunda elde edilenleri, nicel ya da nitel olarak belirleyen bir oran şeklinde de yorumlanabilir [2].

Performans değerlendirme ise, önceden belirlenmiş standartlara göre ya da diğer benzer performanslar örnek olarak alınarak performansın ölçülmesi süreci olarak tanımlanmıştır [3].

Performans kavramının tanımlanması; performansa olan kurumsal bakış açısıyla, sistem ya da birey amaçları ile doğrudan ilgilidir. Bu bakış açıları

performansın tanımlarının çeşitli yaklaşımlara göre değişiklik göstermesine sebep olmuştur [4]. Bu yaklaşımlardan bazıları ve yaklaşımlara ilişkin performans tanımları Tablo 2.1’de verilmiştir.

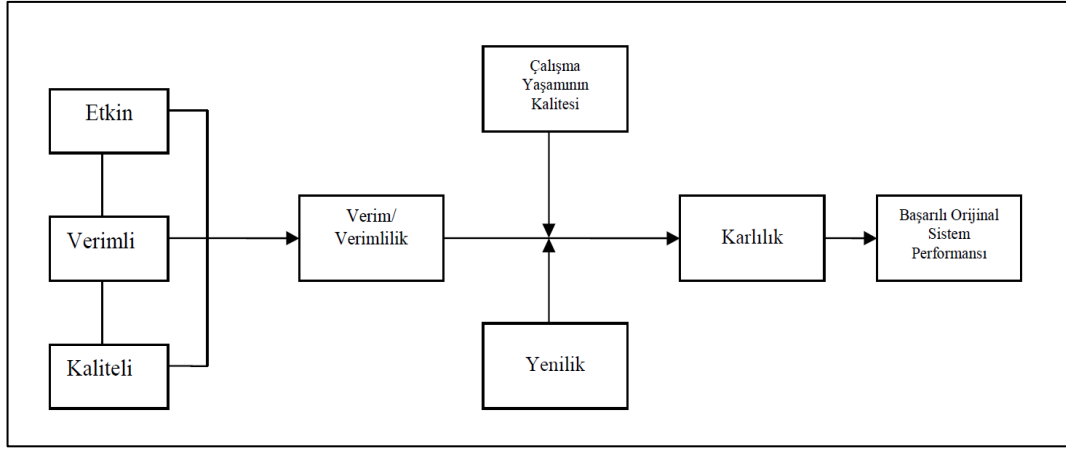
Tablo 2.1. Çeşitli Yaklaşımlara Göre Performans Tanımları [4]

Yaklaşım	Performans Tanımı
Amaç Yaklaşımı	Organizasyon belirttiği hedeflere ulaştığı derecede başarılıdır.
Sistem Kaynakları Yaklaşımı	Organizasyon gereken kaynakları elde ettiği sürece başarılıdır.
İç Süreç Yaklaşımı	Organizasyon iç bileşenleri ile uyumluluk gösterdiği sürece başarılıdır.
Yüksek Performanslı Sistemler Yaklaşımı	Organizasyon benzerlerine göreceli olarak üstün bir performans gösterdiğinde başarılıdır.
Hata Yaklaşımı	Organizasyon hata yapmadığı sürece başarılıdır.
Rasyonel Sistem Yaklaşımı	Organizasyon belirli bir zaman periyodunda gerçekleştirdiği üretim miktarı kadar başarılıdır.
Doğal Sistem Yaklaşımı	Organizasyon yaptığı üretim ve üretim hacmini koruduğu derecede başarılıdır.

Performans kavramının çeşitli tanımları göz önüne alındığında, bu kavramın hem hedeflere ulaşma düzeyini hem de hedefe ulaşma çalışmalarının etkinlik ve verimliliğini kapsadığı görülür. İstenilen hedeflere ulaşmada gerekli kaynakların verimli kullanımı, iş yapma biçiminin doğruluğu, yapılan işlemler sonucu elde edilen sonuçlarla hedefe ulaşma derecesi gibi hususlar performans kavramından ayrı düşünülemez. Bu bağlamda performansın 7 boyutu aşağıdaki gibi sıralanabilir [5]:

- Etkinlik (etkenlik)
- Verim
- Verimlilik
- Kalite
- Yenilik
- Kârlılık
- Çalışma yaşamının kalitesi.

Şekil 2.1 ile performans boyutları arasındaki ilişkiler görselleştirilmiştir.



Şekil 2.1. Performansın Boyutları ve İlişkileri [6]

2.2. Üretim Olanakları Kümesi

Üretim, çeşitli girdilerin kullanımı sonucu her türlü mal ve hizmetlerin ortaya çıkışı, diğer bir deyişle; fayda yaratma faaliyeti olarak tanımlanmaktadır [7].

Teknoloji, ekonomik anlamda girdiler ve girdilerle üretim miktarları arasındaki ilişkileri kapsamaktadır. Üretim teknolojisi ise; bir üretim sürecinde, girdilerin çıktılara dönüştürülme süreci olarak tanımlanabilir [2].

Üretim olanakları kümesi (ÜOK) belirli bir üretim teknolojisi tarafından mümkün kılınan, etkin ya da etkin olmayan tüm girdi-çıktı çiftlerini içeren kümedir ve T ile gösterilmektedir [8].

Üretim Fonksiyonu; ekonomi teorisinde üretim ile üretim faktörleri arasındaki ilişkiyi kuran matematiksel bir ifade olarak tanımlanmaktadır. Üretim Sınırı ise etkinlik ölçümünde üretim fonksiyonunun maksimum olma özelliğini vurgulamaktadır. Geleneksel etkinlik ölçümleri üretim sınırının bilindiği üzerine kurulmuştur. Çoğu zaman uygulamalarda üretim fonksiyonu bilinmemekte ve gözlemlerden yola çıkılarak tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Bu gözlemlerden her biri KVB olarak adlandırılmaktadır. Üretim sınırı üzerinde yer alan KVB'ler etkin olup diğer KVB'ler bu sınırdaki girdi-çıktı çiftlerini referans almaktadırlar. Dolayısıyla, etkinlik skorlarının doğru olarak ölçülmesinde uygun etkinlik sınırının belirlenmesi önemli bir rol oynamaktadır [3, 8, 6, 9].

Üretim olanakları kümesi farklı varsayımlar altında farklı üretim sınırlarına sahip olabilir. Aşağıda bu varsayımlara değinilecektir.

Bir üretim sürecinde,

n : incelenecek KVB sayısı ($j=1,2,3,\dots,n$)

m : kullanılan girdi faktörü sayısı

s : üretilen çıktı faktörü sayısı

(x, y) : ÜOK'ya ait bir girdi-çıkıtı vektörü

X : $m \times n$ boyutlu girdi matrisi

Y : $s \times n$ boyutlu çıkıtı matrisi iken

$T = \{(X, Y) | Y \geq 0, X \geq 0\}$ dan üretilebilir} olarak tanımlanmaktadır.

Varsayım 1. Sınır Koşulları Varsayımı

a) Pozitif bir çıktının elde edilebilmesi için üretim sürecinde pozitif bir girdi kullanılması gerekmektedir.

$(x, y) \in T$ ve $y \neq 0$ ise; $x \neq 0$ dır.

b) Sonlu miktarda girdi tüketilerek ancak ve ancak sonlu miktarda çıkıtı üretilebilecektir.

$(x, y) \in T$ iken $x < \infty$ ise $y < \infty$ şeklinde ifade edilebilir [2].

Varsayım 2. Etkinsizlik Varsayımı

a) Eğer $(x, y) \in T$ ve $x' \geq x$ ise $(x', y) \in T$ dir. Vurgulanmak istenen daha fazla girdi ile aynı çıktının üretilmesinin mümkün olduğudur.

b) Eğer $(x, y) \in T$ ve $y' \leq y$ ise $(x, y') \in T$ dir. Burada da aynı girdi miktarı ile daha az çıkıtı üretilebileceği vurgulanmıştır. Bu varsayım ekonomi literatüründe serbest atılabilir olarak tanımlanmaktadır [10].

Varsayım 3. Konveksite (Dışbükeylik) Varsayımı

Eğer $(x_k, y_k) \in T$, $\forall k \in \{1, \dots, p\}$ ve $\sum_{k=1}^p \lambda_k = 1, \lambda \geq 0 \Rightarrow$

$$T = \left\{ (x, y) \mid x = \sum_{k=1}^p \lambda_k x_k, \sum_{k=1}^p \lambda_k y_k \right\} \text{ 'dir.}$$

Bu varsayımda KVB'lerin girdi ve çıkıtı değerlerinin doğrusal kombinasyonlarının gözlenmemiş olsa dahi T kümesinin birer elmanı olabileceği anlatılmaktadır. Bu aksiyom dışbükey bir küme tanımlamaktadır [3].

Varsayım 4. Ölçeğe Göre Sabit Getiri

a) $(x, y) \in T$, $k \in (0, 1] \Rightarrow (kx, ky) \in T$. Girdi-çıktı oranı değiştirilmeden ölçek azaltılabilir.

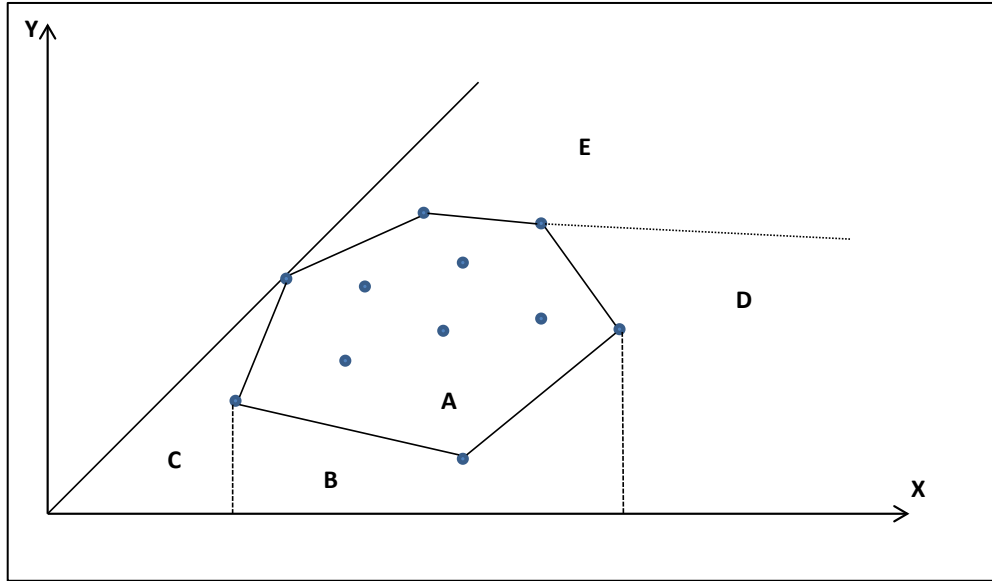
b) $(x, y) \in T$, $k \in [1, \infty) \Rightarrow (kx, ky) \in T$. Girdi-çıktı oranı değiştirilmeden ölçek büyütülebilir. Yani herhangi bir ölçekle elde edilen girdi-çıktı vektörü, daha büyük bir ölçekte de elde edilebilir. Aynı açıklama, söz konusu varsayımın a şıkkı için de tam tersi olarak geçerlidir.

Varsayım 5.

Gözlem kümesini oluşturan girdi ve çıktı vektörlerinin (KVB'lerin) ÜOK'yı doğru bir şekilde temsil etmelidir.

Varsayım 6. Minimum Ekstrapolasyon

T , yukarıdaki tüm varsayım (aksiyomların) sağlandığı en küçük kümedir.
[11, 6]



Şekil 2.2. Üretim Olanakları Kümesi

Şekil 2.2' de tek girdi ve tek çıktısı bulunan KVB'ler için yukarıda belirtilen tüm varsayımların kabul edildiği ve farklı varsayımları içeren farklı ÜOK'lar görsel olarak ifade edilmektedir. Bu durumda Şekil 2.2'deki kümelerin birleşimi ile T kümesi elde edilmektedir. $(A \cup B \cup C \cup D \cup E)$.

A, üretim olanakları kümesi aynı miktarda girdi kullanılarak daha az çıktı üretmenin mümkün olmayacağı varsayımından dolayı gerçekçi değildir. Bu

işlevsel eksikliği gidermek amacıyla Varsayım 2-b şıkkı eklenerek $A \cup B$ kümesi elde edilmiştir [2, 6].

$A \cup B$ kümesi yukarıda bahsedilen varsayımlardan Varsayım 1, Varsayım 2 b şıkkı, Varsayım 3, Varsayım 5 ve Varsayım 6'yı sağlamaktadır. Bu kümeye daha fazla girdi ile aynı miktarda çıktı üretebilmeye ilişkin varsayım olan “Varsayım 2-a” şıkkı eklenerek $A \cup B \cup C$ üretim olanakları kümesi elde edilecektir. Bu kümeye ise girdi-çıkıtı oranının değiştirilmeden ölçeğin büyütülüp küçültülebilmesine ilişkin varsayım olan “Varsayım 4” eklendiği takdirde ise ölçeğe göre sabit getiri durumundaki ÜOK'yı tanımlar [2]. ($T = A \cup B \cup C \cup D \cup E$).

2.3. Verim ve Verimlilik

Verimlilik, belirli bir üretim veya hizmet sürecinin bir döneminde üretilmiş olan çıktılarla, bu üretimin yapılabilmesi için tüketilen işgücü, hammadde, sermaye vb. gibi üretim kaynaklarının birbirine oranlanmasıyla elde edilen bir göstergedir. Ayrıca, verimlilik, bir ülkenin kalkınmışlık seviyesinin en önemli ölçütlerinden biridir. *Üretkenlik* ya da *Prodüktivite* olarak da adlandırılan verimlilik kısaca çıktının girdiye oranı olarak da tanımlanabilmektedir [6, 11, 12].

Ekonomik anlamda verimlilik; üretim sürecinde, eldeki girdi ile en çok mümkün olan en çok çıktının üretilmesi anlamına gelmektedir. Mühendislik biliminde ise gerçekleşen çıktının istenen çıktı ile karşılaştırılması anlamına gelmektedir [13, 14].

Tek girdi tek çıktı durumundaki üretim süreçlerinde verimlilik eşitlik ile tanımlanmaktadır.

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

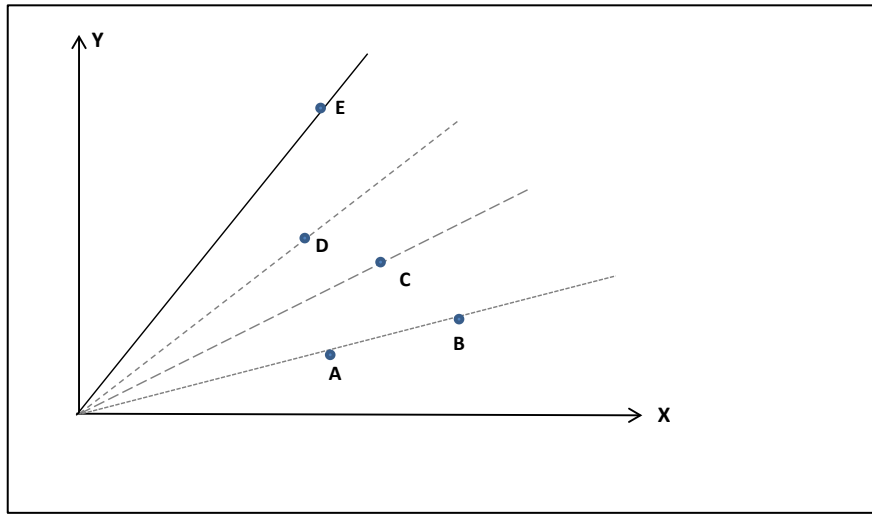
Birden fazla girdi ve çıktı olduğu durumlarda bu çıktıların tek bir çıktı ve tek bir girdi altında birleştirilip oranlanması gerekmektedir. Bu durumdaki verimlilik formülasyonu eşitlik (2.2) ile tanımlanmaktadır.

$$verimlilik = \frac{Çıktıların Ağırlıklı Toplamı}{Girdilerin Ağırlıklı Toplamı} \quad (2.2)$$

Verimlilik artışına beş durumda rastlanmaktadır:

- Daha az girdi ile aynı miktarda çıktının elde edilebilmesi,
- Aynı seviyedeki girdi ile daha çok miktarda çıktı üretilmesi,
- Daha az girdi ile daha çok miktarda çıktı elde edilmesi,
- Girdi miktarındaki artışa kıyasla çıktı miktarındaki artışın daha büyük olması,
- Çıktı miktarındaki azalmanın girdi miktarındaki azalmaya oranla daha az gerçekleşmesi

Verimlilik kavramı Şekil 2.3' te görsel olarak açıklanmaya çalışılacaktır.



Şekil 2.3. Verimlilik

Şekil 2.3 de her bir nokta bir KVB'yi temsil etmektedir. Çeşitli doğrular üzerinde bulunan KVB'lerin doğruların eğimi arttıkça verimliliği de artmaktadır. Bu sonuca göre E noktasındaki KVB diğer KVB'lere göre daha verimli bir üretim yapmaktadır. En yüksek verimliliğe sahip olan bu noktanın ölçüğü Banker tarafından *En Verimli Ölçek Büyüklüğü* olarak tanımlanmıştır [9].

Verim; işletmenin mevcut kaynak potansiyeli ile bu potansiyelin ürün ya da hizmet üretimi için kullanılan bölümü arasındaki ilişkiyi gösteren, işletmenin araçlarını esas alan bir kavram olarak tanımlanabilir. Verim formülasyonu aşağıda (2.3) nolu eşitlikle verilmiştir [2].

$$\text{Verim oranı} = \frac{\text{Tüketilmesi Beklenen Kaynaklar}}{\text{Tüketilen Kaynaklar}} * 100 \quad (2.3)$$

Yapılan tanımlardan yola çıkarak verim ile verimlilik kavramlarının farklılıkları şu şekilde ifade edilebilir: Verim, işletmenin sahip olduğu kaynaklarla

bu kaynakların tüketilen kısmı arasındaki ilişkiyi ele alırken; verimlilik sahip olunan kaynakların ürün ya da hizmetlere dönüştürülebilme gücünü incelemektedir [2].

2.4. Etkinlik ve Etkililik

Etkililik, çıktılar ya da amaçlarla ilgili bir kavramdır. Ulaşılabilecek bir hedefin ne kadarının başarıldığını ölçer. Üretim ile amaçlanan hedefe ulaşılmış mıdır? Üretilen mal ve hizmetler faydalı çıktılar mıdır? Bu soruların cevabı birer etkililik göstergesidir. Etkililik, gerçekleşen çıktının planlanan çıktıya oranı olarak formüle edilebilir [15].

$$etkililik = \frac{\text{Gerçekleşen Çıktı}}{\text{Planlanan Çıktı}} \quad (2.4)$$

Etkililik, etkinlik gibi kaynak ve kaynakların nasıl kullanıldığı ile ilgilenmez. Etkinlik girdi unsurlarının kullanım durumunun belli teknikler ile saptanmış standartlarla kıyaslanarak hesaplanan bir gösterge olarak kabul edilebilir [14]. Eşitlik (2.5) te etkinlik formülasyonu verilecektir.

$$etkinlik = \frac{\text{Standart Değer}}{\text{Fiili Değer}} \quad (2.5)$$

Etkinlik, verimlilik ve etkililik gibi kavramlar çoğunlukla karıştırılmakta ve birbirleri yerine kullanılmaktadır. Hem etkinlik hem de verimlilik performansın önemli birer boyutudur, vazgeçilemez birer ögesidir. Budak [1], bu kavramlar arasındaki ufak nüansları çok iyi bir şekilde açıklamıştır. Etkinlik, verimlilik gibi tek bir KVB'ye ait olan girdi-çıktı oranı olmayıp bu hesaplamada bir referans noktasına ihtiyaç duyan, aynı tarz girdi ve çıktılara sahip KVB'lerin diğer KVB'lere göre nasıl bir performans izlediğini gösteren, görelî bir kavramdır.

Etkinlik ve etkililik arasındaki fark ise daha net bir şekilde Tablo 2.2'de açıklanmıştır.

Tablo 2.2. Etkinlik ve Etkinlik Düzeyleri [14]

		Etkinlik Kaynak Kullanımı	
		Kötü	İyi
Etklilik (Hedeflere Ulaşım)	Yüksek	<ul style="list-style-type: none">• Etkili ancak etkin değil.• Bazı kaynaklardan yararlanılmıyor.	<ul style="list-style-type: none">• Hem etkin hem etkili hedeflere ulaşıyor.• Kaynaklar iyi kullanılıyor.• Performans yüksek.
	Düşük	<ul style="list-style-type: none">• Ne etkili, ne etkin.• Hedeflere ulaşamıyor.• Kaynaklar boşa gidiyor.	<ul style="list-style-type: none">• Etkin ancak etkili değil.• Kaynak kullanımı iyi, fakat hedeflere ulaşmada bir sıkıntı söz konusu.

Tablo 2.2’de de görüldüğü gibi bir KVB’nin etkin ve etkili olması ile olması ile ilgili dört durum söz konusudur.

Etkinliğin matematiksel tanımı ise şu şekilde yapılabilir. Üretim olanakları kümesi T ’de yer alan herhangi (x', y') girdi-çıkıtı birleşimleri, diğer girdi-çıkıtı birleşimleri olan $(x, y) \in T$ ’ye bir üstünlük sağlayamıyorsa (x, y) etkindir denir.

T , üretim olanakları kümesinin etkin alt kümesi olan T^E ;

$T^E = \{(x, y) \in T | (x, y) T \text{ kümesinde etkindir}\}$.

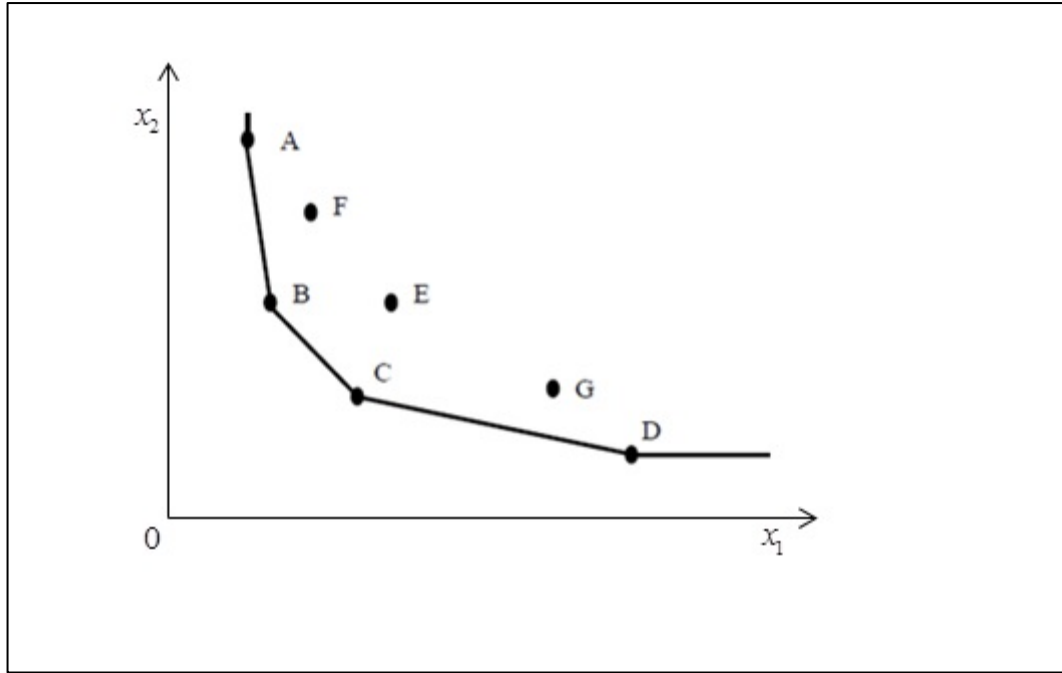
Yukarıda verilen küme tanımından da anlaşılacağı gibi T kümesinin etkin alt kümesi olan T^E kümesinde yer alan girdi-çıkıtı kombinasyonları en iyi girdi-çıkıtı kombinasyonları olup, geliştirilememektedirler [16].

Etkinlik, birden fazla türü olan bir kavramdır. KVBlerin etkinsizliklerinin neden kaynaklandığını belirlemek amacıyla etkinlik türlerinin bilinmesi gereklidir. Ayrıca, KVB’lerin etkin ya da etkinsiz olduğunun belirlenebilmesi etkinlik sınırını sayesinde gerçekleşmektedir. İzleyen altbölümlerde etkinlik türleri ve etkinlik sınırı kavramı ele alınacaktır.

2.4.1. Etkinlik sınırı

Teknik etkinlik kavramının açıklanmasından önce *Etkinlik Sınırı* kavramını açıklamak daha doğru olacaktır. Etkinlik sınırı, karar biriminin belirli bir çıkıtı

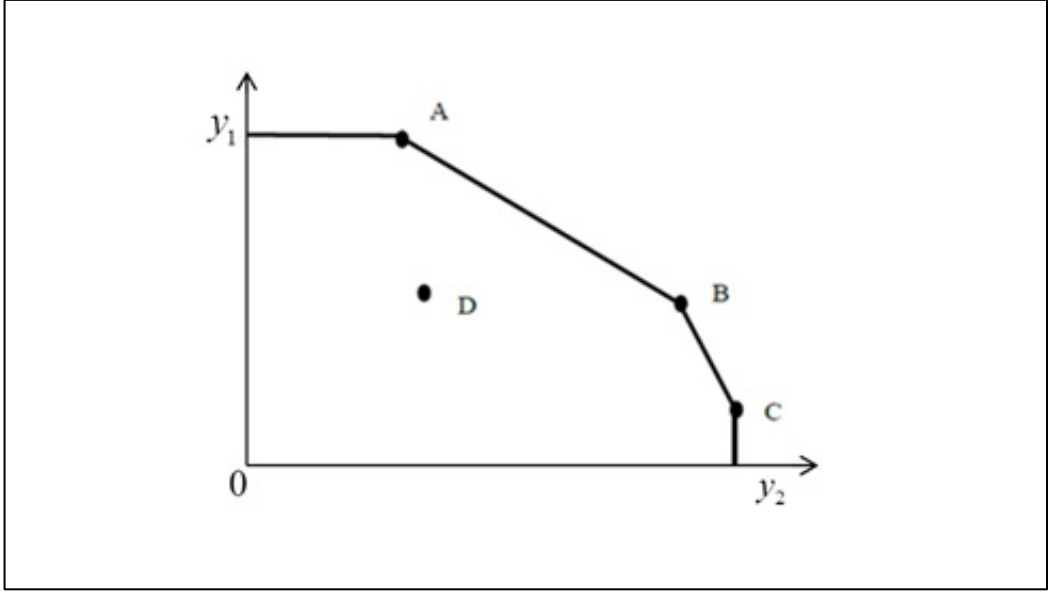
miktarını, girdi faktörlerinden ne miktarda kullanarak üretebileceğini göstermektedir. Girdi faktörleri, tek bir çıktı faktörünün üretiminde farklı oranlarda kullanılabilirse, birbirleri yerine ikame edilebiliyorsa, üretim fonksiyonu $y = f(x_1, x_2)$ şeklinde yazılabilmektedir. Verilen ifadede, y sabit çıktı miktarını x_1 ve x_2 ise iki girdi faktörünün y çıktı miktarını verebilecek karışımlarını göstermektedir. Sabit üretim düzeyini sağlayan çeşitli faktör bileşimlerinin geometrik yeri etkin sınır olarak tanımlanmaktadır [6].



Şekil 2.4. Girdiye yönelik etkinlik sınırı [6]

Şekil 2.4'deki etkinlik sınırı ÜOK'da yer alan KVB'leri etkin ve etkin olmayan KVB'ler olmak üzere iki ayrı gruba ayırmıştır. Etkinlik sınırı üzerinde bulunan A, B, C, D gözlemleri etkin; sınırın dışında yer alan E, F, G gözlemleri ise etkin değildirler. Etkin olmayan gözlemler için çıktı miktarları sabit tutularak girdi miktarlarında bir azalma söz konusu olduğunda etkinlik sınırına yaklaşma sağlanabilir. Benzer bir süreç tek girdi iki çıktı durumunda da çıktıya yönelik olarak düşünülebilir. Bu durumda da girdi miktarları sabit tutulup çıktı miktarlarının artırılması amaçlanarak etkinlik sınırına yaklaşmak söz konusu olacaktır [6].

Çıktıya yönelik etkinlik sınırı Şekil 2.5' te verilmiştir.



Şekil 2.5. Çıktıya yönelik etkinlik sınırı [6]

Şekil 2.5' teki etkinlik sınırı da gözlemleri etkin (A, B, C) ve etkin olmayan (D) gözlemler olarak iki gruba ayırmaktadır.

2.4.2. Teknik etkinlik

Basit tanımı ile teknik etkinlik üreticinin ÜOK sınırında yer aldığı durumun adı olarak tanımlanabilir [17].

Bir üretim sürecinde yer alan bir KVB'nin çıktılarından bir kısmını girdilerini sabit tutarak arttırmak mümkün değilse, bu KVB üretim sürecinde israfa bulunmamaktadır ve teknik etkin olarak tanımlanmaktadır [18].

Yani daha önce tanımlamış olduğumuz T^E elemanı için, çıktılarından bir kısmını girdileri tutarak arttırmak mümkün değilse, bu eleman savurgan değildir denir. Dolayısıyla T^E teknik etkin bir gözlem olarak adlandırılır [2].

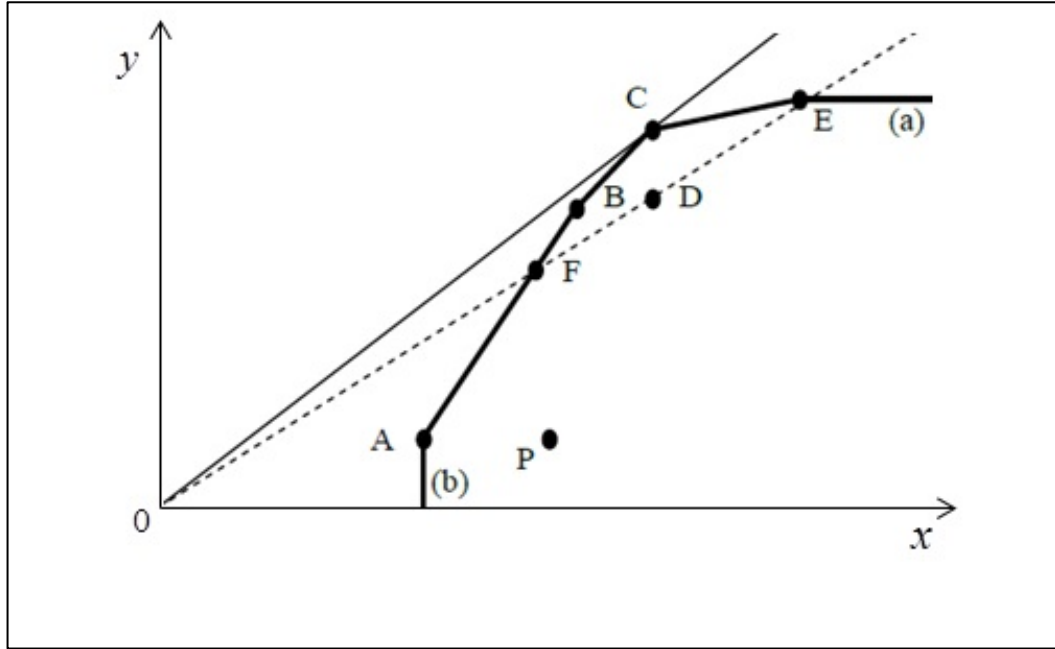
Eğer Üretim sınırı (etkinlik sınırı) $F(X,Y)=0$ formunda ifade edilirse; $F(X,Y) < 0$ teknik açıdan etkin olmayan üretim karışımlarını, $F(X,Y) > 0$ ise T kümesi kümesi kullanılarak üretilmesi mümkün olmayan KVB'leri içerecektir [19].

Teknik etkinlik girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere ikiye ayrılabilir [2].

Girdiye Yönelik Teknik Etkinlik: Üretim biriminin mevcut çıktı düzeyini en az kaynak ile elde etmedeki başarısı, girdiye yönelik etkinlik olarak tanımlanmaktadır.

Çıktıya Yönelik Teknik Etkinlik: Üretim biriminin, sahip olduğu kaynakları en uygun biçimde kullanarak maksimum çıktıyı üretmesindeki başarıyı çıktıya yönelik etkinlik olarak tanımlanmaktadır.

Bir KVB'nin hem çıktıya hem de girdiye yönelik teknik etkin olup, aynı anda iki teknik etkinlik türüne de sahip olmadığı ya da bir teknik etkinlik türünü sağlarken diğerinin sağlanmadığı durumlar da söz konusu olabilir. Bir KVB'nin teknik etkin olarak nitelendirilmesi için hem girdiye yönelik hem de çıktıya yönelik teknik etkinliği incelenmelidir [2].



Şekil 2.6. Teknik Etkinlik ve Ölçek Etkinliği [6]

Şekil 2.6' daki ÜOK incelendiğinde:

- A, B, C, E, F gözlemlerinin etkinlik sınırında olduğu; yani teknik etkin olduğu ve bu gözlemlerden C gözleminin diğerlerine göre daha verimli olduğu,
- P ve D gözlemlerinin ise teknik etkisiz olduğu,
- A gözleminin teknik etkin olmasına karşın verimliliğinin D gözlemine göre daha az olduğu görülmektedir.

2.4.3. Ölçek etkinliği

Üreticinin uygun ölçekte üretim yapmadaki başarısı ölçek etkinliği olarak tanımlanmaktadır [20]. Üretim sürecinde girdi düzeylerindeki değişikliklerden dolayı oluşan çıktı düzeylerindeki değişiklikler ise ölçeğe göre getiri olarak adlandırılmaktadır [21].

Ölçeğe göre getiri; uzun dönemde ölçek değıştikçe girdi ve çıktılar arasında ilişkiyi tanımlar. *Azalan Verimler Yasası* ise diğer üretim faktörleri sabitken ilgilenilen üretim faktöründeki birim olarak artışın çıktılarda önce artışa, daha sonra belirli bir noktada artışın sabitlenmesi ve en son noktada ise çıktılarının azalmaya geçişini ele almaktadır. Yani kısa dönemdeki değışimi ele almaktadır. Ölçeğe göre getiri ile azalan verimler yasası arasındaki fark sadece tüm üretim faktörlerinin çıktı üzerindeki etkisinin incelenmesi yerine, belirli üretim faktörlerinin sabit tutulup, sadece tek bir üretim faktöründeki artışın çıktı üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Ayrıca bu artış aynı miktarda devam eden bir artıştır.

Üretim faktörleri uzun dönemde sabit kalmadığından girdi miktarının artışına bağlı olarak üç durum karşımıza çıkmaktadır [22].

- a) **Ölçeğe Göre Sabit Getiri:** Tüm girdi bileşenlerindeki aynı orandaki artış çıktılarda aynı oranda bir artışa sebep oluyorsa ölçeğe göre sabit getiri (Constant Returns to Scale) (CRS),
- b) **Ölçeğe Göre Azalan Getiri:** Tüm girdi bileşenlerindeki aynı orandaki artış çıktılarda daha az oranda bir artışa sebep oluyorsa ölçeğe göre azalan getiri (Decreasing Returns to Scale) (DRS),
- c) **Ölçeğe Göre Artan Getiri:** Tüm girdi bileşenlerindeki aynı orandaki artış çıktılarda daha fazla oranda bir artışa sebep oluyorsa ölçeğe göre azalan getiri (Increasing Returns to Scale) (IRS) söz konusudur.

Ölçeğe göre artan ve azalan getiri, “Ölçeğe Göre Değişken Getiri” (VRS) başlığı altında incelenmektedir. Genellikle ölçek değıştikçe firma önce artan getiri, daha sonra sabit getiri ve en sonunda da azalan getiri aşamasına ulaşmaktadır. Fakat değışen üretim teknolojisi yerine ölçek çeşidi olmuştur [2].

Şekil 2.6 incelendiğinde, C ve D gözlemlerinin ölçek etkin oldukları, fakat bu iki gözlemden ancak C'nin teknik etkinliğe sahip olduğunu söyleyebiliriz. C gözlemi verimliliği en yüksek olduğundan dolayı en verimli ölçek büyüklüğüne (Most Productive Scale Size) sahiptir. Tüm gözlemler bu açıdan C gözlemine yaklaşıma çalışacaktır. A, B, E ve F gözlemlerinin (KVB'lerinin) teknik etkinliğe sahip olmalarına karşın ölçek etkinliğine sahip olmadıkları, P gözleminin ne teknik etkinliğe ne de ölçek etkinliğine sahip olduğu söylenebilir. F gözleminin teknik etkinliğini koruyarak ölçeğini büyüttüğü takdirde ölçek etkinliğine de sahip olacağı; aynı şekilde E gözlemi de teknik etkinliğini koruyarak ölçek büyüklüğünü azalttığı takdirde ölçek etkinliğine sahip olabilecektir. İlk durum IRS durumu olarak ifade edilmekte, ikinci durum ise DRS olarak ifade edilmektedir.

2.4.4. Toplam etkinlik

Teknik etkinlik ve ölçek etkinliği birlikte toplam etkinliği oluşturmaktadırlar. Diğer bir deyişle bir KVB'nin toplam etkin olarak nitelendirilebilmesi için hem ölçek etkin hem de teknik etkin olması gerekmektedir [2].

Toplam etkinlik şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\text{Toplam Etkinlik} = \text{Teknik Etkinlik} * \text{Ölçek etkinliği} \quad (2.6)$$

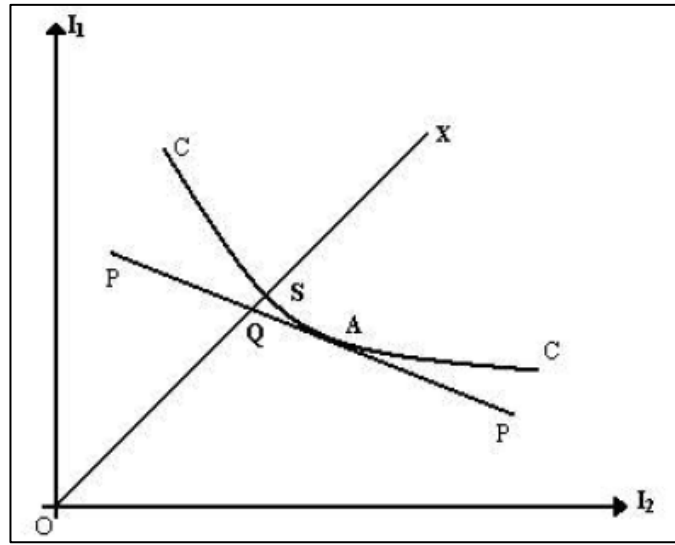
Eğer bir KVB toplam etkin değil ise bu ya teknik etkinsizlikten ya da ölçek olarak etkinsiz olmasından kaynaklanmaktadır. Buna sebep olan faktörlerin saptanıp gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir [2].

2.4.5. Fiyat (Tahsis) etkinliği

Birden fazla girdi kullanan bir ekonomik birimin (kâr amaçlı KVB'lerin) girdi fiyatlarından hareketle minimum maliyetli üretim yapabilme amacı ile en uygun girdi bileşimini seçmedeki başarısına fiyat ya da tahsis etkinliği adı verilmektedir. Bir üretim sürecinde sadece girdi-çıktı miktarları değil ürün alabilmek için harcanan hammadde, işgücü sermaye vb. maliyetlerin fiyatları da önem taşımaktadır. Üretim sürecinde girdi fiyatlarının bilindiği ya da önem

taşıdığı durumlarda ölçek ve teknik etkinliklerinin yanı sıra fiyat (tahsis) etkinliğinin de incelenmesi gerekmektedir [6].

Eş ürün eğrisi (CC) ve eş maliyet doğrusu (PP) yardımıyla fiyat etkinliği açıklanabilmektedir. Eş ürün eğrisi, belirli bir çıktı düzeyini üretebilmek için gerekli tüm olası girdi bileşimini gösteren noktaların geometrik yeridir. Eş maliyet doğrusu ise, girdi fiyatları ile ilgilidir. İşletmenin kısıtlı bütçesi ile girdilerden ne miktarda satın alabileceğini göstermektedir. Eş maliyet doğrusu üzerindeki her nokta, mevcut bütçe ile alınabilecek girdi bileşimlerini temsil etmektedir [1].



Şekil 2.7. Eş Ürün Eğrisi ve Eş Maliyet Doğrusu [8]

Şekil 2.7' de bir çıktı üretmek için I_1 ve I_2 girdilerini tüketen bir KVB'nin fiyat etkinliği incelenecektir. Eş ürün eğrisi ve eş maliyet doğrusunun kesişiminde bulunan A noktası, optimum girdi bileşimini sağlamakta; yani fiyat etkinliğine sahiptir. A noktasında bulunan bir işletmenin tahsis etkinliği 1'dir. X noktası ise eş ürün eğrisi ve eş maliyet doğrusunun dışında bulunmaktadır. X noktasının fiyat etkinliği eşitlik (2.7) yardımıyla hesaplanabilir [1];

$$Fiyat Etkinliği = \frac{OQ}{OS} \quad (2.7)$$

2.4.6. Ekonomik etkinlik

Ekonomik etkinlik fiyat etkinliği ve toplam etkinliğini de içeren bir kavramdır. Ekonomik etkinlik eşitlik (2.8) deki gibi ifade edilmektedir [6];

$$\text{Ekonomik Etkinlik} = \text{Fiyat Etkinliği} * \text{Toplam Etkinlik} \quad (2.8)$$

Ekonomik olarak etkin olmayan bir KVB'nin etkinsizliği teknik etkinsizlik ya da fiyat etkinsizliğinden kaynaklanmaktadır. Bu etkinsizlik girdiye ya da çıktıya bağlı olarak iki farklı şekilde gerekleŒebilir [2].

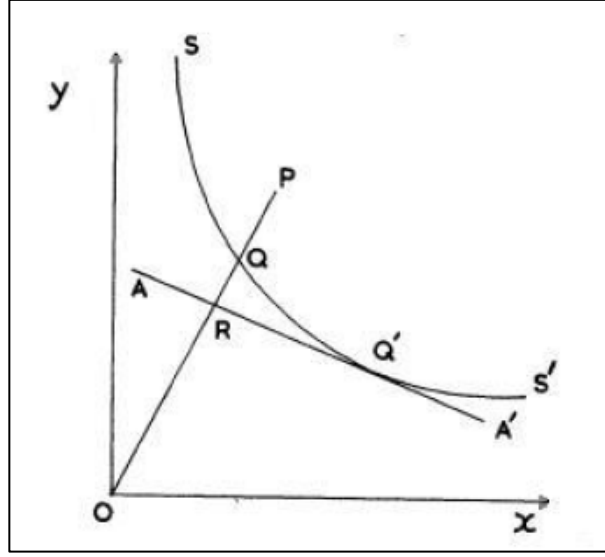
İlgili KVB çıktılarını elde ederken gerektiğinden fazla girdi kullanarak teknik etkinsizliğe sahip olmakta, ya da yanlıŒ girdi fiyat birleŒimini kullanarak fiyat etkinliğini sağlayamadığından ekonomik etkin olamamaktadır. ıktı odaklı dūŒünülecek olursa bir KVB'nin ekonomik etkinsizliğinin kaynağı; eldeki kaynaklarla ve teknoloji ile mümkün ıktıdan daha az üretim yapmakta ya da yanlıŒ çıktı birleŒiminin üretilmesi ile fiyat etkinsizliği sergilemesidir [2].

2.4.7. Farrell'in etkinlik yaklaŒımı

Etkinlik literatüründe; etkinliğin üretim fonksiyonunun sınır yaklaŒımı ile llmesi M. J. Farrell'in alıŒmaları öncülük etmiŒ ve bugün yeni birçok tekniğin kullanılmasını mümkün hale getirmiŒtir [1].

Farrell, bir iŒletmenin etkinliğinin ölümünün iki ltten oluŒtuđunu ileri srmŒtir. Bunlardan birincisi, verilen girdi kümesinden maksimum çıktı elde etme baŒarısı olan teknik etkinlik, ikincisi ise verilen girdi-çıktı fiyatları göz önünde bulundurularak üretim maliyetini minimum yapan en uygun girdi bileŒiminin seçilmesindeki baŒarı olan fiyat etkinliğidir. Bu iki ltn birleŒimi toplam etkinliğin ölümünü sağlamaktadır [15].

Œekil 2.8 yardımı ile Farrell'in yapmıŒ olduğu etkinlik tanımları açıklanmaya alıŒılacaktır. Œekil 2.8' de iki girdi kullanılarak, tek bir ürün elde edilen endüstri dalına ait üretim fonksiyonunun eŒ ürün eğrisi SS' ; girdi fiyatlarına bağlı olarak belirlenen eŒ masraf doğrusu da AA' ile gösterilmektedir. Farklı miktarda girdi kullanarak farklı miktarda çıktı üreten  firma belirlenmiŒ ; Q , Q' ve P firmaları olarak gsterilmiŒtir.



Şekil 2.8. Farrell'in Etkinlik Gösterimi [23]

SS' eş ürün eğrisi üzerinde bulunan Q ve Q' firmaları teknik etkindirler.

Q firması P firmasına kıyasla daha etkindir. Bunun nedeni ise aynı çıktıyı $\frac{OQ}{OP}$ kadar az kullanarak üretmektedir. Q' firması eş maliyet doğrusu ve eş ürün eğrisi üzerinde bulunduğu için hem tahsis etkinliğine hem de teknik etkinliğe sahiptir.

Farrell, toplam etkinliği aşağıdaki şekilde tanımlamıştır [23].

$$\text{Toplam Etkinlik} = \text{Fiyat Etkinliği} * \text{Teknik Etkinlik} \quad (2.9)$$

Q firmasının toplam etkinliği bu tanımdan yola çıkarak fiyat etkinliğine eşittir.

$$P \text{ 'nin toplam etkinliği ise } \frac{OR}{OQ} * \frac{OQ}{OP} = \frac{OR}{OP} \text{ dir.}$$

Farrell'in önerdiği etkinlik ölçümünün en önemli avantajı teknik etkinlik ile fiyat etkinliği arasındaki farkın belirlenebilmesidir. Yöntemde daha sonra firmaların bulunduğu endüstrideki ölçek büyüklüğü de dikkate alınarak Farrell yöntemi daha genel bir yapıya ulaştırılmaktadır [2].

2.5. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri

Etkinlik ölçümleri sayesinde işletmelerin buldukları sektör içinde durumlarını görmeleri ve bu ölçümlerden yola çıkarak geleceğe yönelik kararlar almaları mümkün olmuştur. Etkinlik ölçüm yöntemleri temel olarak üç ana

başlıkta toplanmıştır: Oran Analizleri, Parametrik Yöntemler, Parametrik Olmayan Yöntemler [8]. İzleyen altbölümlerde bu yöntemlere değinilecektir.

Parametrik Olmayan Yöntemler ve Parametrik Yöntemler bir arada sınır yaklaşımı (frontier approach) şeklinde tek bir grup altında incelenebilirler. Ayrıca bu iki yöntem; ekonomik etkinlik farklılıklarının ve rassal hataların olsalık dağılımları hakkındaki birçok varsayıma dayalı olup, örnek KVB'ler sayesinde bir endüstrideki maliyet, kâr ve ile etkin firmaların üretim sınırlarının tahmin edilmesinde kullanılmaktadır [2].

Bu yöntemler; kullandıkları girdi-çıkıtı sayılarına, üretim fonksiyonlarının analitik bir yapıya sahip olup olmamalarına, kullanılan tekniklere, etkinlik ölçümlerinin boyutları vb. gibi özelliklere göre farklılık göstermektedirler.

2.5.1. Oran analizleri

Etkinlik ölçüm yöntemlerinden en basiti olan Oran Analizlerine uygulamada tek girdi ve tek çıkıtıya sahip olan KVB'lerin performanslarının karşılaştırılması durumunda rastlanmaktadır. Tek bir çıkıtının bir girdiye oranlamasına dayalı bir teknik olan Oran Analizleri; çok az bilgi gerektirmesi ve oldukça kolay bir yöntem olmasından dolayı işletmelerce yaygın olarak kullanılmaktadır [3]. Finans ve çeşitli alanlarda kullanılan oranlardan bazıları: yatırımlardan geri dönüş, likidite, kârlılık, işsizlik, verimlilik ve enflasyon oranlarıdır. Sadece bir KVB'ye ilişkin oran, tek başına bir anlam ifade etmemektedir. Oranlar [2] ;

- Genel kabul görmüş oranlar ile,
- Aynı endüstri dalındaki benzer oranlarla,
- İşletmelerin geçmişe yönelik aynı oranları ile,
- İşletmelerin aynı dönem içindeki birbiriyle ilgili diğer oranları ile karşılaştırıldığı takdirde anlam kazanıp, yorumlanabilir hale gelebilir.

Analizin zayıf noktaları;

- Tüm girdiler ve çıkıtlara ilişkin oranlar hesaplanmış olsa dahi, bazı oranlar işletmenin başarılı olduğuna işaret ederken diğerleri işletmenin başarısız bir performans gösterdiğine işaret edebilir.

- Her oran etkinlikle ilgili sadece bir boyutu el alırken etkinliğin diğer boyutlarını göz ardı edebilir.
- Oranlar girdi ve çıktı değerlerinin birbirlerine bölünmesi ile elde edilen göreceliliğe sahiplerdir, en iyiye göre göreceli değillerdir.
- Anlamlı bir hal alabilmeleri için mutlaka karşılaştırılmaya tabi tutulmalıdırlar.

Etkinlik analizinde esas olan; farklı oranların (etkinliğin tüm boyutlarının) anlamlı bir şekilde ağırlıklandırılarak, tek bir ölçütün oluşturulmasıdır. Basit oran analizi çok girdili ve çok çıktılı üretim süreçlerinin verimliliklerinin ölçümünde yetersiz kalmaktadır. Bu sorunun çözümü için *Toplam Faktör Verimliliği* önerilmiştir. Toplam Faktör Verimliliğinde (TFP) girdiler ve çıktılar ağırlıklandırılarak sanal girdi ve çıktılara dönüştürülmüş, tek bir çatı altında toplanmıştır. Daha sonra ağırlıklandırılmış çıktılar ağırlıklandırılmış girdilere oranlanması ile elde edilen değerlerin yorumlanması ile verimlilik düzeyi belirlenebilir. Bu yaklaşım en zayıf özelliği ise girdi ve çıktı ağırlıklarına ilişkin ağırlık katsayılarının bilinmemesidir [2, 3, 6].

2.5.2. Parametrik yöntemler

Parametrik yöntemler etkinliği ölçülecek sektöre ilişkin bir üretim fonksiyonunun varlığını kabul eder ve bu fonksiyonun analitik bir yapıda olduğu varsayımına dayanır. Yöntemin esas amacı eldeki gözlemler ile kurulması planlanan üretim fonksiyonunun parametrelerini tahminlemektir. Cobb- Douglas tipi üretim fonksiyonunun parametrelerinin tahminlemesi bu yöntemle örnek olarak gösterilebilir [8].

Parametrik yöntemler etkinlik analizinde regresyon analizi kullanırlar. Birden çok girdi (bağımsız değişkenler) ile bir çıktı değeri (bağımlı değişken) arasındaki ilişkinin nedensel yapısını belirlemek regresyon analizi yardımı ile mümkündür. Fakat ilişkinin kuramsal olarak varlığı ve ilişkinin fonksiyonel yapısının bilinmesi dâhilinde regresyon analizi kullanılabilir [9].

Parametreler tahmin edildikten sonra eldeki veri setine ait regresyon doğrusu oluşturulur. Bu doğru, ortalama performansları içerir ve etkinlik sınırı olarak görev alır. Bu doğru üzerinde kalan KVB'ler etkin, diğerleri etkisiz olarak

adlandırılır. Eldeki veri setine göre etkinlik sınırında hiçbir gözleme rastlamamak da mümkündür. Bu ölçümlerdeki etkin olmayan gözlemlerin veya rassal hatanın dağılımının da araştırılması gerekmektedir. Bir gözlem ancak ve ancak hatanın sifıra eşit olduğu durumda etkin kabul edilmektedir [1, 2].

Çıktıların ise tek bir birime indirgenmesi zorunluluğu analizin diğer bir dezavantajıdır. Regresyon analizinde etkinlik en iyi performans yerine ortalama bir performansa göre yapılmaktadır. Dolayısıyla verimsizlik belirlenememekte, bu duruma ilişkin iyileştirmeler önerilememektedir. Ayrıca, yapısal üretim fonksiyonunun kurulamadığı sektörlerde regresyon analizi uygulanamamaktadır. Bir gözlem etkinsiz olması ya da rassal hata içermesi durumu da ayırt edilememektedir Parametrik yöntemler bu iki hata unsurunun dağılımlarına bağlı olarak çeşitlilik kazanmışlardır. Parametrik yöntemlere Stokastik Sınır Yaklaşımı (SFA), Kalın Sınır Yaklaşımı (TFA) ve Dağılımsız Yaklaşım (DFA) örnek verilebilir [3, 9].

2.5.3. Parametrik olmayan yöntemler

Bu yöntemler parametrik yöntemlerden farklı olarak üretim fonksiyonlarına ilişkin varsayımlara dayanmamaktadır. Bu özelliğinden dolayı parametrik olmayan yöntemler parametrik yöntemlere kıyasla uygulama açısından daha esneklerdir. Parametrik yöntemlerde olduğu gibi etkin bir sınır belirlenmesi ve bu sınıra olan uzaklıklar yardımı ile etkinsizliğin tespiti amaçlanmıştır. Burada oluşturulan etkinlik sınırı, tamamen etkinliği ölçülmesi planlanan gözlemler tarafından oluşturulmaktadır. Genellikle YA'nın önemli bir kolu olan doğrusal programlama (DP) tabanlı tekniklere dayanırlar [2].

Birbirinden bağımsız birden fazla girdi ve birden fazla çıktının üretim ortamlarında etkinlik ölçümü için uygun bir teknik olduğundan dolayı etkinliği ölçülmek istenen KVB'lerin farklı boyutlarının aynı anda ölçülmesine olanak sağlamaktadır [8].

Parametresiz yöntemler parametrelili yöntemlerde olduğu gibi rassal hatayı içermemektedirler. Bu özellik parametresiz yöntemlerin en zayıf yanlarından birini oluşturmaktadır. Yöntem uç gözlemlerden etkilenmekte ve rassal hatayı

içermediğinden dolayı ölçüm hatası vb. hataları içermektedir. Bu dezavantajlar etkinlik sınırının yanlış çizilmesine yol açmaktadır [2].

Etkinlik sınırının dışında yer alan KVB'lerin etkinlikleri konusunda parametrik olmayan yöntemler bir yorumda bulunamazlar. Ancak etkin olmayan KVBlere ilişkin referans kümelerinin belirlenmesi ve bu referans kümelerinden yola çıkılarak iyileştirmeler önermesi parametrik olmayan yöntemlerin en önemli avantajlarından biridir. Fakat çok fazla KVB'nin ve girdi-çıkıtının bulunduğu durumlarda etkinlik ölçümünün yapılması avantajı dezavantaja dönüştürebilmektedir. Çünkü tek tek KVB'lerin referans kümelerinin bulunması, girdi ve çıkıtlar yönelik iyileştirmelerin belirlenmesi ve yorumlanması zaman alacaktır. Uygulamalarda en çok kullanılan parametrik olmayan yöntem VZA'dır. Bölüm 3'te VZA tarihi, uygulama alanları ve modelleri detaylı bir biçimde ele alınacaktır [2].

2.5.4. Etkinlik ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması

Yukarıda bahsedilen her etkinlik ölçüm yönteminin kullanıldığı durum, kullanım kolaylığı, avantajları ve dezavantajları olduğu görülmektedir. Besen [24], aşağıdaki tabloda bu özellikleri yöntemlerin farklılıklarının daha kolay anlaşılabilmesi amacı ile bir arada sunmuştur.

Tablo 2.3'te de görüldüğü üzere veri temininin detaylı olması uygulamanın da detaylı olmasına yol açmıştır. Genellikle performans ölçümüne uygunluk ve içerik bakımından uygulamalarda parametrik olmayan yöntemler yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Tablo 2.3. Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması [24]

	Oran Analizleri	Parametrik Yöntemler	Parametrik Olmayan Yöntemler
Çözüm Tekniği	Oranlamalar	Regresyon	Matematiksel Programlama
İçerik	Tek Girdi /Tek Çıktı	Çok Girdi/ Tek Çıktı	Çok Girdi / Çok Çıktı
Veri Temini	Basit Kolay	Basit	Detaylı
Uygulama	Kolay	Kolay	Detaylı
Performans Ölçümüne Uygunluk	Kısıtlı	Kısıtlı	Geniş

3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)

VZA, aynı tür girdi birleşimi ile aynı çıktıları üreten homojen KVB'lerin görelî etkinliklerinin ölçülmesinde kullanılan doğrusal programlamaya dayalı bir performans ölçüm tekniğidir. Bu KVB'ler kâr amaçlı ya da kâr amaçlı olmayan organizasyonel birimler olabilmektedir. Bankalar, üniversiteler, hastaneler, fabrikalar, enerji santralleri ve hatta bireyler bile KVB'lere örnek olarak verilebilir. Kâr amaçlı KVB'lerde yıllık kârlılık ve bunun gibi oranlar nedeniyle performans değerlendirilmesi oldukça kolaydır. Kâr amaçlı olmayan KVB'lerin bu tür ölçülebilir faktörlerinin olmaması performans analizinin gerçekleştirilmesini daha da zor kılmıştır. Bir eğitim kurumu için ölçülebilir faktörler öğrenci sayısı, eğitimci sayısı, mezuniyet notları, sınav notları vb. olabilir. Bu faktörlerin performans ilişkisini kurmada VZA rahatlıkla kullanılabilen bir yöntemdir. Ek olarak, ilk VZA modeli ABD'de devlete ait kâr amacı gütmeyen eğitim kurumlarında bir eğitim projesinin etkinliğini inceleme amacıyla ortaya atılmıştır. VZA ile ölçülen etkinlikler en iyi performansa göre belirlenmekte; etkin olan KVB'lerin etkinlik skoru bire eşit iken diğer KVB'lerin etkinlikleri en iyi performansa göre sıfır ile bir arasında değişmektedir. VZA'da kullanılan etkinlik sınırının teknoloji kümesinde (ÜOK) bulunan tüm gözlemleri zarf içine aldığı daha önce incelenen şekillerden de gözlenmektedir. Bu sebeple analize "Veri Zarflama Analizi" adının verilmesi uygun görülmüştür [25].

3.1. VZA Tarihçesi

Yöneylem araştırması (YA), yönetim biliminin (YB) ve ekonomi literatürünün birlikteliği, modern ekonomik etkinlik ölçümünün ilk defa Farrell tarafından bir firmanın etkinliğini ölçmek amacıyla Koopmans ve Debreu'nun çalışmalarını dikkate alarak yapmasıyla ortaya çıkmıştır [25]. Farrell, 1957 yılında radyal ölçüm yaklaşımı ile etkinlik tahmini yapmayı amaçlamış ve günümüzde Veri Zarflama Analizi (VZA) olarak bilinen doğrusal programlama tekniklerine dayalı, parametrik olmayan analizin temellerini ortaya atmıştır [26].

Radyal ölçüm, girdi bazlı durumlarda çıktıyı sabit düşünerek maliyette azalma; çıktı bazlı durumlarda ise girdiyi sabit değerlendirip çıktındaki artış oranına karşılık gelir ve teknik etkinsizliği gidermeyi amaçlar [27].

“The Measurement of Productive Efficiency” adlı çalışmasında Farrell üretim etkinliği için tatmin edici bir ölçüm elde etmeye amaçlamış ve bu ölçümün pratikte nasıl uygulanacağından bahsetmiştir. Ayrıca, o dönemde yaygın olarak karşılaşılan girdi ve çıktıların ağırlıklı ortalamalarını karşılaştırmada kullanılan etkinlik endekslerinin yarattığı problemlere de değinmiştir. İlgili üretim fonksiyonunun tahmini yapılmış ve teknik Amerika Birleşik Devletlerinde (ABD) tarımsal üretime yönelik bir uygulama ile açıklanmıştır. Çalışmada, birden fazla girdi ve sadece tek çıktı kullanılmış fakat kurulan doğrusal denklem sistemi birden fazla girdi ve çıktılı modeller için bir temel oluşturmuştur [23, 2].

Farrell [23], çalışmasında çeşitli etkinlik türlerini tanımlamış ve teorik bilgilere de yer vermiştir. Aynı zamanda bir endüstriyel sektörde üretim etkinliğinin ölçülmesine değinmiş, bu ölçümlerin ekonomik planlamadaki önemini vurgulamıştır. Çalışmada belli başlı tarımsal performans belirleyicilerini göz önüne alarak ABD’deki 48 eyaletin tarımsal üretim etkinliğini hesaplanmıştır. Hesaplama arazi, işgücü, sermaye ve harcamalar girdi olarak; çıktı olarak ise tarımsal ürünlerden elde edilen gelir kullanılmıştır. Ayrıca, Farrell bundan önce yapılan benzer çalışmalarda girdi olarak sadece işgücü değişkeninin ele alınmasına karşı çıkıp, bu yaklaşımın yeterli olmayacağını da savunmuştur [23, 2].

VZA terimi, ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes’un [28] 1978 yılında ABD kamu okullarındaki bir eğitim programının değerlendirilmesinde VZA yaklaşımını öne sürdükleri çalışmada ortaya atılmıştır. 1970 yılında başlamış “Program Follow Through” adlı bu ulusal proje şu anki ABD eğitim bakanlığı tarafından belirlenen okullara istatistiksel deney tasarımının uygulanması ve sonuçlarının yorumlanmasını içermektedir. Proje, sorunun çözümü için ilk VZA modelinin ortaya atılması ile son bulmuştur. Sözü geçen eğitim programı, kamu okullarında öğrenim görmekte olan engelli öğrencilere yardımcı olma amacıyla tasarlanmıştır [29].

Çalışmada çok fazla girdi ve çıktı değişkeni kullanılması ve veri setinin yeterince büyük olmasından dolayı serbestlik derecesi önemli bir problem teşkil

etmemiştir. Fakat ekonometrik ve istatistiksel analizlerden elde edilen yetersiz, tatmin etmeyen sonuçlar araştırmacıları farklı arayışlara itmiştir [29]. Bunun üzerine Charnes ve ark. [28] Farrell'ın yapmış olduğu çalışmayı genişleterek etkinlik lümünde VZA'nın bugünkü oran modeli olarak bilinen modelini geliştirmişlerdir. Model, yazarların isimlerinin baş harfleri olan "CCR" (Charnes, Cooper, Rhodes) ismi ile anılmaktadır ve ölçeğe göre sabit getiri varsayımından yararlanılmıştır.

3.2. VZA Kullanım Alanları

Son yıllarda YA ve YB'de artan uygulamaları ile VZA oldukça dikkat çekmiştir. VZA'nın kullanılabilceğe bazı konular aşağıda verilmiştir. [4]

Eş Grupların Kullanımı: VZA sonucu etkin olmayan birimler için bir grup etkin birim belirlenir ve bu birimler etkin olmayan birimler ile eş grup oluşturur. Eş gruptaki her birim etkin olmayan birimin girdi çıktı yönlendirmelerini alır ve etkin olmayan birimle aynı ağrılıkları kullanarak etkin hale gelir.

Etkin alışma Uygulamalarının Belirlenmesi: VZA, bir KVB için etkin çalışma uygulamaları belirler. Etkinsiz KVBler için referans alınacak etkin KVBleri belirler. Böylelikle etkin olmayan KVBler, etkin KVBlerin işleyişlerini ve uygulamalarını inceleyerek kendileri için çıkarım yapıp kendilerini geliştirebilirler.

Hedef Belirleme: Uygulamalarda görelili etkin olmayan birimler performanslarını geliştirmeleri için hedef belirlemesi arzu edilir. VZA ile girdi ve çıktı seviyesinde hedeflerin belirlenebilmesi mümkündür.

Etkin Stratejilerin Belirlenmesi: VZA yardımı ile birimlerin kendi içlerinde uygulamış oldukları programlar ve politikalar karşılaştırılabilir. Modelin özümü ile yönetsel ve program etkinlikleri değerlendirilebilir.

Zaman Boyunca etkinlik Değişimlerinin Gözlenmesi: VZA sadece kesit verilerle etkinlik analizlerinin yapılmasında değil; belirli bir süreyi dönemlere ayırarak, etkinlik değerlerinin zaman içinde değişimini de ölçmeye yarayan bir analizdir. Örneğin, düzenli olarak etkinliğe incelenen bir KVB'nin zaman içinde etkinliğini yitirerek etkinsiz hale gelmiş olduğu görülebilir. Buna sebep olan faktörler için çıkarım yapılmasına olanak sağlar.

Kaynak Ataması: VZA, görelî etkin ve etkin olmayan birimleri belirlediği gibi etkisiz birimlere ilişkin çıktıların artırımı ya da kaynakların korunması ile ilgili tahminler de sunmaktadır. Bunların ikisi de yöntemi, kaynakların atanması için uygun kılar. Görelî etkin olan ve etkin olmayan birimlerin belirlenmesi kaynakların hangi yöne aktarılacağı hakkında karar vericiye ön fikir verir.

3.3. VZA Literatür Taraması

VZA literatüründeki yayınlar 1978 yılından günümüze hem metodoloji hem de pratik uygulamalar açısından büyük bir artış göstermiştir. Dolayısıyla VZA ile ilgili yayınların sınıflandırılması ve literatürün yıllara göre gelişimini inceleyen makaleler de önemli YA ve YB dergilerinde yer almaktadır. Gattoufi ve ark. [25], 1978 ve 2001 yılları arasında VZA literatüründeki çalışmaları incelemiş ve yayın sayılarının üstel bir şekilde artış gösterdiğine dikkat çekmişlerdir. Taranan 1809 makale, 490 farklı hakemli dergide yayınlanmıştır. Sözü geçen önemli dergilerden bazıları : “ European Journal of Operations Research” , “Management Science” , Journal of Productivity Analysis” , “Applied Econometrics” ve “ Journal of Econometrics” dergileridir. Özellikle ekonometri ve diğer alanlarda yapılan çalışmalar VZA'nın disiplinler arası bir analiz olduğunu ortaya koymaktadır.

Gattoufi ve ark. [25], yaptıkları çalışmada VZA literatürü için bir sınıflama şablonu hazırlamıştır. Bu sınıflandırmada literatürdeki yayınları kullanılan veri kaynağı, uygulanılan zarflama yöntemi, analiz türü ve çalışmanın doğasına göre ayırmaya çalışmışlardır. Ayrıca bu 4 ana başlık da kendi içinde alt başlıklara ayrılarak sınıflandırma detaylandırılmıştır. Sınıflandırılmanın gerekçesi olarak ise sürekli artan yayın sayısı, VZA'nın performans ölçümünde ilgi çeken bir araç olması gibi nedenler göz önüne alınmıştır. Çalışmanın sonunda ise örnek makaleler sınıflandırmanın gücünü ve tanımlayıcı özelliklerini göstermek amacıyla sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur [25].

Liu ve ark. [30], 1978-2010 yılları arasında VZA literatürü atıfsal olarak inceleyen bir araştırma yapmışlar ve araştırmanın amacını da VZA literatüründe rol oynayan önemli çalışmaları belirlemek ve yeni gelişme gösteren alt konuları

belirlemek olarak nitelendirmişlerdir. Bu amacı gerçekleştirmek için de yol analizi ve h/q index gibi sayısal analizlere başvurmuşlardır.

Liu ve ark. [30], WOS (Web of Science) veri tabanı kullanmış en çok atıf alan çalışmaları, en çok yayın yapılan dergileri belirlemişlerdir. Tarama, veri tabanında bulunan makale başlıkları, özetler ve yazar adlarını dikkate alarak yapılmıştır. Araştırmada kullanılan bazı anahtar kelimeler: VZA, Malmquist indeksi, ölçeğe göre sabit getiri, ölçeğe göre değişken getiri, parametrik olmayan etkinlik ve Farrell etkinliğidir. WOS veri tabanı dünya çapında tanınan atıfsal veri tabanlarından biri olup, fen ve sosyal bilimler alanlarında çok disiplinli 10 bin adet yüksek etki faktörüne sahip dergi ve 120 bin adet uluslararası konferans bildiri kitabını bünyesinde barındırmaktadır [30].

Çalışmanın sonuçlarına göre sadece 2009 yılında 700'ü aşkın yayın yapılmış, 2009 yılına kadar ise yaklaşık 4500 yayına rastlanmıştır. Beklenildiği gibi en çok atıf yapılan makale 2717 ile VZA tarihinde kült olan Charnes ve ark. [28] ait makale olmuştur. Yol analizi ile 1978-2010 arasında önemli yayınlar arasındaki ilişkiler tespit edilmiş ve bu analiz sayesinde VZA'nın tarihsel gelişim sürecine ışık tutulmuştur. Ek olarak, büyüme eğrileri yardımıyla üstel olarak artan yayın sayısının 2020 yılında 11 bin yayın civarında doyuma ulaşacağı ve artış trendinin yavaşlayacağı belirlenmiştir [30].

Liu ve ark. [30], ayrıca bu çalışmalarında yol analizi ile son yıllarda VZA literatüründeki en aktif ve güncel olan alt başlıkları ortaya koymuşlardır. Dört teorik alt grup da detayları ile incelenmiştir. Bu konular önem sırası ile “ İki Aşamalı Modeller”, “ Model Geliştirme” ,“ Özel Veri Tipleri ile Çalışma”, “KVB’lerin iç yapılarının incelenmesi” olmuştur.

Emrouznejad ve ark. [31], VZA literatürünün ilk 30 yılını incelemek için bir kaynakça çalışması yapmışlardır. Çalışmalarında yıl bazında yayın sayısı, dergilere göre yayın sayıları, en çok yayın yapan yazarlar, makale sayfa sayıları ve kullanılan anahtar kelimelere ilişkin istatistikleri incelemişlerdir.

2007 yılına kadar olan yayınlar derlenmiş ve VZA literatüründeki trendlerin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Son olarak ilgili çalışmanın kısıtlarından bahsedilmiş ve VZA'nın geleceği ile ilgili yorumlarda bulunmuşlardır [31].

Ölçeğe göre değişken getiri hususunu da ele alan BCC modeli 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper tarafından ileri sürülmüştür. Banker ve ark. [10], bağımsız yeni bir değişken tanımlayarak çoklu girdi-çıkıtı durumunda yapılan işlemin ölçeğe göre sabit getiri, ölçeğe göre artan getiri ya da azalan getiri koşulları altında gerçekleştiğini belirlemişlerdir. CCR modeline bir konvekslik kısıtı eklenip, ölçeğe göre getirinin doğrusal programlama modelinin çözülmesi ile elde edilmesini sağlamıştır.

Banker [32], CCR modelini oyun teorisi modelleri açısından ele almıştır. Programlama ve oyun modelleri arasında kurulan ilişkinin oyun ve lineer programlama aileleri arasında yeni ilişkiler kurulabileceğinin altını çizmiştir.

Charnes ve ark. [33], Pareto- etkin sınır üretim fonksiyonlarının analizi ve oluşturulması için yeni bir VZA metodu öne sürmüşlerdir.

Charnes ve ark. [34], 1986 yılında VZA'yı KVB'lerin etkinsizliklerinin kaynağı ve miktarını belirlemek için kullanmışlardır. Aynı zamanda, KVB'ler için referans kümelerinin seçilmesinin birçok yolu bulunduğu bahsetmişlerdir. Etkin ve etkin olmayan KVBler sınıflandırılmış ve altı ayrı başlık altında toplanmıştır.

Seiford ve Thrall [35], VZA modellerinin etkin-sınır üzerindeki etkisini ve konvekslik koşullarının ölçeğe göre geri dönüşlerinin etkisini incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda ise önerilen alternatif modeller ve metodolojik eklemeler gözden geçirilmiş, VZA'nın avantajları ve dezavantajlarından bahsedilmiştir.

Andersen ve Petersen [36], VZA'nın KVB'lerin görelî etkinliklerini belirlediğini fakat etkin KVB'lerin sıralanmasına izin vermediğine dikkat çekmişler ve sorunun çözümü için BCC modeline benzer bir VZA modeli geliştirmişlerdir.

İlk VZA modelinin literatüre kazandırılmasından sonra VZA'ya ilişkin çalışmalar hem teorik, hem de uygulama açısından zaman içerisinde önemli bir gelişim göstermiştir. Yolalan [8], yapılan teorik çalışmaları aşağıdaki başlıklar altında toplamıştır.

- Yönteme genel bir teorik çatı kazandırılma çalışmaları,
- Ölçek etkinliğinin ölçülmesine yönelik çalışmalar,
- Azalan oranlar kavramının ölçülmesine yönelik çalışmalar,

- Pareto etkinliğinin ölçülmesi ile ilgili çalışmalar,
- Kontrol edilebilir ve kontrol edilemeyen girdi ve çıktılarının kullanıldığı çalışmalar,
- Modele stokastik bir yapı kazandırmaya ilişkin çalışmalar,
- VZA'nın parametrik yöntemlerle karşılaştırılması,
- Girdi ve çıktı ağırlıklarının sınıflandırılmasına ilişkin çalışmalar,
- Doğal olarak zarflanamayan karar birimlerinin ölçülmesine dair çalışmalar,
- Çarpımsal modellerin kullanıldığı çalışmalar,
- İşletmelerin zaman içinde göreceli etkinliklerinin incelenmesi ("Window Analysis" ve "Malmquist TPF Endeksi").

VZA'nın uygulamalı çalışmalarda diğer birçok yöntemle birlikte kullanıldığı görülmüştür. Dolayısıyla, VZA farklı disiplinlerce de kabul görmüş bir analizdir. Ek olarak, birçok farklı uygulama alanındaki kullanılabilirlik kolaylığı analizin popülaritesini ve yaygınlığını arttırmaktadır. Farklı bilim dallarından birçok araştırmacı konuyla ilgili yeni teknikler kullanmakta ve yeni yaklaşımlar, uygulama alanları önermektedirler.

VZA ile birlikte kullanılan diğer yöntemlerden bazıları: çok değişkenli istatistiksel analizler, parametrik olmayan istatistiksel analizler, oyun teorisi, veri madenciliği, sinir ağları, çok amaçlı doğrusal programlama, tam sayılı programlama, benzetim, genetik algoritmalar, Çok-Kriterli Karar Verme (ÇKKV) ve karar destek sistemleridir.

Analizin kullanıldığı yaygın uygulama alanları ise: finans, sağlık, eğitim, spor, askeri kuruluşlar, tarım, turizm, taşımacılık, havaalanı, demiryolu, restoran, mağaza zincirleri, coğrafi bölgelerin etkinlikleri, Ar-Ge çalışmaları şeklinde verilebilir.

Karabulut ve ark. [37], 2001-2005 yılları arasında Türkiye ve Avrupa Birliğine (AB) üye ülkelerin makroekonomik performanslarını karşılaştırmalı veri seti kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmada toplam etkinlik (TE) ve Toplam Faktör Verimliliği (TFV) bileşenlerindeki değişimleri ölçmede VZA ve Malmquist TFV Endeksinden yararlanılmıştır.

Özden [38], 2008 yılı makro-ekonomik göstergelerini kullanarak AB' ye üye ve bazı seçilmiş ülkelerin gelişmişlik düzeylerini faktör analizi ve VZA ile belirlemiştir. Bunun yanı sıra ülkelerin faktör skorları ve VZA'dan elde edilen etkinlik skorları ile karşılaştırılmış, skor farklılıkları belirlenmiştir.

Huang ve Wang [39], Tayvan'daki 22 ticari bankaya ait panel verileri kullanarak bankaların ekonomik etkinliklerini ve ölçüğe göre getiri tahminlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada VZA ve diğer parametrik etkinlik ölçüm metotları kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Yan ve Wei [40], veri sınıflama mekanizmaları ve VZA arasındaki ilişkiden yola çıkarak VZA'ya dayalı bir sınıflandırma mekanizması geliştirmişlerdir.

Aoki ve ark. [41], bir karar destek sistemi için VZA modeli önermişlerdir. Önerilen metot, karar destek sistemimin optimum operasyonunu hesaplamak için bir düzenleme değişkeni tanımlamaktadır. Sayısal hesaplamalarla ilgili metodun etkinliği gösterilmiştir.

Smirlis ve ark. [42], VZA'nın girdi ya da çıktılarda kayıp veri durumunda uygulanamaması durumuna alternatif olarak Aralık-VZA modeline dayalı bir çalışma yapmışlardır.

Wöber [43], yapmış olduğu çalışmanın ilk bölümünde VZA'nın temellerinden bahsetmiş ve turizm sektöründe VZA uygulamalarına değinmiştir. İkinci bölümde ise Avustralya'daki 80 turizm acentasının etkinliklerinin karşılaştırılmasına ilişkin açıklayıcı bir örnek verilmiştir. Son bölümde ise yaygın olarak kullanılan VZA yazılımları ele alınmıştır. Turizm sektöründe performans ölçümü ve VZA uygulamaları bulunmaktadır.

Seyrek ve Ata [44], Türk bankacılık sektöründe faaliyet gösteren bankaların VZA ile etkinlikleri incelemişlerdir. Daha sonra etkinlik skorlarından yola çıkarak banka etkinliklerinin tahmininde önemli finansal göstergelerin ortaya konmasında veri madenciliği tekniklerini kullanmışlardır.

Seydel [45], çalışmasında sonlu alternatif kümelerde ve çoklu karar verme problemlerinde kriterlerin ağırlıklandırılmasının zor veya imkânsız olduğu durumlarda karar vericilere alternatif bir çözüm sunmayı amaçlamıştır. Seydel, uygulamasını tedarikçi seçim problemi üzerinde denemiştir.

VZA sürecinde sürece dâhil edilecek girdi ve çıktılarının seçimi etkinlik skorları ve analiz süreci üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Yıldırım [46], girdi ve çıktı bileşenlerinin seçiminde kararsız kalındığı durumlarda çok değişkenli istatistiksel bir teknik olan temel bileşenler analizinden (TBA) yararlanmıştır. TBA'nın VZA sürecine ilştirilmesinin avantajlarını İstanbul İli kapsamında hizmet veren ilçe belediyelerinin mali etkinliklerinin incelenmesi ile belirlemeye çalışmıştır.

Sağlık sektöründe hastane etkinliklerinin incelemesinde de VZA uygulamalarına rastlanmaktadır [47, 48, 49]. Bu çalışmalarda hastane sahipliklerine göre etkinlik farklılıkların ortaya konması, sağlık bakanlığı verilerinden yola çıkarak Türkiye' deki 81 ilin hastane etkinliklerinin araştırılması, Türkiye'deki illerin gelişmişlik düzeylerine göre hastane etkinliklerinin karşılaştırılması vb. gibi konular irdelenmiştir.

Coşgun ve Oğcu [50], VZA'yı termal enerji santrallerinden doğalgaz kullanılan ve kömür kullanılan güç santralleri arasında karşılaştırma yapmak amacıyla kullanmışlardır. Çalışmada özel sektör ve kamu yatırımlarına ilişkin etkinlik karşılaştırılmaları da yapılmıştır. Sonuçların karar vericiye kurmak istedikleri termal enerji santrali tipini belirlemede yardımcı olacağı vurgulanmıştır. Bunun yanı sıra elde edilen etkinlik değerlerini amaç programlama ile sıralamışlardır.

Altan [51], Türkiye sigortacılık sektörü hayat dışı branşında faaliyet gösteren 25 sigorta şirketinin 2005-2007 yılları arasında görel etkinliklerini hesaplamıştır. Etkinsiz KVB'lerin girdi ve çıktılarında yapılması gereken iyileştirmeler de belirlenmiştir.

Banker ve Chang [52], VZA'daki süper etkinlik sürecinin iki alternatif kullanımı için benzetim çalışmaları yürütmüşlerdir. Süper etkinlik süreci VZA'da iki amaçlı kullanılmaktadır. Çalışmada tüm gözlemler ele alındığı durumda ve sıralama amaçlı kullanımda geleneksel VZA'nın süper etkinlik VZA modeli ile aynı performansı gösterdiği görülmüştür. Fakat iki model arasındaki fark veride aykırı değer olduğu durumda ortaya çıkmıştır. Süper etkinlik VZA aykırı değerleri tanımlama ve yok etmede geleneksel VZA'dan elde edilen etkinlik değerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Barros ve Leach [53], sportif ve finansal değişkenleri derleyerek İngiliz Premier Ligi Futbol kulüplerinin 1998/99 ve 2002/03 sezonları arasındaki performanslarını değerlendirmek amacıyla VZA kullanmışlardır.

Bal ve Örkcü [54] yaptıkları çalışmada ÇKKV'de Diskriminant Analizi ve VZA tekniklerini harmanlayan bir sınıflama modeli önermişlerdir. Önerilen model AB'ye üye ve üye olmayan ülkelerin bazı sosyo-ekonomik göstergelerini inceleyen bir uygulamada denenmiştir.

VZA'nın avantajlarından biri de girdi ve çıktılara atanan ağırlıklarının analizci tarafından belirlenmesidir. Kocakoç [55], VZA'daki ağırlıkların belirlenmesi için uzman görüşünden yararlanan Analitik Hiyerarşi Sürecini (AHS) kullanmıştır. Buna ek olarak, oluşturulan ağırlık kısıtlamalı VZA modeli ve ağırlık kısıtlamasız modelin sonuçlarını karşılaştırmıştır.

VZA sadece kâr amaçlı ve kâr amaçlı olmayan kuruluşların görelî etkinliklerinin belirlenmesinde değil bireylerinde etkinliklerinin ölçülmesinde kullanılmıştır. Literatürde doktorlar, hemşireler, satış personeli, futbolcular, futbol menajerleri, akademisyenler vb. bireylerin performanslarının ölçülmesinde VZA uygulamalarına rastlanmaktadır. Boles ve ark. [56], satış gücü araştırmalarında süregelen fakat çözülemeyen bir problem olan satış elemanı performanslarının değerlendirilmesi problemi üzerinde durmuşlardır. Yapılan satışa göre alınacak ek tazminatın belirlenmesi gibi durumların satış performansının ölçülmesini gerektirdiğinden bahsetmişlerdir. Sorunun çözümü için satış elemanı etkinliklerinin belirlenmesinde VZA kullanmışlardır.

Eğitim sektöründe performans ölçümünde de VZA uygulamaları önemli bir yer tutmaktadır. Tez ile ilgili olmasından dolayı üniversiteler, liseler vb. eğitim kurumlarını homojen KVB'ler olarak ele alan çalışmaların incelenmesi uygun görülmüştür.

Daha önce yapılan çalışmalardan bazıları Tablo 3.1'de derlenmiştir.

Tablo 3.1. Eğitim Kurumlarına İlişkin VZA Çalışmaları

Çalışma	Uygulama Alanı	Girdiler	Çıktılar	Yöntemler
Kıranoğlu [57]	Türkiye'deki illerin ortaöğretim etkinlik analizi	- Öğretmen/Öğrenci oranı - Derslik/Öğrenci oranı - Okul/Öğrenci oranı	- Sayısal ÖSS Puanları - Eşit Ağırlıklı ÖSS puanları - Sözel ÖSS puanları	- Klasik CCR BCC modelleri - İki aşamalı Ray ve Tobit modelleri -Üç aşamalı Rugeiro modeli
Johnes ve Yu [58]	Çin Halk Cumhuriyeti yükseköğretim etkinliklerinin ölçülmesi (2003 ve 2004 yılları)	- Tam zamanlı öğretim elemanı/öğrenci oranı - Doçent ve üstü öğretim elemanı oranı - Kütüphane kitap indeksi - Doktora ve yüksek lisans öğrencileri oranı - Araştırma harcamaları - Bina alan indeksi	- Akademik eleman başına düşen yayın sayısı - Saygınlık indeksi - Toplam araştırma kapasitesi	- Girdi ve çıktı kombinasyonları ile 4 farklı VZA modeli ile etkinliklerin incelenmesi
Kempkes ve Paul [59]	Alman üniversitelerinin etkinlik analizi	- Teknik personel sayısı - Araştırma personeli sayısı - Harcamalar - Toplamlar maliyetler	- öğrenci sayıları - ayrılan araştırma ödenekleri	- Stokastik sınır analizi ve VZA
Atan ve ark. [60]	Ankara ilinde bulunan 22 adet Anadolu Lisesi	- Toplam öğrenci sayısı - Toplam öğretmen sayısı - Şube sayısı - Derslik sayısı - Bilgisayar sayısı - Laboratuvar sayısı	- Mezun olan öğrenci sayısı - ÖYS başarı oranı - Sınıf geçme başarı oranı - ÖYS ile yerleştirilen öğrenci sayısı	- Çıktıya yönelik VZA

Tablo 3.1. (Devam) Eğitim kurumlarına ilişkin VZA çalışmaları

Çalışma	Uygulama Alanı	Girdiler	Çıktılar	Yöntemler
Kağnıcıoğlu ve İcan [61]	Türkiye'deki üniversitelerin göreceli etkinlik analizi	- Akademik eleman sayısı	- SCI yayın sayısı - SSCI yayın sayısı - AHCI yayın sayısı - Lisans öğrenci sayısı - Yüksek Lisans öğrenci sayısı - Doktora öğrenci sayısı	Çıktıya yönelik CCR zarflama modeli
Özden [62]	Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin etkinliklerinin ölçülmesi	- Toplam giderler - Öğretim üyesi sayısı - Diğer akademik personel sayısı	- Lisans programlarında öğrenim gören öğrenci sayısı - Yüksek Lisans ve doktora programlarında öğrenim gören öğrenci sayısı - Yayın sayısı	- Girdi ve Çıktı yönelimli BCC ve CCR VZA modelleri
Bakırcı ve Babacan [63]	İktisadi İdari Bilimler Fakülteleri etkinliklerinin belirlenmesi	- Öğretim elemanı sayısı - Eğitim hizmetleri - Personel giderleri - Mal ve hizmet alımları	- Toplanan harç - Mevcut öğrenci sayısı	- CCR ve BCC VZA modelleri
Balkan [64]	Sivas İli 2006-2007 Yılı Ortaöğretim Kurumlarının Etkinlik Ölçümü	- Öğretmen/Öğrenci oranı - Derslik/Öğrenci oranı - Okul/Öğrenci oranı	- Sayısal ÖSS Puanları - Eşit Ağırlıklı ÖSS puanları - Sözel ÖSS puanları - Üniversiteye yerleşme oranı	- Girdi ve Çıktı Yönelimli BCC ve CCR VZA modelleri

Tablo 3.1’de çalışmanın yazarları ve ilgili atıflar, çalışmada kullanılan girdi ve çıktılar, yöntem (kullanılan VZA modelleri) yer almaktadır.

Yüksek Öğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi’nde kayıtlı VZA konusunda doktora ve yüksek lisans düzeyinde yazılmış güncel 168 adet tez çalışmasına rastlanmaktadır. Bu çalışmaların büyük bir çoğunluğunun fakültelerin istatistik, endüstri mühendisliği, işletme vb. ve enstitülerin fen, sosyal ve sağlık bilimleri çatıları altında gerçekleştirildiği görülmüştür [65]. İlgili çalışmalara aşağıda devam eden paragraflarda kısaca değinilecektir. YÖK’ün tez veri tabanının internet sayfasının yanı sıra literatür araştırması sürecinde bilimsel yayın arama motorları “Google Academics” [66] ve Anadolu üniversitesinin üyelikleri olan dergileri aramada kullanılan “Summon” [67] arama motorlarından faydalanılmıştır.

Budak [1], VZA’yı İMKB 100 endeksinde yer alan şirketlerin finansal oranlarını girdi ve çıktı olarak ele alıp işlem gören hisse senetlerinin görece etkinliklerini hesaplamıştır.

Balkan [68], 45 ülkenin hisse senedi piyasalarının etkinliğini 2007-2009 yılları için klasik ve bulanık VZA ile ölçmeye çalışmıştır. Ayrıca yıllar içindeki etkinlik değişimlerini Malmquist Toplam Produktivite endeksi ile incelemiştir.

Yürüşen [69], bir otomotiv firmasının İstanbul ilindeki bayi performanslarının değerlendirilmesinde VZA’yı kullanmıştır.

Düzgün [70], Türkiye’de 21 bölgede faaliyette bulunan elektrik dağıtım şirketlerinin etkinlik ve verimlilik analizlerini yapmış ve bu şirketlere bazı politika önerilerinde bulunmuştur. Ek olarak, çalışmanın bu konuda yapılan ilk tez çalışması olmasının önemine değinmiş ve yeni araştırmacılara yol gösteren bir çalışma niteliği taşıdığını belirtmiştir.

3.4. VZA Uygulama Aşamaları

Bu bölümde VZA’nın uygulanmasından önce izlenilecek temel adımlar bir süreç şeklinde adımlar halinde anlatılmaya çalışılacaktır. Analizin herhangi bir bilgisayar yazılımı ile uygulanmasından önce bu adımların dikkatli izlenmesi çok önemlidir. Aksi takdirde analiz sonuçlarının güvenilirliği ve doğruluğu tartışmalı

bir hale gelebilmektedir. Şekil 3.1’de VZA’nın uygulama aşamaları verilmiştir. İzleyen altbölümlerde bu aşamalar detaylı bir şekilde incelenecektir.



Şekil 3.1. VZA'nın Uygulama Aşamaları

3.4.1. KVB’lerin seçilmesi

VZA’nın uygulanmasında ilk aşama KVBlerin seçilmesidir. Performans ölçümüne yönelik bir çalışmada KVBlerin seçilmesinde iki faktör önemli rol oynamaktadır. Bunlar; seçilen KVBlerin homojenliği ve KVB sayısıdır [71].

KVBlerin üretim ve teknoloji açısından birbirlerine benzer yani homojen olmaları yani homojen olmaları anlamlı sonuçlar elde edebilmede çok önemli bir yere sahiptir [8].

KVB’ler aynı görevleri yerine getiren, benzer hedefleri olan homojen birimler olmalıdırlar. KVB’lerin performanslarını karakterize eden girdi ve çıktılar, yoğunluk ve büyüklük gibi özellikleri dışında özdeş olmalıdırlar. Örnek verilecek olursa; lise ve üniversitelerin performansları karşılaştırılmak istenildiğinde, farklı girdi ve çıktılar kullanılacağından VZA etkinlik skorlarının kullanılması uygun olmayacaktır. Ya da sigorta ve bankacılık şirketleri farklı sektörlerde olduklarından veya farklı performans belirleyicilerine sahip oldukları için VZA ile performans kıyaslamalarına tabi tutulamayacaklardır [71].

Homojen KVB’ler şu ortak özellikleri taşımaktadırlar:

- Tüm KVB'ler aynı pazar koşullarında faaliyet göstermelidirler. (Bu durum özellikle kâr-amaçlı olmayan KVB'ler için geçerlidir) [2]
- Performanslarını en iyi şekilde temsil edecek, özdeş girdi ve çıktılara sahiptirler.
- Aynı hedeflere ulaşmak için çabalayan aynı tür görevlere sahip birimlerdir.

Bir diğer önemli nokta da analize dâhil edilecek olan KVB'lerin homojen olmasının yanı sıra sayılarının belirlenmesidir. Analize alınacak olan KVB'lerin sayısı yapılacak olan çalışmanın amacına ve performansı karşılaştırılacak olan homojen birim sayısına bağlıdır. Bu durum için literatürde yer alan bazı öneriler şu şekildedir.

- Örnek büyüklüğü girdi ve çıktı sayısı toplamının en az iki ya da üç katı olması gerekmektedir [71].
- KVB'lerin sayısı analizde kullanılacak olan girdi-çıkıtı faktörleri toplamının en az 3 katı olmalıdır [3].

Analize dâhil edilecek KVB sayısı fazla olduğunda, etkinlik sınırını oluşturacak olan yüksek performansa sahip birim sayısı elde etme olasılığı da yüksek olacaktır. Yüksek KVB sayısı girdi ve çıktılar arasındaki tipik ilişkileri ayırt edici olarak tanımlama imkânı sağlamaktadır. Genel olarak KVB sayısı arttıkça analiz daha fazla girdi ve çıktıya uygulanabilmektedir. Fakat bir VZA analisti bu konuda dikkatli olmalı, KVB sayısını gerekmedikçe arttırmaya çalışmamalıdır. KVB'lerin sayısının artırılmasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus KVB'lerin homojenliğidir. KVB sayısını arttırmak uğruna bir araştırmacı heterojen birimleri analize dâhil edip homojenlik kuralını çiğnememelidir [71].

3.4.2. Girdi ve çıktıların belirlenmesi

VZA sonuçları, analizde kullanılacak olan girdi ve çıktı kümelerinin seçilmesi ile doğrudan ilintilidir. VZA veri tabanlı bir etkinlik ölçme tekniği olduğundan, yapılacak olan ölçümün sağlıklı olması için üretim teknolojilerini en iyi şekilde temsil eden girdi ve çıktıların seçilmesi gereklidir [2, 72].

Herhangi bir VZA uygulamasına ilişkin en önemli zorluk girdi ve çıktıların belirlenmesi aşamasıdır. Girdi ve çıktıların belirlenmesi sürecine yönelik özel herhangi bir kural bulunmamaktadır ve girdi-çıkıtı seçim kriterleri oldukça öznel, yani uygulamacıya bırakılmıştır. Buna rağmen bazı ipuçları öne sürülebilir [71].

Bir VZA çalışması, çalışma ile ilgili kabul edilen tüm girdi ve çıktıların ayrıntılı listesinin oluşturulmasıyla başlar. Bu aşamada KVB'nin performansının üzerinde etkisi olan analize tabi tutulacak tüm girdi ve çıktılar listelenir. Nicel (istatistiksel) ya da nitel (AHP, yoruma dayalı, uzman görüşünden faydalanan vb.) yöntemler yardımı ile analiz için gereken en önemli girdi ve çıktılar seçilebilir ve böylece listede bulunan toplam girdi-çıkıtı sayısı gereken seviyeye düşürülmüş olur. Bu filtrelemenin yapılmasında aşağıda belirtilen sorular karar vericiye yardım edebilir:

- İlgili girdi ya da çıkıtı VZA çalışmasının amaçlarından bir ya da birkaçı ile ilişkili mi?
- İlgili girdi ya da çıkıtı, KVB'lerin diğer girdi ve çıktılar tarafından tanımlanamayan özelliklerini ele almakta mı? [71]

Normal şartlar altında, girdiler KVB'ler tarafından fayda yaratmada kullanılan kaynaklar ya da KVB'lerin performansını etkileyen faktörler olarak tanımlanırken; çıktılar KVB'lerin faaliyetleri sonucu yarattığı faydalardır. Fakat bazen bir faktörü girdi ya da çıkıtı olarak sınıflamak zorlaşmaktadır. Özellikle bazı durumlarda bir faktör hem girdi hem de çıkıtı olarak değerlendirilebilir. Böyle durumlarda, bir faktörün sınıflandırılması o faktörün etkin ya da etkisiz olarak nitelendirildiğinde KVB'lerin yüksek performans kaydedip kaydetmediklerini kontrol etmektir. Bu sorunun cevabı evet ise faktör çıkıtı olarak; hayır ise faktör girdi olarak kullanılabilir [71].

3.4.3. Verilerin elde edilebilirliği ve güvenilirliği

Homojen KVB'ler ve bu KVB'lere ilişkin girdi ve çıkıtı kümeleri belirlenmesinden sonra sıra veri toplama işlemine gelecektir. Eğer ki herhangi bir KVBye ait girdi ve çıkıtı verilerine ulaşamıyorsa ya da ulaşılan verilerin doğruluğu, güvenilirliği şüpheli ise bu KVB analizden çıkarılmalıdır. VZA ile

elde edilecek sonuçların doğruluğu eldeki verilerin güvenilir olması ile doğrudan ilişkilidir.

3.4.4. VZA ile görelî etkinlik ölçümü

VZA modelleri girdi ya da çıktı yönelimli olmasına ya da olmamasına, ölçüğe göre getiri varsayımlarına vb. faktörlere göre sınıflandırılabilirler. Elde edilecek çıktılar seçilen modele göre değişiklik gösterecektir. Uygun VZA modelinin seçilmesinde yararlı olabilecek faktörlere değinilmesi gerekmektedir.

Model seçiminde kullanılan girdiler kontrol edilemiyorsa çıktı yönlü bir model; elde edilen çıktılar kontrol edilemiyorsa girdi yönlü bir model tercih edilmelidir. Girdi ya çıktı kontrolüne karar verilemediği durumlarda ise toplamsal modeller tercih edilmelidir [69].

Ölçüğe göre sabit getiri veya ölçüğe göre değişken getiri modellerinin seçimi belirlenen uygulamaya göre değişim gösterecektir. KVB performanslarının işleyiş ölçüğüne bağlı olmaması beklendiği durumlarda (örneğin büyük monopollere ilişkin performansların karşılaştırılmasında) ölçüğe göre sabit getiri (CRS) modellerinin kullanılması daha uygun olacaktır. Çoğu diğer durumda ise ölçüğe göre değişken getiri varsayımı daha uygun bir varsayım olarak kabul edilebilir [71].

3.4.5. Sonuçların değerlendirilmesi

VZA'da son aşama etkinlik skorlarının elde edilmesinin ardından sonuçların değerlendirilmesi aşamasıdır. Bir VZA uygulamasının sonucunda

- Etkin KVB'ler
- Etkinsiz KVB'ler
- Etkinsiz KVB'ler tarafından kullanılan fazla kaynak miktarları
- Etkinsiz KVB'lerin sahip oldukları girdiler ile üretmesi gereken çıktı miktarları (iyileştirme önerileri)
- Etkinsiz KVB'ler için referans kümesini oluşturan birimler belirlenmektedir [72].

Charnes ve Cooper %100 tam etkinliğin ancak aşağıda belirtilen koşullar altında gerçekleşeceğini öne sürmüştür.

Herhangi bir çıktının değeri aşağıdaki koşullar dışında arttırılamaz.

- Bir ya da daha çok girdinin değerinin artması
- Bir ya da daha çok çıktı değerinin azalması

Herhangi bir girdinin değeri aşağıdaki koşullar dışında azaltılamaz.

- Bazı çıktıların değerinde azalma olması
- Diğer çıktıların değerinde artış olması

Etkinlik hesaplamaları sonucunda her bir birim için “0” ve “1” arasında (yüzde değer olarak: %0 ve %100 aralığında) değerler elde edilir. 1 ya da %100 etkinlik değerine sahip olan birimler analiz sonucu en iyi performans gösteren, etkin birimler olarak nitelendirilirler. Birden az etkinlik değerine sahip birimler göreceli olarak etkinsiz birimler olarak kabul edilirler. Bu birimlerin etkinlik değeri “1” den sapmaları göreceli olarak etkinsizliklerini ifade etmektedir [73].

Değerlendirmeye alınan her bir KVB için göreceli etkinlik skorları elde edildikten sonra etkinsiz birimler ayrı ayrı incelenerek, bu birimleri etkin hale getirebilmek için alınacak önlemler belirlenmektedir. VZA etkinsiz birimlerin etkin birimlerin uyguladığı yöntemleri örnek olarak onlara benzemeye çalışması varsayımı üzerine kurulmuştur. Etkinsiz birimlerin örnek alacakları etkin birimlerden oluşan kümeye *Referans Kümesi* adı verilmektedir. Bir referans kümesinde yer alan etkin karar birimleri etkinsiz karar birimlerine ne kadar yoğunlukta referans gösteriliyorsa referans o denli güçlüdür. Bu yoğunluk karar birimlerinin performanslarıyla yakın ilişkilidir [3, 74].

Sonuçların değerlendirilmesinde en son aşama ise etkinsiz KVB’ler için girdi veya çıktı miktarlarında yapması gereken değişiklikler (iyileştirmeler) önerilecektir.

3.5. VZA Modelleri

VZA modelleri temel olarak kesirli programlama şeklinde ifade edilmektedir. Kesirli programlama modellerinin çözümü için Simpleks algoritmasına benzer standart bir yöntem bulunmamaktadır. Fakat oluşturulan kesirli matematiksel modelin özelliklerinde yola çıkılarak model doğrusal

programlama modeli şeklinde ifade edilebilir. Böylece VZA modeli standart bir yöntem yardımı ile çözülebilecektir [6].

VZA modellerinin özelleştirilmiş bir doğrusal programlama modeli olması; doğrusal programlama modelleri için geçerli olan varsayımların VZA modelleri için de geçerli olduğu anlamına gelmektedir. Amaç fonksiyonu maksimizasyon veya minimizasyon şeklinde olabilen, sınırlı kaynakların etkin kullanımına dayalı olan VZA modellerinde doğrusal programlama için geçerli olan varsayımlar aşağıda belirtilmiştir [72]:

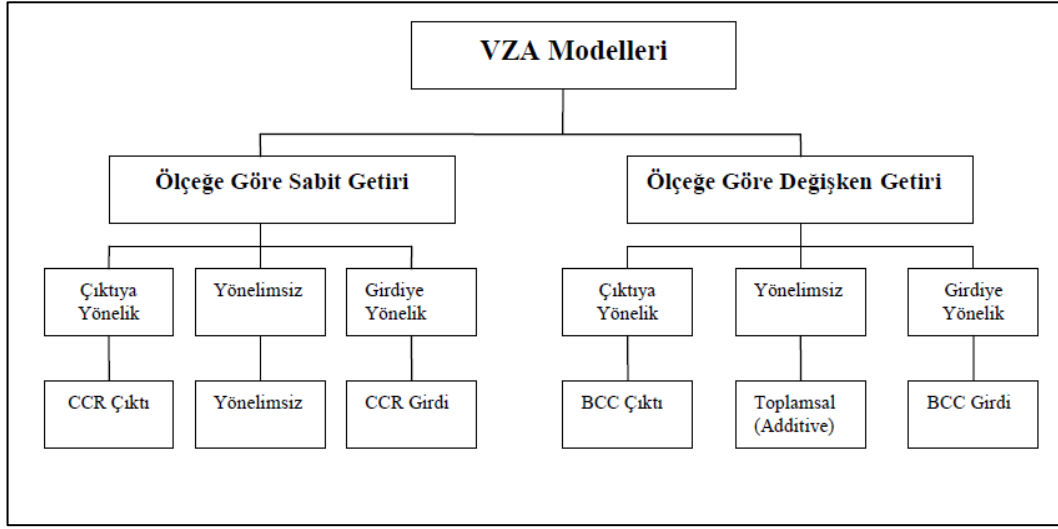
- Kesinlik (Modelin tüm katsayılarının kesinlikle bilindiği)
- Orantı (Hem amaç fonksiyonunda hem de kısıtlarda bir orantı olduğu)
- Toplanabilirlik (Tüm ürünlerin birbirinden bağımsız olduğu)
- Bölünebilirlik (Çözüm değerlerinin tam sayı olmasının gerekmediği)
- Negatif olmama (Tüm değişkenlerin pozitif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

VZA modelleri ilgili sınıflama kriterlerine göre farklı şekillerde sınıflandırılabilir.

Etkin sınır tipleri açısından irdelenen modeller, ölçüğe göre sabit getiri ve ölçüğe göre değişken getiri modelleri olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Bir diğer önemli sınıflama kriteri de mevcut veri yapısıdır. Karar vericinin girdiler üzerinde denetimi var ise model girdi yönlü; karar verici eğer daha çok çıktılar ile ilgileniyorsa çıktı üzerinde denetimi var ise çıktı yönlü VZA modeli seçilebilir. Yönelim tamamen karar vericiye bağlıdır. Ayrıca girdi ya da çıktı yönlü model seçimi girdi ya da çıktının birincil faktör olmasına göre de değişim gösterebilir. Örneğin sabit üretim faktörleri ile üretim yapan endüstrilerde elde edilen çıktılar önem göstermektedir. Dolayısı ile çıktı yönlü model kullanımı daha anlamlı olacaktır.

Girdi ve çıktı yönlü modellerin dışında *yönelimsiz* VZA modelleri de bulunmaktadır. Bu modeller karar vericilerin girdi ve çıktılar üzerinde eşanlı kontrolü olduğu, yani bir yandan girdileri minimize ederken diğer yandan çıktıları maksimize edebilmenin mümkün olduğu modellerdir [29].

Çeşitli sınıflama kriterlerine göre (ölçeğe göre getiri, veri tipi) VZA modelleri Şekil 3.2’de olduğu gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 3.2. Çeşitli Kriterlere Göre VZA Modelleri [73]

CCR modellerinin çözülmesiyle KVB’lerin toplam etkinliğine ilişkin yorumlar yapılabilirken; BCC modelinin çözümü ile KVB’lerin teknik etkinlikleri incelenmiş olacaktır [2].

3.5.1. Girdi yönlü CCR modeli

Girdiye yönelik modellerde, belli bir çıktı bileşiminin en etkin şekilde elde edilmesi amacı ile en uygun girdi bileşiminin ne olması gerektiği araştırılmaktadır [2]. Yani belli bir çıktı seviyesinde etkinliğin sağlanabilmesi için girdilerin ne kadar azaltılabileceği araştırılır.

Charnes ve ark. [28], tarafından ilk defa önerilen girdiye yönelik oransal model temel olarak sanal çıktıların sanal girdilere oranının belirli kısıtlar altında maksimize edilmesine dayanmaktadır.

n adet KVB den oluşan bir kümede j . KVB’nin ($j = 1, 2, \dots, n$) m adet girdi kullanarak ($x_{ij}; i = 1, 2, \dots, m$), s adet çıktı ($y_{rj}; r = 1, 2, \dots, s$) ürettiği varsayılır. Girdi i ya da çıktı r ’ye atanan çarpanların maliyetleri (fiyatları) u_i ve v_r ’ler bilindiği takdirde klasik *fayda / maliyet* teorisinden yola çıkılarak j . KVB’ye ilişkin etkinlik değeri e_j ; ağırlıklandırılmış çıktıların ağırlıklandırılmış girdilere oranı olarak tanımlanabilir [76].

$$e_j = \frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \quad (3.1)$$

Bu *fayda / maliyet* oranı verimlilik oranının temelini oluşturmaktadır. Girdi ve çıktılara yönelik maliyet çarpanlarının bilinmediği durum için Charnes ve ark. [28], etkinliği ölçülmek istenen KVB'ye ilişkin çarpanların doğrusal olmayan programlama problemi ile çözümlenerek elde edilmesini önermişlerdir. Sabit çarpanların bilinmeyip doğrusal olmayan programlama problemi ile çözümlenerek elde edildiği bu durumda; eşitlik (3.1)'deki oranın pay kısmı *sanal çıktılar*, payda kısmı ise *sanal girdiler* olarak adlandırılmaktadır. VZA uygulamalarında önceden belirlenmiş sabit çarpan (ağırlıklar) yerine, probleme ilişkin en iyi sonucun elde edilmesini sağlayan değişken çarpanlar kullanılmaktadır. KVB_o'nun etkinliğini ölçmek için kullanılacak olan kesirli programlama modeli aşağıda belirtilmiştir [76, 29].

Model1: Kesirli Programlama Modeli

Amaç fonksiyonu;

$$e_o = \max \frac{\sum_r u_r y_{ro}}{\sum_i v_i x_{io}}$$

Kısıtlar;

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j \text{ için}$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i \text{ için} \quad (3.2)$$

Burada ε , sıfırdan büyük çok küçük bir sayıyı -genellikle ($\varepsilon < 10^{-6}$) ifade etmektedir. Arşimedgil olmayan büyüklük adı da verilen ε değeri değişkenlerin negatif olmasını ve dual problemdeki aylak değişkenlerin amaç fonksiyonunun değerini etkilemesini engellemektedir [72, 76, 18].

Model 1'deki ilk kısıt, modeldeki tüm KVB'lere ilişkin sanal çıktıların sanal girdilerden küçük olması gerektiğini; yani KVB'lerin sanal çıktı/sanal girdi oranının 1'den küçük ya da eşit olmasını sağlamaktadır. Modelin çözülmesi ile elde edilen değerler göreceli etkinlik değerleridir. Model1, her bir KVB için ayrı ayrı çözümlenmelidir [1, 71].

Yukarıdaki modelin çözülmesi ile sonsuz çözüm elde edilebileceğinden Charnes ve Cooper'ın (1962) kesirli programlama teorisinden faydalanarak;

$\mu_r = t u_r$, $v_i = t v_i$ ve $t = \left(\sum_i v_i x_{io} \right)^{-1}$ değişken değişiklikleri yapılarak Model1

doğrusal programlama modeli şekline dönüştürülebilir [76, 68]. Bu model VZA literatüründe *çarpan modeli* olarak da adlandırılmaktadır ve matematiksel formu aşağıda verilmiştir. [6, 76]

Model2: Doğrusal Programlama Modeli

Amaç fonksiyonu;

$$e_o = \max \sum_r \mu_r y_{ro}$$

Kısıtlar;

$$\sum_i v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_r \mu_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall j \text{ için}$$

$$\mu_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i \text{ için} \quad (3.3)$$

Her doğrusal programlama probleminin kendisi ile ilişkilendirilen bir eş problemi bulunmaktadır. Problemin kendisi “primal” problem olarak adlandırılırken eşi “dual” problem olarak adlandırılmaktadır. Bu problemlerin optimal sonuçları var ise tektir. Bazı durumlarda primal problem yerine onun duali olan dual problemin çözülmesi daha kolay olacaktır [77].

Doğrusal programlama modelinin çözümünün zaman alıcı olması, referans kümelerinin ya da ihtiyaç fazlası girdi ve çıktılarının belirlenmesinin zorluğu nedeni ile Model2'nin duali alınarak girdiye yönelik zarflama modeline ulaşılır [78, 76].

Model3: Zarflama Modeli

Amaç Fonksiyonu;

$$e_o = \min \theta_o - \varepsilon \left(\sum_r s_r^+ + \sum_i s_i^- \right)$$

Kısıtlar;

$$\begin{aligned}\sum_j \lambda_j x_{ij} + s_i^- &= \theta_o x_{io}, & i=1,2,\dots,m \\ \sum_j \lambda_j y_{rj} + s_r^+ &= y_{ro}, & r=1,2,\dots,s \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+ &\geq 0, \theta_o : \text{sınırsız} & \forall r,i,j \text{ için}\end{aligned}\quad (3.4)$$

Burada;

θ_o : KVB_o'ya ait girdilerin radyal olarak ne kadar azaltılabileceğini gösteren büzülme katsayısı

λ_j : j . KVB'nin alacağı yoğunluk değeri

s_i^- : KVB_o'nun i . girdisine ait artık değişken (girdi fazlası)

s_r^+ : KVB_o'nun r . çıktısına ait artık değişken (çıktı azlığı)

olarak tanımlanmaktadır.

Kesirli modeldeki oran şeklindeki amaç fonksiyonu değeri 1'e eşit olduğu takdirde, doğrusal programlama modelinde $e_o=1$, zarflama modelinde ise $\theta_o=1$ olmasının yanında artık değişkenler $s_i^- = 0$ ve $s_r^+ = 0$ olduğu takdirde KVB_oCCR etkin olarak nitelendirilir. $e_o=1$ olmasına rağmen artık değişkenlerden en az biri 0'dan farklı olması durumunda ise ilgili KVB'ye *zayıf etkin* KVB adı verilir. Eğer KVB etkin ise bu durumda referans kümesinde kendisi yer alacaktır ve $\lambda_j=1$ olacaktır. Girdi-çıktı vektörlerinde herhangi bir değişiklik yapılmasına gerek duyulmamaktadır. Eğer ki KVB etkin değilse bu durumda büzülme katsayısı θ_o 1'den küçük olacaktır [74, 78, 1, 69].

Etkin olmayan KVB'nin referans kümesinde bulunan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim aşağıdaki şekilde hesaplanır [6].

$$x_{io} = \sum_j \lambda_j x_{ij} \quad (3.5)$$

$$y_{ro} = \sum_j \lambda_j y_{rj} \quad (3.6)$$

ya da

$$\begin{aligned}x_{io} &= \theta_o x_o - s_i^- \\ y_{ro} &= y_o + s_r^+\end{aligned}\quad (3.7)$$

Etkinsiz KVB_o ($\theta_o < 1$) tüm çıktılarını s_r^+ kadar arttırarak ya da her bir girdisini $(1-\theta_o)x_{io} + s_i^-$ kadar azaltarak etkin hale gelebilir [78].

3.5.2. Çıktı yönlü CCR modeli

Çıktı yönlü modellerde belirli bir girdi seviyesinde etkinliğin sağlanması için çıktının ne kadar arttırılması gerektiği araştırılır. Çıktı yönlü kesirli programlama modeli aşağıda verilmiştir.

Model1: Kesirli Programlama Modeli

Amaç Fonksiyonu;

$$e_o = \min \frac{\sum_i v_i x_{io}}{\sum_r u_r y_{ro}}$$

Kısıtlar;

$$\frac{\sum_i v_i x_{ij}}{\sum_r u_r y_{rj}} \geq 1 \quad \forall j \text{ için}$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i \text{ için} \quad (3.8)$$

Çıktı yönlü doğrusal programlama modeli aşağıda verilmiştir.

Model2: Doğrusal Programlama Modeli

Amaç Fonksiyonu;

$$e_o = \min \sum_i v_i x_{io}$$

Kısıtlar;

$$\sum_r \mu_r y_{ro} = 1$$

$$\sum_i v_i x_{ij} - \sum_r \mu_r y_{rj} \geq 0 \quad \forall j \text{ için}$$

$$\mu_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i \text{ için} \quad (3.9)$$

Modelin duali olan zarflama modeli aşağıda verilmiştir.

Model3: Zarflama Modeli

Amaç Fonksiyonu;

$$e_o = \max \beta_o + \varepsilon \left(\sum_r s_r^+ + \sum_i s_i^- \right)$$

Kısıtlar;

$$\sum_j \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_j \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = \beta_o y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \beta_o \text{ sınırsız} \quad \forall r, i, j \text{ için} \quad (3.10)$$

Model3'te;

β_o : Genişleme katsayısı (KVB_o'ya ait girdilerin sabit tutularak çıktılarının ne kadar arttırılabileceğini gösterir)

λ_j : j . KVB'nin alacağı yoğunluk değeri

s_i^- : KVB_o'nun i . girdisine ait artık değişken (girdi fazlası)

s_r^+ : KVB_o'nun r . çıktısına ait artık değişken (çıktı azlığı)

olarak tanımlanmaktadır.

[8, 4, 79]

Model1 ve Model2'de $e_o=1$; Model3 de ise $\beta_o=1$ olmasının yanında artık değişkenler $s_i^- = 0$ ve $s_r^+ = 0$ olması KVB_o'ın etkin olması için yeterlidir. Aynı koşullar ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan girdi ve çıktı yönlü BCC modelleri için de geçerli olacaktır.

Etkinsiz KVB_o ($\theta_o < 1$) tüm girdilerini s_i^- kadar azaltarak ya da her bir çıktısını $(1 - \beta_o)y_{ro} + s_r^+$ kadar arttırarak etkin hale gelebilir [78].

3.5.3. Girdi yönlü BCC modeli

Banker ve ark.[10], 1978 yılında Charnes ve ark. [28] tarafından önerilen modeli ölçeğe göre değişken getiri varsayımını sağlayacak şekilde geliştirmişlerdir. Girdiye yönelik BCC oran modeli aşağıda verilmiştir.

Model1: Kesirli Programlama Modeli

Amaç fonksiyonu;

$$e_o = \max_r \frac{\sum_r u_r y_{ro} - u_o}{\sum_i v_i x_{io}}$$

Kısıtlar;

$$\sum_r u_r y_{rj} - u_o - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall j \text{ için}$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i \text{ için}$$

$$u_o, \text{ işaret sınırsız} \quad (3.11)$$

Denklem (3.11)'in denklem (3.2)'den farkı, işaret sınırı bulunmayan u_o karar değişkeninin modelde yer almasıdır.

Kesirli doğrusal programlama modelinden yola çıkılarak elde edilen girdi yönlü BCC doğrusal programlama modeli aşağıda verilmiştir.

Model2: Doğrusal Programlama Modeli

Amaç fonksiyonu;

$$e_o = \max_r \sum_r \mu_r y_{ro} - \mu_o$$

Kısıtlar;

$$\sum_i v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_r \mu_r y_{rj} - \mu_o - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall j \text{ için}$$

$$\mu_r, v_i \geq \varepsilon$$

$$\mu_o, \text{ sınırlandırılmamış} \quad (3.12)$$

Denklem (3.12)'in denklem (3.3)'den farkı, işaret sınırı bulunmayan karar μ_o değişkeninin modelde yer almasıdır.

Model2'nin duali olan çıktı yönlü BCC zarflama modeli aşağıda verilmiştir.

Model3: Zarflama Modeli

Amaç Fonksiyonu;

$$e_o = \min \theta_o - \varepsilon \left(\sum_r s_r^+ + \sum_i s_i^- \right)$$

Kısıtlar;

$$\begin{aligned}
\sum_j \lambda_j x_{ij} + s_i^- &= \theta_o x_{io}, & i=1,2,\dots,m \\
\sum_j \lambda_j y_{rj} + s_r^+ &= y_{ro}, & r=1,2,\dots,s \\
\sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\
\lambda_j, s_i^-, s_r^+ &\geq 0, \quad \theta_o : \text{sınırlandırılmamış} & \forall r,i,j \text{ için} & (3.13)
\end{aligned}$$

[76]

Denklem (3.13)'ün denklem (3.4)'ten farkı, konvekslik koşulu olan

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \text{ kısıtını içermesidir. [76]}$$

Etkinsiz KVB_o ($\theta_o < 1$) tüm çıktılarını s_r^+ kadar arttırarak ya da her bir girdisini $(1-\theta_o)x_{io} + s_i^-$ kadar azaltarak etkin hale gelebilir [78]

3.5.4. Çıktı yönlü BCC modeli

Kesirli doğrusal ve zarflama modelleri aşağıda verilmiştir.

Model1: Kesirli Programlama Modeli

Amaç Fonksiyonu;

$$e_o = \min \frac{\sum_i v_i x_{io} - v_o}{\sum_r u_r y_{ro}}$$

Kısıtlar;

$$\frac{\sum_i v_i x_{ij} - v_o}{\sum_r u_r y_{rj}} \geq 1 \quad \forall j \text{ için}$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i \text{ için}$$

$$v_o, \text{ işaret sınırsız} \quad (3.14)$$

Model2: Doğrusal Programlama Modeli

Amaç Fonksiyonu;

$$e_o = \min \sum_i \mu_i x_{io} - \mu_o$$

Kısıtlar;

$$\begin{aligned}
\sum_r u_r y_{ro} &= 1 \\
\sum_i \mu_i x_{ij} - \mu_o - \sum_r u_r y_{rj} &\geq 0 \\
\mu_r, v_i &\geq \varepsilon \\
\mu_o, &\text{ sınırlandırılmamış}
\end{aligned} \tag{3.15}$$

Model3: Zarflama Modeli

Amaç Fonksiyonu;

$$e_o = \max \beta_o + \varepsilon \left(\sum_r s_r^+ + \sum_i s_i^- \right)$$

Kısıtlar;

$$\sum_j \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_j \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = \beta_o y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

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

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \beta_o : \text{sınırlandırılmamış} \quad \forall r, i, j \text{ için} \tag{3.16}$$

[8, 4, 79]

Etkinsiz KVB_o ($\theta_o < 1$) tüm girdilerini s_i^- kadar azaltarak ya da her bir çıktısını $(1 - \beta_o) y_{ro} + s_r^+$ kadar arttırarak etkin hale gelebilir [78]

3.5.5. Toplamsal modeller

CCR ve BCR modelleri radyal projeksiyon modelleridir. Girdi yönlü modellerde çıktılar sabit tutulurken girdiler oransal olarak azaltılmaktadır. (Çıktı bazlı modellerde de girdiler sabit tutulup çıktılarda oransal bir artışa gidilmektedir) Charnes ve ark. (1985) , girdi ve çıktı yönlü modelleri tek bir modelde birleştiren toplamsal ya da Pareto- Koopmans modelini önermişlerdir. Bu model sayesinde karar verici aynı anda girdilerin azalması ve çıktıların arttırılması amacına ulaşacaktır [76].

3.6. Ölçeğe Göre Getirinin Belirlenmesi

CCR zarflama modelinin modelinin çözülmesi ile elde edilen toplam λ_j toplamları ya da BCC çarpan modelinin çözülmesi ile elde edilen u_o 'lar ölçeğe göre getirinin belirlenmesinde kullanılmaktadır [80].

- i. Eğer $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ ise KVB'nin ölçeğe göre sabit getiri (CRS) altında faaliyet gösterdiği,
- ii. Eğer $\sum_{j=1}^n \lambda_j < 1$ ise KVB'nin ölçeğe göre artan getiri (IRS) altında faaliyet gösterdiği,
- iii. Eğer $\sum_{j=1}^n \lambda_j > 1$ ise KVB'nin ölçeğe göre azalan getiri (DRS) faaliyet gösterdiği söylenebilmektedir.

u_o yardımı ile;

- i. Eğer $u_o = 0$ ise KVB'nin ölçeğe göre sabit getiri (CRS) altında faaliyet gösterdiği
- ii. Eğer $u_o < 0$ ise KVB'nin ölçeğe göre artan getiri (IRS) altında faaliyet gösterdiği
- iii. Eğer $u_o > 0$ ise KVB'nin ölçeğe göre azalan getiri (DRS) altında faaliyet gösterdiği söylenebilmektedir.

3.7. VZA Çıktılarının İleri Analizler İçin Kullanımı

Bazı durumlarda VZA'dan elde edilen etkinlik sonuçlarının ileri analizlerle değerlendirilmesi gerekmektedir. Literatürde görülen birçok uygulamada VZA sonuçları üzerine regresyon analizi, temel bileşenler analizi ve Malmquist verimlilik endeksi yaklaşımı vb. gibi ileri (ek) analizler yapılmıştır. Regresyon analizleri VZA etkinlik sonuçlarında kontrol edilemeyen faktörlerin etkisini filtrelemede kullanılabilir. Malmquist verimlilik endeksi ile etkinliklerin zamanla değişimleri incelenmektedir [71]. Sonraki altbölümlerde VZA'da "2. Aşama

Analizleri” olarak da bilinen çoklu doğrusal regresyon modeli ve tobit regresyonu ele alınacaktır.

3.7.1. VZA etkinliklerinin regresyon analizi ile incelenmesi

Şu ana kadar ele aldığımız girdi ve çıktı değişkenleri KVB’lerin kontrolü altında değişkenlerdir; yani VZA’da *kontrol edilebilir değişkenler* olarak tanımlanmaktadır. Fakat bazı durum veya problemlerde tüm girdi ve çıktılar KVB’lerin kontrolü altında bulunmamaktadır. Bu tür değişkenler ise *kontrol edilemeyen değişkenler* olarak tanımlanmaktadır. Örnek verilecek olursa eğitim sektöründe; sosyo-ekonomik koşullar, ailenin refah durumu ya da yaşam alanı kontrol edilemeyen girdilere örnek olarak verilebilir [57].

Regresyon analizi (basit ya da çoklu doğrusal) VZA’da etkinlik skorlarının kontrol edilemeyen değişkenler tarafından ne derecede etkilendiğini ortaya koymak için kullanılmaktadır. Bu modelde etkinlik sonuçları bağımlı değişken; kontrol edilemeyen değişkenler ise açıklayıcı değişkenler olarak ele alınacaktır [71].

Çoklu doğrusal regresyon modeli [17]:

$$E = \alpha_0 + \alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \dots + \alpha_q z_q + \varepsilon = \alpha z + \varepsilon \quad (3.17)$$

şeklinde verilmiştir.

Eşitlik (3.17)’de bulunan ε , modelin tamamen etkinlik değerlerini açıklamadığını gösteren hata terimidir. α_0 , regresyon modeline ilişkin regresyon sabitidir. $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q$ regresyon katsayıları; z_1, z_2, \dots, z_q ise kontrol edilemeyen girdiler ve E ’de tahminlenecek etkinlik değerleridir.

Regresyon modelinin anlamlılığı F sınaması ile; regresyon katsayılarının sınaması ile t sınaması ile yapılmaktadır.

t sınamasına ilişkin hipotezler:

$$H_0 : \alpha_i = 0 \quad (i = 0, 1, 2, \dots, q)$$

$$H_1 : \alpha_i \neq 0 \quad (i = 0, 1, 2, \dots, q)$$

şeklinde oluşturulacaktır.

Sınama sonucundan elde edilen p olasılık değeri, sınamaya ilişkin anlam düzeyi α değerinden küçük olduğu takdirde ($p < \alpha$) H_0 hipotezi reddedilecektir. Bu durumda ele alınan regresyon katsayısı α_i 'nin $\%100*(1-\alpha)$ güvenle istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılır.

F sınamasına ilişkin hipotezler:

$$H_0 : \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q = 0$$

$$H_1 : \text{En az bir } \alpha_q \neq 0 \text{ (}\forall q \text{ için)}$$

Şeklinde oluşturulacaktır.

Sınama sonucundan elde edilen p olasılık değeri, sınamaya ilişkin anlam düzeyi α değerinden küçük olduğu takdirde ($p < \alpha$) H_0 hipotezi reddedilecektir. Bu durumda modelin $\%100*(1-\alpha)$ güvenle istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılır.

Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli'ne ait detaylı bilgi [80] nolu kaynaktan elde edilebilir.

Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli uygulamaları literatürde oldukça yaygın olarak görülmesine rağmen, teorik olarak tatmin edici olmayan bir özelliğe sahiptir. Etkinlik değerleri 0 ile 1 arasında değerler alırlar ve çoğu etkinlik değeri 1' e yakın değerlere sahiptir. Regresyon modellerinde tahmin yapılırken bu husus göz önüne alınmamaktadır. Sansürlü regresyon uygulaması olarak bilinen *Tobit Modeli* bu problemin çözümü için kullanılabilir [17].

3.7.2. Tobit regresyonu

Bağımlı değişkenin sansürlendiği durumlarda tahminlenecek olan bağımlı değişkenin bazı değerleri tüm durumlarda gözlenememektedir. Belirli aralıkta gözlenen bağımlı değişken değerleri tek bir değer olarak atanmaktadır. Böylelikle doğrusal regresyon ile elde edilen tahminlerin yanlılığı ortadan kalkacaktır. Bu durumda tahminlenecek olan VZA'daki etkinlik değerleri sansürlü bir stokastik

değişken olmaktadır ve sıfırın altındaki değerleri sıfıra; 1'in üzerinde gözlenen değerler de 1'e atanacaktır. İlgili regresyon modeli aşağıda verilmiştir [17]:

$$E = \begin{cases} 0, & \text{Eğer } \alpha z + \varepsilon \leq 0 \\ \alpha z + \varepsilon, & \text{Eğer } 0 < \alpha z + \varepsilon < 1 \\ 1, & \text{Eğer } \alpha z + \varepsilon \geq 1 \end{cases} \quad (3.18)$$

3.8. VZA Güçlü ve Zayıf Yanları

Her analizde olabileceği gibi VZA'nın da avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

3.8.1. VZA güçlü yönleri

- VZA uygulaması KVB için gerekli girdi ve çıktıların tanımlanması ile karar vericinin üretim sürecini daha iyi tanımasını sağlar [73].
- VZA analizinin en önemli özelliği nesnel bir analiz olmasıdır. VZA'da etkinlik skorları sayısal verilerden elde edilir, insanların öznel yargıları kullanılmaz. VZA eldeki veriyi en uygun şekilde nesnel olarak değerlendiren bir araçtır [71].
- Girdi ve çıktılar farklı birimlere sahip olabilirler. Herhangi bir dönüşüm yapılmasına gerek yoktur. Örnek verilecek olursa parasal birimlerle (kişi başına düşen gayri safi milli hasıla), çalışan sayısı analizde birlikte kullanılabilir. [2, 5, 71].
- İstatistiksel performans analizi metotlarından farklı olarak, VZA parametreye dayalı bir yöntem olmayıp, girdi ve çıktılara arasındaki ilişkinin fonksiyonel formuna ilişkin varsayımlar gerektirmez [71].
- Birden fazla ve girdi ve çıktıya sahip KVB'lerin etkinliklerinin belirlenmesinde kolaylıkla kullanılabilir [2, 5].
- Girdi ve çıktılara ilişkin ağırlıklar modelin çözülmesi ile elde edilir [73].
- VZA, görelî etkinliği hesaplarken her bir KVB için ayrı ayrı model oluşturur ve en iyi çözümü sunar. Ayrıca, her bir etkisiz KVB için neler yapılması gerektiğine dair öneriler sunar [74].

- VZA’da etkinlik sınırı en iyi KVB’ler tarafından oluşturulurken, regresyon analizinde etkinlik sınırı ortalamalara performanslara göre belirlenmektedir.
- VZA’da her bir KVB için teknik ve ölçek etkinliği ayrı ayrı hesaplanabilir. Dolayısıyla, KVB’lerin etkinsizliklerinin kaynağı da ayrı ayrı belirlenebilmektedir.

3.8.2. VZA zayıf yönleri

- VZA, parametrik olmayan bir teknik olduğundan elde edilen sonuçlara istatistiksel hipotez testlerinin uygulanması zordur [71].
- VZA ile mutlak etkinlik değerleri elde edilmez. VZA sonucu elde edilen etkinlikler göreceli etkinliklerdir [73].
- VZA bir uç değer tekniği olduğundan ölçüm hataları ve uç değerlerden kolaylıkla etkilenebilecektir [71].
- Girdi ve çıktı seçimi etkinlik analizinde çok önemli bir aşamadır. Kritik bir girdi ya da çıktı araştırma dışında bırakıldığında sonuçlar yanıltıcı ve yanıltıcı olabilmektedir [3].
- VZA modelleri tek bir zaman periyodu için yapıldığından analiz statiktir, yani kesit analizidir. Fakat gerçek yaşamda üretim süreci dinamik bir özellik göstermektedir. Farklı periyodlara ait verilerin değerlendirilmesi için bazı indirgeme faktörlerinin kullanılması gerekmektedir [73].
- Bazı girdi ve çıktıların çıktı ölçülerinin nitel olduğu durumlarda sonuçların güçlülüğü azalmaktadır [73].
- VZA’da etkinlik değerleri KVB sayısı kadar doğrusal programlama problemi çözüldükten sonra elde edilir. Dolayısıyla konu ile ilgili teknik bilgisi bulunmayanlara çok girdi çıktılı VZA süreçlerinin açıklanması kolay olmayacaktır [71].
- VZA’nın uygulanabilmesi için her bir KVB’ye ait bir doğrusal programlama modeli oluşturulup, bu modelin çözülmesi gereklidir. Özellikle çok fazla KVB ve girdi-çıkıtının bulunduğu üretim

süreçlerinde VZA problemlerinin çözümü zaman alıcı ve zor gözükmetedir. Fakat günümüz bilgisayarlarının hesaplama gücü yardımı ile bu durum bir sorun teşkil etmeyecektir [71].

4. UYGULAMA

4.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Verimlilik ve etkinlik, tüm dünya ülkeleri eğitim sistemlerinde olduğu gibi Türk Eğitim Sistemi için de önemli bir sorun teşkil etmektedir. AB adayı olan ve son yıllarda sosyo - ekonomik göstergelerde aşama kaydeden Türkiye eğitimde de AB ülkeleri verimlilik ve etkinlik seviyelerini yakalamak arzusunda. AB ülkeleri seviyelerini yakalayabilmek için de öncelikle kendi ilköğretim, ortaöğretim ve yükseköğretim eğitim sistemlerinde eldeki kaynakları en etkin şekilde kullanarak etkinliğini en üst seviyeye çekmek zorundadır. Eğitim sistemlerinin performansının değerlendirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda bazı performans belirleyicilerine göre bölgelere, illere ve eğitim kurumlarına göre etkinlik değerleri arasında büyük farklar gözlenmektedir. Bu farklılıkların azaltılması eğitimde fırsat eşitliğinin yakalanması hususunda önem arz etmektedir.

Kıranoğlu [57], VZA kullanarak Türkiye'deki illerin orta öğretim etkinliklerini ölçmüştür. Analizde, Öğretmen/Öğrenci oranı, Derslik/Öğrenci oranı ve Okul/Öğrenci oranı girdi olarak; eşit ağırlıklı, sayısal ve sözel Öğrenci Seçme Sınavı (ÖSS) sonuçları ise çıktı olarak ele alınmıştır. Analiz sonuçları bölgeler ve illere göre farklılık göstermiştir. Ayrıca, daha sonra ileri aşama analizlerinde etkinlik sonuçlarının sosyo-ekonomik faktörler tarafından etkilendiği sonucuna varmıştır.

Daha önce Türk Eğitim Sistemlerine ilişkin ilkokulların, ortaokulların, üniversitelerin, üniversite fakültelerinin görece etkinliklerinin belirlenmesi üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Fakat üniversite bölümleri bazında gerek verilere ulaşmanın zorluğu gerek de ilgili kıyaslamaların daha çok makro boyutta (fakülteler ve üniversiteler) incelenmek istenmesinden dolayı bölümlere ilişkin VZA uygulamalarına çok az rastlanmaktadır.

Bu amaçla çalışmada Türkiye'deki örgün ve ikinci öğretim programları bulunan devlet üniversitelerinin İstatistik Bölümlerinden girdi-çıkıtı veri kümelerine ulaşılabilen 18'inin görece etkinlikleri karşılaştırılıp, etkinsiz bölümler (KVB'ler) için girdi ve çıktılara yönelik iyileştirme önerileri sunulacak ve elde

edilen etkinlik skorlarının çevre faktörlerinden etkilenip etkilenmediği ortaya konulacaktır. Ayrıca etkinsiz KVB'lerin etkinsizlik kaynakları belirlenmeye çalışılacaktır.

Araştırmanın bölüm, fakülte ve üniversite yönetimlerine, diğer KVB'lere kıyasla nerede bulduklarına dair ipuçları vermesinin yanı sıra elde edilen sonuçlar ve performans belirleyicilerin istatistik bölümünde okumayı düşünen aday öğrencilere de yol gösterici olabileceği düşünülmüştür.

4.2. Karar Verme Birimlerinin Seçilmesi

Çalışma kapsamında KVB'ler girdi ve çıktı verilerine ulaşılan, devlet üniversitelerinin örgün eğitim veren 18 adet İstatistik, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri bölümlerinden oluşmaktadır. Bölümler benzer çıktıları benzer girdiler kullanarak elde etmişlerdir. Dolayısıyla KVB'ler bu açıdan homojenlik koşulunu sağlamış bulunmaktadır. Ayrıca girdiler oran değişkenleri, çıktılar ise KPSS (Kamu Personeli Seçme Sınavı) ham puanlarının ortalama değerleri olduğundan girdi ve çıktılarının kendi içlerinde de homojenlik sağlanmıştır.

Ayrıca KVB sayıları ve değişken sayıları arasındaki ilişki değerlendirilmelidir. $n = 18$, $m = 2$ ve $s = 3$ olmak üzere;

$18 > 3(2 + 3)$ olduğundan KVB'ler girdi ve çıktı değişkenlerinin toplamının 3 katından fazla olduğu için daha önce 3.4.1 numaralı bölümünde bahsedilen koşulun geçerliliği sağlanmış olacaktır.

4.3. Girdi ve Çıktı Faktörlerinin Belirlenmesi

Girdi ve çıktılarının belirlenmesi VZA uygulama aşamalarından ikincisi olup, belki tüm analizin en önemli aşamasıdır. Çünkü etkinlik sonuçları seçilen girdi ve çıktılara göre tamamen değişiklik gösterecektir. Bu nedenle KVB'lerin türüne amacına göre ve üretim süreçlerini en iyi şekilde temsil edecek olan girdi ve çıktılarının seçilmesi gerekmektedir. Daha önceki çalışmalardan ve yapılan literatür taramasından yola çıkılarak elde edilen veriler Tablo 4.1' de verilmiş ve verilen veriye ait değişkenlerin sınıflandırılması aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Tablo 4.1. Türkiye'deki İstatistik Bölümlerine İlişkin Veriler

İSTATİSTİK BÖLÜMLERİ	Lisans Öğrenci / Öğretim Üyesi (X ₁)	Lisansüstü Öğrenci / Öğretim Üyesi (X ₂)	KPSS Genel Yetenek Sonuçları (Y ₁)	KPSS Genel Kültür Sonuçları (Y ₂)	KPSS İstatistik Alan Sonuçları (Y ₃)
Afyon Kocatepe Üniversitesi	95,75	5	36,89	20,33	7,92
Anadolu Üniversitesi	23,65	0,88	35,27	19,74	8,1
Ankara Üniversitesi	39,58	8,75	41,21	25,19	13,81
Çukurova Üniversitesi	85,14	4	38,98	23,69	8,08
Dokuz Eylül Üniversitesi	48,58	5,92	39,99	20,53	10,49
Ege Üniversitesi	91,5	3,5	39,11	21,01	9
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	47,86	2,36	36,05	20,55	8,05
Fırat Üniversitesi	90,2	2,6	33,79	20,84	5,8
Gazi Üniversitesi	37,35	4,57	39,56	24,5	13,35
Hacettepe Üniversitesi	29,63	4,06	42,47	25,52	15,52
Karadeniz Teknik Üniversitesi	49,5	4,25	38,18	25,32	7,62
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	26,09	4,36	39,11	21,46	6,94
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	44,83	5,5	37,78	21,41	7,35
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	52,45	6,91	34,82	22,21	7,22
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	29,11	3,67	46,03	24,17	16,61
Selçuk Üniversitesi	82,75	8,63	35,68	22,55	7,06
Sinop Üniversitesi	44,6	0,6	31,77	16,26	9,57
Yıldız Teknik Üniversitesi	50,89	4,22	42,15	21,12	9,22

Girdiler

1. Lisans Öğrenci / Öğretim Üyesi (X_1): Bölüm bazında 2012 yılında öğrenimi sürdüren lisans öğrencisi sayısının bölümün sahip olduğu öğretim üyesi sayısına oranıdır. Başka bir deyişle istatistik bölümlerinde öğretim üyesi başına düşen lisans öğrencisi sayısıdır. Öğretim üyeleri ise ilgili üniversite çatısı altında çalışan yardımcı doçentler, doçentler ve profesörlerden oluşmaktadır.

2. Lisansüstü Öğrenci / Öğretim Üyesi (X_2): 2012 yılında istatistik bölümlerinde öğrenimini sürdüren yüksek lisans ve doktora öğrencileri toplamının öğretim üyesi sayısına oranıdır.

Çıktılar

1. KPSS Genel Yetenek Sonuçları (Y_1): İstatistik Bölümü öğrencilerinin KPSS sınavı genel yetenek alanında elde etmiş olduğu ham puan ortalamalarıdır.

2. KPSS Genel Kültür Sonuçları (Y_2): İstatistik Bölümü öğrencilerinin KPSS sınavı genel kültür alanında elde etmiş olduğu ham puan ortalamalarıdır.

3. KPSS İstatistik Alan Sonuçları (Y_3): İstatistik Bölümü öğrencilerinin KPSS sınavı istatistik alanında elde etmiş olduğu ham puan ortalamalarıdır.

Kontrol Edilemeyen Girdiler

1. Bölüm Taban Puanları (Z_1): Bölümlere giriş için gerekli minimum LYS (Lisans Yerleştirme Sınavı) sınav sonuçlarıdır.

2. Kontenjanlar (Z_2): YÖK tarafından belirlenen bölümlerin her yıl alabilecekleri maksimum öğrenci sayısıdır.

Tablo 4.2. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişkenler	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
X_1	23,65	95,75	53,8589	24,16386
X_2	0,60	8,75	4,4322	2,20845
Y_1	31,77	46,03	38,2689	3,47347
Y_2	16,26	25,52	22,0222	2,38363
Y_3	5,80	16,61	9,5394	3,15860
Z_1	192,96	401,29	261,4200	53,57633
Z_2	52,00	108,00	76,4444	16,65294

Tablo 4.2’de VZA uygulamasına dâhil edilecek değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler verilmiştir. Burada bölüm taban puanlarının ve öğretim elemanı başına

düşen lisans öğrencisi sayısı değişkenlerinin standart sapmalarının yüksekliği göze çarpmaktadır.

Tablo 4.3'te girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve kuvvetini belirleyen korelasyon katsayıları verilmiştir

Tablo 4.3. Girdi ve Çıktı Değişkenleri Arasındaki Korelasyonlar

		X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃
X ₁	Korelasyon Değeri	1,000	0,145	-0,329	-0,164	-0,488*
	Olasılık değeri (2 yönlü)		0,566	0,183	0,516	0,040
X ₂	Korelasyon Değeri	0,145	1,000	0,258	0,505*	0,085
	Olasılık değeri (2 yönlü)	0,566		0,301	0,033	0,739
Y ₁	Korelasyon Değeri	-0,329	0,258	1,000	0,645**	0,731**
	Olasılık değeri (2 yönlü)	0,183	0,301		0,004	0,001
Y ₂	Korelasyon Değeri	-0,164	0,505*	0,645**	1,000	0,494*
	Olasılık değeri (2 yönlü)	0,516	0,033	0,004		0,037
Y ₃	Korelasyon Değeri	-0,488*	0,085	0,731**	0,494*	1,000
	Olasılık değeri (2 yönlü)	0,040	0,739	0,001	0,037	
*. Korelasyon değeri 0,05 anlam düzeyinde önemlidir.						
**. Korelasyon değeri 0,01 anlam düzeyinde önemlidir.						

Korelasyon değeri $-1 \leq r \leq 1$ aralığında değer almakta, uç yönlerde pozitif ve negatif tam ilişki; $r = 0$ durumunda ise ilişkisizlikten bahsedilecektir. Girdi ve çıktı değişkenleri arasında çok yüksek korelasyon görülmemekte, dolayısıyla VZA modelinde kullanılmamaları için bir sakınca bulunmamaktadır. Görülen en yüksek iki korelasyon değeri KPSS İstatistik Alan Sonuçları ile Lisans Öğrenci/ Öğretim Üyesi arasında (-0,488) ve Lisansüstü Öğrenci/ Öğretim Üyesi ile KPSS Genel Kültür Sonuçları arasında (0,505) görülmektedir.

4.4. Verilerin Elde Edilmesi ve Güvenilirliği

Çelikoğlu ve Suner [81], yapmış oldukları çalışmada 2012 yılını temel olarak Türkiye'deki İstatistik Bölümlerinin profillerini çıkarmışlardır. Çalışmada bölümlere ait öğrenci sayıları, kontenjanlar, akademik kadrolar ve öğretim programlarına ilişkin veriler bilgi formları aracılığıyla toplanmış, ilgili istatistikler elde edilmiş ve özetlenmiştir. Ayrıca, İstatistik Bölümlerinin dünü, bugünü ele alınmış ve bölümlerin geleceğine yönelik sorunların çözümü için öneriler

sunulmuştur. Yapılan çalışma bu tezin ortaya çıkışında önemli bir rol oynamış ve sadece bu tez için önem teşkil etmemekle birlikte tüm İstatistik Bölümleri tarafından da ele alınması gereken betimleyici komple bir çalışma olarak nitelendirilmelidir. Araştırmaya özel üniversiteler bazı girdilerine ve kontrol edilemeyen girdilerine ulaşamadığından dâhil edilmemiştir.

Tezde girdi olarak kullanılacak değişkenler, Çelikoğlu ve Suner'in [82] yapmış olduğu bu çalışmadan alınmıştır. Çıktı değişkenlerine ait veriler ise Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi'nin internet sitesinden alınmıştır. Veriler 2012 yılında yapılan KPSS sınavının çeşitli alanlarında yükseköğretim programlarına ilişkin ham puan ortalamalarını ve programların sonuçlara göre üniversite içi, programlar arası ve tüm üniversiteler arasındaki sıralamalarını içermektedir [83].

Sonuç olarak, veriler akademisyenler tarafından yapılan bir araştırmadan ve bir kamu kurumunun internet sitesinden elde edildiği için güvenilir kabul edilmiştir.

4.5. Model Seçimi ve Göreli Etkinliklerin Belirlenmesi

Girdi ve çıktı yönlü CCR ve BCC modellerine ilişkin tüm etkinlik sonuçları hesaplanmıştır. KVB'lerin yani İstatistik Bölümlerinin daha çok girdiler üzerinde kontrolü bulunduğu ve CCR modellerinin toplam etkinlik sonuçlarını vermesi nedeniyle etkinlikleri değerlendirilmede kullanılacak uygun model girdi yönlü CCR modeli olarak belirlenmiştir. Girdi yönlü ölçüğe göre sabit getiri modellerinin etkinlikleri girdi yönlü ölçüğe göre değişken getiri modellerine göre daha küçük değerler olarak hesaplanmıştır. Bu da girdi yönlü CCR modelinin seçilmesinde etkili olmuştur. Bilgi olması amacıyla tüm girdi ve çıktı yönlü BCC ve CCR yönlü modellerinin sonuçları

Tablo 4.4'te verilmiştir. Fakat bundan sonraki etkinlik değerlerinin yorumlanmasında, etkinsiz KVB'lere iyileştirme önerileri ve örnek alabilecekleri referans kümelerinin belirlenmesi sadece girdi yönlü sabit getiri modeli değerleri ele alınacaktır. Etkinliğin ölçülmesi ile ilgili tüm analizler "R for Windows" açık kaynak yazılımı "Benchmarking" paketi kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca R

yazılımından elde edilen analiz sonuçlarının tutarlılığı WIN4DEAP programı ile aynı analizlerin tekrarı yapılması koşulu ile karşılaştırılmış ve sınanmıştır.

Tablo 4.4. Tüm VZA Modellerine İlişkin Göreli Etkinlik Sonuçları

İSTATİSTİK BÖLÜMLERİ	CCRgirdi	CCRçıktı	BCCgirdi	BCCçıktı
Afyon Kocatepe Üniversitesi	0,2557	0,2557	0,2600	0,8245
Anadolu Üniversitesi	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Ankara Üniversitesi	0,7389	0,7389	0,7400	0,9871
Çukurova Üniversitesi	0,3323	0,3323	0,7633	0,9323
Dokuz Eylül Üniversitesi	0,5220	0,5220	0,5361	0,8688
Ege Üniversitesi	0,2864	0,2864	0,5359	0,8754
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	0,5124	0,5124	0,5617	0,9196
Fırat Üniversitesi	0,3455	0,3455	0,5712	0,9114
Gazi Üniversitesi	0,7651	0,7651	0,7656	0,9600
Hacettepe Üniversitesi	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Karadeniz Teknik Üniversitesi	0,6035	0,6035	0,9294	0,9922
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	0,9785	0,9785	0,9856	0,9847
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	0,5639	0,5639	0,5677	0,8585
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	0,4925	0,4925	0,4996	0,8703
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Selçuk Üniversitesi	0,3196	0,3196	0,3209	0,8836
Sinop Üniversitesi	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Yıldız Teknik Üniversitesi	0,5387	0,5387	0,6313	0,9157

Tablo 4.4'te tüm VZA modellerine ilişkin göreli etkinlik değerleri verilmiştir. Sonuçlara göre sadece 4 adet istatistik bölümü, hem teknik etkin, hem ölçek etkin olarak nitelendirilmektedir. Dolayısıyla bu 4 üniversite bölümü (Sinop Üniversitesi, ODTÜ, Anadolu ve Hacettepe Üniversiteleri istatistik bölümleri) hem girdi hem de çıktı yönlü olmak üzere toplam etkinliğe de sahiptir. Yani bu 4 bölümün kaynaklarını en etkin şekilde kullandığı ve uygun ölçek büyüklüğünde

faaliyet gösterdiği söylenebilir. Toplam etkin bölümler (KVB'ler) tüm KVB'lerin %22,2'sini oluşturmaktadır. Etkin olmayan KVB'ler ise topluluğun %78,8'ini oluşturmaktadır. Ayrıca girdi yönlü ve çıktı yönlü CCR modeli aynı sonuçları vermiştir.

Tablo 4.5. VZA Sonuçlarına İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

	KVB Sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
CCRGirdi	18	0,2557	1,0000	0,625278	0,2744668
CCRçıktı	18	0,2557	1,0000	0,625278	0,2744668
BCCgirdi	18	0,2600	1,0000	0,703794	0,2416915
BCCçıktı	18	0,8245	1,0000	0,932450	0,0593412
CCRölçek	18	0,4354	1,0000	0,884017	0,1883508
BCCölçek	18	0,3102	1,0000	0,658389	0,2571560

Ayrıca girdi yönlü ve çıktı yönlü CCR modeli aynı sonuçları vermiştir.

Tablo 4.5' de ise girdi ve çıktı yönlü sabit getiri modelleri ve değişken getirili modellerin tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. En yüksek etkinlik değerleri ortalaması BCCçıktı modelinde; en düşük etkinlik değerleri CCRgirdi ve CCRçıktı modellerinde gözlenmiştir. Etkinlik değerleri standart sapmaları CCRgirdi ve CCRçıktı modellerinde en yüksek olarak göze çarpmaktadır. Yani etkinlik değerlerine ait en yüksek değişkenlik bu modellerde gözlenecektir. Etkinlik skorlarının göreceli etkinlikler olmasından dolayı maksimum en etkinlik değeri 1 olarak gerçekleşmiştir. Minimum etkinlik değeri ise CCRgirdi ve CCRçıktı modellerinde "0,2557" olarak gözlenmektedir.

4.5.1. Girdi yönlü CCR modeli sonuçlarına göre etkin bölümlerin incelenmesi

Analiz sonucunda Anadolu Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) ve Sinop Üniversitesi İstatistik Bölümleri toplam etkinliğe sahiptirler. Fakat karıştırılmaması gereken durum bu bölümlerin göreceli olarak %100 etkinliğe sahip olduğu yani tek başına kaynak kullanımı söz konusu olduğunda %100 etkin oldukları anlamına gelmemektedir. Buradan da bu 4 bölümün diğer bölümlere kıyasla kaynaklarını daha verimli kullandıkları sonucuna varılır. Toplam etkin bu 4 bölüm içerisinde en düşük öğretim üyesi başına düşen lisans öğrencisi sayısı Anadolu Üniversitesi İstatistik Bölümü'ne

aittir. En düşük öğretim üyesi başına düşen lisansüstü öğrenci sayısı oranı ise Sinop Üniversitesi İstatistik Bölümüne aittir. Hacettepe Üniversitesi ve ODTÜ Anadolu Üniversitesi İstatistik Bölümüne kıyasla daha yüksek girdilere sahip olmasına rağmen daha yüksek çıktılara sahip oldukları için etkin bölümler arasında yerlerini almışlardır. Girdi yönlü modellerin amacı belirli bir çıktı seviyesinde girdiyi minimize etmektir. Anadolu Üniversitesi İstatistik bölümü ise düşük girdilerle düşük çıktılar elde ettiğinden dolayı etkin bir bölüm olarak gözlenmiştir.

4.5.2. Girdi yönlü CCR modeli sonuçlarına göre etkin olmayan bölümlerin incelenmesi

CCR modeli ile elde edilen sonuçlara göre 14 İstatistik Bölümü “1” değerinden düşük göreceli etkinlik sonuçlarına sahip yani toplam etkin olmayan bölümlerdir. Bir KVB toplam etkin değil ise ya kaynaklarını israf etmekte ya da uygun ölçek altında faaliyet göstermemektedir. Toplam etkinsizlik, ölçek ve teknik etkinsizlik olarak iki ayrı bölümde incelenmeli; etkin olmayan bölümlere ilişkin hedef (hipotetik) girdi ve çıktı seviyeleri doğrusal programlama probleminde elde edilen yoğunluklar sayesinde hesaplanmalıdır.

CCR girdi yönlü VZA modeli sonuçlarına göre etkinlik sınırına en yakın KVB (0,9784) etkinlik değeri ile Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi İstatistik Bölümü olarak gözlenmiştir. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi İstatistik Bölümü etkin olmayan bölümler içerisinde en düşük öğretim üyesi başına düşen lisans öğrencisi oranına sahiptir. Bu bölüme öğretim üyesi başına düşen lisansüstü öğrenci sayısını azaltmasına yönelik çalışmalar yapması önerilebilir. En düşük toplam etkinliğe sahip, etkinlik sınırına en uzak bölüm ise 0,2557 etkinlik değeri ile Afyon Kocatepe Üniversitesi İstatistik Bölümü olarak göze çarpmaktadır. Ek olarak, Afyon Kocatepe Üniversitesi İstatistik Bölümü etkin olmayan KVB'ler arasında en yüksek öğretim üyesi başına düşen lisans öğrencisi oranına sahiptir. Ankara Üniversitesi İstatistik Bölümü ise en yüksek, öğretim üyesi başına düşen lisans öğrencisi oranına sahip olması rağmen gerek

çıktılarının yüksekliği gerekse diğer girdisinin düşük olması nedeniyle etkin olmayan bölümler arasında üçüncü sırada yer almaktadır.

Etkin olmayan tüm KVB'ler girdi ve çıktılarda yapılması gereken iyileştirmeler yardımıyla etkinlik sınırına ulaşabilmektedir.

Afyon Kocatepe Üniversitesi İstatistik Bölümüne ait etkinlik değeri, yoğunluklar ve hedef girdi ve çıktılar aşağıdaki doğrusal programlama probleminin çözülmesiyle elde edilecektir.

Amaç Fonksiyonu:

$$e_o = \min \theta_o - \varepsilon \left(\sum_r s_r^+ + \sum_i s_i^- \right)$$

Kısıtlar:

$$\lambda_1 * 95,75 + \lambda_2 * 39,8 + \lambda_3 * 85,14 + \dots + \lambda_{18} * 50,89 + s_1^- = \theta_o * 95,75$$

$$\lambda_1 * 5,00 + \lambda_2 * 8,75 + \lambda_3 * 4 + \dots + \lambda_{18} * 50,89 + s_2^- = \theta_o * 5,00$$

$$\lambda_1 * 36,89 + \lambda_2 * 41,21 + \lambda_3 * 38,98 + \dots + \lambda_{18} * 42,15 + s_1^+ = \theta_o * 36,89$$

$$\lambda_1 * 20,33 + \lambda_2 * 25,19 + \lambda_3 * 23,69 + \dots + \lambda_{18} * 21,12 + s_2^+ = \theta_o * 20,33$$

$$\lambda_1 * 7,92 + \lambda_2 * 13,81 + \lambda_3 * 8,08 + \dots + \lambda_{18} * 9,22 + s_3^+ = \theta_o * 7,92$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{18} \geq 0,$$

$$s_1^-, s_2^- \geq 0,$$

$$s_1^+, s_2^+, s_3^+ \geq 0$$

$$\theta_o \text{ sınırsız}$$

DP probleminin çözülmesiyle aşağıdaki değerler elde edilmiştir;

$$e_o = 0,2557$$

$$s_1^- = 0, s_2^- = 0, s_1^+ = 0$$

$$s_2^+ = 0,0904 \quad s_3^+ = 1,41$$

Hipotetik girdi ve çıktı seviyelerinin hesaplanabilmesi için etkin olmayan KVB'nin yoğunluk değerleri ve örnek aldığı referans kümesinde yer alan etkin KVB'lerin belirlenmesi gerekmektedir. Etkin olmayan KVB'leri etkinlik sınırındaki girdi ve çıktı değerleri şu şekilde hesaplanmaktadır. Girdiler için $x_{io} = \sum_j \lambda_j x_{ij}$ ya da $(1 - \theta_o) x_{io} + s_i^-$ şeklinde hesaplanabilmektedir. Çıktılar için

de $y_{ro} = \sum_j \lambda_j y_{rj}$ ya da her bir çıktı s_r^+ kadar arttırılarak elde edilebilir.

Tablo 4.6’da tüm KVB’ler, bu KVB’lerin referans kümesinde bulunan etkin KVB’ler ve yoğunluk değerleri verilmiştir. Anadolu Üniversitesi İstatistik Bölümü etkin olmayan KVB’lerin referans listesinde öndört kez yer almıştır.

Tablo 4.6. KVB'lere İlişkin Yoğunluk Değerleri ve Referans Kümeleri

İSTATİSTİK BÖLÜMLERİ	ETKİN BÖLÜMLER			
	Anadolu Üniversitesi (λ_2)	Hacettepe Üniversitesi (λ_{10})	ODTÜ (λ_{15})	Sinop Üniversitesi (λ_{17})
Afyon Kocatepe Üniversitesi	0,8605	0,0000	0,1421	0,0000
Anadolu Üniversitesi	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ankara Üniversitesi	0,0000	0,9871	0,0000	0,0000
Çukurova Üniversitesi	1,0792	0,0935	0,0000	0,0000
Dokuz Eylül Üniversitesi	0,0508	0,0000	0,8298	0,0000
Ege Üniversitesi	1,0951	0,0000	0,0106	0,0000
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	0,9113	0,1004	0,0000	0,0000
Fırat Üniversitesi	0,8526	0,0000	0,0000	0,2466
Gazi Üniversitesi	0,1775	0,8227	0,0000	0,0000
Hacettepe Üniversitesi	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
Karadeniz Teknik Üniversitesi	0,6474	0,4914	0,0000	0,0000
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	0,0000	0,2869	0,5849	0,0000
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	0,1097	0,4467	0,3245	0,0000
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	0,0578	0,8256	0,0000	0,0000
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Selçuk Üniversitesi	0,3668	0,5999	0,0000	0,0000
Sinop Üniversitesi	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
Yıldız Teknik Üniversitesi	0,5628	0,0000	0,4844	0,0000

Tablo 4.6'da etkin olan KVB'ler için yoğunluk değerleri satırı birim vektör olarak gözlenecektir. Anadolu Üniversitesi İstatistik Bölümü ikinci KVB'dir ve etkin olduğundan dolayı yoğunluk değeri $\lambda_2 = 1$ 'dir. Etkin bir KVB'nin referans kümesinde sadece kendi birim yoğunluğu bulunacaktır.

Etkin olmayan birimler ise etkin bir ya da birden fazla KVB'yi örnek alabilirler. Örneğin; Afyon Kocatepe Üniversitesi İstatistik Bölümü etkin bölümlerden ODTÜ ve Anadolu Üniversitesi İstatistik bölümlerini $\lambda_2 = 0,8605$ ve $\lambda_5 = 0,1421$ yoğunluk değerleri ile referans alacaktır.

Bu değerlerden yola çıkılarak Afyon Kocatepe Üniversitesi'nin hipotetik girdileri ve çıktıları aşağıdaki gibi hesaplanacaktır:

$$X_{11} = 0,8605 * 23,65 + 0,1421 * 29,11 = 24,48692$$

$$X_{21} = 0,8605 * 0,88 + 0,1421 * 3,67 = 1,27869$$

$$Y_{11} = 0,8605 * 35,27 + 0,1421 * 46,03 = 36,89$$

$$Y_{21} = 0,8605 * 19,74 + 0,1421 * 24,17 = 20,42046$$

$$Y_{31} = 0,8605 * 8,10 + 0,1421 * 16,61 = 9,330076$$

Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi Afyon Kocatepe Üniversitesi İstatistik Bölümünün toplam etkinliğe sahip olabilmesi için girdilerinde çok büyük bir kesintiye gitmesi ve aynı anda ilk çıktısı hariç diğer çıktıları ise arttırması gerekmektedir. Tablo 4.7'de tüm KVB'lerin toplam etkin olabilmesi için ulaşması gereken girdi ve çıktı seviyeleri verilmiştir. Burada, etkin KVB'lerin girdi ve çıktıları herhangi bir değişiklik olmadığı görülmekte, etkin olmayan KVB'lerin ise girdi değerlerini azaltma ve çıktı değerlerini de arttırarak etkin hale gelebildikleri görülmektedir. Yapılacak olan iyileştirmeler yüzde bazında değerler olarak Tablo 4.8'de verilmiştir. Buna göre gibi Afyon Kocatepe Üniversitesi İstatistik Bölümü'nün etkin olabilmesi için birinci ve ikinci girdilerinde %74,43'lik bir kesintiye gitmesi, birinci çıktıda değişiklik yapmaması ve son olarak ikinci çıktıda %0,44, üçüncü çıktısını ise %17,80 arttırması gerekmektedir.

Tablo 4.8'deki çıktıya yönelik en yüksek iyileştirme yüzdesi Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi İstatistik Bölümü'ne; girdiye yönelik en yüksek iyileştirme yüzdesi ise %74,43 ile Afyon Kocatepe Üniversitesi İstatistik Bölümü'ne aittir. Etkin bölümlere herhangi bir iyileştirme önerilmemektedir.

Tablo 4.7. Hipotetik Girdi ve Çıktı Seviyeleri

İSTATİSTİK BÖLÜMLERİ	Hedef Girdiler		Hedef Çıktılar		
	Lisans Öğrenci / Öğretim Üyesi (X ₁)	Lisansüstü Öğrenci / Öğretim Üyesi (X ₂)	KPSS Genel Yetenek Sonuçları (Y ₁)	KPSS Genel Kültür Sonuçları (Y ₂)	KPSS İstatistik Alan Sonuçları (Y ₃)
Afyon Kocatepe Üniversitesi	24,48692	1,27869	36,89000	20,42046	9,33008
Anadolu Üniversitesi	23,65000	0,88000	35,27000	19,74000	8,10000
Ankara Üniversitesi	29,24685	4,00750	41,92082	25,19000	15,31931
Çukurova Üniversitesi	28,29406	1,32930	42,03521	23,69000	10,19278
Dokuz Eylül Üniversitesi	25,35858	3,09022	39,99000	21,06046	14,19525
Ege Üniversitesi	26,20635	1,00243	39,11000	21,87237	9,04563
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	24,52562	1,20937	36,40342	20,55000	8,93897
Fırat Üniversitesi	31,16224	0,89825	37,90561	20,84000	9,26600
Gazi Üniversitesi	28,57549	3,49639	41,20202	24,50000	14,20638
Hacettepe Üniversitesi	29,63000	4,06000	42,47000	25,52000	15,52000
Karadeniz Teknik Üniversitesi	29,87098	2,56468	43,70331	25,32000	12,87020
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	25,52882	3,31159	39,11000	21,46000	14,16875
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	25,27818	3,10127	37,78000	21,41000	13,21226
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	29,11000	3,67000	46,03000	24,17000	16,61000
Selçuk Üniversitesi	26,44974	2,75844	38,41457	22,55000	12,28162
Sinop Üniversitesi	44,60000	0,60000	31,77000	16,26000	9,57000
Yıldız Teknik Üniversitesi	27,41311	2,27320	42,15000	22,81929	12,60555

Tablo 4.8. Girdi ve Çıktılara Yönelik İyileştirme Yüzdeleri

İSTATİSTİK BÖLÜMLERİ	Girdi İyileştirme (% Azalış)		Çıktı İyileştirme (%Artış)		
	Lisans Öğrenci / Öğretim Üyesi (X ₁)	Lisansüstü Öğrenci / Öğretim Üyesi (X ₂)	KPSS Genel Yetenek Sonuçları (Y ₁)	KPSS Genel Kültür Sonuçları (Y ₂)	KPSS İstatistik Alan Sonuçları (Y ₃)
Afyon Kocatepe Üniversitesi	74,43	74,43	0,00	0,44	17,80
Anadolu Üniversitesi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ankara Üniversitesi	26,11	54,20	1,72	0,00	10,93
Çukurova Üniversitesi	66,77	66,77	7,84	0,00	26,15
Dokuz Eylül Üniversitesi	47,80	47,80	0,00	2,58	35,32
Ege Üniversitesi	71,36	71,36	0,00	4,10	0,51
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	48,76	48,76	0,98	0,00	11,04
Fırat Üniversitesi	65,45	65,45	12,18	0,00	59,76
Gazi Üniversitesi	23,49	23,49	4,15	0,00	6,41
Hacettepe Üniversitesi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Karadeniz Teknik Üniversitesi	39,65	39,65	14,47	0,00	68,90
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	2,15	24,05	0,00	0,00	104,16
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	43,61	43,61	0,00	0,00	79,76
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	50,75	50,75	6,55	0,00	83,95
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Selçuk Üniversitesi	68,04	68,04	7,66	0,00	73,96
Sinop Üniversitesi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Yıldız Teknik Üniversitesi	46,13	46,13	0,00	8,05	36,72

Ölçeğe göre değişken getiri modelini yardımıyla KVB'lere ilişkin teknik ve ölçek etkinlikleri hesaplanmış ve bu değerler Tablo 4.9' da verilmiştir.

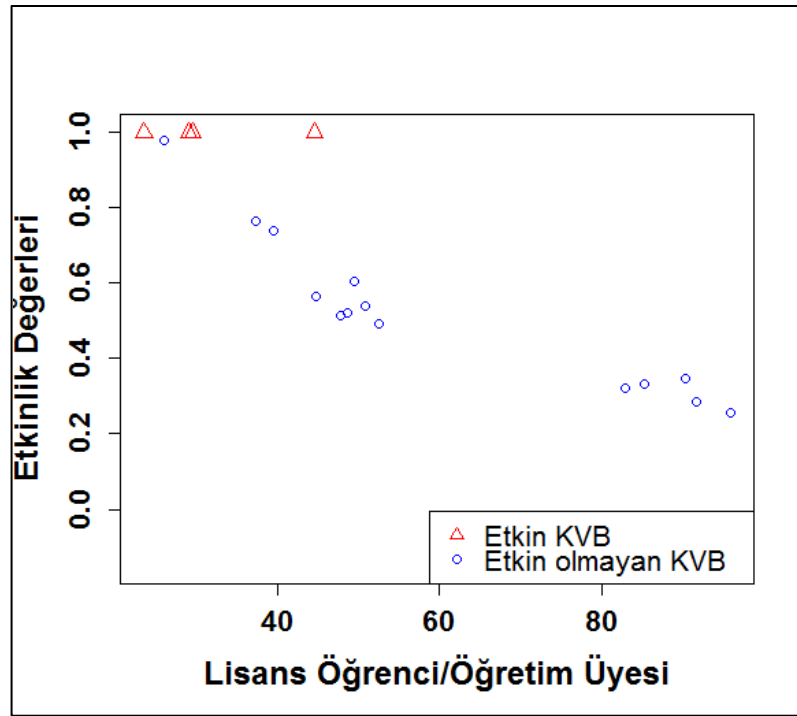
Tablo 4.9. Ölçeğe Göre Getiriler ve Etkinlik Çeşitleri

İSTATİSTİK BÖLÜMLERİ	Teknik Etkinlik	Ölçek Etkinliği	Yoğunluklar Toplamı ($\sum_{j=1}^n \lambda_j$)	Ölçeğe Göre Getiri
Afyon Kocatepe Üniversitesi	0,2600	0,9836	1,00258	Azalan Getiri
Anadolu Üniversitesi	1,0000	1,0000	1,00000	Sabit Getiri
Ankara Üniversitesi	0,7400	0,9986	0,98707	Artan Getiri
Çukurova Üniversitesi	0,7633	0,4354	1,17273	Azalan Getiri
Dokuz Eylül Üniversitesi	0,5361	0,9736	0,88066	Artan Getiri
Ege Üniversitesi	0,5359	0,5344	1,10565	Azalan Getiri
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	0,5617	0,9123	1,01165	Azalan Getiri
Fırat Üniversitesi	0,5712	0,6048	1,09920	Azalan Getiri
Gazi Üniversitesi	0,7656	0,9993	1,00024	Azalan Getiri
Hacettepe Üniversitesi	1,0000	1,0000	1,00000	Sabit Getiri
Karadeniz Teknik Üniversitesi	0,9294	0,6493	1,13880	Azalan Getiri
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	0,9856	0,9928	0,87185	Artan Getiri
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	0,5677	0,9933	0,88097	Artan Getiri
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	0,4996	0,9856	0,88338	Artan Getiri
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	1,0000	1,0000	1,00000	Sabit Getiri
Selçuk Üniversitesi	0,3209	0,9960	0,96669	Artan Getiri
Sinop Üniversitesi	1,0000	1,0000	1,00000	Sabit Getiri
Yıldız Teknik Üniversitesi	0,6313	0,8533	1,04727	Azalan Getiri

Tablo 4.9'un yardımıyla etkin KVB'lerin hem ölçek, hem de teknik etkin olduğu görülmektedir. Burada, toplam etkin KVB'lerin ayrıca sabit getiri altında faaliyet gösterdiği de açıkça görülmektedir. Çoğu KVB'nin en uygun ölçeğe yakın olarak faaliyet gösterdiği fakat teknik etkinsizlik israfı nedeni ile toplam etkin olamadığı görülmektedir. Yıldız Teknik Üniversitesi ve Fırat Üniversitesi İstatistik Bölümleri ise hem ölçek hem teknik etkinsiz olduklarından dolayı toplam etkin olamamaktadırlar.

4.6. Etkinlik Sonuçları ve Değişkenler Arasındaki İlişkiler

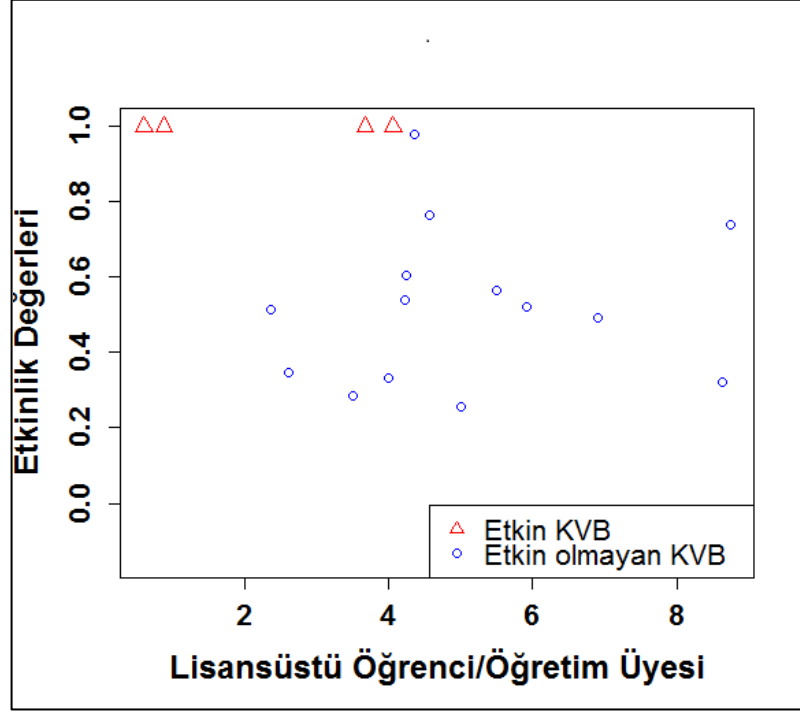
Bu bölümde girdi ve çıktı değişkenlerinin etkinlik skoru üzerindeki etkileri araştırılacaktır. Girdi ve çıktı değişkenleri ile etkinlik skorları arasındaki ilişki öncelikle saçılım grafikleri yardımıyla görselleştirilecek daha sonra da korelasyon değerleri yardımı ile ilişkinin yönü ve kuvveti incelenecektir.



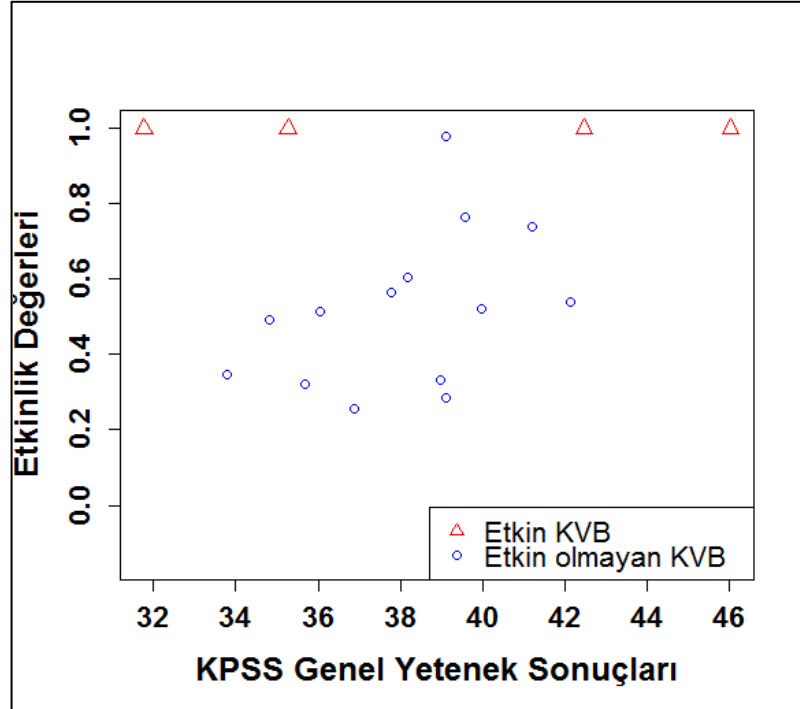
Şekil 4.1. Etkinlik - Lisans Öğrenci/Öğretim Üyesi Saçılım Grafiği

Şekil 4.1'den de gözlemleneceği gibi Lisans Öğrenci/Öğretim Üyesi değişkeni arttıkça etkinlik değerlerinde belirgin bir düşüş gözlenmektedir. Dolayısıyla iki değişken arasındaki ilişkinin yönünün zıt olduğu söylenebilir. Girdi yönlü CCR modelinden elde edilen iyileştirme değerleri de Lisans

Öğrenci/Öğretim Üyesi değişkeninde girdi azalışı üzerinedir. İlgili korelasyon değeri $r = - 0,8955228$ olarak hesaplanmıştır. Bu değeri yorumlarsak; etkinlik skorları ile Lisans Öğrenci/Öğretim Üyesi değişkeni arasında zıt yönlü kuvvetli bir ilişki olduğu %99 güvenle söylenecektir.



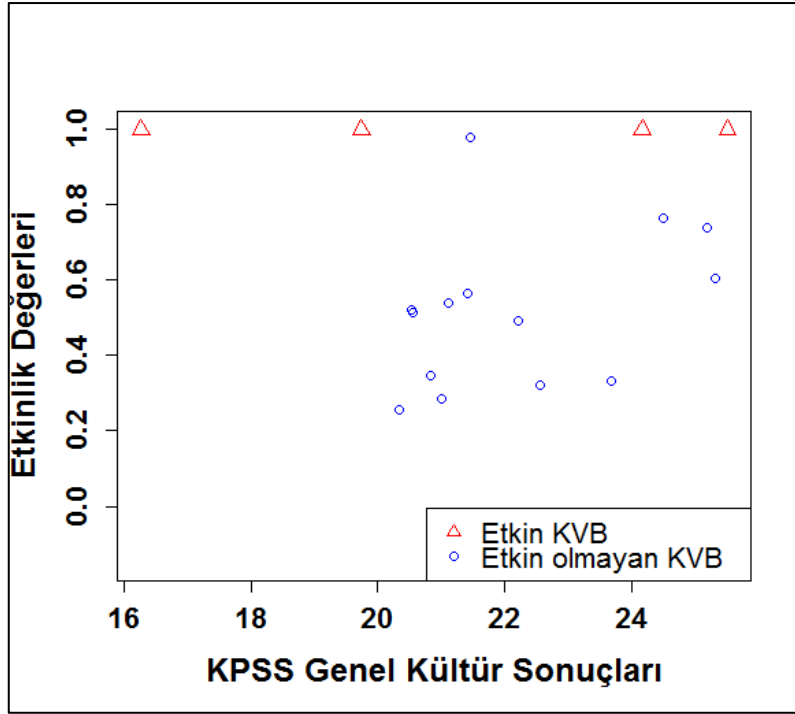
Şekil 4.2. Etkinlik – Lisansüstü Öğrenci/ Öğretim Üyesi Saçılım Grafiği



Şekil 4.3. Etkinlik - KPSS Genel Yetenek Sonuçları Saçılım Grafiği

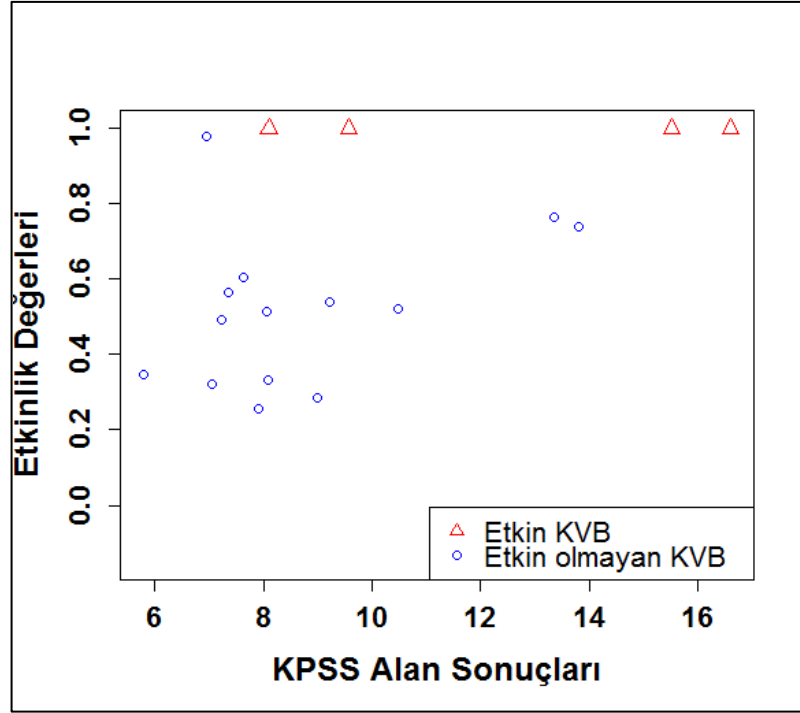
Şekil 4.2’ de etkinlik skorunun hesaplanmasında kullanılan ikinci girdi ile VZA ile hesaplanan etkinlik değerleri arasındaki ilişki görselleştirilmiştir. Korelasyon katsayısı $r = -0,3433123$ olarak hesaplanmıştır. Öğretim üyesi başına düşen lisans öğrenci sayısı, öğretim üyesi başına düşen lisansüstü öğrenci sayısına göre etkinlik skorları üzerinde daha etkili bir rol oynamaktadır.

Şekil 4.3’te ise KPSS Genel Yetenek Sonuçları ile etkinlik değerleri arasındaki saçılım grafiği verilmiştir. Hesaplanan korelasyon değeri $r = 0.248198$, değişkenler arasında düşük ve pozitif yönlü zayıf bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. KPSS Genel Yetenek Sonuçları arttıkça az da olsa etkinlik skorlarının da artacağından bahsedilebilir.



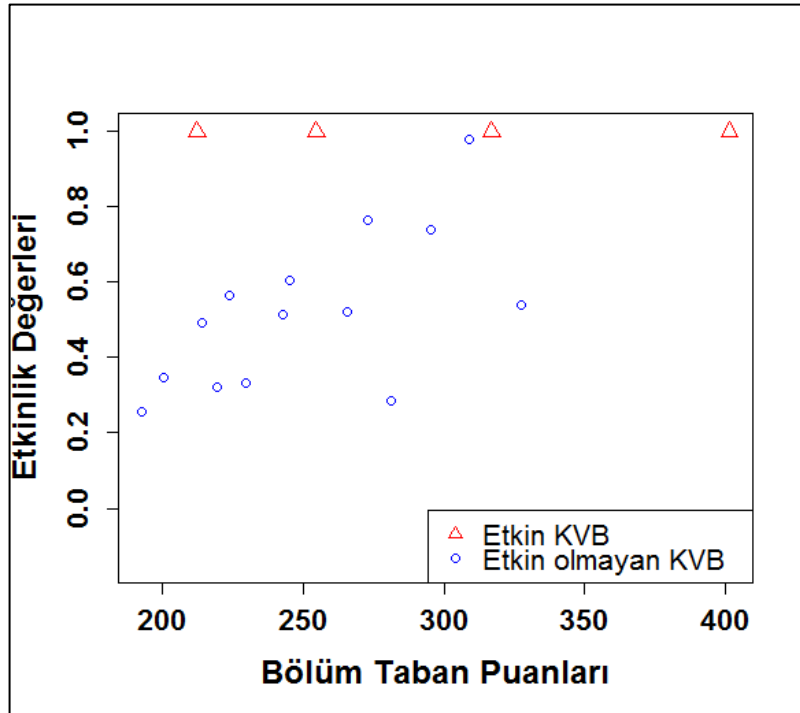
Şekil 4.4 Etkinlik - KPSS Genel Kültür Sonuçları Saçılım Grafiği

Şekil 4.4’de KPSS Genel Kültür Sonuçları çıktı değişkeni ile etkinlik değerlerine ilişkin saçılım grafiği verilmiştir. Korelasyon değeri $r = 0,05370857$ olarak hesaplanmıştır. Çıktı değişkenleri ve etkinlik değerleri arasında en düşük (ilişkisizliğe yakınlık) korelasyon bu iki değişken arasında gerçekleşmiştir. Şekil 4.5’ te ise KPSS İstatistik Alan Sonuçları ile etkinlik değerlerinin saçılım grafiği verilmiştir. Çıktı değerlerinden en yüksek korelasyon bu iki değişken arasında görülmektedir. Ayrıca çıktılar içinde %95 güven düzeyinde tek istatistiksel olarak anlamlı korelasyon ($r = 0,5467057$) değerine sahiptir.

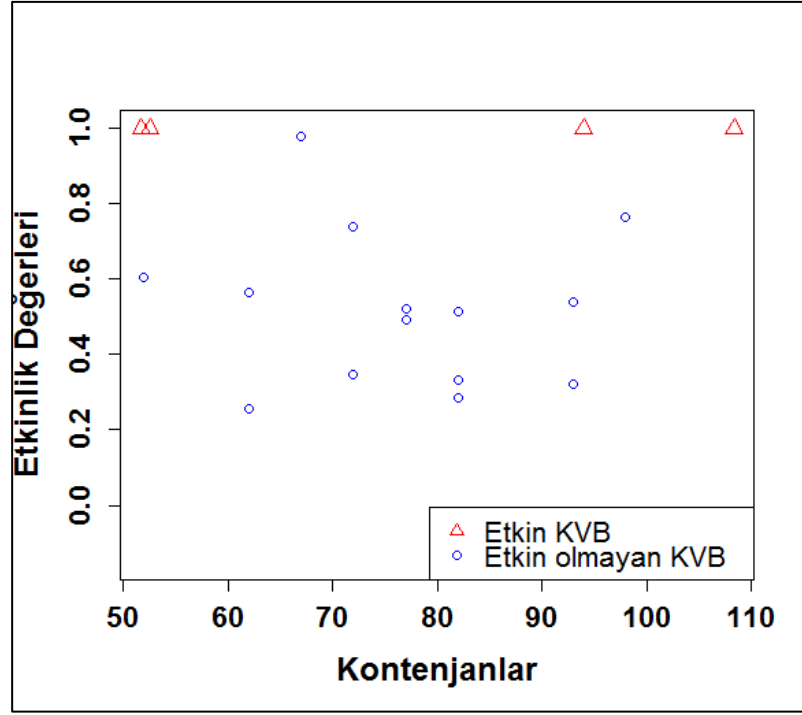


Şekil 4.5. Etkinlik - KPSS Alan Sonuçları Saçılım Grafiği

Bu iki değişken arasında Öğrencilerin KPSS Alan puanları arttıkça etkinlik değerinin de arttığı görülmektedir. Bu ilişkinin ise çok kuvvetli bir ilişki olmadığı korelasyon değerinden anlaşılmaktadır.



Şekil 4.6. Etkinlik - Bölüm Taban Puanları Saçılım Grafiği



Şekil 4.7. Etkinlik - Kontenjan Saçılım Grafiği

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de kontrol edilemeyen girdiler ve etkinlik değerlerinin saçılım grafikleri verilmiştir. Etkinlik değerlerinin bölüm taban puanlarına olan korelasyonu %95 güvenle istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. $r = 0,5483404$ olarak hesaplanmış aradaki ilişki pozitif yönlü orta düzey kuvvetli olarak sınıflandırılabilir bir ilişkidir. Etkinlik değerleri ve kontenjanlar arasında ise ilişkisizliğin yok denecek kadar az olduğu hesaplanan $r = -0,04993882$ değerinden anlaşılmaktadır.

4.7. İkinci Aşama Analizleri

İkinci Aşama Analizleri ya da VZA sonrası olarak bilinen analizler ilk aşamada hesaplanan etkinlik değerleri arasındaki farkları oluşturan faktörlerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Kontrol edilemeyen girdiler olan bölüm taban puanları ve bölüm kontenjanları ile etkinlik değerleri arasında sıradan en küçük kareler regresyonu ve tobit regresyonu modelleri ile bu faktörler modellenmeye çalışılacaktır. Tobit regresyonu sıradan en küçük kareler regresyonuna göre daha avantajlıdır çünkü regresyonda kullanılacak olan bağımlı değişken üzerinde

sınırlama yapılabilmektedir. Kontrol edilemeyen girdiler ve CCR modeli etkinlik Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Kontrol Edilemeyen Girdiler ve Etkinlik Sonuçları

İSTATİSTİK BÖLÜMLERİ	CCRGirdi	Bölüm Taban Puanları (Z_1)	Kontenjanlar (Z_2)
Afyon Kocatepe Üniversitesi	0,2557	192,96	62,00
Anadolu Üniversitesi	1,0000	254,63	93,00
Ankara Üniversitesi	0,7389	295,25	72,00
Çukurova Üniversitesi	0,3323	229,66	82,00
Dokuz Eylül Üniversitesi	0,5220	265,58	77,00
Ege Üniversitesi	0,2864	281,45	82,00
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	0,5124	243,01	82,00
Fırat Üniversitesi	0,3455	200,61	72,00
Gazi Üniversitesi	0,7651	273,01	98,00
Hacettepe Üniversitesi	1,0000	316,90	108,00
Karadeniz Teknik Üniversitesi	0,6035	245,29	52,00
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	0,9785	308,84	67,00
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	0,5639	223,87	62,00
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	0,4925	213,96	77,00
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	1,0000	401,29	52,00
Selçuk Üniversitesi	0,3196	219,45	93,00
Sinop Üniversitesi	1,0000	212,44	52,00
Yıldız Teknik Üniversitesi	0,5387	327,36	93,00

Çoklu doğrusal regresyon modeli sonucunda modelin belirlilik katsayısı $R^2 = 0,311$ ve modelin anlamlılığının sınanmasında kullanılacak olan F test istatistiğine ilişkin olasılık değeri $p = 0,061$ olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla

kurulan model istatistiksel olarak anlamlı değildir ve açıklayıcı değişkenler etkinlik skorlarını iyi bir şekilde açıklayamamaktadır. Tablo 4.11’de regresyon katsayılarının anlamlılık sınavından kullanılan olasılık değerleri verilmiştir. Bu katsayılardan sadece bölüm taban puanlarına ilişkin olan değer anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4.11. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Katsayıları ve Olasılık Değerleri

Model		Katsayılar		t değeri	p olasılık değeri
		α	Standart Hata		
	(Sabit)	0,009	0,381	0,022	0,982
	Bölüm taban puan	0,003	0,001	2,594	0,020
	Kontenjan	-0,002	0,004	-0,483	0,636

Daha önce Bölüm 4.6’ da hesaplanmış olan bölüm taban puanı-etkinlik değerleri arasındaki korelasyon değerinin de anlamlı olması ve pozitif yönlü olması regresyon katsayısından da anlaşılmaktadır. Katsayısı anlamsız olan kontenjan değişkeninin ilk modelden çıkarılması ile oluşturulan yeni model istatistiksel olarak anlamlı bir model haline gelmiştir.

Tablo 4.12. Etkinlik - Bölüm Taban Puan Regresyon Katsayıları ve Olasılık Değerleri

Model		Katsayılar		t değeri	p olasılık değeri
		α	Standart Hata		
	(Sabit)	-0,109	0,285	-0,382	0,707
	Bölüm taban puan	0,003	0,001	2,623	0,018

İkinci modelde $R^2 = 0,301$ ve F test istatistiğine ilişkin olasılık değeri $p = 0,016$ olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla model anlamlı fakat belirlilik katsayısı 1’den uzak olduğundan açıklayıcı değişken bağımlı değişken olan etkinlik skorlarını çok iyi açıklayamamaktadır. Bölüm taban puanına ilişkin regresyon katsayısı; regresyon sabiti sıfır iken bölüm taban puanı 100 birim arttıkça etkinlik değerinin 0,3 birim artacağı şeklinde yorumlanabilir.

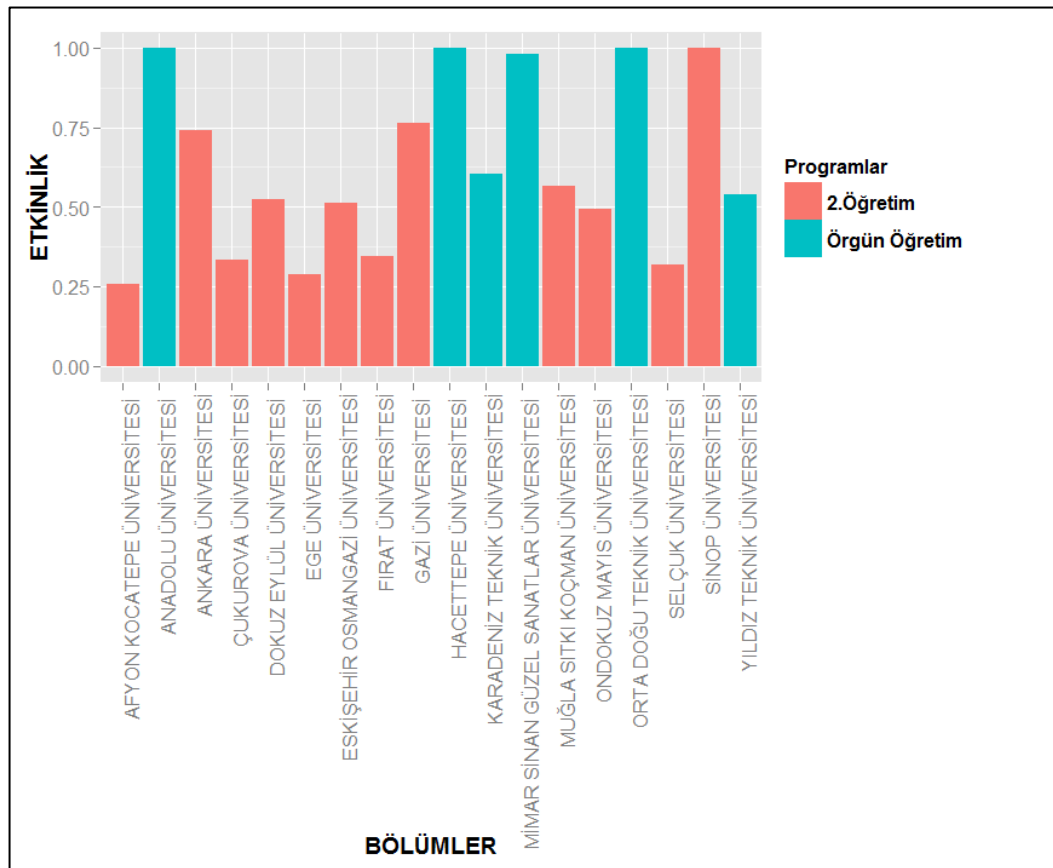
Tablo 4.13. Tobit Regresyonu Çıktıları

	Tahmin	Standart Hata	z değeri	Pr(> z)
(Sabit)	-0,14135	0,442252	-0,31961	0,74926503
Bölüm taban puan	0,004002	0,001518	3	0,008380841
Kontenjanlar	-0,00312	0,004424	-0,70425	0,481274577

Tablo 4.13'den çoklu doğrusal regresyon analizinde olduğu gibi katsayılardan sadece bölüm taban puanı değişkenine ait olan katsayısının anlamlı olduğu görülmektedir. Burada ise bölüm taban puanına ilişkin regresyon katsayısı; regresyon sabiti sıfır iken bölüm taban puanı 100 birim arttıkça etkinlik değerinin 0,4 birim artacağı şeklinde yorumlanabilmektedir.

4.8. İkinci Öğretim Programı Bulunan ve Bulunmayan İstatistik Bölümlerinin Etkinliklerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.8'de sadece örgün öğretim programına sahip İstatistik Bölümleri ile hem örgün hem de 2. Öğretim Programlarına sahip İstatistik bölümlerinin etkinlik değerleri verilen sütun grafiği ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.8. Öğretim Programlarına Göre Etkinlik Değerlerinin Karşılaştırılması

Hem örgün hem 2. Öğretim programına sahip olan bölümler ile sadece örgün öğretim programına sahip bölümlerden oluşan iki grup arasındaki farkın

istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı ise parametrik olmayan istatistiksel bir test olan Mann - Whitney U Testi sonuçları ile belirlenecektir. Beklenti ise iki farklı tür programa (örgün-2.öğretim) sahip olan bölümlerin lisans öğretim üyesi başına düşen lisans öğrenci sayısının fazlalığından dolayı bu iki grup etkinliklerinin farklı çıkacağı yönündedir. Mann Whitney U testine yönelik hesaplanan olasılık değeri $p = 0,054$ olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda beklenilenin aksine gruplar arasında fark bulunmadığı söylenebilir. Farkın sebepleri ise öğrenci sayılarının öğretim üyesi sayısına oranlanması, iki öğretim programına sahip olan bölümlerin iki programında da kontenjanlarını dolduramaması verilebilir. Ancak ve ancak anlam düzeyini %10 olarak belirlediğimizde farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilecektir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Türkiye’deki üniversitelerin istatistik bölümlerinin etkinlikleri VZA yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. VZA’nın uygulanmasında yararlanılan girdi ve çıktı değişkenleri, çalışmanın üçüncü bölümü literatür taramasında bahsedilen eğitim sistemlerinde performans ölçümünde kullanılan göstergelere paralel olarak seçilmiştir. Uygun VZA modeli; KVB’lerin daha çok girdi üzerinde denetimi olması ve aynı zamanda da sabit getirili VZA modellerinin değişken getirili VZA modellerine kıyasla daha düşük etkinlik skorları vermesinden dolayı CCR girdi modeli olarak belirlenmiştir.

Etkinliği değerlendirilen istatistik bölümlerinden bazıları sadece örgün bazıları da hem örgün hem de ikinci öğretim programlarına sahiptir. Bu bölümler arasındaki etkinlik farklılıklarının anlamlılığı parametrik olmayan istatistiksel bir test olan Mann- Whitney U Testi yardımıyla sınanmıştır. Etkin olmayan bölümler için iyileştirmeler belirlenmiş ve hipotetik girdi çıktı seviyeleri ortaya konmuştur. Ayrıca, bölümlerin ölçek ve teknik etkinlikleri belirlenerek toplam etkin olmamalarının sebepleri ortaya konulmuştur. Bölümlerin faaliyet gösterdiği ölçekler yoğunluklar toplamı yardımı ile belirlenmiştir. Çevre faktörlerinin etkinlik skorları üzerindeki etkileri İkinci Aşama Analizleri ile belirlenmeye çalışılmıştır.

Tüm bu analizlerin uygulanmasındaki en büyük zorluk VZA uygulaması prosedürlerinden biri de olan verilerin elde edilmesi konusunda karşılaşılmıştır. Girdi değişkenleri farklı bir çalışmadan alınmış dolayısıyla lisans öğrenci sayıları ikinci öğretim ve örgün öğretim programlarında öğrenim gören toplam öğrenci sayıları olarak ele alınmıştır. Bu sebeple analizde KVB’ler iki farklı grup olarak düşünülmüş ve gruplar arasındaki etkinlik farklılıkları araştırılmak istenmiştir.

Seçilen VZA modeli sonuçlarına göre 4 istatistik bölümü (Anadolu Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, ODTÜ, Sinop Üniversitesi) toplam etkin bulunmuştur. Bu bölümler hem en uygun ölçek büyüklüğünde hem de kaynaklarını israf etmeden faaliyet göstermektedirler. Diğer 14 istatistik bölümü toplam etkinliğe sahip olmamakla birlikte bu etkinsizliğin kaynağı ise hem teknik hem de ölçek etkin bulunmamalarından kaynaklanmaktadır.

Etkin olmayan bölümler arasında en düşük etkinliğe sahip olan bölüm 0,2557 etkinlik skoru ile Afyon Kocatepe Üniversitesi olarak bulunmuştur. Bu bölüme ilişkin doğrusal programlama modeli açık bir şekilde yazılmış ve hesaplanan yoğunluk değerleri yardımı ile bölümün etkinlik sınırında yer alabilmesi için sahip olması gereken girdi ve çıktılar hesaplanmıştır. Afyon Kocatepe Üniversitesinin yanı sıra tüm etkin olmayan bölümlerin referans kümelerinde bulunan etkin bölümlere ilişkin yoğunluk değerleri, etkin olabilmeleri için yapılması gereken iyileştirme yüzdeleri ve girdi-çıkıtı seviyeleri ilgili tablolarda verilmiştir. Bu sonuçlara göre girdilerinde en yüksek iyileştirmeye her iki girdisinde %74,43 lük azalma oranı ile Afyon Kocatepe Üniversitesi istatistik bölümüne aittir. Çıktılardaki en yüksek iyileştirme oranı ise %104,76'lık artış ile Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi'nin KPSS alan puanları çıktısına yönelik gerçekleşmiştir.

Analiz sonucu hesaplanan yoğunluk değerlerinin toplamından bölümlerin ölçeğe göre getirileri bulunmuştur. Buna göre altı bölüm ölçeğe göre artan getiri sekiz bölüm de ölçeğe göre azalan getiri altında faaliyet göstermektedirler. Bu altı bölüm (Muğla Sıtkı Koçman, Dokuz Eylül, Mimar Sinan, Ondokuz Mayıs, Selçuk ve Ankara Üniversitesi) ölçeğe göre artan getiri altında faaliyet göstermekte yani çıktılarını iyileştirme potansiyeline sahiptirler. Ölçeğe göre azalan getiri altında faaliyet gösteren diğer bölümlerin ise çıktılarını iyileştirme potansiyelleri düşüktür.

Etkinlik skorları ve değişkenler arasındaki ilişkiler saçılım grafiği yardımıyla görselleştirilmiş, doğrusal ilişkinin yönü ve kuvveti ise korelasyon değerleri yardımıyla araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en kuvvetli ilişki ($r = -0,8955228$) etkinlik sonuçları ile öğretim üyesi başına düşen lisans öğrenci sayısı girdi değişkeni arasında gözlemlenmiştir. Etkinlik değerleri ile anlamlı diğer korelasyon değerleri KPSS alan sonuçları çıktısı ($r = 0,5467057$) ve bölüm taban puanları ($r = 0,5483404$) olarak hesaplanmıştır. Bu ilişkiler ise pozitif yönlü orta kuvvetli ilişkilerdir.

Kontrol edilemeyen girdilerin çoklu doğrusal regresyon ve tobit regresyonu ile etkinlik skorları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bölüm tabana puanlarına ilişkin regresyon katsayısı her iki analiz sonucunda da anlamlı çıkmış, elde edilen

etkinlik skorları bölüm taban puanları arttıkça çok az da olsa artacağı gözlemlenmiştir.

Son olarak sadece örgün bazıları da hem örgün hem de ikinci öğretim programlarına sahip bölümler arasındaki etkinlik değerlerinin %95 güvenle farklılık göstermediği Mann-Whitney U testi yardımıyla ortaya konmuştur.

Çalışmada sadece etkinlik skorları ile ilgili değerlendirmeler yapılmamış etkinlik skorları üzerine komple bir analiz yapılmaya çalışılmıştır. Fakat unutulmamalıdır ki etkinlik skorları belirlenen KVB'ler, seçilen değişkenler ve modele bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada etkin çıkan bölümler farklı değişken seçimi, farklı modeller ile farklı sonuçlar verecektir. Çalışmanın dördüncü bölümde farklı modellere ilişkin etkinlik skorları verilmiştir.

Eğitim sistemlerinin gelişmesi ülkelerin sosyal ve ekonomik açıdan kalkınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bir eğitim sisteminin son basamağı olan Yükseköğretim'de Türkiye diğer AB ülkeleri ile aynı standartları yakalayabilmesi için öncelikle kendi içinde homojen gruplar olan aynı üniversite bölümlerinde belirli bir eğitim standardını yakalaması ve fırsat eşitliği sunması gerekmektedir. Bazı üniversiteler gerek sunduğu fiziki imkânlar gerekse öğrencilere sunulan eğitim şartları bakımından farklılık göstermektedirler. Bu çalışma diğer yükseköğretim programlarına da uygulanabilir olmakla birlikte çalışma sonucundaki bulgular bölümlerdeki eğitimi geliştirme adına kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] H. Budak, "Veri Zarflama Analizi ve Hisse Senedi Seçiminde Bir Uygulama," *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2010.
- [2] F. Lorcu, "Veri Zarflama Analizi (DEA) ile Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkelerinin Sağlık Alanındaki Etkinliklerinin Değerlendirilmesi: Doktora Tezi," *Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 2008.
- [3] F. Canbek, "Veri Zarflama Analizi ile İstanbul'da Bulunan Özel Hastanelerin Etkinliklerinin İncelenmesi," *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 2007.
- [4] A. Gülcü, H. Tutar ve C. Yeşilyurt, Sağlık Sektöründe Veri Zarflama Yöntemi ile Göreceli Verimlilik Analizi, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2004.
- [5] G. Kecek, Veri Zarflama Analizi: Teori ve Uygulama Örneği, Ankara: Siyasal Kitabevi, 2010.
- [6] A. Tarım, "Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Göreceli Etkinlik Ölçümü Yaklaşımı," *Sayıştay Yayın İşleri Müdürlüğü*, no. 1, 2001.
- [7] İktisat Teorisi, Anadolu Üniversitesi Yayınları, 2001, 62.
- [8] R. Yolalan, "İşletmelerarası göreceli etkinlik ölçümü," *MPM yayınları*, 1993.
- [9] N. Deniz, "Türkiye'deki İllerin Kaynak Kullanımlarına Göre Göreceli Etkinliklerinin Klasik ve Bulanık VZA Yöntemleri ile Belirlenmesi," *Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2009.
- [10] R. D. Banker, A. Charnes ve W. W. Cooper, "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, 30, no. 9, . 1078-1092, 1984.
- [11] T. Güneş, "Bulanık Veri Zarflama Analizi," *Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2006.
- [12] Z. Akal, "İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi Çok Yönlü Performans Göstergeleri," *MPM Yayınları*, 473, no. 2, 2002.

- [13] İ. Kavrakoğlu, “Verimlilik ve Kalite,” *Kalite Dergisi*, **12**, . 3-12, 1991.
- [14] M. Koçer, *Fabrika Organizasyonu ve Dizaynı*, İstanbul : güven Kitapevi, 1974.
- [15] M. İ. Baş ve A. Artar, “İşletmelerde Verimlilik Denetimi: Ölçme ve Değerlendirme Modelleri,” *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*, 1990.
- [16] İ. Yavuz, “Verimlilik ve Etkinlik Ölçümüne Yeni Yaklaşımlar ve İllere Göre İmalat Sanayiinde Etkinlik Karşılaştırmaları,” *Milli Prodüktivite Merkezi*, . 25-42, 2003.
- [17] P. Bogetoft ve L. Otto, *Benchmarking with DEA, SFA and R*, Springer, 2011.
- [18] M. Atan, “Üretim ve Verimlilik Arttırma Teknikleri Eğitim Notları,” *Gazi Üniversitesi Ekonometri Bölümü*, 11, Nisan 2005.
- [19] S. Cingi ve Ş. A. Tarım, “Türk Banka Siteminde Performans Ölçümü: Dea - Malmquist TFV Endeksi Uygulanması,” *Türkiye Bankalar Birliği, Araştırma Tebliğleri Serisi*,; Mayıs 2000.
- [20] S. Kılıçkaplan ve G. Karpat, “Türkiye Hayat Sigortası Sektöründe Etkinliğin İncelenmesi,” *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* , **19**, 1, 2, 2004.
- [21] F. Gökgöz, “Veri Zarflama Analizi ve Finans Alanına Uygulanması,” *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi*,597, 2009.
- [22] B. Özkan, “Ekonomiye Giriş,” *Akdeniz Üniversitesi Yayınları* , 2004.
- [23] M. Farrell, “The Measurement of Productive Efficiency,” *Journal of the Royal Statistician Society*, **120**,3, . 253-290, 1957.
- [24] B. Besen, “Performans Yönetim Sistemi ve Veri Zarflamanın Saplık Sektörüne Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi , İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,” 1994.
- [25] Ramanathan ve R., *A Tool for Performance Measurement*, Sage Publications, 2003.
- [26] S. Gattoufi, M. Oral ve A. Reisman, “A Taxonomy for Data Envelopment Analysis,” *Socio_Economic Planning Sciences*,**38**, 2-3, 9 December 2002.

- [27] R. Cross ve Rolf, “Farrell efficiency under Value and Quantity Data,” *J Prod Anal*, **29**, . 193-199, 23 January 2008.
- [28] T. Büyükbaşaran, “Ranking Units by Target-Direction-Set Value Efficiency Analysis and Mixed Integer Programming,” *Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Esntitüsü*, 2005.
- [29] A. Charnes, W. W. Cooper ve E. Rhodes, “Measuring the efficiency of decision making units,” *European Journal of Operational Research*, **2**, 6, 429-444, 1978.
- [30] W. W. Cooper, L. M. Seiford ve K. Tone, *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive text with Models, Alications, References and DEA- Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [31] J. Liu, L. Y. Y. Lu, W.-M. Lu ve B. Y. Lin, “Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey,” *Omega* , 2013.
- [32] A. Emrouznejad, B. R. Parker ve G. Tavares, “Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA,” *Socio-Economic Planning Sciences*, **42**, 151-157, 2008.
- [33] R. D. Banker, “A game theoretic aroach to measuring efficiency,” *European Journal of Operational Research*, **5**, 4, 262-266, 1980.
- [34] A. Charnes, W. W. Cooper, B. Golany, L. Seiford ve J. Stutz, “Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions,” *Journal of Econometrics*, **30**, 1-2, .91-107, 1985.
- [35] A. Charnes, W. W. Cooper ve R. M. Thrall, “Classifying and characterizing efficiencies and inefficiencies in data development analysis,” *Operations Research Letters*, **5**, 3, 105-110, 1986.
- [36] L. M. Seiford ve R. M. Thrall, “Recent developments in DEA: The mathematical programming aroach to frontier analysis,” *Journal of Econometrics*, **46**, 1-2, 7-38, 1996.
- [37] P. Andersen ve N. C. Petersen, “A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis,” *Management Science* , 39, 1993.

- [38] K. Karabulut, Ş. M. Ersungur ve Ö. Polat, “Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye'nin Ekonomik Performanslarının Karşılaştırılması:Veri Zarflama Analizi,” *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, **1**, 22, Ocak 2008.
- [39] Ü. H. Özden, “Faktör Analizi ve Veri Zarflama Analizi ile AB' ye Üye Seçilmiş ve Bazı Ülkelerin Karşılaştırılmalı Analizi,” *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, **1**, 13, 127-145, Haziran 2011.
- [40] T. Huang ve Wang, “Comparison of Ecomic Efficiency Estimation Methods: Parametric and Non-Parametric Techniques,” *The Manchester School*, **70**, 5, 682-709, 2002.
- [41] H. Yan ve Q. Wei, “Data envelopment analysis classification machine,” *Elsevier: Information Sciences*, **181**, 5029-5041, 2011.
- [42] S. Aoki, A. Naito, R. Gejima, K. Inoue ve H. Tsuji, “Data envelopment analysis for a suly chain,” *Artif Life Robotics*, **15**, 171-175, 2010.
- [43] M. G. Smirlis, E. Maragos ve D. K. Despotis, “Data envelopment analysis with missing values: An interval DEA aroach,” *Alied Mathematics and Computation*, **177**, 1-10, 2006.
- [44] K. W. Wöber, “Data Envelopment Analysis,” *Journal of Travel & Tourism Marketing*, **21**, 4, .91-108, 2007.
- [45] İ. H. Seyrek ve H. A. Ata, “Veri Zarflama Analizi ve Veri Madenciliği ile Mevduat Bankalarında Etkinlik Ölçümü,” *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar*, **4**, 2, 2010.
- [46] J. Seydel, “Data envelopment analysis for decision suort,” *Industrial Management + Data Systems*, 2006.
- [47] İ. E. Yıldırım, “Veri zarflama analizinde girdi ve çıktıların belirlenmesindeki kararsızlık problemi için temel bileşenler analizine dayalı bir çözüm önerisi,” *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, **39**, 1, .141-153, 2010.
- [48] M. E. Yeşilyurt, “Türkiye'deki Eğitim Hastanelerinin Etkinlik Analizi,” *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, **21**,1, 61-72, 2007.

- [49] Y. Temür, “İllerin Gelişmişlik Derecelerine Göre Hastanelerin Etkinlik Analizi,” *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, XXIX, 2, 1-22, 2010.
- [50] B. Sezen ve M. Ş. Gök, “Veri zarflama analizi yöntemi ile hastane verimliliklerinin incelenmesi,” *ODTÜ Gelişme Dergisi*, **36**, .383-403, 2009.
- [51] Ö. Coşgun ve G. Oğcu, “Data Envelopment Analysis Application in the Energy Market”.
- [52] M. S. Altan, “Türk Sigortacılık Sektöründe Etkinlik: Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Bir Uygulama,” *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **12**, 1, 185-204, 2010.
- [53] R. D. Banker ve H. Chang, “The super-efficiency procedure for outlier identification, not for ranking efficient units,” *European Journal of Operational Research*, **175**, 1311-1320, 2006.
- [54] C. P. Barros ve S. Leach, “Performance evaluation of the English Premier League with data envelopment analysis,” *Applied Economics*, **38**, 1449-1458, 2006 .
- [55] H. Bal ve H. H. Örkcü, “Çok Kriterli Karar Verme Açısından Veri Zarflama Analizi ile Diskriminant Analizinin Birleştirilmesi: Yeni Bir Model,” *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **18**, 3,. 355-364, 2005.
- [56] İ. D. Kocakoç, “Veri Zarflama Analizi'ndeki Ağırlık Kısıtlamalarının Belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Sürecinin Kullanımı,” *Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi*, **18**, 2, 1-12, 2003.
- [57] J. S. Boles, N. Donthu ve R. Lohtia, “Salesperson Evaluation Using Relative Performance Efficiency: The Application of Data Envelopment Analysis,” *The Journal of Personal Selling and Sales Management*, **15**, 3, 31-49, 1995.
- [58] M. E. Kıranoglu, “Measuring Secondary School Education Efficiencies of Turkish Provinces: An Application of Data Envelopment Analysis,” *T.C.Marmara University Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences : Thesis for the Degree of Master of Science in Industrial Engineering Programme*, 2005.

- [59] J. Johnes ve L. Yu, “Measuring the research performance of Chinese higher education institutions using data envelopment analysis,” *China Economic Review*, **19**, 679-696, 2008.
- [60] G. Kempkes ve C. Pohl, “The efficiency of German universities- some evidence from non-parametric and parametric methods,” *Applied Economics*, **42**, 2063-2079, 2010.
- [61] M. Atan, G. Karpat ve A. Göksel, “Ankara'daki Anadolu Liselerinin Toplam Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Hesaplanması,” *XI Eğitim Bilimleri Kongresi*, 2002.
- [62] C. H. Kağnıcıoğlu ve Ö. İcan, “Measuring Relative Efficiencies of Turkish Universities in 2007: A DEA Case Study in R,” *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, **11**, 1, 13-26, 2011.
- [63] Ü. H. Özden, “Veri zarflama analizi (VZA) ile Türkiye’deki vakıf üniversitelerinin etkinliğinin ölçülmesi,” *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, **37**, 2, 167-185, 2008.
- [64] F. Bakırcı ve A. Babacan, “İktisadi ve İdari Bilimler Fakültelerinde Ekonomik Etkinlik,” *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, **24**, 2, 2010.
- [65] D. Balkan, “Sivas İli Ortaöğretim Kurumlarının Eğitim Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi,” *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2009.
- [66] [Çevrimiçi]. <http://tez2.yok.gov.tr/>.
- [67] [Çevrimiçi]. <http://scholar.google.com.tr/>.
- [68] [Çevrimiçi]. <http://anadolu.summon.serialssolutions.com/search?utf8=%E2%9C%93&s.q=veri+zarflama+analizi>.
- [69] H. Balkan, “Hisse Senedi Piyasalarının Etkinliğinin Klasik VE Bulanık Veri Zarflama Analizi ile Belirlenmesi,” *Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2011.
- [70] S. Yürüşen, “Veri Zarflama Analizi ile Bayi Performansının Hesaplanması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama,” *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik*

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.

- [71] M. Düzgün, “Veri Zarflama Analizyle Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Etkinlik ve Verimlilik Analizi,” *Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 2011.
- [72] K. O. Oruç, “Veri Zarflama Analizi ile Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama,” *Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 2008.
- [73] Z. Aydemir, “Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri:Veri Zarflama Analizi Uygulaması, DPT, Uzmanlık Tezi, Yayın No:2664.,” 2002.
- [74] B. Bektaş, “Türkiye’de Faaliyet Gösteren Bankaların Farklı Yöntemlerle Sınıflandırılması Ve Etkinliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,” 2007.
- [75] A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin ve L. M. Seiford, *Data Envelopment Analysis, Theory, Methods and Applications*, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [76] W. D. Cook ve L. M. Seiford, “Data Envelopment Analysis (DEA) - Thirty Years on,” *European Journal of Operation Research*, **192**, 1-17, 2009.
- [77] A. Öztürk, *Yöneylem Araştırması*, Bursa: Etkin Kitapevi, 2002.
- [78] W. W. Cooper, *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Hingham, MA: Kluwer Academic Publications, 2004.
- [79] W. W. Cooper, L. M. Seiford ve J. Zhu, *Data Envelopment Analysis: History, Models and Interpretations*, Boston: Kluwer Academic Publications, 2000.
- [80] R. D. Banker, W. Cooper, L. M. Seiford, T. R. M. ve J. Zhu, “Returns to scale in different DEA models,” *European Journal of Operation Research*, **154**, 345-362, 2004.
- [81] R. Alpar, *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler*, Ankara : Detay Yayıncılık, 2011.
- [82] C. C. Çelikoğlu ve A. Suner, “Türkiye'deki İstatistik Bölümlerine İlişkin

İstatistikler”.

[83] [Çevrimiçi].<http://www.osym.gov.tr/dosya/161379/h/bolum1yuksekogretimprogramlari.pdf>.