

**İSTATİSTİKSEL VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE BİR  
UYGULAMA**

146027

**Gülay DEMİR**

146027

**T.C.  
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin İşletme  
Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı için Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.**

**TEZ DANIŞMANI  
Yrd. Doç. Dr. Aslan GÜLCÜ**

**SİVAS  
2004**

Cumhuriyet Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne

Gülay DEMİR tarafından hazırlanan bu çalışma jürimiz tarafından İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Mahmut KARTAL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Aslan GÜLCÜ (Danışman)

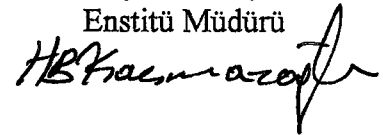
Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüdaverdi BİRCAN



Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

18..10.3/ .2004

Prof. Dr. H. Bayram KAÇMAZOĞLU  
Enstitü Müdürü



## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren ve cesaretlendiren tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Aslan GÜLCÜ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yabancı kaynakların derlenip Türkçe'ye çevrilmesinde desteğini esirgemeyen kardeşim Séher DEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalıőmalarımı sürdürürken maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme de teşekkür ederim.



## ÖZET

Bu çalışmada İstatistiksel Veri Zarflama Analizinin kavramsal incelemesi ve kâr amacı gütmeyen bir kurum olan hastanede uygulaması verilmiştir.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. I. bölümde performans analizi kavramsal olarak anlatılmıştır. II. bölümde performans ölçüm modelleri; oran analizi, regresyon analizi ve veri zarflama analizi sunulmuştur. III. bölümde İstatistiksel Veri Zarflama Analizinin teori ve modeli anlatılmıştır. Ayrıca VZA+, İstatistiksel Işın Sınır Üretim Modeli ve Dinamik Koşullu Olarak Değişen Varyanslı İstatistiksel Sınır Modeli olmak üzere üç temel yaklaşımda bulunulmuştur.

IV. bölümde ise Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesinde bir uygulamaya yer verilmiştir. 2000 yılı verileri baz alınarak hastanenin verimlilik fonksiyonu Işın Sınır Üretim modeli yöntemiyle yazılmaya çalışılmıştır.

## ABSTRACT

In this study, the conceptual examination of the statistical data envelopment analysis and also its application to the hospital which is an institution having no aim of profit are given.

The study consists of four chapters. In the first chapter, the analysis of performance is explained conceptually. In the second chapter, performance measurement models; rate analysis, regression analysis and data envelopment analysis are presented. In the third chapter, the theory and model of statistical data envelopment analysis are given. In addition, DEA+, multiple output statistical ray frontier production model, dynamic conditionally heteroscedastic statistical frontier model, three main approaches to statistical data envelopment analysis takes place in this chapter.

In the fourth chapter, the application of statistical data envelopment analysis to the Cumhuriyet University Searching and Practicing Hospital is given the efficiency of the hospital is examined with ray frontier production model based on the 2000 year data.

**TABLÖLAR LİSTESİ****Sayfa No**

<b>Tablo 1.1</b> Literatürde Yer Alan Performans Yaklaşımları.....	9
<b>Tablo 1.2</b> Verimlilik Nedir? Ne Değildir? .....	17
<b>Tablo 4.1</b> Hastane 2000 Yılı Verileri .....	107
<b>Tablo 4.2</b> Girdi ve Çıktıların Belirleyici İstatistikleri .....	107
<b>Tablo 4.3</b> D-W Testi Karar Tablosu .....	113



**ŞEKİLLER LİSTESİ****Sayfa No**

<b>Şekil 1.1</b> Yedi Performans Boyutunun İlişkisi .....	24
<b>Şekil 2.1</b> Girdi Yönelimli Teknik ve Tahsis Verimlilik .....	48
<b>Şekil 2.2</b> Çıktı Yönelimli Teknik ve Tahsis Verimlilik .....	49
<b>Şekil 2.3</b> Girdi Yönelimli VZA Verimlilik Sınırı .....	58
<b>Şekil 2.4</b> Çıktı Yönelimli VZA Verimlilik Sınırı .....	59
<b>Şekil 2.5</b> Ölçeğe Göre Sabit Getiri .....	61
<b>Şekil 2.6</b> Verimlilik Sınırları ve Ölçek Verimliliği .....	63
<b>Şekil 3.1</b> İVZA ve VZA Sınırları .....	81

**KISALTMALAR**

<b>AD</b>	: Aylak Değişken
<b>VZA</b>	: Veri Zarflama Analizi
<b>KVB</b>	: Karar Verme Birimi
<b>CCR</b>	: Charnes, Cooper, Rhodes
<b>BCC</b>	: Banker, Charnes, Cooper
<b>İVZA</b>	: İstatistiksel Veri Zarflama Analizi
<b>TV</b>	: Teknik Verimlilik (Technical Efficiency)
<b>TEV</b>	: Toplam Ekonomik Verimlilik
<b>TaV</b>	: Tahsis Verimlilik
<b>İSH</b>	: İstatistiksel Sınır Hesaplaması
<b>MOH</b>	: Maksimum Olasılık Hesaplayıcısı
<b>KDV</b>	: Koşullu Değişen Varyanslı (Conditionally Heteroscedastic)
<b>ABKDV</b>	: Ardışık Bağımlı Koşullu Değişen Varyanslı (Autoregressive Conditionally Heteroscedastic)
<b>exp</b>	: üstel (exponential)
<b>O</b>	: Olasılık
<b>Min.</b>	: en küçük
<b>Maks.</b>	: en büyük
<b>E</b>	: Beklenen değer
<b>var</b>	: varyans
<b>eküs</b>	: en küçük üst sınır



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	i
<b>ÖZET</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	iv
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	v
<b>KISALTMALAR</b> .....	vi
<b>GİRİŞ</b> .....	1
<b>I. BÖLÜM</b>	
<b>PERFORMANS ANALİZİ</b> .....	8
1.1. Performansın Tanımı .....	8
1.2. Performans Boyutları .....	10
1.2.1. Etkinlik .....	10
1.2.1.1. Etkinlik Çeşitleri .....	11
1.2.2. Etkililik .....	12
1.2.3. Verim ve Girdilerden Yararlanma .....	12
1.2.3.1. Verim .....	12
1.2.3.2. Girdilerden Yararlanma .....	13
1.2.4. Verimlilik .....	14
1.2.4.1. Verimlilik Çeşitleri .....	15
1.2.5. Kalite .....	17
1.2.6. Yenilik .....	19

1.2.7. Çalışma Yaşamının Kalitesi .....	20
1.2.8. Kârlılık ve Bütçeye Uygunluk .....	21
1.2.8.1. Kârlılık .....	21
1.2.8.2. Bütçeye Uygunluk .....	21
1.2.9. Diğer Performans Boyutları .....	22
1.2.9.1. Kamusal Sorumluluk .....	22
1.2.9.2. Ürün Liderliği .....	22
1.3. Performans Boyutları ve Aralarındaki İlişki .....	23
1.4. Performans Yönetimi .....	24
1.5. Performans Denetimi .....	26
1.6. Performans Analizi .....	28
1.6.1. Performansın Değerlendirilmesine Bir Yaklaşım .....	28
1.6.1.1. Emek-Zaman Yöntemi .....	29
1.6.1.2. Parasal Yöntemler .....	29
1.6.1.3. Emek Performansı .....	29
1.6.2. Kamu Yönetimi ve Kamu Kesiminde Performans Analizi .....	30
1.6.3. İşletme Düzeyinde Performans Analizi .....	30
1.6.4. Performans Analizinin Sorunları .....	31
1.6.4.1. Performans Analizinin Teknik Sorunları .....	31
1.6.4.2. Performans Analizinin Örgütsel Sorunları .....	33

## II. BÖLÜM

PERFORMANS ÖLÇÜM YAKLAŞIMLARI .....	35
2.1. Oran Analizi .....	35

2.2. Parametrel Yöntemler .....	38
2.2.1. Basit Regresyon Analizi .....	38
2.2.2. Çoklu Regresyon Analizi .....	40
2.3. Parametresiz Yöntemler .....	43
2.3.1. Veri Zarflama Analizi (VZA) .....	43
2.3.1.1. VZA'nın Tarihsel Geçmişi .....	43
2.3.1.2. VZA'nın Uygulama Alanları .....	45
2.3.1.3. VZA'nın Temelleri .....	46
2.3.1.4. VZA'nın Matematiksel Temelleri .....	46
2.3.1.5. VZA'da Kesirli Matematiksel Program .....	50
2.3.1.6. Doğrusal VZA Programı Primal Formülasyon .....	54
2.3.1.7. Doğrusal VZA Programı Dual Formülasyon .....	56
2.3.2. VZA'da Teknik Verimlilik .....	58
2.3.3. VZA'da Ölçek Verimliliği .....	60
2.3.3.1. Sabit Getirili Verimlilik Sınırı .....	61
2.3.3.2. Ölçeğe Göre Değişen Getiri .....	62
2.4. Verilerin Düzenlenmesi ve Analizinde VZA'nın Önemi .....	65
2.4.1. VZA'da Gözönünde Bulundurulması Gereken Özellikler .....	66
2.5. VZA Uygulama Aşamaları .....	67
2.5.1. Karar Verme Birimlerinin Seçilmesi .....	67
2.5.2. Giriş ve Çıktıların Seçilmesi .....	68
2.5.3. Verilerin Elde Edilebilirliği ve Güvenirliliği .....	69
2.5.4. Görel Verimliliğin Ölçülmesi .....	69

2.5.5. Verimlilik Değerleri ve Verimlilik Sınırı .....	70
2.5.6. Referans Grupları .....	71
2.5.7. Verimsiz KVB İçin Hedef Belirlenmesi .....	72
2.5.8. Sonuçların Değerlendirilmesi .....	73
2.6. VZA'nın Güçlü ve Zayıf Noktaları .....	73

### III. BÖLÜM

İSTATİSTİKSEL VERİ ZARFLAMA ANALİZİ .....	76
3.1. İstatistiksel Veri Zarflama Analizinin Teori ve Modeli .....	76
3.2. İVZA'nın Grafikselsel Yorumu .....	79
3.3. İVZA'ya Temel Yaklaşımlar .....	82
3.3.1. VZA+ .....	82
3.3.1.1. Matematiksel Yapısı .....	82
3.3.1.2. VZA+'nın Tutarlılığı .....	85
3.3.2. Çok Çıktılı İstatistiksel Işın Sınır Üretim Modeli .....	89
3.3.2.1. Işın Sınırlı Üretim Fonksiyonu .....	91
3.3.2.2. İstatistiksel Işın Sınır Üretim Fonksiyonu .....	94
3.3.2.2.1. Model .....	95
3.3.3. Dinamik Koşullu Değişen Varyanslı İstatistiksel Sınır Modeli .....	97
3.3.3.1. Model .....	97
3.3.3.2. Hipotez Testi .....	100
3.3.3.3. Olasılık Fonksiyonu .....	101
3.3.3.4. Teknik Verimsizlik Tahmini .....	103

## IV. BÖLÜM

İVZA İLE BİR UYGULAMA .....	105
4.1. Problemin Tanımı .....	105
4.2. Araştırmanın Amacı .....	105
4.3. Araştırmanın Yöntemi .....	106
4.4. Girdi ve Çıktı Verilerinin Belirlenmesi .....	106
4.5. Sonuçlar .....	111
SONUÇ .....	115
KAYNAKÇA .....	119

## GİRİŞ

Bireysel ve toplumsal yaşamın hemen hemen bütün alanlarıyla ilgili olan performans, amaçlanan hedeflere yönelik olarak nereye varabildiğimizdir. Performans kavramının tanımı kadar boyutları da çeşitlilik göstermektedir. “Bir işi doğru yapabilme” etkinlik boyutuyla ilgili bir faaliyettir. Ayrıca etkinlik ölçümleri ile başka ne yapmalıyız?, nerede olmalıyız? sorularına en uygun yanıtlar aranır. “İşleri doğru yapmak” verimi tanımlar. Şimdi neredeyiz?, daha iyi nasıl olabiliriz? sorularına yanıt verebilen bir performans boyutudur. Ekonomik ve sosyal yaşamın sürekli değişen koşullara uyarlanması da verimlilik olarak ifade edildi. Performansın diğer bir boyutu olan kalite, bir ürün veya hizmetin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özelliklerin toplamıdır. Performans boyutlarından olan yenilik de, daha önceki ihtiyaçları daha iyi karşılayabilme, yeni ihtiyaçlara yanıt verebilme olarak özetlenebilir. Çalışanların çalışma yaşamının değişik yönlerine ilişkin düşünce ve davranışları olarak ifade edilen çalışma yaşamının kalitesi de boyutlar arasındadır. Dönemsel kârın, satışlara bölünmesiyle bulunan oran; kârlılığı, kâr amacı olmayan kamu örgütlerinde kârlılığın yerine bir performans göstergesi olarak kullanılan bütçeye uygunluk performans boyutudur. Kamusal sorumluluk ve ürün liderliği kavramları da performans boyutudur.

Sonuçta, bu performans boyutlarında yönetim önce etkinliğe önem vermelidir. Yapılması gereken doğru işler nedir? Daha sonra dikkat verim ve kaliteye yönelmelidir; doğru işleri doğru biçimde gerçekleştirmek için hangi kaynaklar ne miktarda tüketilecektir, kalite nasıl, ne düzeyde sağlanacaktır? Eğer sistem bu üç

boyutu iyi yönetebilirse verimlilik bunu izler. Çalışma yaşamının kalitesi ve yenilik bu dengede tamamlayıcı öğelerdir. Bunlar verimlilik ve kârlılık arasındaki ilişkiyi düzenlerler. Kârlılık kısa dönemli bir beklentidir. Sürekli işleyen bir döngü içinde performansı geliştirme planlaması, ölçme, değerlendirme, kontrol aşamaları sistemin işleyişini hedeflerine uygun olarak yönlendiren örgütsel bir düzen performans yönetimi olarak özetlenebilir. Ekonomik düzeyde karar almaya yardımcı olan etkili bir araç olan performans analizi ulusal ve sektörel düzeyde sosyal ve ekonomik politikaların niteliklerinin değerlendirilmesini sağlar. Kamu sektöründeki performans değerlendirmesi ile özel sektör performans değerlendirmesi arasında önemli bir fark vardır. Özel sektörün çıktısı, satış noktasında hesaplanır. Kamu kesiminde, bir dairenin çıktısı ile o dairenin görevindeki başarısı arasında fark vardır. Performans istatistikleri sadece ulusal politika kararlarında değil, dairenin kendi işlemlerinde de kullanılır. Performans analizinin sorunları performans ölçüm teknikleriyle ilgili olanlar ve kuruluşlarla ilgili olanlar olarak iki başlıkta toplandı. Teknik sorunlar; farklı tipteki girdiler ortak bir paydada nasıl toplanacaktır?, zaman içinde girdide meydana gelen nitel veya nicel değişimler nasıl ele alınacaktır?, girdi ve çıktı ölçümlerinin birbirlerinden bağımsız olmaları nasıl sağlanacaktır? şeklinde özetlenir. Örgütsel sorunlar da; ölçümün yanlış anlaşılma ve yanlış kullanılma olasılığı, performans yetersizliğinin ortaya çıkması, ek zaman ve rapor vermek talepleri, personel azaltma, özerkliğin azaltılması şeklindedir.

Performans tanımında olduğu gibi ya da performansın çeşitli boyutları göz önüne alındığında performans ölçüm yöntemleri de çeşitlilik göstermektedir. Performans boyutlarını ölçen yöntemleri; oran analizi, regresyon analizi ve veri

zarflama analizi olmak üzere üç başlıkta toplamak mümkündür. Oran analizi, hesaplanması en kolay olduğundan ve oldukça az veri gerektirdiğinden yaygın olarak kullanılır. Fiili olarak gerçekleşen verilerin değerlemesini yapar, geçmişe dayalı bir değerlendirme yöntemidir. Yararlı ve anlamlı bir oran analizi, büyük ölçüde güvenilir ve karşılaştırılabilir verilerin varlığına bağlıdır. Oran analizinde her bir oran performansla ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne alırken diğerleri göz ardı edilmektedir. Bazı oranlar kapasite yönünden işletmenin çok başarılı olduğu sonucunu verirken başka bir oran açısından işletme son derece başarısız olabilir. Bu sorun girdi ve çıktıların tek bir ölçekte birleştirilememesinden kaynaklanmaktadır. Tek girdi ve tek çıktının kullanıldığı durumlar için güçlü bir ölçüm modeli olmasına rağmen girdi ve çıktı sayısı arttıkça kontrol etmek ve oranlar kümesinde yer alan oranların birbirlerini karşılıklı nasıl etkilediklerini yorumlamak zorlaşır. Statik nitelikli bir analiz olduğundan yalnız bir dönemlik performansı yansıtır. Herhangi bir analitik üretim fonksiyonunun varlığını kabul ederek ölçüm yapan parametrik yöntem olan regresyon analizi, üretim fonksiyonunu tek çıktı, tek/çok girdi olarak tanımlamaktadır.  $y$  bağımlı  $x$  bağımsız değişken olmak üzere iki değişken arasındaki sebep/sonuç ilişkisini matematiksel model olarak ortaya koyan yöntemi regresyon analizidir. Söz konusu model yer alan katsayılar En Küçük Kareler Yöntemi ile tahmin edilip tahminlerin standart hatası hesaplanır; hatanın küçüklüğü fonksiyonun uygunluğunu gösterir. İki değişken arasındaki ilişkinin düzeyi Pearson korelasyon katsayısı  $r$  ile hesaplanır. Korelasyon katsayısının önemliliği de  $t$  testi ile test edilir.  $t$  test istatistiğinin önemliliği  $n - 2$  serbestlik dereceli  $t$  dağılımının kritik değerlerine göre belirlenir. Regresyon analizi, oran analizinden daha etkili ve kapsamlıdır. Bu



yöntemde çizilen regresyon eğrisine olan uzaklığa göre bir performans boyutunun verimli olup olmadığı belirlenir. Regresyon analizi bir tek eşitlik denklemine dayanan bir fonksiyon kullandığından birden çok girdi değişkenine karşılık bir çıktı değişkeninin analizini yapar. Performans analizinde gereksiz olan merkezi eğilim ölçüleri (En Küçük Kareler Yöntemi) kullanıldığından en iyi performansa göre performans analizi yerine ortalama performansa göre göreceli verimlilik ölçümü yapılır. Üretilen çıktılarla bir eşitlikte girdilerin nasıl ilişkilendirildiğine dair parametrik bir üretim fonksiyonunun tanımlanması gerektiğinden verimsiz birimleri tanımlayamaz. Bütün bu eksiklikleri ortadan kaldıran birden çok girdi ve çıktı değişkenini birleştiren, matematik programlamayı çözüm tekniği olarak benimseyen VZA geliştirilmiştir. İlk olarak oransal olarak CCR formül modunda ortaya çıkan VZA ölçeğe göre sabit getiri durumunu varsayar. Daha sonra ölçeğe göre değişen getiri BCC formül modu ortaya çıkmıştır. Günlük hayatta oldukça geniş uygulama alanına sahip olan VZA doğrusal programlama modeline dayanan KVB lerinin göreceli verimliliğini tahmin etmek için tasarlanmış parametrik olmayan bir yöntemdir. VZA gözlemlenen KVB nin girdi ve çıktı miktarlarına dayalı olarak en iyi üretim bileşimini baz alarak bir sınır belirler ve her hangi bir KVB nin verimliliğini bu sınıra olan uzaklığına göre göreceli olarak analiz eder. Bir KVB nin “1” verimlilik değerine ulaşabilmesi için hem teknik verimliliğe hem de ölçek verimliliğe sahip olması gerekir. Ölçeğe göre değişen getiri durumunda ise, ölçek verimliliği olmayan bir birim eğer teknik verimliliğe sahipse, “en iyi gözlem” olarak sınır üzerinde yer alabilir. Verimlilik değerlerini yorumlamak için amaçlanan çalışma için uygun KVB nin ne olduğu saptanmalıdır. KVB konusunda karşılaştırmanın temelini oluşturan

girdi ve çıktılar büyük bir dikkatle seçilmelidir. Girdi ve çıktı verilerinin elde edilmesi ve güvenilirliği çok önemlidir. Zaman içinde geniş uygulama alanı bulan gerek teorik gerekse pratik açıdan ilerleme kaydeden VZA'nın güçlü ve zayıf yönleri vardır. VZA, verimsiz bir karar biriminin performansını ve kümesindeki görece olarak verimli KVB'nin seviyesine çıkarmak için alternatif yollar belirler. Ancak yöntem, verimsiz KVB verimli üretim ilişkisine ulaştıracak tek bir yol önermez. Burada KVB'ne uygun iyileştirme yolunu seçmek araştırmacının yargısına ve tecrübesine kalmıştır. VZA genel olarak fiziksel çıktı ve girdi ölçüleri ile test edilmiştir ve bu durumda sonuç olarak yöntem teknik girdi-çıkıtı verimliliği ile sınırlıdır. Verimsizlik belirlendiğinde VZA aynı çıktıların daha az girdi ile üretilebileceğini söyler. Yöntemin yetenekleri çıktı ve girdilere görece fiyatlar veya öncelikli ağırlıklar tahsis etmek suretiyle güçlendirilebilir. Ayrıca fiziksel olmayan çıktı ve girdi ölçüleri sonuçları zayıflatabilmektedir. Örneğin çıktı ölçüsü olarak bir kalite indeksi kullanılması yanıltıcı sonuçlara götürebilmektedir. VZA yalnızca verimsizliği belirler ve verimliliği incelemeye almaz. Yöntemin kullanımı, VZA'nın kullanılmasının uygun olup olmadığının belirlenmesinden sonuçların yorumlanmasına kadar, kullanıcı tecrübe ve bilgisine bağımlı olabilir. Bazı verimsizlik durumları kontrol edilemeyen bileşenlere bağımlı olabilir. Bu durumda belirlenen hedeflere ulaşmak mümkün değildir. Bir VZA verimlilik çalışması için ilgili çıktı ve girdilerin belirlenme yöntemleri çok önemlidir. İlgili girdi ve çıktılar inceleme dışı bırakıldığında, bunların ölçülmesi çok zor ve imkansız olduğunda, yöntemin verdiği sonuçlar yanıltıcı ve yanlış olabilir. VZA ile verimli olmadığı saptanan KVB, veri kümesindeki diğer KVB ile karşılaştırıldığında katı bir şekilde

verimsizdir. Ancak verimsiz KVB, karşılaştırmada toplam veri kümesinden daha küçük bir veri kümesine oranla verimsiz bulunduğundan, araştırmacının dikkatini verimsizliğin kaynağı ve doğası üzerinden yoğunlaştırması mümkün olur. VZA'nın uygulanması, özellikle denetim elemanlarının üretim çevresini tüm ilgili girdi ve çıktıları tanımlamak suretiyle daha iyi tanımlarını sağlar. VZA'nın bir diğer yararı, yeniden başvuruyu mümkün kılan bir veri tabanı yaratmayı özendirmesidir.

İstatistiksel Veri Zarflama Analizi (İVZA) başlığı altında Türkçe literatürde herhangi bir çalışma yapılmamıştır. İVZA, VZA'nın verimlilik ölçümünde istatistiksel hatalara yer vermediğinden etkili karşılaştırmalar yapılamadığından istatistiksel hatayı parametrik olmayan çoklu çıktı ve çoklu girdi verimlilik çalışmaları ile birleştirmek amacındadır. İVZA ya üç yaklaşım öne sürülmüştür. Bunlardan ilki VZA+ modelidir. Bu modelde alınan ham veri ile sınır hesaplama yaklaşımı, sadece sınırlandırılmış bir etkinlik unsurunun varsayılmasıyla istatistiksel sınır hesaplamadan ayrılır. Sayısal olarak kolayca gösterilen koşulları yerine getiren ve veri paneli gerektirmeyen tutarlı, yarı – parametrik bir sınır hesaplama tekniğidir. VZA+, üretim sınırının şekli konusunda parametrik varsayımlar istemediğinden avantaj sunar. Ayrıca çok çıktılı üretimin teknik verimliliğini araştırma olasılığı da bu avantajlara eklenebilir. Diğer bir yöntem de, çok çıktılı istatistiksel ışın sınır üretim modelidir. Bu model, çoklu girdi çoklu çıktı teknolojileri için teknik verimlilik ve sınır fonksiyonlarının tahminine imkan veren tek çıktı sınır modelinin bir genellemesidir. Işın sınır fonksiyonu çıktıların bir kutupsal koordinat gösterimine dayanır ve çıktı normunu kutupsal koordinat çıktı açıları ve girdilerin bir fonksiyonu tanımlar. Hata kavramları çıktıları merkezi olarak etkiler ve teknik verimlilik

gözlemlenen çıktı normundan üretim sınırına kadar olan merkezi mesafe olarak gösterilir. Model, 2000 yılı verileri kullanılarak Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesinin 17 ünitesine uygulandı. Basit doğrusal ışın sınır modelini kullanan uygulamanın asıl amacı, yeni ışın modelinin tahminini göstermektir. Önerilen modellerin en sonuncusu dinamik koşullu olarak değişen varyanslı sınır modelidir. Bu modelde, teknik verimsizlik bozulma kavramı için genel bir zaman değişimli dinamik ve değişen varyanslı istatistiksel süreç sunan istatistiksel sınır modelinin yeni bir tanımlamasını verir. Dinamik koşullu olarak değişen varyans tanımlaması, düzenlenmiş hata kavramının geçmiş gerçekleşmeleri üzerinde koşullanan firma ve zaman bağlantılı teknik verimsizlik varyansını koşullu değişen varyans olarak tanımlar. Yani, geçmişte büyük sınır şokları veya teknik verimsizlik şokları şu anki periyodun teknik verimsizlik varyansını artırır. Standart istatistiksel sınır modeli, önerilen koşullu olarak değişen varyanslı model içinde yer alır. Bu hükümsüzün süreç üreten veriyi standart bir istatistiksel sınır modeli olarak belirttiği ve alternatifin önerilen koşullu değişen varyans modelini temsil ettiği önerilen model tanımlamasının basit bir olasılık oran testine imkan sağlar. Yokluk hipotezinin tek taraflı bir olasılık oran testinin koşullu değişen varyanslı modelindeki parametrelerin sınır kısıtlamalarını birleştiren asimptotik dağılımlara dayanması gerektiği düşünöldü. Yani, asimptotik dağılım, standart olasılık oran testi için standart  $\chi^2$  dir. Bu model koşullu değişen varyans için zaman serileri ardışık bağlantılı koşullu değişen varyanslı (ABKDV) modeline dayanan dinamik bir istatistiksel süreci izlemek için istatistiksel sınır modellerindeki teknik verimsizliği örneklemeye ilk yaklaşımdır.

## I. BÖLÜM

### PERFORMANS ANALİZİ

#### 1.1. Performansın Tanımı

Performans, bireysel ve toplumsal yaşamın hemen hemen bütün alanları ile ilgilidir. Bu sebepten performans tanımı üzerinde bir görüş birliği yoktur. Ancak çok boyutlu bir kavram olduğu için birçok tanıma sahiptir. Türk Dil ve Tarih Kurumu, performansını “başarım” sözcüğünün karşılığı olarak vermiştir.

“Performans genel anlamda amaçlı ve planlanmış bir etkinlik sonucunda elde edileni, nicel ya da nitel olarak belirleyen bir kavramdır.” (Akal, 2000: 1).

Performans, bir işi yapan bir bireyin, bir grubun ya da teşebbüsün o işle amaçlanan hedefe yönelik olarak, nereye varabildiği, başka bir deyişle; neyi sağlayabildiğinin nicel (miktar) ve nitel (kalite) olarak anlatımıdır.

Kişi, grup veya teşebbüsün performans anlayışları birbirinden farklı olacağından bu kişi veya kuruluşlara göre performans kavramı da değişir. Performansın tamını yapmak için belirli sınırlar yoktur.

Performansın tanımlamasında çeşitli yaklaşımlar vardır. Literatürdeki performans yaklaşımları aşağıda Tablo 1.1’de verilmiştir.

**Tablo 1.1 Literatürde yer alan performans yaklaşımları**

<b>Yaklaşım</b>	<b>Tanımı</b>
Amaç Yaklaşımı	İfade edilen amaçlara ulaşılma derecesi
Sistem Kaynakları Yaklaşımı	Gereksinim duyulan kaynakların elde edilme derecesi
İç Süreç Yaklaşımı	İç bileşenler arasındaki uyumluluk derecesi
Bileşenler Yaklaşımı	Bütün stratejik bileşenlerin en azından minimal olarak tatmin edilme derecesi
Hata Yaklaşımı	Hata yapılmaması
Yüksek Verimli Sistemler Yaklaşımı	Benzerlerine göreceli olarak üstün olma Derecesi
Beşeri Kaynaklar Yaklaşımı	Fonksiyonel alt birimlerin karakteristikleri ile yapılan işin karakteristiklerin uyum derecesi
Rekabet Yaklaşımı	Amaçlara ulaşmak için sahip olunan Potansiyel
Açık Sistem Yaklaşımı	Uzmanlaşmak ve bunu korumadaki başarı Derecesi
Doğal Sistem Yaklaşımı	Yapılan üretim ve bu üretim hacmini koruma Derecesi
Rasyonel Sistem Yaklaşımı	Belirli bir zaman periyodunda yapılan üretim Miktarı
Beşeri İlişkiler Yaklaşımı	Çalışanların işin amaçları doğrultusunda çalışacakları ortamı sağlama derecesi

Yani performans örgütün hedeflerine ulaşabilmesi için gösterdiği tüm çabaların bir bütün olarak değerlendirilmesidir.

## 1.2. Performans Boyutları

Şimdi neredeyiz? Daha ne kadar iyi olabilirdik? Nerede olmalıyız? bu üç temel soru işletme performansını tanımlama ve değerlendirmede ana hatları belirler. Aynı zamanda işletme performansını artırmada bir göstere olurlar. İşletmelerde performans alanlarını ve boyutlarını belirleyici yönetim görüşleri sürekli değişmektedir.

“Endüstri devriminin başlangıcında bu boyutlar kâr – maliyet olarak belirginleşirken, daha sonraki dönemlerde kar – maliyet – performans üçgeni biçimine dönüşmüş, giderek bu üçgene kalite ve müşteri doyumunu eklenmiştir. Son dönemlerde bu sınıflandırmaya çalışanların davranışı, pazar durumu, ürün liderliği, kamu sorumluluğu gibi daha yeni boyutlar katılmıştır.” (Akal, 2000: 15). İşletmelerde performans kavramı yedi performans boyutu ile tanımlanmaktadır.

### 1.2.1. Etkinlik

İşletmede seçilen amaçların ve yapılan işlerin uygun ve doğru olup olmadığının bu işlerin zamanında doğru kalitede ve istenilen miktarda gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğinin belirleyen bir performans boyutudur. Tanıma göre etkinlik “amaçlara” yönelik bir kavramdır. Etkinliğin konu aldığı amaçlar işletmenin uzun dönemli amaçlarıdır. (Yeşilyurt, 2003;34).

Etkinliğin başka bir tanımı “doğru şeylerin yapılmasıdır.” Burada “şeyler”, hedefler, amaçlar anlamında kullanılmaktadır. (Akal, 2000: 17).

Bir şeyin etkin olması onun istenen sonucu vermesi demektir. Bu nedenle etkinlik belirli bir amacı gerçekleştirmek için örgütsel çabayı optimize etme süreciyle ilgilidir. Drucker performansı, “ bir işi doğru yapabilme” etkinliği ise “doğru işi yapabilme” becerisi olarak tanımlar.



Etkinlikte amaç, sonuç, çıktı, görev ve etkenlik gibi kavramlarda önemlidir.

**Amaç:** İşletmenin kısa ve uzun dönemli varlığının gereği olarak kabul ettiği ilkeler, hedefler, stratejiler çerçevesinde belirlenen faaliyetlerdir.

**Çıktı:** Gerçekleşen etkinliklerin sonucudur. “Sonuç” kelimesi amaçları nitel ve nicel boyutları ile ifade eden bir terimdir.

Sonuç çıktıdan farklı bir anlam taşır. Bir işletmede satılan ürünlerin miktarı çıktıdır. Satış yapılan müşterilerin ürüne ilişkin değerlendirmeleri sonuçtur.

Etkinlik ölçümleri ile başka ne yapmalıyız?, nerede olmalıyız? sorularına en uygun yanıtlar alınır. Etkinlik ölçümleri, işletmenin gerçekleştirmeyi amaçladıkları ile elde ettikleri arasında yapılan bir karşılaştırmadır. Bu ilişki;

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Gerçekleşen Çıktı (sonuç)}}{\text{Beklenen Çıktı (sonuç)}}$$
 eşitliği ile gösterilir.

“Burada etkinlik girdinin çıktıya dönüşümünü kapsayan süreci irdelemektedir.” (Akal, 2000: 18).

#### 1.2.1.1. Etkinlik Çeşitleri

İşletmelerde amaçlar çeşitli olduğundan etkinlikte ölçü olarak kullanılan göstergeler de çeşitlidir. Etkinlik teknik ve ekonomik anlamda ölçülmesinde kullanılan en yaygın göstergeler:

$$\text{a) Üretim Etkinliği} = \frac{\text{Gerçekleşen üretim}}{\text{Beklenen (planlanan) üretim}}$$

$$\text{b) Ekonomik Etkinlik} = \frac{\text{Gerçekleşen kar}}{\text{Beklenen kar}}$$



Bu göstergelerde elde edilen sonuç eğer 1'den büyükse, örgüt olması beklenenden daha etkin, 1'den küçükse beklenenden daha düşük performans göstermiştir.

### 1.2.2. Etkililik

Örgütün önceden tanımlanmış amaçlarına ulaşmak amacıyla gerçekleştirdikleri etkenliklerin sonucunda bu amaçlara ulaşma derecesidir. Etkililik çıktılarıyla ilgili bir kavramdır. Oysa etkenlik, mevcut kaynakların kullanımı ile ve araçlarla ilgilidir. Bu durumda bir firma etken olmakla beraber etkili çalışmayabilir ya da tam tersi olabilir. Etkililik kavramı ulaşılacak bir çıktı hedefi, yani bir performans standardının başarılmaması veya bütün kısıtlamalar kaldırıldığında mümkün bir ideal potansiyeli içermektedir:

$$\text{Etkililik} = \frac{\text{Standart değer}}{\text{Fiili değer}}$$

şeklinde gösterilir. Bu oranın 1 değerine ulaşması amaçlanır. Oranın 1 değerini aşması söz konusu çalışmanın gerçekleştirilmesinde hedefin üzerinde bir performans gösterildiğini ifade eder.

### 1.2.3 Verim ve Girdilerden Yararlanma

#### 1.2.3.1 Verim

Verim, “işleri doğru yapmak” olarak tanımlanır. “Verim, yüksek kaliteli malları, mümkün olan en kısa sürede üretmektir.” (Prokopenko, 2001: 5).

“Şimdi neredeyiz?”, “daha iyi nasıl olabiliriz?” sorularına yanıt verebilen bir performans boyutudur. Etkinlik işletmenin çıktıları ilgilenirken verim girdileri ile yani kaynak tüketimi ile ilgilenir. Yani verim amaçlara değil, araçlara yöneliktir. “Etkinlik başarı için temeldir, verim bu başarıyı sağlamlaştıran bir etmendir.” (Drucker, 1997:

44). Verim boyutunda, potansiyel kaynaklardan yararlanma düzeyi görel olarak irdelendiğinde verim oranları, mutlak değerlerle irdelendiğinde girdilerden yararlanma oranları kullanılmaktadır. Verim oranı:

$$\text{Verim} = \frac{\text{Tüketilmesi beklenen kaynaklar (yararlı girdi)} \cdot 100}{\text{Tüketilen kaynaklar}}$$

eşitliği ile ölçümlenir. (Akal, 2000: 21). Bu eşitlik her tür girdi için kullanılmaktadır. Bütün veriler sayısal olup, zaman miktar ya da parasal değerlerle ifade edilir. Elde edilen sonuç 1.00 (% 100) ise hedeflenen-beklenen standart performansa ulaşılmıştır. 1.00'dan büyük bir oran standarttan daha yüksek bir verim düzeyi demektir. Oranın 1.00'dan küçük olması ise verimsizliğin (düşük verimin) ifadesidir.

### 1.2.3.2 Girdilerden Yararlanma

a) Girdilerden Yararlanma Oranı:

$$\text{Girdilerden yararlanma oranı} = \frac{\text{Tüketilen kaynak}}{\text{Potansiyel kaynak}}$$

eşitliği ile ölçümlenir. (Akal, 2000: 22).

Verim oranı, gerçek girdi kullanımı, standart ya da tahmini olarak hesaplanan optimum girdi kullanımları ile karşılaştırılır. Yararlanma oranındaki karşılaştırma ise potansiyel girdi miktarı temel alınarak yapılmaktadır. Sonuçta girdilerden yararlanma düzeyi belirlenir ama bu yararlanmanın ne kadar verimli bir şekilde gerçekleştiği açıklanmaz. Bu açıklanamayan kısım verim oranı ile açığa kavuşturulur.

b) Teknik Verim Oranı (Randıman): Mühendisler ve değişik alanlardaki teknik elemanlarca anlamlı bir verim göstergesi olarak kısıtlı bir alanda kullanılan "girdilerden elde edilen yararlı çıktı" ilişkisi olarak açıklanır.

$$\text{Teknik Verim} = \frac{\text{Yararlı Çıktı}}{\text{Girdi}} = \frac{\text{Girdiler} - \text{Kayıplar}}{\text{Girdi}} \leq 1$$

eşitliği ile gösterilir. (Akal, 2000: 23).

Oran 1.00'den büyük olamaz. Oran 1.00'e yaklaştıkça verim artar ve maliyetler düşer. Girdilerin kullanıldığı süreçte herhangi nedenle oluşacak girdi kayıpları ne kadar azaltılırsa teknik verim oranı o derecede artar. Elde edilen çıktı kullanılan girdiden fazla olamayacağından çıktı / girdi oranı fiziksel olarak 1.00'i geçemez. Girdinin çıktıya dönüşmesi sürecinde kayıplar olacağından oranın 1.00'e eşit olması kuramsal bir olgudur. Bu oran sadece çıktı ve girdilerin kullanımını gibi koşullar altında mümkündür; makine randımanı, kağıt randımanı gibi verim göstergeleri birer örnektir.

c) Ekonomik Verim: Muhasebe ve ekonomik açıdan ekonomik verim oranı genellikle parasal değerlerle yapısal analizlerle anlamlı olmaktadır.

$$\text{Ekonomik Verim} = \frac{\text{Yararlı çıktı}}{\text{Girdi}} = \frac{\text{Girdi} + \text{kar}}{\text{Girdi}} \geq 1$$

Bu eşitlikten yola çıkarak ekonomistler ve muhasebeciler;

$$\text{Kâr Verimliliği} = \frac{\text{Çıktı} - \text{Girdi}}{\text{Girdi}} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} - 1$$

eşitliği ile gösterilir. (Akal, 2000: 24) Oranın 1.00'e eşit ve 1.00'den büyük olması amaçlanmaktadır.

#### 1.2.4. Verimlilik

Genel bir tanımlama yapılırsa, verimlilik, bir üretim ya da hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı yaratmak için kullanılan girdi arasındaki ilişkidir. Bu nedenle verimlilik, çeşitli mal ve hizmetlerin üretimindeki kaynakların (emek, sermaye, arazi, malzeme, enerji, bilgi) etken kullanımınıdır diye tanımlanır.

Peter Drucker'a göre verimlilik "en az çaba ile en çok çıktıyı verebilecek bütün üretim kaynakları arasındaki denge"dir.

Japona göre "verimlilik, gelişmeci bir düşünce ya da varolan her şeyde özellikle insanda sürekli gelişimi hedefleyen bir düşüncedir. "Bugün dünden iyi, yarın bugünden daha iyi olmalıdır"ı savunan bir inançtır. Ekonomik ve sosyal yaşamın sürekli değişen koşullara uyarlanmasıdır, yeni teknikler ve yöntemleri uygulama çabasıdır, insanın gelişmesini savunmaktır." (Drucker, 1997: 59).

Verimlilik, bireysel ve toplumsal yaşamın hemen hemen bütün alanları ile ilgilidir. Bu yüzden birçok tanıma sahiptir. Verimlilik kavramı ilk kez 1776'da Quesnay tarafından yazılan bir makalede kullanılmış, 1883'te Litte verimliliği, üretme yeteneği veya üretme gücü olarak tanımlanmıştır. 20. yüzyılın başlarında ise bugünkü kullanım anlamı ile çıktı ile bu çıktıyı üretmek için kullanılan girdi arasındaki orana verimlilik denilmiştir:

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}}$$

şeklinde ifade edilir. (Prokopenko, 2001: 3).

#### 1.2.4.1 Verimlilik Çeşitleri

Ekonomistler tarafından verimlilik; teknik verimlilik ve tahsis verimlilik olarak ikiye ayrılmaktadır.

a) Teknik Verimlilik: Bir dizi girdiden mevcut koşullarda en yüksek düzeyde çıktı üretilmesi veya aynı çıktının daha az girdi ile elde edilmesi olarak tanımlanabilir. (Özcan, 1992: 29). Başka bir anlatımla, belirli bir çıktıyı üretme maliyetinin minimize edildiği yada belirli bir maliyette üretilen çıktının maksimize edildiği durumdur.

b) Tahsis Verimlilik: “Girdi maliyetlerini göz önünde bulundurarak belirli çıktılarının elde edilmesinde en uygun girdi bileşimini seçmedeki başarı olarak tanımlanmaktadır.” (White and Özcan, 1996: 298). “Verimliliğin bir çok tanımı olmakla birlikte bir verimlilik modelinin belirlenmesinde en genel yaklaşım (tanım değil) işletme, sektör ve ülkenin uzun, orta ve kısa dönemli kalkınma amaçlarına uygun, doğru girdi ve çıktı bileşenlerini belirlemedir.” (Prokopenko, 2001: 7).

Verimlilik aynı zamanda sonuçlarla, bu sonucu elde etmek için harcanan zaman arasındaki ilişki olarak da tanımlanabilir. “Verimlilik farklı kişiler için farklı anlamlara gelse de temel kavram daima, üretilen mal ve hizmetlerin miktar ve kalitesi ile bunları üretmek için kullanılan kaynaklar arasındaki ilişki olarak kalır.” (Odabaşı, 1997: 43).

Verimlilik zamanla performansla eş anlamlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak verimlilik, performans olarak yanlış yorumlanmamalı ve birbiriyle karıştırılmamalıdır. Verimlilik bir organizasyon tarafından üretilen malların ve hizmetlerin etkenlik ve etkililik ölçümleridir. Performansın anlamı gerçekleşen başarı ya da belirli amaçları, hedefleri, ödev ve sorumlulukları yerine getirebilmek için potansiyel kabiliyet, kapasite, hüner veya yetenekleri mükemmel olarak kullanabilmektir.

“Verim ile verimlilik arasında da ilişki vardır. Verim arttıkça verimlilikte artar. Verim işletmenin mevcut kaynak potansiyeli ile bu potansiyelin kullanılan bölümü arasındaki ilişkiyi irdeler, verimlilik ise sadece kullanılan tüketilen kaynaklarla elde edilen çıktı arasındaki ilişkiyi yani kaynakların üretim gücünü değerlendirir. (Akai, 2000: 21). Verimlilik kavramının açıklık kazanması amacıyla aşağıdaki tabloda

verimlilik ve verimlilik kavramı ile karşılaştırılan bazı kavramlara açık bir yanıt verilmektedir.

**Tablo 1.2. Verimlilik Nedir? Ne Değildir?**

Verimlilik	Verimlilik
Çalışanların performansını ve çalışma koşullarını geliştiren tekniklerdir. Bu teknikler çalışanları daha iyi, daha çok çalışmaya özendirir.	Çalışanları koşturarak, canından bezdirerek onları robotlaştırarak çalıştırmak için kurnazca hazırlanan teknikler değildir.
Nitel ve nicel üretimin kullanılan kaynaklara oranıdır. Çıktı ve girdi, ikisi de önemli faktörlerdir.	Üretim miktarını ölçen bir ölçüt değildir. Çıktıdaki artış, verimlilik artışına bağlı olabilir, olmayabilir de.
Kar planlamasında yararlı bir faktördür. Girdi faktörlerini sabit tutup, verimlilik artırılırsa sonuçta gelir artar.	Karlılığın bir göstergesi değildir. Belli durumlarda, düşük verimliliği olan projelerde karlı olabilir.
Niteliği geliştiren araçlardan biridir.	Kaliteyle aynı şey değildir, verimlilikteki bir artış, daha iyi kaliteyi garantilemez.

Kaynak: (Jamali, 1983: 66).

### 1.2.5. Kalite

“Kalite, bir ürün veya hizmetin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özelliklerin toplamıdır.” (TSE: TS-EN-ISO 9000 Kalite Broşürü, 1997).

Kalite çok boyutlu bir kavramdır. “Kalitenin boyutları:

- Performans : Ürünün görevi yerine getirme niteliği
- Uygunluk : Spesifikasyonlara, belgelere ve standartlara uygunluk derecesi
- Güvenirlilik : Ürünün kullanım ömrü için performans özelliklerinin sürekliliği
- Dayanıklılık : Ürünün kullanılabilirlik özelliği.
- Hizmet görebilirlik : Ürüne ilişkin sorun ve şikayetlerin kolay çözülebilirliği.

- Estetik : Ürünün albenisi ve duylara seslenebilmé yeteneği.
- Algılama : Ürünün reklamlar, kabul görmesi yada diğer markalara göre sezgisel olarak değerlendirilmesi.” (Garvin: 1984, 25-43)

**Toplam Kalite;** bir kuruluşta tüm faaliyetlerin sürekli olarak iyileştirilmesidir. İyileştirme yapmak içinde mevcut durumu iyi bilmek gerekir. İşletmenin tüm alanlarını kapsayan verimlilik göstergeleri hesaplanmalıdır. Böylelikle yapılacak iyileştirme çabalarının işletme verimliliği üzerinde yaptığı etki daha kolay görülecektir. Yapılacak verimlilik ölçümü sonunda elde edilen bilgiler daha önceden hesaplanan bilgilerle karşılaştırılarak iyileştirme çalışmalarının faydalı olup olmadığı kararlaştırılır.

**Kalite Yönetimi;** genel yönetim fonksiyonunun kalite politikasını tespit eden ve uygulayan bölümdür.

**Toplam Kalite Yönetimi;** tüm organizasyon süreçlerinin sürekli iyileştirilmesi ve çalışan ve müşteri memnuniyetinin sağlanmasına yönelik katılımcı bir yönetim anlayışıdır. Bu anlayış ile kalitenin sağlanması ve geliştirilmesi amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. İstatistiksel süreç kontrolleri, kalite kontrol çemberleri, öneri ve özendirme sistemleri ve en gelişmiş yöntemler olarak sıfır hata ve sıfır stok uygulamaları bu yöntemlerdir.

Kalitenin geliştirilmesi toplam kalite maliyetini dolayısıyla toplam maliyetleri önemli düzeyde azalttığından kârlılığa etkisi vardır. Gelişmiş iyi kalite algılamasının ürün pazarındaki değer işletmenin güven kazanmasıdır. Bu durum işletmenin etkenliklerine ilişkin verimlilik değerlendirilmesinde çok önemli bir göstergedir. Bir işletmenin ürün, hizmet ve süreçlerinde en iyi olan diğer işletmenin

uygulamalarını kendi işletmesinde uygulama amacıyla kullanılan ve verimlilik ile kalitenin geliştirilmesinin amaçlandığı karşılaştırmalı ölçme yöntemine kıyaslama (benchmarking) denir. Kıyaslama sonuçları, iyileştirme çalışmalarındaki önceliklerin belirlenmesine yardımcı olur.

### 1.2.6. Yenilik

Yenilik kavramının çok değişik tanımları vardır. Yenilik, insan ve maddesel kaynaklara yeni ve daha çok değer yaratmak kapasitesi sağlama görevidir. (Drucker: 1997, 102).

Yenilik, toplumun gereksinimlerini daha karlı bir işletme için olanaklara çevrilmesi sürecidir, yeni gereksinimler yenilikçi işletmeler ister. (Drucker: 1997, 103).

Yenilik iç ve dış çevrelerden kaynaklanan her türlü baskı, tehdit, istek ve olanaklara teknoloji, ürünler, hizmetler, yöntemler, politikalar açısından başarılı olarak yanıt vermek için yapılan değişimleri içeren yaratıcı bir süreçtir. (Sink: 1989, 26).

Yenilik, daha önceki ihtiyaçları daha iyi karşılayabilme, yeni ihtiyaçlara yanıt verebilmedir.

Başarıya uzun yıllar sonra da kavuşulabilir. Ayrıca yenilik çalışmalarından sonra elde edilecek başarı hacmini belirlemekte olanaksızdır. Bir işletmedeki yenilikler; ürün ve hizmet yenilikleri, üretim süreci ya da üretim yöntemlerinde yenilik, kullanım yenilikleri ve pazar yenilikleri olarak sınıflandırılabilir.

“Günümüzün rekabet ortamında yeniliği hedef almayan bir işletme hantal kalır, çevrede kabul göremez, değişen gereksinimlere yanıt veremez, rakiplerinden geri kalır, lider olamaz”. (Eren, 1986: 161)



Yenilikçi yönetimler, yeniliklerin performansı ve kazancı tehdit etmemesi için önlemler almalıdırlar. Bunlardan biri yenilik çalışmalarından oluşan giderleri cari giderler olarak göstermemektir. Diğer yeniliklerin yapılma kararında izlenen yoldur. Yenilikçi çalışmaların ne zaman başlatılacağı ve ne zaman vazgeçileceğini bilmektir.

Yenilikçi yöntemlerin en önemli sorunu değişime tepkidir. Bu tepkiler cahillikten ve bilinmeyene karşı olan korkudan kaynaklanır. Bu tepkilerde iş güvenliği, başarının takdiri, katılımcı yönetim yolu ile azaltılabilir yada yok edilir.

#### 1.2.7. Çalışma Yaşamının Kalitesi

Çalışma yaşamının kalitesi, çalışanların çalışma yaşamının değişik yönlerine ilişkin düşünce ve davranışlarıdır. Çalışma yaşamının konusu insan olduğundan çalışma yaşamının kalitesi ile işletme performansı arasındaki ilişki karmaşıktır. Çünkü insanlar sosyal yaşamlarında olduğu gibi çalışma yaşamlarında da koşullardan ve olaylardan farklı etkilenir ve farklı tepkiler gösterirler.

“Hawthorne araştırmaları ile başlatılan Marlow, McGregor, Mayo, Herzberg, Vroow, Katz ve Kohn ve diğer pek çok araştırmacı ve uygulamacı tarafından insan davranışları ve performans yönetimi ile ilgili olarak yapılmış ve yapılan araştırma sonuçları artık şunu kesin olarak ortaya koymuştur. Örgüt çalışanlarının beklentilerine, emellerine ve isteklerine ne kadar yüksek düzeyde yanıt verebilirse çalışanların ve dolayısıyla işletmenin performansı artacaktır”. (Akal, 2000: 36).

Kötü çalışma koşulları (aydınlatma, havalandırma ve gürültü) ve aşırı uzun çalışma saatleri nedeniyle oluşan yorgunluk sonucu görülen ret edilen ürün ve malzeme israfında artış ve üretimin düşük olması çalışma koşullarının geliştirilmesini gündeme getirmiştir. Çalışma yaşamının kalitesini geliştirmek için çalışma süreçlerinde

yeni düzenlemeler, dinlenme araları, vardiya çalışmaları, esnek çalışma saatleri ve iş doyumunu artırmaya yönelik iş genişletme, iş zenginleştirme, iş değiştirme ve grup çalışmalarına ağırlık veren yöntemler uygulanmıştır. Çalışma yaşamının kalitesini etkileyen örgüt içi davranışlar ve uygulamalar; hakça ücret sistemleri, parasal ve parasal olmayan özendirici sistemler, iş güvencesi, uygun ve modern çalışma koşulları, mesleki eğitim, geliştirme eğitimi, yükselme olanakları, katılımcı yönetim uygulamaları, amaçlara göre yönetim ve grup çalışmaları, öneri sistemleri ve kalite kontrol çemberleridir.

### **1.2.8. Kârlılık ve Bütçeye Uygunluk**

#### **1.2.8.1. Kârlılık**

Kâr satışlarla maliyetler arasındaki artı farktır. Bu fark eksi olduğunda zarar oluşur. Kârlılık ise, dönemsel kârın, satışlara bölünmesiyle bulunan bir orandır. Kâr bir neden değil bir sonuç olmalıdır. Kârlı işletmeler topluma yarar sağlayabilirler. Toplumun ekonomik doyumunu, sağlıktan savunmaya, eğitimden sanata kadar toplam hizmetlerin önemli bir bölümünü ödeyen bir kaynaktır. “Bütün bunlara karşın kâr yinede bir amaç olarak değil bir gereksinim ve sorumluluk olarak görülmelidir” (Drucker, 1997: 56). Kâr ve kârlılık en kolay ölçülebilen bir performans boyutudur.

#### **1.2.8.2. Bütçeye Uygunluk**

Bütçeye uygunluk kâr amacı olmayan kamu örgütlerinde kârlılığın yerine bir performans göstergesi olarak kullanılır. Günümüzde gelişen tekniklerle hazırlanan gerçekçi ve ayrıntılı bütçeler ile gerçekleşen değerler arasındaki farklılık ne kadar az olursa işletmenin bütçeye uygunluk açısından gösterdiği performans yüksek olacaktır.

Bütçeye uygunluk performansın ölçülmesinde kullanılmasının yanı sıra gelecek dönemlerin performans planlamasına katkıda bulunur.

### **1.2.9. Diğer Performans Boyutları**

Yukarıda sunulan performans boyutlarından başka performans boyutları da vardır. Bunlar içinde iki boyut biraz daha yaygındır. Kamu sorumluluğu ve ürün liderliği olarak tanımlanan iki boyut biraz geniş açılardan incelendiğinde etkinlik boyutunun içine girmektedir. Ancak kimi araştırmacılar bu iki boyutu performans boyutu olarak kabul edilmiştir.

#### **1.2.9.1 Kamuşal Sorumluluk**

İşletmelerin başarısı için kamuoyunu oluşturan halk, eğitim kurumları ve devletlerle işi ilişkilerin sağlanması ve sürdürülmesi gerekir. İşletmelerin kamu sorumluluğu konusundaki performansları dolaylı olarak ölçülebilir. İşletmelerin ticari ve ekonomik ilişkilerde buldukları kurumlar, müşteriler ve kamuoyu üzerinde yarattıkları imaj ve prestij ile ilgili değerlendirmeler bu yöndeki performans ölçüsünü belirlemektedir.

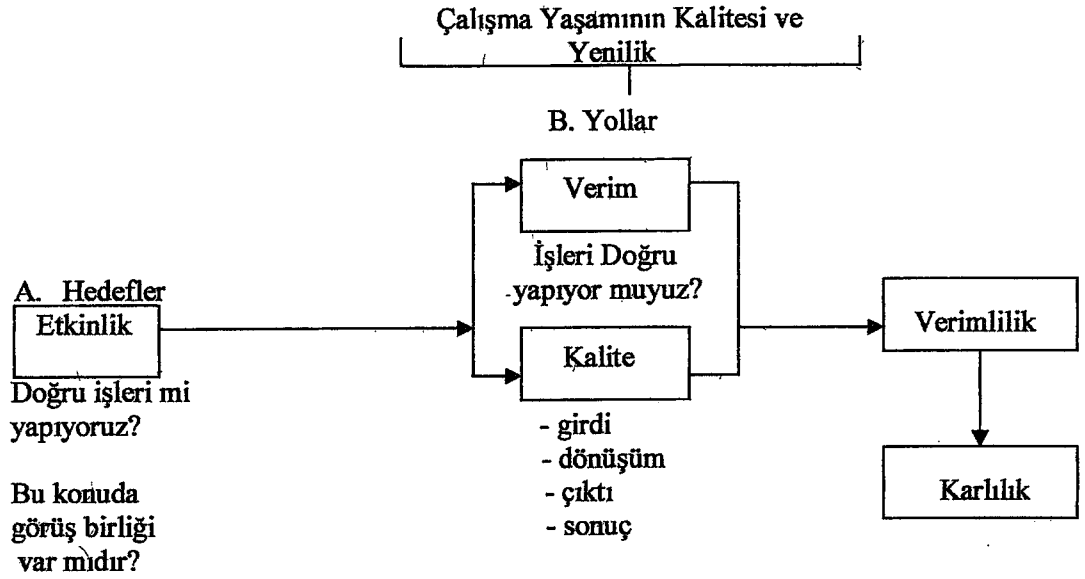
#### **1.2.9.2 Ürün Liderliği**

“Ürün liderliği işletmenin mevcut ürünlerinin değerini ve kalitesini artırma, yeni ürünler çıkarmak için pazarlama, üretim, mühendislik alanlarında yeni teknik bilgileri ve yöntemleri geliştirme ve bunları uygulayarak sonuç alma yeteneğini açıklayan bir kavram olarak tanımlanabilir”. (Akçal, 2000: 42). Ürün liderliği performansını çok yönlü ölçmek mümkündür. Rakip firma kısa süre pazar payını değerlendiren, ürünlerin işlevsel, estetik ve teknik açılardan geçirdiği gelişmeleri ve bunun sağladığı başarıları açıklayan göstergeler kullanılabilir.

### 1.3. Performans Boyutları ve Aralarındaki İlişki

Kalite çok önemli bir boyuttur. Yenilik, çalışma yaşamının kalitesi ve kârlılık ise uzun dönemlerde işletmenin başarılı olarak yaşamını sürdürmesi için gerekli olan üç temel boyuttur.

Verimlilik, verim ve etkinlik ise bir işletmenin performansını belirleyici temel boyutlarıdır. İşletme performansının genel göstergesi verimliliktir. Verimlilikte temel ilke, üretim yada hizmetin artması, giderlerin azalmasıdır. Ancak verimlilik bu amaçları gerçekleştirirken verimi açıklayıcı bilgi vermez. Oysa verim göstergeleri işlerin ne derecede doğru yapıldığını yada yapılmadığını gösterir. Verim analizleri verimlilik analizlerine göre üstündür. Verim ve verimlilik ancak etkinlik sağlandığında gerçek anlamını kazanır. Etkinlik “doğru işlerin yapılıp yapılmadığını” açıklar. Verim ve verimlilik ise birbirini izleyen iki süreç olarak üretim gücünden tüketilen kaynaklardan yararlanma düzeyini ortaya koyar. Yani verim ve verimlilik “işlerin ne düzeyde ve derecede doğru yapıldığını yada yapılmadığını” açıklar. Etkinlik, verim ve verimlilik bir arada gerçekleştiğinde işletme yüksek performansa ulaşabilir. Etkinlikte çıktının yorumlanması etkinliğin verimliliğe göre daha fazla önem kazanmasını sağlar. Ayrıca etkinlikler hizmeti gerçekleştirme aracıdır. Tüm performans boyutlarının duruma ve amaca göre değişen üstünlükleri yada eksiklikleri vardır. Ancak, performansın geliştirilmesi ve performans ölçüm ve denetim sistemlerinin uygulanmasında toplam işletme performansının bu boyutlarının her birinin etkisi ve katkısı ile oluşan bir olgu olduğu aşikardır. Bu nedenle yönetim performans boyutları arasında bir denge oluşturmalıdır.



Kaynak: Sink, 1985: 257

Şekil 1.1 Yedi Performans Boyutunun İlişkisi

Bu şekle göre akış soldan sağa doğrudur. Yönetim önce etkinliğe önem verecektir. Yapılması gereken doğru işler nedir? Daha sonra dikkat verim ve kaliteye yönelir; doğru işleri doğru biçimde gerçekleştirmek için hangi kaynaklar ne miktarda tüketilecektir, kalite nasıl, ne düzeyde sağlanacaktır? Eğer sistem bu üç boyutu iyi yönetebilirse verimlilik bunu izler. Çalışma yaşamının kalitesi ve yenilik bu dengede tamamlayıcı öğelerdir. Bunlar verimlilik ve kârlılık arasındaki ilişkiyi düzenlerler. Kârlılık kısa dönemli bir beklentidir.

#### 1.4. Performans Yönetimi

“Verimlilik Yönetimi”, “Yönetim Kontrol Sistemi” olarak da adlandırılan performans yönetimi, örgütü istenen amaçlara yöneltme amacıyla örgütün mevcut ve geleceğe ilişkin durumları ile ilgili bilgi toplama, bunları karşılaştırma ve performansın sürekli gelişimini sağlayacak yeni ve gerekli düzenlemeleri ve

etkinlikleri başlatma ve sürdürme görevlerini yüklenen bir yönetim sürecidir.” (Akal, 2000:50). “Performans yönetimi anlayışına sahip yönetimin görevleri;

- Örgütün ortak amaçlarını, örgütü oluşturan en alt sistemlere kadar, bu sistemlerin özel amaçlarını da kapsayacak şekilde tüm örgüte yaymak ve benimsetmek.
- Örgüt içinde hiyerarşik yapıya uygun alttan üste yada üstten alta doğru karşılıklı bilgi akışının olması için iletişimi sağlamak.
- Yönetilen birimlerin performansını sürekli geliştirmek bu amaçla işletmenin tümü yada istenen birimleri için ve özellikle çalışanlar için performans ölçüm ve denetim sistemini uygulamak.

Performansı geliştirmek adına yapılan performans ölçüm ve denetim çalışmaları özel bir süreç oluşturan uğraştır.

Performans yönetiminin içeriği;

- Örgütün geleceğine yönelik ülküler (vizyon) oluşturmak.
- Mevcut durumu inceleyerek geleceğe yönelik stratejileri belirlemek ve planlamak.
- Performans gelişimleri ile ilgili girişimleri tasarımılamak, geliştirmek ve uygulamak.
- Hedeflenen yöne gidip gidilmediğini, nasıl gidildiğini gösterecek bir ölçüm ve değerlendirme istemini geliştirmek, uygulamak.
- Performans düzeyini sürekli geliştirmeyi sağlayacak ödüllendirme ve özendirme sistemleri kurmak.
- Bütün bu amaçlara ulaşmak için örgüt yapısını yeniden düzenlemek.”

(Akal, 2000: 51). Performans yönetiminin başlangıç noktası işletmeye rekabet gücünü kazandıracak stratejiler ve geleceğe dönük hedefler belirlemektir. İkinci aşama ise mevcut performans düzeyinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi, yönetim sistemleri ve süreçlerin stratejileri uygun olmasını sağlamak. Bu aşamadan sonra performansı geliştirmeye yönelik planlama süreci gelir. Planlama çalışmalarıyla performansı geliştirme amacına, planların performans ölçüm ve denetim sistemleri ile uyumlu olarak hazırlanmasına, planlamanın işletmenin tüm birimlerini ve çalışanlarını ortak hedef ve amaçlara yöneltebilme niteliklerine özel bir ağırlık verilmektedir. Üçüncü aşamada da performansı geliştirmek için önlemleri belirlemek ve bunlara ilişkin hazırlıkları uygulamaya koymaktır.

Bu üç aşama yönetim sisteminin işleyişinde yönlendirici rol oynarlar. Sistemin üretim yada hizmet sürecini izleyin aşamalarında, ölçme değerlendirme ve kontrol devreye girer. İlk üç aşamada hazırlanan programlama ve stratejilere uygunluğu ölçüm ve denetim sistemleri uygulamaya geçirilerek izlenir ve kontrol edilir. Yönetim sürecinin kalbi kontroldür. Kontrol, örgüt performansından beklenenlerin gerçekleşmesini sağlamaya çalışır, etkinlikleri eş güdümlenerek sistemi dinamik bir denge içinde tutmaya çalışır. Kısaca performans yönetimi, sürekli işleyen bir döngü içinde (performansı geliştirme planlaması, ölçme, değerlendirme, kontrol aşamaları) sistemin işleyişini hedeflerine uygun olarak yönlendiren örgütsel bir düzendir.

### **1.5. Performans Denetimi**

“Performans denetimi, ölçme ve değerlendirme sistemleri ile ifade edilir. Performans sisteminin başarılı olmasının sağlayan en önemli etmeni olan ölçme ve değerlendirme sisteminin işletme performans yönetimini ve gelişimini hedefleyerek



hazırlanması ve uygulanmasıdır. Ölçüm ve denetim sisteminde veri toplama ve değerlendirme işleri belirli bir disipline göre yapılır. Verilerin güvenilir ve doğru olarak ve zamanında kimler tarafından ve nasıl toplanacağı, bu verilerin kayıt formlarına ve bilgisayarlara düzenli ve güncel olarak kimler tarafından geçirileceği, ölçüm sonuçlarının kimler tarafından raporlaştırılacağı ve değerlendirileceği belirlenmelidir. Veri toplama ve ölçme tekniklerine; zaman etütü, analitik tahmin, soru tekniği, değer analizi, pazar araştırması, kalite kontrolü, anketler ve görüşmeler örnek olarak verilebilir.

İşletme performansının anlamı işletme yönetiminin performans anlayışı ile eş değerdir. Bu nedenle performans boyutları iyice algılanarak neyin ölçüleceğinin kararının verilmesi gerekir. Ölçüleceklerin ne ile, nasıl ölçüleceği, hangi göstergelerin kullanılacağı zaman ve çaba ister. Her boyutun ölçülebilmesi için doğrudan yada dolaylı olarak kullanılacak göstergeler vardır.

Bu göstergelerin seçiminde göz önünde bulundurulacak ilkeler;

1. Grup dışındaki danışmanlardan yararlanma
2. Benzer işletmelerde kullanılan göstergelerden yararlanma
3. Paket programlar olarak hazırlanmış ölçüm modelleri kullanma
4. İşletme içinde yönetici ve kıdemli çalışanların bilgi ve deneyimlerinden

yararlanma şeklinde özetlenebilir.

Kullanılacak ölçüm sistemlerinin uygulama sürecinin belirlenmesinde dikkat edilecek hususlar:

1. Ölçümler sadece yöneticilerin değil, çeşitli örgüt bileşenlerinin performansını ölçmek için kullanılır,



2. Ölçümler performans standartlarını belirlemezler, performansı bir sonuca göre değerlendirirler,
3. Ölçümler performans değerlendirmesinde kullanılan karar aracıdır, kararlar yerine geçmezler,
4. Ölçümler hem mevcut döneme, hem de gelecek döneme ait performansları ölçebilmelidirler,
5. Ölçümler gelişmeyi kısıtlayıcı değil destekleyici olmalıdırlar.

Etkin performans yönetim sistemleri bütün teknikleri kullanarak, yaratılan durgun atmosferi değiştirebilmelidir.” (Akal: 2000, 64-69).

### 1.6. Performans Analizi

Performans analizi ekonomik düzeylerde karar almaya yardımcı olan etkili bir araçtır. Ulusal ve sektörel düzeydeki performans endeksleri, ekonomik performansı, sosyal ve ekonomik politikaların niteliğinin değerlendirilmesini sağlar. Verimlilik endeksleri, kamu kaynaklarının yönlendirilmesinde kullanılabilecek çok değerli ve nesnel bilgi sağlar.

#### 1.6.1. Performansın Değerlendirilmesine Bir Yaklaşım

“Makro düzeyde performans değerlendirmesi, mutlak verimlilik düzeyinin ve bir dizi indeksle ifade edilen geçmişteki eğiliminin ölçüsü demektir.” (Prokopenko, 2001: 27).

“Performans ölçümü için ekonominin tüm düzeylerinde, iki oran kullanılır.

$$\text{Toplam Performans} = \frac{\sum \text{Çıktı}}{\sum \text{Girdi}}$$

$$\text{Kısmi Performans} = \frac{\sum \text{Çıktı}}{\text{Kısmi Girdi}}$$

Toplam verimlilik, ağırlıklandırılmış emek ve sermaye verimliliklerinin ortalamasıdır. İki yöntemle hesaplanır: Emek / zaman yöntemi ve parasal yöntemdir.” (Prokopenko, 2001: 28)

#### 1.6.1.1.Emek / Zaman Yöntemi

“Parasal olarak ifade edilen çıktı, girdiye bölünüp bu da tekrar ulusal (ya da sektörel) işçi başına ortalama gelire bölünürse, üretimde kullanılan tüm malzeme, amortisman, hizmetler ve nihai ürün, eşdeğer işçilik olarak ifade edilmiş olur. Ayrıca net çıktı ya da işçi başına katma değer de hesaplanabilir:

$$\text{Çalışan başına net çıktı} = \frac{\text{Yıllık katma değer}}{\text{Toplam çalışan sayısı}}$$

Katma Değer = Toplam Satışlar – Dış Harcamalar” dır. (Prokopenko, 2001:29)

#### 1.6.1.2.Parasal Yöntemler

Performans endekslerinin doğrudan elde edilmediği durumlarda mali olanlar olarak kullanılır.

#### 1.6.1.3.Emek Performansı

Ulusal düzeyde emek performansı, ekonomik olarak aktif nüfusu girdi, üretilen tüm mal ve hizmet değerini de çıktı olarak kabul edilerek:

$$\text{Ulusal Performans} = \frac{\text{GSMH}}{\text{Nüfus}}$$

şeklinde hesaplanır. “Ulusal emek performansını ölçmenin çok daha yararlı bir yolu da, işsizlik nedeniyle israf edilen emeği hesaplamaya sokmak için, çıktıyı çalışılabilir saatler toplamına bölmektir.” (Newland, 1982: 49). Ulusal ya da sektörel düzeyde emek performansı, iş saati başına fiziki çıktı miktarıyla ölçülür. Sektör

istatistiklerinden yıllık nakit kazançlar ortalaması ve yıllık çalışılan saatler ortalaması alınır.

### 1.6.2. Kamu Yönetimi ve Kamu Kesiminde Performans Analizi

“Kamu sektöründeki performans değerlendirmesi ile özel sektör performans değerlendirmesi arasında önemli bir fark vardır. Özel sektörün çıktısı satış noktasında hesaplanabilir. Kamu kesiminde, bir dairenin çıktısı ile o dairenin görevindeki başarısı arasında fark vardır. Performans istatistikleri sadece ulusal politika kararlarında değil, dairenin kendi işlemlerinde de kullanılır. Ayrıca,

- kurumun amacına uygun hedef belirlemede
- kaynak tahmini
- bütçe gerekçesi
- kurumun örgüt yapısındaki değişim ve yönetim inisiyatifinin değerlendirilmesi
- işlemlerin kontrolü

gibi amaçlar içinde kullanılabilir.”(Prokopenko: 2001, 33-34)

### 1.6.3. İşletme Düzeyinde Performans Analizi

“Performans analizine yaklaşımlar:

- İşçilerin verimliliğini ölçme,
- Birim emek ihtiyacının planlanması ve analizi için ölçüm sistemleri,
- Emek kaynağı kullanımının yapısına yönelik emek performansını ölçme sistemleri,
- İşletme düzeyinde katma değer performansdır.

Ölçüm yöntemleri yapılacak performans analizinin amacına göre değişir. En çok kullanılan amaçlar:

- Bir işletmeyi rakipleriyle karşılaştırma,
- İşçiler ve bölümlerin nispi performansını belirleme,
- Toplu sözleşme ve kazançların bölüşümü için çeşitli girdi tiplerinin nispi katkısını karşılaştırma,

olarak sıralanır.”(Prokopenko; 2001, 37)

#### **1.6.4. Performans Analizinin Sorunları**

Performans analizinin sorunları performans ölçüm teknikleriyle ilgili olanlar ve kuruluşlarla ilgili olanlardır.

##### **1.6.4.1. Performans Analizinin Teknik Sorunları**

“Performans ölçüm sistemi tasarımcısının dikkate alması gereken sorunlar:

- Farklı tipteki girdiler ortak bir paydada nasıl toplanacaktır,
- Zaman içinde girdide meydana gelen nitel veya nicel değişimler nasıl ele alınacaktır,
- Girdi ve çıktı ölçümlerinin birbirlerinden bağımsız olmaları nasıl sağlanacaktır,

şeklinde özetlenebilir. Kimi kuruluşlar, tüm dikkatlerini belli bir bölümün performansı üzerinde yoğunlaştırırlar. Bu durum yöneticilerin etkinlikleri, çıktı ve sonuçları karşılaştırmaları, devlet dairelerinde görülen tipik bir hatadır. Örneğin, eğitim programlarında yanlış ölçüt, eğitim görenlerin sayısının alınmasıdır; doğru ölçüt, eğitim görenlerden işe yerleşenler yada performansını geliştirenlerin sayısının alınması olacaktır. Güvenilir bir performans ölçüm sisteminde bulunması gereken özellikler:

- Performans artırmak için basit ve karmaşık olmayan göstergelerin hazırlanması,
- Kârdaki değişmeyi, üretimde kullanılan her kaynağın katkısını yansıtacak şekilde ayrıştırmalı,
- Her kaynağın kârdeki değişmeye katkısını performans ve fiyat düzeltme oranı terimleriyle ifade edilebilirse ürün ve kaynak fiyatlarındaki değişimin eşit olmayan etkisi yok edilecektir,
- Kâr artışı için sürekli göstergeler geliştirmek,

olarak özetlenebilir. “Bir ölçüm tekniği uygulanırken uyulması gereken çeşitli basamaklar vardır:

1. Performans ölçme kararının alınması,
2. Hedeflenen örgütsel sistemin ve hangi düzeyde müdahale edileceğinin belirlenmesi,
3. Ölçüm dönemi süresinin belirlenmesi,
4. Ölçüm tekniğinin seçilmesi,
5. Ölçüm tekniğinin kullanılması.

Belli bir ölçüm sisteminin seçiminde dikkate alınması gereken temel noktalar:

- **amaç ve ilgililer:** Ölçümden ne bekleniyor ve kimler kullanacak?
- **ölçüm çalışmasına kararlı destek:** Bir örgütün rekabet edebilir durumda kalma çabalarında performans ölçümünün yeri.
- **yönetimin bilinçlenmesi / anlayışı:** Yönetimin performans ölçüm sistemlerini anlama / kavrama derecesi.
- **merkeziyet:** Ölçümün ne ölçüde merkezi işlemi olacağı.

- **kontrol sisteminin yetkinliği:** Ölçüm kontrol sisteminin, örgüt kültüründe ne ölçüde yer aldığı.
- **yönetim biçimi:** Ölçüm teknikleri var olan yönetim biçimini genişletmeli.
- **çıkıtının değişkenliği:** Çıkıtının fiziki özellikleri zaman içinde ne ölçüde değişiyor.
- **teknoloji tipi:** Girdi ve çıkıtının zamanla çok değişebildiği imalat endüstrisindeki ayarlamalar.
- **süreç çevrim süresi:** Üretilen bir birim çıktı için gerekli zaman süresi.
- **kontrol edilebilirlik:** Yönetimin girdi düzeylerini “yönetme” ya da kontrol etme derecesi.
- **maliyetlerin bir yüzdesi olarak kaynaklar:** Toplam maliyetler içinde kaynak maliyetinin miktarı.

şeklinde sıralanabilir.” (Prokopenko,2001: 65-68)

#### 1.6.4.2. Performans Analizinin Örgütsel Sorunları

“Hem yöneticiler hem de işçilerin performans ölçümünden endişe duymaları söz konusu olabilir. Ölçümün yanlış anlaşılma ve yanlış kullanılma olasılığı, performans yetersizliğinin ortaya çıkması, ek zaman ve rapor vermek talepleri, personel azaltma, özerkliğin azaltılması bu endişelere örnek verilebilir.

Performans ölçüm sisteminin uygulanması, bir örgütsel değişmedir. Yöneticilerin bu değişme sürecini anlamalarına yardım eden yararlı bir teknik vardır. Bu tekniğe güç alanı analizi denir. Bu teknik davranışlardaki değişmeye karşı olanlarla, onu destekleyen güçlerin, bir kişi yada grup tarafından analiz edilmesidir. Analiz dört basamaklı bir süreçtir:

1. **Basamak:** Performans ölçüm sistemiyle nasıl bir sonuç elde etmek isteğinizi tanımlayınız.
2. **Basamak:** İstenen sonucun alınması ve alınmaması için çalışan "baskı" öğelerini belirleyiniz.
3. **Basamak:** Karşı olan yada destekleyen güçlerin en önemli öğelerini belirleyiniz.
4. **Basamak:** Destekleyen güçleri artıracak, karşı güçleri azaltacak bir plan geliştiriniz.

Bir örgütte sağlam bir performans sistemi kurulduğunda tüm yönetim sisteminin ayrılmaz bir parçası olarak performans artırma çabaları, örgüt performansı üzerinde çok olumlu bir etki yapacaktır.

Performans analizleriyle işletme amaçlarını belirleyip, önceliklere göre sıralamak, örgütsel sorumlulukları dikkate alıp çıktı için kriter belirlemek, bir uygulama planı yapmak, performans artışının bilinen engellerini (kapasite darboğazları, yineleyen, savurgan iş bileşenleri ve maliyet harcamaları) yok etmek, performans ölçüm yöntem ve sistemleri geliştirmek, faaliyet planını uygulamak, yüksek performans sağlamak için işçi ve yöneticileri güdülemek, performans çabalarının hızını düşürmemek, örgütsel ortamı izlemeyi sürdürmek gibi etkinliklerle performans artırma çalışmalarıyla performans artırma yoluna gidilebilir."(Prokopenko:2001, 68-70)

## II. BÖLÜM

### PERFORMANS ÖLÇÜM YAKLAŞIMLARI

İşletme performanslarının temel göstergesi kardır. Kamu sektöründe yer alan örgütlerin (eğitim, sağlık, adalet, savunma, v.b.) kamu hizmeti yönelimli ve kâr amacı gütmeyen özellikli olmaları ve çok amaçlı alt birimlerden oluşmaları daha ayrıntılı analizleri gerekli kılmaktadır.

“Performans ölçüm yöntemleri performansın tanımında olduğu gibi ya da performansın çeşitli boyutları göz önüne alındığında çeşitlilik göstermektedir.” (Yolalan, 1993: 4). “Dünyada hemen her ülkenin performans araştırma ve geliştirme merkezi tarafından kendi bünyelerine uygun hale getirilen bir çok ölçüm ve değerlendirme modeli bulunmaktadır.” (Baş ve Artar, 1991: 86).

Performans boyutlarını ölçen yöntemler genel olarak üç başlıkta toplanabilir. Daha çok muhasebe ve finans alanında kullanılan ve işletmelerin finansal durumlarını belli bir sıra düzenine göre oranlamayı esas alan *oran analizi*, geçmişten geleceği öngörmeyi amaçlayan parametrik yöntemlerden oluşan *regresyon analizi* ve son yıllarda kullanım alanı giderek yaygınlaşan parametrik olmayan *veri zarflama analizi (data envelopment analysis)* teknikleri kullanılmaktadır.

#### 2.1. Oran Analizi

Hesaplanması en basit olan ve oldukça az veri gerektirdiği için yaygın olarak kullanılan bir analizdir. Oran analizi iki değişken arasındaki ilişkinin hesaplanmasına ve sektörel oranlarla karşılaştırılmasına dayanan ve metodolojik olarak daha kolay



olması nedeniyle geleneksel performans ölçüm tekniği olarak kullanılır. “Oranlar yoluyla yapılan analizde amaç, örgütsel girdi ve çıktılara ilişkin tablo verilerini belli ilişkiler içerisinde özetlemek ve bu şekilde daha anlamlı analiz ve yorumlara imkan sağlamaktır.” (Chote and Tanaka, 1979: 45).

Tüm girdi ve çıktı faktörleri ayrı ayrı veya gruplanarak birbirine oranları alınsa bile genellikle karar biriminin performansını en iyi gösteren az sayıda oran hesaplanmakta ve performans göstergesi olarak yorumlanmaktadır. “Oran analizi fiili olarak gerçekleşen verilerin değerlemesini yapar, geçmişe dayalı bir değerlendirme yöntemidir.” (Sherman, 1984: 2-16).

“Tipik bir oran analizi için gerekli olan üç aşama vardır:

1. “Karşılaştırılabilir” bir karar birimi grubu oluşturulur. Bu gruba istatistiksel tekniklere (*kümeleme analizi*) ve/veya uzman kişilerin yargılarına dayanır. Böyle bir grubun oluşturulması, karşılaştırma sonuçlarının anlamlı olması açısından önemlidir.
2. Önemli olduğu düşünülen çeşitli girdi /çıktı ve/veya çıktı/ girdi oranları tanımlanır ve her karşılaştırılabilir karar birimi için bu oranlar hesaplanır.
3. Karar birimlerine ait veriler, oranlar şeklinde hesaplanır ve her karar birimine ait oranın, tüm birimlerin toplamı için hesaplanan ortalama değerden farklılığını (altında veya üzerinde olup olmadığı) saptamak amacıyla karşılaştırma yapılır. Yapılan karşılaştırmaya dayanarak karar birimleri grubunun ortalamasından farklı değerlere sahip birimler için ne gibi önlemlerin alınması gerektiği tespit edilir.

Yararlı ve anlamlı bir oran analizi büyük ölçüde güvenilir ve karşılaştırılabilir verilerin varlığına bağlıdır. Oran analizi ile bulunmuş oranlar tek başlarına bir anlam ifade etmezler. Oranlar:

- Genel kabul görmüş oranlar ile,
- Aynı tarzdaki benzer işletmelerin oranları ile,
- İşletmenin geçmiş dönemlerine ilişkin oranları ile,
- İşletmenin aynı dönem içindeki birbirleriyle ilgili diğer oranları ile

karşılaştırılarak anlamlı hale getirilerek yorumlanabilir.

Oran analizinde her bir oran performansla ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne alırken diğerleri göz ardı edilmektedir. Bazı oranlar kapasite (kullanım) yönünden işletmenin çok başarılı olduğu sonucunu verirken başka bir oran açısından işletme son derece başarısız olabilir. Bu sorun girdi ve çıktılarının tek bir ölçekte birleştirilememesinden kaynaklanmaktadır. Oranlar en anlamlı bir şekilde ağırlıklandırılarak tek bir ölçekle ifade edilebilirse faydalı olur.

Oran ölçümleri için az bilgi yeterlidir. Tek girdi ve tek çıktının söz konusu olduğu durum için güçlü bir ölçüm modeli olmasına karşın girdi ve çıktı sayısı arttıkça kontrol etmek ve oranlar kümesinde yer alan oranların birbirlerini karşılıklı nasıl etkilediklerini yorumlamak zorlaşır. Onlar arasında öncelik sıralaması olmadığından bir oranın iyi olması, fakat diğerinin kötü olması ölçümün yapıldığı karar biriminin başka bir karar birimine göre “daha iyi” ya da “daha kötü” olarak nitelendirilmesi için yeterli olmayacaktır. Dolayısıyla elde edilen sonuçlara bakıldığında performansın iyileştirilmesi çalışmalarını için öncelikle hangi karar birimlerine ağırlık verileceği hususu yeterince açık değildir. Oran analizi statik

nitelikli bir analizdir. Bu nedenle işletmelerin yalnız bir dönemlik performansını yansıtmaktadır.”(Baysal: 1999, 68-73).

## 2.2. Parametrel Yöntemler

“Herhangi bir analitik üretim fonksiyonunun varlığını kabul ederek ölçüm yapan “parametrik yöntemlerle” performans ölçümünde, genel olarak regresyon teknikleri ile tahmin yapılırken, üretim fonksiyonu tek çıktı, tek/birçok girdi ilişkilendirilerek tanımlanmaktadır.”(Yolalan, 1993: 5).

### 2.2.1. Basit Regresyon Analizi

$Y$  bağımlı  $x$  bağımsız değişken olmak üzere iki değişken arasındaki sebep/sonuç ilişkisini matematiksel model olarak ortaya koyan yöntem regresyon analizi (basit doğrusal regresyon) denir.

**“Bağımlı değişken:** Değeri başka değişkenler tarafından etkilenen ve diğer değişkenlerin değeri değiştiğinde bu değişimden etkilenen değişkene bağımlı değişken denir. Bağımlı değişken  $Y$  harfi ile gösterilir.

**Bağımsız değişken:** Değeri rasgele koşullara göre belirlenen bağımsız olarak değişim gösteren ve başka değişkenlerin değişimi üzerine etkide bulunan değişkene bağımsız değişken denir. Bağımsız değişken  $x$  harfi ile gösterilir.” (Özdamar, 1999: 407).

Basit regresyon analizinin amacı,  $Y$  ve  $x$  arasındaki bağıntıyı  $Y = a + bx$  biçiminde ifade eden modeli bulmak ve bu modelde yer alan  $a$  ve  $b$  katsayılarının önemliliğini test etmektir. Bu analizle; iki değişken arasında  $Y = \alpha + \beta X + u$  biçiminde bir bağıntı olduğu varsayılır. Bu bağıntı  $n$  birimlik örnek verileri aracılığı ile  $Y = a + bx + e$  biçiminde tahmin edilir. Bu modelde  $a$  ve  $b$  katsayıları;  $\alpha$  ve  $\beta$

parametrelerinin tahmini  $e$  de  $u$  hata teriminin gerçek değerinin tahminidir.  $a$  katsayısı sabit,  $b$  katsayısı ise regresyon katsayısı ve regresyon doğrusunun eğimidir.  $b$ ,  $x$  de meydana gelen bir birimlik değişiminin  $Y$  de kaç birimlik bir değişime neden olacağını belirtir.

$y$ -eksenindeki performans ögesiyle  $x$  eksenindeki bu ögeyi açıklayan değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel şekli araştırılırken önce *serpilme diyagramı* oluşturularak ilişki görsel olarak belirlenir. Bu ilişkinin;

$$Y = a + bx$$

$$Y = a + bx + cx^2$$

$$Y = ab^x$$

$$Y = ax^b$$

$$\frac{1}{Y} = a + bx$$

ve benzeri fonksiyonların hangisiyle en iyi ifade edilebileceği saptandıktan sonra, söz konusu fonksiyonların katsayıları *En Küçük Kareler Yöntemi* ile tahmin edilip tahminlerin standart hatası hesaplanır; hatanın küçüklüğü fonksiyonun uygunluğu konusunda gösterge olur. Verilere uyan model üzerinde bazı testler yapılarak modelin tutarlı olup olmadığı belirlenir.

$b$  nin önemliliği, regresyon doğrusu eğiminin sıfırdan farklılığının testidir. ( $H_0: \beta = 0$ ,  $H_1: \beta \neq 0$ ) hipotezleri ile  $t$  testi ile model test edilir.  $b = 0$  ise  $x$  in  $Y$  üzerinde bir etkisinin olmadığını belirtir.  $b$  önemli ise “ $x$  in  $Y$  üzerindeki belirleyiciliği önemlidir” yorumu yapılır.

Sabitin ( $a$ ) nın önemliliği için ( $H_0: \alpha = 0$ ,  $H_1: \alpha \neq 0$ ) hipotezleri  $t$  testi ile test edilir.  $\alpha$  nın önemliliği, regresyon modelinin merkezden geçip geçmediğinin test

edilmesidir.  $a$  önemli ise model,  $Y = a + bx$  şeklinde tahmin edilmelidir.  $a$  önemli değilse model,  $Y = bx$  şeklinde tahmin edilebilir.

İki değişken arasındaki ilişkinin düzeyi *Pearson korelasyon katsayısı*  $r$  ile hesaplanır. Korelasyon katsayısının önemliliği de  $t$  testi ile test edilir.  $t$  test istatistiğinin önemliliği  $n - 2$  serbestlik dereceli  $t$  dağılımının kritik değerlerine göre ( $t_{\alpha; sd}$ ) belirlenir. 0.05, 0.01, 0.001 için değerlendirme sonucu  $t_{\text{hesaplanan}} > t_{\text{tablo}}$  ise iki değişken arasında önemli bir düzeyde ilişki var,  $t_{\text{hesaplanan}} < t_{\text{tablo}}$  ise iki değişken arasında önemli ilişki olmadığını ifade eder. Ancak açıklanan değişken durumunda olan performans ögesini etkileyecek tek değişkenin göz önüne alınması ve buna göre işletmenin verimli veya verimsiz olarak yorumlanması sakıncalıdır.

### 2.2.2. Çoklu Regresyon Analizi

Çoklu regresyon yönteminde bir bağımlı değişken ve birden fazla bağımsız değişken söz konusudur. İlgilenilen bir performans boyutuna ilişkin ölçütlerin belirlenmesi için seçilen çoklu regresyon modelinde, bağımsız değişkenlerin gerçekleşen değerleri modelde yerlerine konarak performans boyutunun devre sonunda gerçekleşmesi beklenen değeri tahmin edilir. Bu değer nokta tahmini niteliğindedir, istenilen olasılık düzeyine göre aralık tahminine dönüştürülür.

“ $Y$  bağımlı değişken ve  $x_1, x_2, \dots, x_p$  bağımsız değişkenler olmak üzere değişkenler arasındaki sebep / sonuç ilişkisini matematiksel bir model olarak ortaya koyan yöntem çoklu regresyon analizi adı verilir. Çoklu doğrusal regresyon modeli:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p + e_p, \quad p = 1, \dots, n$$

biçiminde ele alınan bir doğrusal modelde parametre tahmini yapmayı amaçlar. Sabit terim  $a$  ve regresyon katsayıları  $b_1, b_2, \dots, b_p$  bilinmeyen anakütle parametreleridir. Hata terimi  $e_p$  rassal bir değişkendir.

“Modelin varsayımları:

1. Hata terimi  $u_i$  ortalaması sıfıra eşit stokastik bir değişkendir.
2. Bağımsız değişken  $x$  ile  $u_i$  arasında ilişki yoktur.
3. Hata terimi  $u_i$  normal dağılır.
4. Hata terimi  $u_i$  nin değerleri arasında ilişki yoktur.
5. Hata terimi  $u_i$  nin varyansı her  $x_i$  için eşittir, aynıdır.
6. Model spesifikasyon hatası taşımamalıdır.
7. Bağımsız değişkenler arasında ilişki yoktur.” (Akkaya: 1995, 89-90)

Bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki bağıntının belirlenmesinde bağımsız değişkenin 1., 2.,... üslerinin modele katılması modelin belirleme gücünü artırabilir. Bu yaklaşıma *polinomial regresyon* adı verilir.  $Y = a + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_px^p$  biçiminde kurulabilir.  $p$  sayıda bağımlı değişken içinden bağımlı değişkeni açıklama niteliğine sahip uygun bağımsız değişkenler alt kümesini seçmeyi sağlayan yöntem *aşamalı regresyon (stepwise regression)* denir. Aşamalı regresyon ile  $k$  bağımsız değişken setinden  $(p - k) < p$  değişkenden oluşan model oluşturulur.

Regresyon analizi, oran analizinden daha etkili ve kapsamlıdır. Bu yöntemde çizilen regresyon doğrusuna olan uzaklığa göre bir performans boyutunun verimli olup olmadığı belirlenir. Regresyon analizi ortalama vektöründen hareketle sonuca ulaşmaktadır. Dolayısıyla bir performans modelinin etkinliği ya da başarılılığı performans boyutuna göre değil, etkin ve etkin olmayan performans modellerinin

ortalamasına göre belirlenmektedir. Oysa performans ölçümünde amaç en etkin performans modeli ile karşılaştırma yapmaktır.

Regresyon analizi ile performans değerlendirmesi regresyon doğrusunun tek çıktı, tek/çok girdiye göre yapılmaktadır. Bu doğrunun üzerinde yer alan karar birimleri göreceli olarak verimli, altında yer olan karar birimleri ise verimsiz olarak değerlendirilmektedir. "Göreceli teknik verimlilik, regresyon çıktılarından olan artıklarla (residual) yansıtılmaktadır. Pozitif artık verimliliği, negatif artık ise verimsiz karar birimlerini tanımlamaktadır." (Sexton, 1986: 9).

"Bu yöntemin temelde üç şakıncası bulunmaktadır:

1. Bir tek eşitlik denklemine dayanan bir fonksiyonu kullanan yöntem birden çok girdi değişkenine karşılık bir çıktı değişkeninin analizini yapar.
2. Performans analizinde gereksiz olan En Küçük Kareler Yöntemi kullanıldığından regresyon analizi en iyi performansa göre performans analizi yerine ortalama performansa göre göreceli verimlilik ölçümü yapılır. Bu nedenle yöntem karar birimlerinin verimlilik kazanç veya kayıplarını ortaya koyması açısından fazla bilgi sağlayamaz.
3. Regresyon analizi üretilen çıktılarla bir eşitlikteki girdilerin nasıl ilişkilendirildiğine ilişkin parametrik bir üretim fonksiyonunun tanımlanması gerektiğinden verimsiz birimleri tanımlayamaz. Özellikle eğitim hizmeti sunan okul gibi örgütlerde bu yapısal üretim fonksiyonunun tanımlanması oldukça güç olmakta ve regresyon analizi performans ölçümünde yetersiz kalmaktadır." (Sherman, 1984: 35).



Bu yöntem birden çok bağımsız değişkenin bir tek bağımlı değişkene etkisini açıklamakta, ancak birden çok bağımsız değişken ile birden çok bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi açıklamakta yetersiz kalmaktadır. (Sherman, 1984: 40).

Geleneksel parametrik yöntemlerin bu eksikliklerini ortadan kaldıracak arayışların bir yansıması olarak birden çok girdi ve çıktı değişkenini birleştirerek bir tek performans ölçütüne indirgeyen yeni bir yöntemeye duyulan ihtiyacı karşılamak üzere *Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis – DEA)* geliştirilmiştir.

### 2.3. Parametresiz Yöntemler

Matematik programlamayı çözüm tekniği olarak benimseyen bu yöntemler parametrelili yöntemlere alternatif olarak ortaya çıkmıştır. “Parametresiz yöntemler üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmezler. Ayrıca birçok girdi ve birçok çıktılı üretim ortamlarında performans ölçümü için oldukça uygun bir yapıya sahiptir.” (Yolalan, 1993: 5).

#### 2.3.1. Veri Zarflama Analizi (VZA)

##### 2.3.1.1 VZA'nın Tarihsel Geçmişi

Veri Zarflama Analizi'nin tarihçesi, Ph.Dr. Edwardo Rhodes'in Cornege Mellon Üniversitesi'ndeki Şehir ve Kamu konulu araştırma tezi ile başlamıştır. W.W. Cooper danışmanlığında Edwardo Rhodes, **Program Follow Through**'u değerlendirmiştir. Bu program dezavantajlı öğrenciler (çoğunlukla siyah ve İspanyol öğrenciler) için eğitim programıdır ve Federal Hükümet'ten destek ile ABD'deki kamu okullarına uygulanmıştır. Analiz ise Program Follow Thorough'a katılmış ve katılmamış okul gruplarının performansını karşılaştırmayı içermektedir (Charnes vd. 1994). Burada 70 tane okulun görece teknik verimliliğini fiyatları göz ardı ederek



çoklu girdi ve çıktılarla tahmin etme arzusu, CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) formülasyonu olarak bilinen VZA oransal formülünü doğurmuş ve VZA'ni ilk duyuran çalışma olarak European Journal of Operations Research'de 1978'de yayınlanmıştır (Charnes vd. 1994). Bu CCR formülü ölçeğe göre sabit getiri durumunu varsaymaktaydı.

Daha sonra Banker'in ve Banker, Charnes ve Cooper'ın çalışmalarında ölçeğe göre değişen getiri durumu ele alınmış BCC formülasyonu ortaya çıkmıştır. CCR ve BCC modellerinin her biri için girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere iki ayrı formülasyon oluşturulmaktadır. Bu özelliği ile VZA verimsizlik kaynaklarının yanı sıra verimsizlik türlerini de irdeleyebilecek boyuta getirilmiştir (Yolağan, 1993:14). Bu formülasyonlar detaylı bir şekilde Seiford ve Thrall (1990:35-87) tarafından incelenmiş ve sınıflandırılmıştır. Ayrıca Charnes, Cooper, Golany, Seiford ve Stutz tarafından ortaya atılan toplamsal model ve çarpımsal model adı altındaki farklı formülasyonlar da literatürde yer almaktadır. Ayrıca kategorik değişkenlerin de VZA modeli ile değerlendirilmesi yönünde çalışmalar yapılmıştır. (Banker ve Morey 1986:1315-1332).

1990'lı yıllarda VZA'nın teorik gelişimi büyük ölçüde tamamlanmış ve modelin duyarlılık analizi ve diğer modellerle karşılaştırılması yönünde çalışmalar yapılmıştır. VZA yakın geçmişe kadar deterministik bir yapıda olan girdi ve çıktıların verimlilik analizinde kullanılmıştır. Ancak son yıllarda girdi ve çıktıların istatistiksel olarak değişebileceği durumlara yönelik çalışmalar yapılmıştır. (Sengupta 1987:117-129) ve bu VZA'nın yeni yönelim alanı olmuştur.

Yine istatistiksel olarak etkinlik sınırının hesaplanmasını konu alan yayınların yanı sıra son zamanlarda yayınlanan, etkinlik sınırlarına ait duyarlık analizleri ve ağırlık faktörlerinin belirlenmesinde getirilebilecek sınırlamalarla ilgili çalışmalar da mevcuttur (Gülen 1994:75).

Bu sayı günümüzde daha da artmıştır. VZA'nın 20 yıllık geçmişine bakıldığında parametrik olmayan verimlilik ölçüm tekniği hem teorik hem de metodolojik olarak oldukça hızlı bir evrim geçirdiği görülmektedir. Başlangıçta kar amacı gütmeyen özellikle kamu sektöründeki kuruluşların karşılaştırmalı verimliliklerinin ölçülmesini hedefleyen VZA daha sonraları kar amaçlı üretim ve hizmet sektörlerinde işletmeler arası karşılaştırmalı teknik verimliliğin ölçülmesinde de yaygın olarak kullanılmıştır.

### **2.3.1.2. VZA'nın Uygulama Alanları**

Günlük hayatta VZA yönteminin oldukça geniş uygulama alanları vardır. Bu alanların başlıcaları aşağıdaki gibidir: (Sipahi 1998:32-33 ).

1. Tıp (Hastaneler ve doktorlar)
2. Eğitim (ortaöğretim ve üniversiteler)
3. Üretim
4. Yer Seçimi
5. Benchmarking (kıyaslama)
6. İşletme Çözümleri
7. Fast Food Lokantaları
8. Toptancı Mağazaları
9. Bankacılık

10. Silahlı Kuvvetler (personel araştırması, hava taşıtları bakımı)

11. Sporlar

12. Uzay çalışmaları vb.

### 2.3.1.3 VZA'nın Temelleri

Veri Zarflama Analizi, literatürdeki adıyla "Data Envelopment Analysis", doğrusal programlama teorisinin prensiplerine dayanan ve spesifik olarak "karar verme birimlerinin" (KVB) (literatürdeki adıyla "Decision Making Units) göreceli verimliliğini tahmin etmek için tasarlanmış olan parametresiz bir yöntemdir. VZA'nın temelinde benzer KVB arasında gözlenen girdi ve çıktılar esas alınarak göreceli (karşılaştırmalı) teknik verimliliklerinin değerlendirilmesi yatmaktadır (Norman ve Stoker 1991:85-87).

### 2.3.1.4 VZA'nın Matematiksel Temelleri

Orijinal VZA Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından Farrell'in sınır üretim fonksiyonları kavramına dayanılarak kamu programlarına katkıda bulunan kâr amacı gütmeyen kuruluşların teknik verimliliğini ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. İlk uygulamada federal bütçelerle desteklenen eğitim programlarına katılan bir çok okulun verimliliklerini ölçmek amaçlanmıştır.

VZA gözlenen KVB nin girdi ve çıktı miktarlarına dayalı olarak en iyi üretim bileşimini baz alarak bir sınır (frontier) belirler ve herhangi bir KBV nin verimliliğini bu sınıra olan uzaklığına göre göreceli olarak analiz eder (Ganley ve Cubbin, 1992:45).

VZA göreceli teknik verimliliği ölçme yöntemi olarak herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten en iyi

gözlemleri (ya da verimlilik sınırını oluşturan birimleri ) belirler ve söz konusu sınırı referans olarak kabul edip verimli olmayan birimlerin bu sınıra olan uzaklıklarını (ya da verimlilik düzeylerini) radyal olarak ölçer (Yolağan 1993:22).

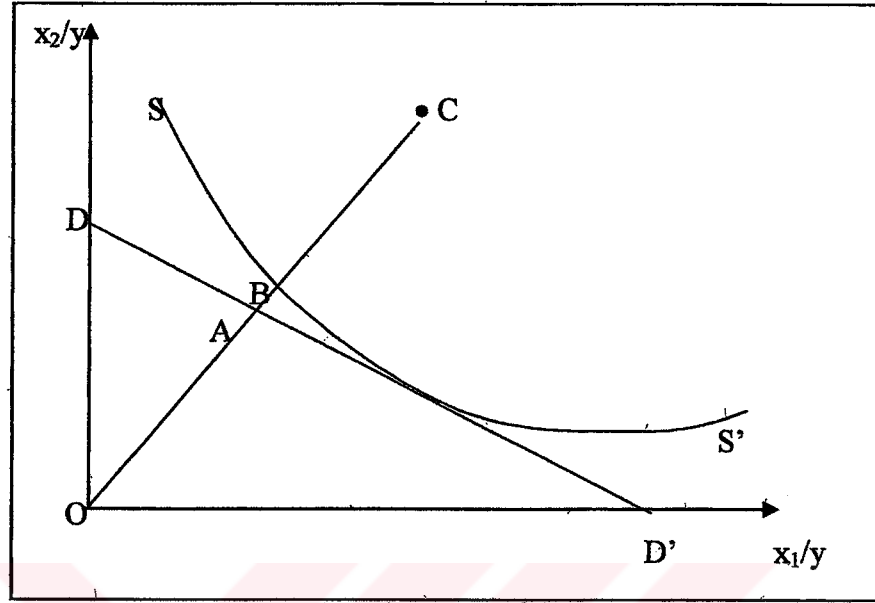
Toplam ekonomik verimlilik (TEV), teknik verimlilik (TV) ve tahsis verimliliğinin (TaV) bir fonksiyonu olarak tanımlanırsa;

$$TEV = TV \cdot TaV$$

olarak yazılabilir.

İki girdi kullanarak ( $x_1$  ve  $x_2$ ) tek bir çıktı ( $y$ ) üreten bir işletme düşünelim. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında kuramsal olarak Şekil 2.1'de gösterilmiştir (Coelli and Battese: 1998, 118-133).

Şekil 2.1'de SS' eş ürün eğrisi sabit bir çıktı miktarını meydana getiren iki üretim faktörünün (girdi) çeşitli bileşimlerini göstermekte ve KVB nin teknik verimlilik ölçümüne imkan veren tam verimlilik durumunu yansıtmaktadır. Teorik olarak C kadar girdi kullanılmakta fakat tam verimlilik B noktasında meydana gelmektedir. Bu durumda KVB nin teknik verimsizliği yani çıktı miktarında bir değişiklik yapmaksızın teknik olarak verimli duruma gelebilmesi için azaltılması gereken girdi miktarı BC kadar olacaktır. C noktasının teknik verimsizlik miktarı BC/OC oranı ile bulunmaktadır. Bu oran C noktasındaki girdilerin aynı çıktısını üretilmesi için ne kadar azaltılma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.



**Şekil 2.1 Girdi Yönelimli Teknik ve Tahsis Verimlilik**

Karar verme biriminin teknik verimliliği:

$$TV_i = OB/OC \text{ ya da } TV_i = 1 - (BC/OC)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Bu orana C noktasındaki KVB'nin teknik verimliliği adı verilmektedir. TV teorik olarak 0 ile +1 arasında değer alır. TV'nin 1'e eşit olması bu KVB'nin teknik olarak verimli; 1'den küçük olması göreceli olarak verimsiz olduğunu göstermektedir. SS' eğrisi üzerinde bulunan B noktasında  $TV = 1$  olmakta ve tam teknik verimliliği yansıtmaktadır.

DD' ise eş maliyet doğrusu olup KVB'nin çeşitli faktör bileşimleriyle meydana getirdiği çıktı faaliyetini belirli bir toplam harcama sınırında yapmasını gösterir. Bu doğrunun eğimi girdi fiyat oranına eşit olup maliyetlerin minimize

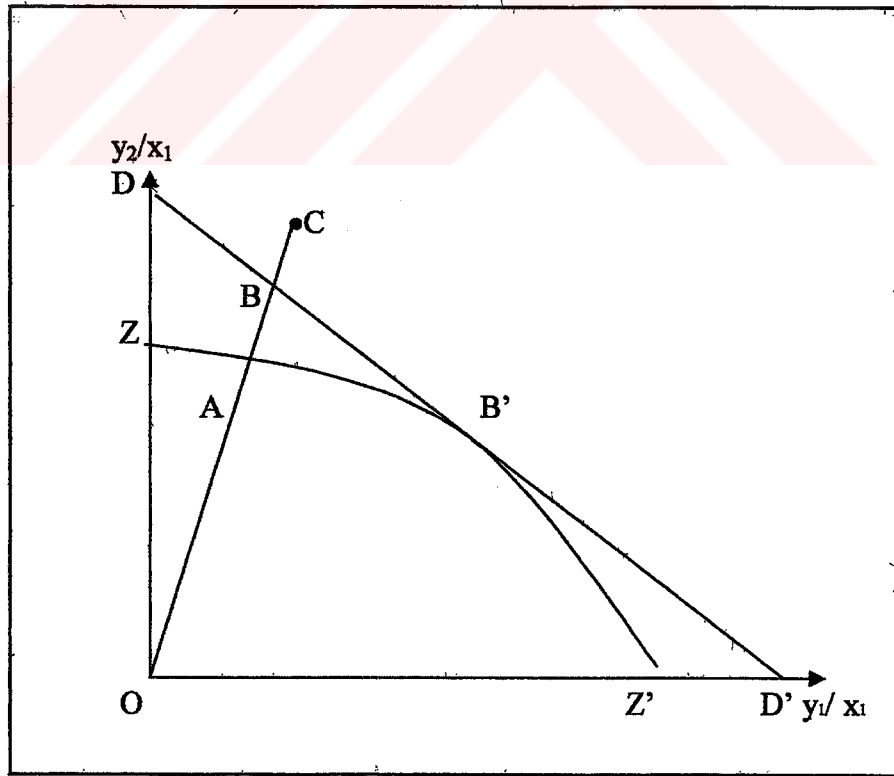
edilebileceği sınırı göstermekte ve tahsis verimliliğini yansıtmaktadır. D KVB nin tahsis verimlilik oranı:

$$TaV = OA / OB$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Bu durumda B noktası tam teknik verimliliği nitelerken AB kadar tahsis verimsizliğe işaret etmektedir. Hem tahsis hem de teknik verimlilik koşulunu sağlayan sadece D noktası görünmektedir. Toplam ekonomik verimlilik teknik ve tahsis verimliliğin bir fonksiyonu olarak;

$$TEV = TV \cdot TaV = (OB/OC) \cdot (OA/OB) = (OA/OC)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Bu kuramsal gösterim ancak üretim fonksiyonunun bilinmesi varsayımı altında geçerli olabilmektedir.



Şekil 2.2 Çıktı Yönelimli Teknik ve Tahsis Verimlilik

Şekil 2.2’de bir KVB nin çıktı yönelimli yöntemle bir girdi ( $x_1$ ) kullanarak iki farklı çıktı ( $y_1, y_2$ ) üretiminin kuramsal olarak verimlilik analizi yapılmıştır. (Coelli and Battese: 1998, 118-133).

$ZZ'$  bu KVB nin üretim olanakları eğrisini göstermektedir.  $DD'$  eş gelir doğrusu olup gelirin kuramsal olarak maksimize edilme sınırını vermekte ve tahsis ya da fiyat verimliliğini yansıtmaktadır. A noktasında üretim yapan KVB, diğer faktörler sabit kalmak koşulu ile bu girdilerle yapabileceği maksimum üretim miktarını yansıtan üretim olanakları eğrisi  $ZZ'$  nin altında kalması nedeniyle verimsiz olarak nitelendirilmektedir. Farrell’in bu çıktı yönelimli verimlilik ölçümü (Farrell and Fieldhouse: 1962, 252-267) şu şekilde hesaplanmaktadır. Çıktı yönelimli teknik verimlilik:

$$TV = OA/OB$$

Tahsis verimlilik oranı ise:

$$TaV = OB/OC$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Böylece çıktı yönelimli toplam ekonomik verimlilik oranı:

$$TEV = TV \cdot TaV = (OA/OB) \cdot (OB/OC) = (OA/OC)$$

şeklinde formüle edilmektedir.

### 2.3.1.5 VZA’da Kesirli Matematiksel Program

En yalın toplam faktör verimliliği formülünü, yani çıktıların girdilere oranından türeyen basit verimlilik formülünü şu şekilde verebiliriz:

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktıların ağırlıklı toplamı}}{\text{Girdilerin ağırlıklı toplamı}}$$

Verimliliği hesaplanmak istenen spesifik bir birimin verimliliği ise,

$$\frac{v_1 y_{1j} + v_2 y_{2j} + \dots}{w_1 x_{1j} + w_2 x_{2j} + \dots}$$

matematiksel notasyonla gösterilirse;

$v_1$  = birinci çıktıya verilen ağırlık

$y_{1j}$  = "j" birimden elde edilen bir numaralı çıktı

$w_1$  = birinci girdiye verilen ağırlık

$x_{1j}$  = "j" birimi tarafından tüketilen bir numaralı girdi

Bu formül tüm birimlerde ortak ağırlıklar kümesinin varsayımını içermektedir. VZA modelini açıklamanın en iyi yollarından biri toplam faktör verimliliğini hatırlamaktır. Yukarıda tek bir KVB nin verimliliğini hesaplamak için kullandığımız formül, aslında toplam faktör verimliliğini hesaplamak için kullanılan girdi ve çıktıları ağırlıklandırarak performansını tek bir oran ile özetleyen formüldür.

Bir KVB nin  $x_k$ ,  $k=1,2,\dots,m$  girdilerden,  $y_i$ ,  $i=1,2,\dots,t$  çıktıları ürettiğini varsayarsak, değişkenler üzerindeki uygun ağırlıklar ( $v_i = 1,\dots,t$ ;  $w_k = 1,\dots,m$ ) yoluyla denklemin özetini şu şekilde yazabiliriz:



$$\frac{\sum_{i=1}^t v_i y_i}{\sum_{k=1}^m w_k x_k} \quad (1)$$

Kesirli program doğrusal programın öncülüdür ve gerçekte kesirli program VZA'nın kavramsal modeli olarak düşünülmelidir. Doğrusal programlama ise verimlilik hesaplaması için kullanılan pratik bir yöntem niteliğindedir. Kesirli program toplam faktör verimliliği oranından yola çıkmaktadır.

VZA her bir girdi ve çıktı için KVB de ağırlıklar belirlemektedir. Ağırlıkların seçiminde, yani doğrusal programlama aracılığıyla belirlenmesinde iki kısıt vardır:

Birincisi ağırlıkların pozitif sayı olma zorunluluğudur. İkincisi ise modeldeki hiçbir KVB için ağırlıklı çıktıların ağırlıklı girdilere oranının birden büyük olmamasıdır. Özet olarak, her bir KVB, kabul edilebilir ağırlıklar kümelerinden, kendisinin ya da diğer herhangi bir KVB nin verimlilik değerini birden büyük yapmadan verimliliği maksimize edecek herhangi bir ağırlık kümesini seçebilir.

Ağırlıklar literatürde “sanal transformasyon”, “sanal çarpanlar” ya da “sanal ağırlıklar” olarak adlandırılır. Sanal terimi ağırlıkların gözlemlenmiş değil türetilmiş olduğunu göstermektedir. Söz konusu ağırlıkların sonuç olarak ekonomik anlamı olmayıp, yalnızca değerlendirilen KVB nin verimliliğini maksimize eden algoritmayı karakterize etmektedir. (Sexton: 1986, 56-59).

VZA, bu orandaki gözlemlenmiş girdiler  $x_k$  ile çıktıları  $y_i$  veri olarak alıp, girdi ve çıktılar için “p” karar biriminin performansını akranlarının performanslarına göre maksimize eden ağırlıklar seçer:

$$\text{Maks. } v_i w_k \frac{\sum_{i=1}^i v_i y_{ip}}{\sum_{k=1}^m w_k x_{kp}} \quad (2)$$

“Z” tane birden küçük eşittir kısıtı altında;

$$0 \leq \sum_{i=1}^i v_i y_{ic} / \sum_{k=1}^m w_k x_{kc} \leq 1$$

$$c = 1, \dots, p, \dots, Z$$

$v_i, w_k > 0$  tüm girdi ve çıktılar için.

Modeldeki “v” ve “w” değerleri yani girdi ve çıktılar üzerindeki ağırlıklar problemin değişkenlerini oluşturur. Verimlilik değeri belirlenirken herhangi bir girdi ve çıktının göz ardı edilmesi engellenir. Modelin çözümü “p” KVB için bir verimlilik değeri ve bu değere ulaşmak için gerekli ağırlıklar kümesini verir.

Kesirli programın yukarıdaki formülasyonu Charnes, Cooper ve Rhodes (1978,1979) un çalışmalarından alınmıştır. Formülasyon her birim için ayrı ayrı hesaplama yaparak “Z” adet yani örneklemimizdeki KVB sayısı kadar ağırlık kümesi elde etmektedir. Amaç fonksiyonundaki ağırlıklar, birimin verimlilik değerini ( $\leq 1$ ) kısıtı altında maksimize etmek için seçilmektedir.

Formülasyon aracılığıyla hesaplanan performans değerinin “1” olması gözlemlenen ile potansiyel performansın çakıştığını gösterir. Bu durumdaki KVB nin “en iyi gözlem”i oluşturduğu anlaşılır. Gözlemlenen performansı potansiyel performansından düşük olan bir KVB nin ise 1’den düşük bir verimlilik değeri

olacaktır. Bu değer söz konusu birimin akran birimlerinin bazılarında yani referans grubunu oluşturan KVB den göreceli olarak daha verimsiz olduğunu ifade eder.

### 2.3.1.6 Doğrusal VZA Programı Primal Formülasyon

Uygulamada verimlilik değerinin hesaplanmasında kesirli formülasyon kullanılmamaktadır. Çünkü bu formülasyonun doğrusal olma ve konveks olma gerekliliklerini karşılamamaktadır. (Charnes and Cooper: 1962, 181-185) bu kesirli formülasyonu olağan doğrusal bir programa dönüştürebilmek için bir transformasyondan faydalanmışlardır.

Kesirli formülasyonda kesiri maksimize etmek için, pay ve paydanını kendi değerleri değil birbirine göre değerleri önemlidir. Aynı etkiyi yakalamak paydanın bir sabite eşitlenmesi ve yalnızca payın maksimize edilmesiyle mümkündür.

“p” KVB için doğrusal program kesirli fonksiyondaki amaç fonksiyonunun paydasını “1” e eşitleyerek yapılır.

$$\text{Maks} \cdot v_i w_k \sum_{i=1}^t v_i y_{ip} \quad (3)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i=1}^t v_i y_{ic} \leq \sum_{k=1}^m w_k x_{kc} \quad c = 1, \dots, p, \dots, Z$$

$$\sum_{k=1}^m w_k x_{kc} = 1$$

$v_i, w_k > 0$  tüm i ve k'lar için.

3 numaralı formülasyon doğrusaldır. Girdilerin ağırlıklı toplamını “1” ile kısıtlar ve  $v_i$ ,  $w_k$  için uygun değerler seçerek “p” KVB nin ağırlıklı çıktı toplamını maksimize eder. Kesirli fonksiyonda bulunan “1” den küçüktür kısıtları primal doğrusal formülasyonda da mevcuttur. Böylelikle verimlilik değeri “1”i aşamaz.

Benzer bir doğrusal program “p” KVB için ağırlıklı girdileri minimize edilerek ve ağırlıklı çıktılar “1”e eşitlenerek elde edilir.

$$\text{Min} \cdot v_i w_k \sum_{k=1}^m w_k x_{kp} \quad (4)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{k=1}^m w_k x_{kc} \geq \sum_{i=1}^t v_i y_{ic} \quad c = 1, \dots, p, \dots, Z$$

$$\sum_{i=1}^t v_i y_{ic} = 1$$

$v_i, w_k > 0$  tüm i ve k'lar için.

VZA'daki pozitif olma kısıtı Charnes, Cooper ve Rhodes (1979) tarafından modele konulmuştur.

$$w_k > \varepsilon, \quad k=1, \dots, m$$

$$v_i > \varepsilon, \quad i=1, \dots, t$$

Burada “ $\varepsilon$ ” ihmal edilebilir denli küçük bir değer veya non-Archimedean sabiti olarak anılan  $10^{-5}$  veya  $10^{-6}$  düzeyinde kullanılan bir değerdir. (Lewin and Morey: 1981, 267) ağırlıklar üzerindeki pozitiflik kısıtını “alt sınır kısıtları” olarak adlandırmaktadırlar.

### 2.3.1.7 VZA Doğrusal Programı Dual Formülasyon

“Herhangi bir doğrusal program için aynı verileri kullanarak ortak bir doğrusal program formüle etmek mümkündür.

(3) ve (4) nolu formüller doğrusal programlardır. Verimliliğin hesaplanmasında VZA, (3) ve (4) numaralı programın dualini kullanır.

(3) numaralı denklemin duali gerçek verimlilik sınırının parçalı doğrusal yaklaştığını, m tane girdinin miktarlarını, t tane çıktının miktar seviyesini karşılamak için minimize eder.

$$\text{Min. } \lambda_c h_p - \varepsilon \left( \sum_{k=1}^m s_k + \sum_{i=1}^t s_i \right) \quad (3 \text{ dual})$$

Kısıtlayıcılar:

$$x_{kp} \cdot h_p - s_k = \sum_{c=1}^Z x_{kc} \lambda_c \quad k=1, \dots, m$$

$$y_{ip} \cdot s_i = \sum_{c=1}^Z y_{ic} \lambda_c \quad i=1, \dots, t$$

$$\lambda_c \geq 0 \quad c = 1, \dots, p, \dots, Z$$

$$s_k \geq 0 \quad k = 1, \dots, m \text{ (girdi aylak değişkenleri)}$$

$$s_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, t \text{ (çıktı aylak değişkenleri)}$$

Burada  $h_p$  kısıtsızdır ve  $\varepsilon$  ihmal edilebilir büyüklükte bir sabittir. Dual programın anlamı; “p” KVB ancak ve ancak verimlilik oranı  $h_p$  “1”e ve tüm aylak değişkenler “0”a eşit ise göreceli olarak verimli demektir.

$$h_p = 1 \quad \text{ve} \quad s_k = s_i = 0 \quad \text{tüm } k \text{ ve } i' \text{ ler için.} \quad (5)$$

Dual program girdi veya çıktı üzerindeki ağırlıklar yerine KVB üzerindeki ağırlıkları ( $\lambda_c$ ) hesaplamaktadır. Ayrıca dual programdaki ağırlıklar sıfıra eşit veya sıfırdan büyük olmalıdır.

Dual program girdi ve çıktılar üzerindeki  $(m+t)$  kısıt sayısı ile, “Z” tane KVB üzerindeki Z tane kısıt taşıyan programa, hesaplamada kolaylık açısından tercih edilmektedir.

$$\text{Maks.} S \quad \lambda_c f_p + \varepsilon \left( \sum_{k=1}^m s_k + \sum_{i=1}^t s_i \right) \quad (4 \text{ dual})$$

Kısıtlayıcılar:

$$f_p \cdot y_p + s_i = \sum_{c=1}^Z \lambda_c y_{ic} \quad i=1, \dots, t$$

$$x_{kp} - s_k = \sum_{c=1}^Z \lambda_c x_{kc} \quad k=1, \dots, m$$

$$\lambda_c \geq 0, c = 1, \dots, p, \dots, Z$$

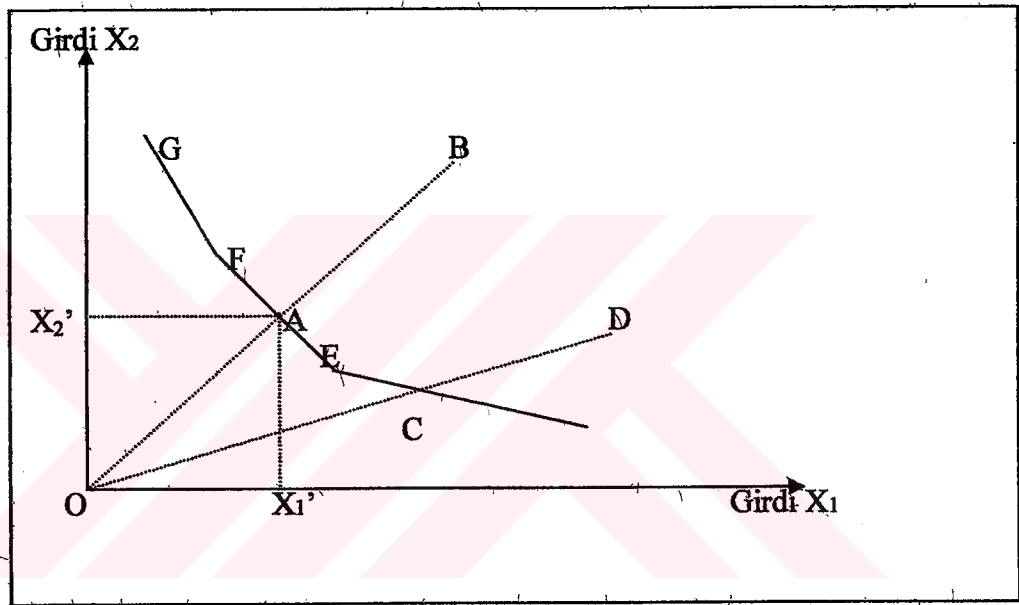
$$s_k \geq 0, k = 1, \dots, m$$

$$s_i \geq 0, i = 1, \dots, t$$

Burada  $f_p$  kısıtsızdır.” (Uysal, 2003: 55-59)

### 2.3.2 VZA'da Teknik Verimlilik

Tahminlenen dual teknoloji bir dizi kesişen doğrusal parçadan kuruludur. Bu parçalardan her biri dual programın optimal çözümündeki kısıtlardan birini simgelemektedir. Doğrusal parçalar bir araya geldiklerinde kaplı, konveks bir üretim kümesi oluştururlar.



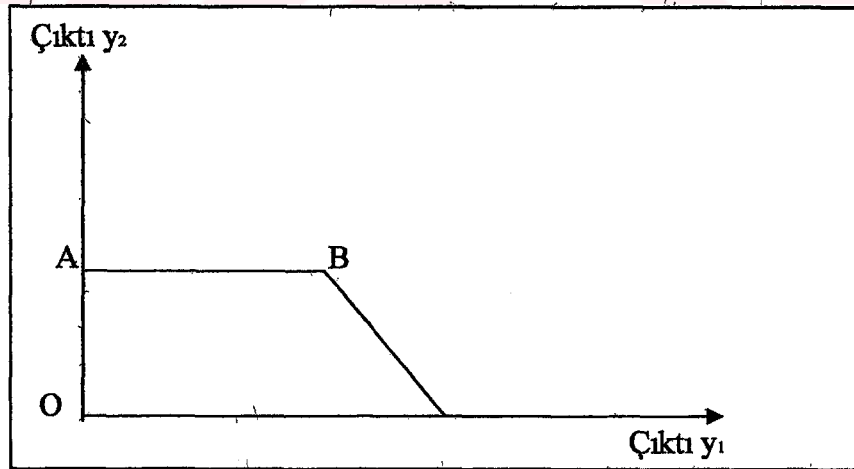
**Şekil 2.3 Girdi Yönelimli VZA Verimlilik Sınırı**

Bir KVB, eğer bir başka KVB veya bir grup KVB nin doğrusal bileşimi, eşit miktarda çıktıyı, en az bir girdiyi daha az kullanarak üretmiyorsa, teknik verimliliğe sahiptir. Şekil 2.3, tek bir çıktı üretirken iki girdi kullanan ( $x_1$  ve  $x_2$ ) 5 adet karar birimine (B, D, E, F, G) dayanan varsayımsal bir etkinlik sınırını göstermektedir. G, F ve E sınır üzerinde yer almaktadır ve "En iyi gözlem" kümesini oluşturmaktadırlar. Bu da, başka herhangi bir KVB ya da KVB nin doğrusal bileşimi, aynı seviyede çıktıyı girdilerden birini veya ikisini de daha az kullanarak üretmiyor demektir.

Bahsedilen 3 karar biriminin (G,F,E) etkinlik oranları “1” e eşittir ve dualin çözümünde tüm aylak değişkenleri sıfırdır (Bowlin, 1987:127-135).

Bazı durumlarda, girdi minimizasyon programı çıktı miktarında da ayarlamalar önerebilir. Bu durumu çıktı aylak değişkenlerinin optimal değerlerinin sıfırdan farklı olması halinde ortaya çıkar. Bu ayarlamalar çıktı yüzeyinin yatay veya dikey dengi parçalarında (yüzeylerinde) yapılır. Şekil 2.2’de çıktı yüzeyi girdi yüzeyinin dikey bir uzantısı olacaktır. Ancak, sıfırdan farklı çıktı aylak değişkenleri en az iki çıktının var olduğu durumlarda söz konusu olabilir (Bowlin, 1987:127-135).

Şekil 2.4’e bakıldığında bir çıktı yüzeyi görülecektir. Girdi için olduğu gibi çıktıda da parçalı bir doğrusallık mevcuttur ve her bir parça (yüz) dual programdaki bir çıktı kısmının varlığını simgelemektedir. Dual programda A KVB için çözümü yukarıdakinin aynı olduğunu var sayabiliriz. Tek fark, şimdi çıktılar üzerinde iki adet kısıt olmasıdır.



**Şekil 2.4 Çıktı Yönelimli VZA Verimlilik Sınırı**

Girdi minimizasyon dualinde “hedef”in 2 yönü olduğu açıktır. Kısıtlar girdilerde radyal (eşit-orantılı) bir büzülme tanımlarken, sıfırdan farklı aylak



değişkenler girdilerde ek azaltmalar önermektedir. Buna ek olarak, sıfırdan farkı çıktı aylak değişkenleri çıktılarda da ayarlamalar gerektirebilmektedir (Lewin and Morey 1981:267).

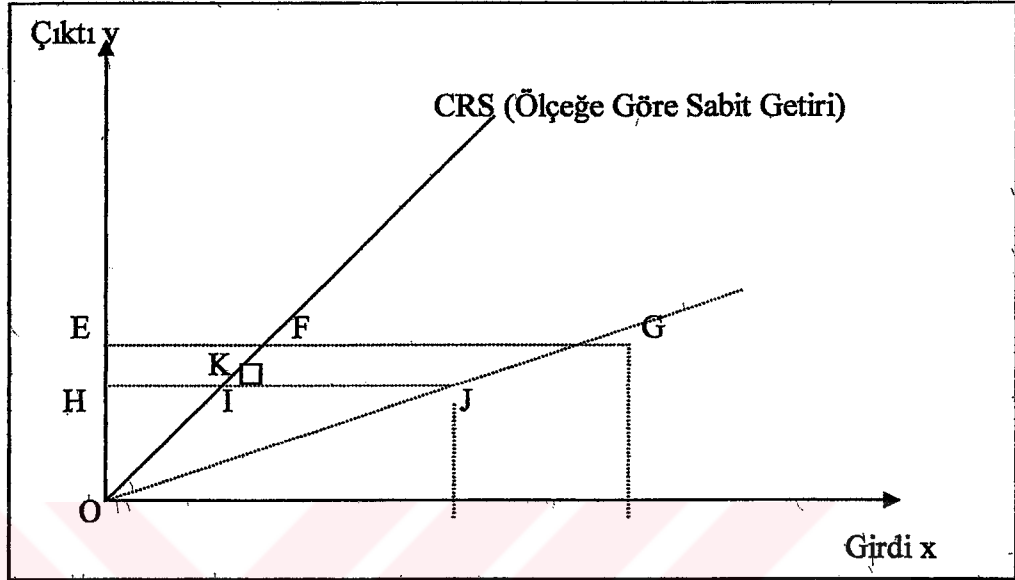
### 2.3.3 VZA'da Ölçek Verimliliği

Yetmişli yılların sonlarında Charnes ve Cooper'ın (1981) geliştirdiği VZA yaklaşımına rağmen, pek çok ekonomist sınır tahmini için istatistiksel yöntemler kullanmaya devam etmişlerdir. Bunun nedeni orijinal Farrell(1957)/Charnes-Cooper ölçek varsayımlarının son derece kısıtlayıcı olması olarak gösterilmektedir.

Parametresiz yaklaşımın ilk uygulamaları ölçeğe göre sabit getirili üretim varsayımından yola çıkan doğrusal programlamalar olmuştur. Birçok ekonomist bu varsayımları fazla kısıtlayıcı bulmuşlar ve VZA yerine alternatif istatistiksel yöntemler kullanmayı tercih etmişlerdir. Ancak son çalışmalar sabit getiri varsayımını gevşetmeyi ve programlama yaklaşımına daha geniş uygulama alanı kazandırmayı başarmıştır. Bu çalışmalar VZA'ya olan ilgiyi canlandırmıştır.

Orijinal Farrell / Charnes-Cooper programını geliştirici yönde en önemli katkılar bir dizi çalışmada bulunabilir. Bunlar arasında en önemli isim, konunun gelişimine sürekli katkıda bulunan çalışmaları ile Banker (1981) dir. (Banker ve Thrall 1989:112).

### 2.3.3.1. Sabit Getirili Verimlilik Sınırı



Şekil 2.5 Ölçeğe Göre Sabit Getiri

Şekil 2.5'te tek bir girdinin tüketilmesi sonucunda üretilen çıktının grafiği yer almaktadır. Diagramdaki işaretli noktalar gözlemlenen girdi çıktı kombinasyonlarını göstermektedir. Orijinal Farell / Charnes-Cooper programı çıktı /girdi oranını maksimize eden KVB yi bulan, ölçeğe göre sabit getirili bir verimlilik sınırı tespit etmektedir. Bu oran (çıktı / girdi), maksimum ortalama verimlilik olarak yorumlanabilir ve ölçeğe göre sabit getirili bir üretimle tutarlı olarak ölçek verimliliğine sahip bir karar birimine işaret eder (Banker, Charnes and Cooper 1984:35-44).

Şekil 2.5'teki K KVB, sınır üzerindedir ve ortalama verimliliği maksimize etmektedir. Merkezden J veya G noktasına doğru uzatılan bir çizgi daha düşük bir eğime sahip olacak , ortalama verimliliği maksimize etmeyecektir. Matematiksel olarak ifade etmek gerekirse  $(Y_k/X_k) > (Y_c/X_c)$ ,  $c \neq k$  . Sabit getiri verimlilik sınırı,

merkezden başlayıp K KVB gibi bir maksimum ortalama verimlilik noktasından geçen bir vektördür. Bu etkinlik sınırı Farell (1957), Charnes, Cooper ve Rhodes (1981) tarafından kurulmuştur.

K KVB ortalama verimliliği maksimize ettiğinde, ölçek etkinliğine sahiptir ve kısıtlardaki ağırlığı 1'e eşittir. J ve G KVB daha düşük ortalama verimlilik oranlarına sahiptirler. K KVB J ve G üzerinde baskındır ve bu KVB, K KVB nin referans grubunda yer almazlar.

J KVB için hedef vektör, yani kısıtlardaki eşitliğin sağ tarafında kalan bölümdeki ağırlık, 1 den küçük olacaktır.

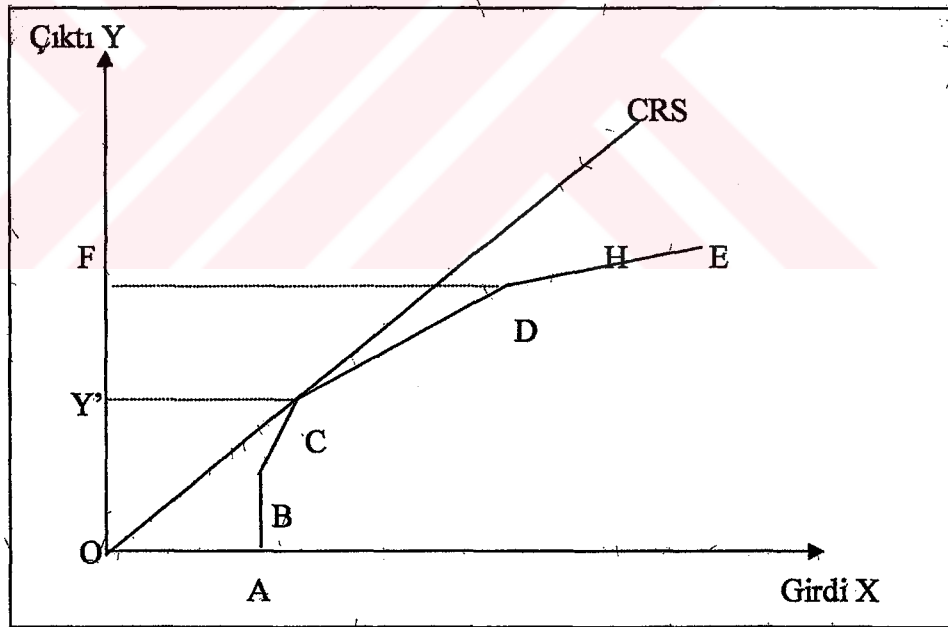
Banker'in argümanına göre, sabit ölçeğe göre getiri dual programı ile faydalı bir ölçeğe göre getiri testi gerçekleştirilebilmektedir (Banker, Charnes and Cooper, 1984). J gibi, referans KVB den daha küçük miktarlarda girdi ve çıktı kombinasyonuna sahip olan birimler için hedef "en iyi gözlem" performansının düşürülmesiyle elde edilecektir.

Örneğimizdeki (Şekil 2.5) bir girdi bir çıktı durumunda yalnızca tek KVB ölçek verimliliğine sahiptir. Çoklu girdiler ve çıktılar içeren örnek olaylarda birden fazla KVB ölçek verimliliğine sahip olması mümkündür. Bu durumda Banker'in ölçek göstergesi bu etkin KVB deki ağırlıkların toplamı olacaktır.

### 2.3.3.2. Ölçeğe Göre Değişen Getiri

Artan ve azalan ölçeğe göre getiri mümkün olduğundan, verimlilik sınırı üzerinde ölçek etkinliğine sahip olmayan KVB de bulunabilmektedir. Örneğin B KVB (ölçeğe göre artan getirili), D KVB ve E KVB (ölçeğe göre azalan getirili)

ölçek verimliliğine sahip olmasalar dahi veri ölçeğe göre teknik verimliliğe sahiptirler. Sonuç olarak elde edilen verimlilik sınırı parçalı doğrusal bir niteliğe sahip olan ABCDE sınırınıdır. Her bir parçada ölçeğe göre değişmekte ve her bir parça duval programın bir kısıtının çözümüne denk düşmektedir. Ölçek verimliliğine sahip bir KVB C göre daha düşük girdi-çıkıtı kombinasyonları seviyelerinde, yani BC doğru parçası boyunca ölçeğe göre artan getiri vardır; daha yüksek çıktı-girdi kombinasyonlarında ise ölçeğe göre azalan getiri görülmektedir. Ölçek etkinliğine sahip KVB C ise hem değişken getirili hem de sabit getirili verimlilik sınırları üzerinde, gerçekte bunların kesişiminin de yer almaktadır (Grosskopf 1986:499-513).



**Şekil 2.6 Verimlilik Sınırları ve Ölçek Verimliliği**

Banker'in geliştirdiği, lokal olarak ölçeğe göre artan, sabit ve azalan getiriyi içeren girdi minimizasyon programı da aşağıda yer almaktadır (Banker, Charnes and Cooper, 1984:35-44).

$Min. \lambda_c h_p - \varepsilon \left( \sum_{k=1}^M S_k + \sum_{i=1}^t S_i \right)$  aşağıdaki kısıtlayıcılar altında:

$$x_{kp} \cdot h_p - S_k = \sum_{c=1}^Z x_{kc} \lambda_c \quad k=1, \dots, m$$

$$y_{ip} \cdot S_i = \sum_{c=1}^Z x_{ic} \lambda_c \quad i=1, \dots, t$$

$$1 = \sum_{c=1}^Z \lambda_c \quad \text{ve;}$$

$\lambda_c \geq 0$ ,  $c=1, \dots, p, \dots, Z$  (Birimlerdeki ağırlıklar)

$S_k \geq 0$ ,  $k=1, \dots, m$  (Girdi aylak değişkenleri)

$S_i \geq 0$ ,  $i=1, \dots, t$  (Çıktı aylak değişkenleri)

Revize edilmiş bu formülde bu matematiksel program, KVB üzerindeki ağırlıkları 1'e eşitleyen kısıtın eklenmiş olması haricinde daha önce tartışmış olduğumuz dual programların aynısıdır. Bu yeni kısıt, verimlilik sınırının "en iyi gözlem" in çoklu doğrusal kombinasyonlarından oluşmasına ve görelî etkinliğin daha az katı bir şekilde tanımlanmasına olanak tanımaktadır. Çünkü bu kez ölçüğe göre artan ve azalan durumlar da modelin içinde dolayısıyla verimlilik sınırında yer almaktadır (Banker, Charnes and Cooper, 1984:35-44).

Genel olarak ölçüğe göre sabit getiri durumunda verimlilik karşılaştırması, ortaya performansın daha düşük olduğu bir resim ortaya çıkarmaktadır. Çünkü, bir KVB nin "1" verimlilik değerine ulaşabilmesi için hem teknik verimliliğe, hem de ölçek verimliliğine sahip olması gerekmektedir. Ölçüğe göre değişen getiri durumunda ise, ölçek verimliliği olmayan bir birim eğer teknik verimliliğe sahipse "en iyi gözlem" olarak sınır üzerinde yer alabilir. (Uysal, 2003:65-71)

Sonuç olarak, aynı KVB için teknik verimlilik ölçüsünün ölçeğe göre sabit getiri durumunda, ölçeğe göre değişen getiri durumuna kıyasla daha düşük olduğunu söyleyebiliriz. Yani:

$$TE_{i,CRS} \leq TE_{i,VRS}$$

Genel olarak, CRS (ölçeğe göre sabit getir) verimliliği alt sınır, VRS (ölçeğe göre değişken getiri) verimliliği ise üst sınır olarak kabul edilmektedir (Seitz, 1970:876-880).

#### 2.4. Verilerin Düzenlenmesi ve Analizinde VZA'nın Önemi

VZA verimlilik sınırının çıkarılmasına ve bağımsız KVB en iyi şekilde kullanıma yönlendirmesine olanak sağlar. VZA hesaplamaları:

1. Popülasyon ortalamalarının tersine, bireysel gözlemler üzerine odaklanır.
2. İstenen çıktıları oluşturan girdi faktörlerini kullanmasından dolayı, her KVB için bir tek ölçü kümesi oluşturur.
3. Her biri değişik ölçü birimlerinde ifade edilen çoklu girdileri ve çıktıları eşzamanlı olarak kullanabilir.
4. Harici değişkenleri uyarlayabilir.
5. Birbirine benzeyen değişkenleri birleştirebilir.
6. Bir değere bağlı olmayı ve ağırlık önceliği veya girdi-çıktı fiyatlarının bilinmesini gerektirmez.
7. Üretimin fonksiyonel biçimi üzerinde bir kısıtlamaya neden olmaz.
8. İstendiğinde kararı bağdaştırabilir.

9. Verimlilik sınırı altında kalan KVB nin girdi veya çıktılarında istenen değişiklikler için o KVB ne özel tahminler oluşturur.

10. Verimlilik ölçümünün ortalama eğiliminden çok, açığa çıkarılan en iyi uygulama sınırına odaklanır.

11. Her KVB nin görelî değerlendirilmesindeki kesin eşitlik kriterini dengeler (Güçlü, 1999:27-28).

#### **2.4.1. VZA'da Gözönünde Bulundurulması Gereken Özellikler**

1. Verimlilik değerlerinin hepsi de görelîdir ve mukayese edilen diğer bölümlerin performansına dayandırılır; ele alınan bir bölümün mutlak verimliliği konusunda bir şey söylenemez. Bununla birlikte, kullanılan çeşitli girdilerin ve çıktıların görelî öneminden şüphe duyulmasının yararı bir bölüme geriye doğru yönelme yaklaşımı vereceği için görelî oranlar tutucudur. Ele alınan bir bölüme özgü seçilen ağırlıkların diğer bölümlerin hepsi için de kullanılabilir olması gerektiği için yaklaşım tarzı eşitliği ön planda tutar.

2. Değerlendirmeler, girdilerin çıktıları üzerindeki nedensel etkisini kabul eder. Ayrıca ilave girdi ve çıktıların kapsama alınması görelî skorlarda değişikliğe yol açma ve farklılıkları açıklamada yardımcı olabilir. Bununla birlikte, eldeki faktörlere dayanarak verimli olmayan şekilde değerlendirilen herhangi bir birim oldukça gerçek ve açıklanabilirlik bakımından ikinci derecede kalır.

3. VZA diğer bölümlerin girdi ve çıktılarının doğrusal ağırlıklı bir kombinasyonunun alınması suretiyle ulaşılan performansın ulaşılması mümkün olan teknolojiyi temsil ettiğini benimsemeyen dışa dönük yaygınlaşmış bir

bilgiye dayanır. Genel sınır yüzeyi, ölçekli ekonomilerdeki farklılık gibi, verimlilikte gözlemlenmiş olan farklılıkların izah edilemeyeceği sonucuyla parçalı doğrusal segmentleriyle yakın benzerlik kurulur.

4. Verimsizlik skoru ve kaynak potansiyellerini koruma bir birimin kaynak kullanımında kısıntı yapmasına odaklandırılır, yani kontrol edilebilen tüm girdilerin aynı faktörle indirgenmesi gereklidir (Dittman, 1991:39-42).

## **2.5. VZA Uygulama Aşamaları**

### **2.5.1. Karar Birimlerinin Seçilmesi**

VZA, gözlemlenen girdi ve çıktılara dayanarak, örnekleme ya da gözlem kümesinde yer alan KVB nin görel verimlilik değerlerini hesaplamaktadır. Verimlilik değerlerini yorumlayabilmek için, öncelikle amaçlanan çalışma için uygun KVB nin ne olduğunu saptamak gerekir.

Hangi KVB nin uygun olduğu sorusu tamamen yapılacak çalışmanın amacına , ya da ana temayı hangi konunun oluşturduğuna bağlıdır. KVB, girdileri çıktılara dönüştürmekle sorumlu herhangi bir ekonomik birim olabilir. Birimler işletmelerin bütünü olabileceği gibi (okullar, hastaneler gibi), büyük işletmelerin alt departmanları da olabilir.

Ahn (1987:146-147) iki seçim prensibi belirlemiştir:

1. Her bir KVB kullandığı kaynaklar ve ürettiği çıktılarından sorumlu bir birim olarak tanımlanmış olmalıdır.
2. Verimlilik Sınır tahminleme sonucunun anlamlı çıkabilmesi için örnekleme yer alan KVB sayısı yeterince büyük olmalıdır.



Bu KVB nin birbirlerine, yaptıkları üretim açısından yeterince benzer olmaları gereklidir. Aynı girdileri aynı çıktılarına dönüştürmeleri bir zorunluluk iken benzer ortamlarda yer alıyor olmaları çalışma sonuçlarının anlamlılığı açısından önemlidir.

### 2.5.2. Girdi ve Çıktıların Seçilmesi

VZA'da kullanılan girdi ve çıktılar çalışmadaki KVB konusundaki karşılaştırmanın temelini oluşturduklarından, büyük bir dikkatle seçilmelidir. Her ne kadar fonksiyonel bir varsayım bulunmasa da üretim sürecine nedensel olarak bağlı girdi ve çıktıların belirlenmesi gereklidir. Aynı KVB için farklı girdi ve çıktı grupları farklı verimlilik değerleri alabilir. Eğer modelde önemli bir değişken göz ardı edilirse, dışarıda bırakılan bu değişkeni verimli kullanmakta olan KVB nin verimliliği düşük çıkacaktır (Yavuz, 2001:48). Literatürdeki uygulamalarda modele yeni girdi ve çıktılar eklenmesiyle daha önce verimsiz görünen KVB nin sınır üzerinde yer alabildiği görülmüştür.

Ancak çok fazla girdi ve çıktı eklenmesi bir çözüm değildir. Hatta sayı arttıkça VZA ayrıştırma yeteneği düşmektedir. Ayrıca girdi ve çıktı sayılarının artışı KVB nin sayısında da artış gerektirir. ( $Z > m+t$ )

VZA çalışmasına dahil edilecek girdi ve çıktı sayısı olabildiğince küçük olmalı ve aynı zamanda çalışmada incelenen KVB nin gerçekleştirdiği üretimi ve ya hizmeti de doğru olarak yansıtabilmelidir (Yavuz, 2001:49).

VZA'da girdi ve çıktı sayılarını azaltabilmenin bir yolu çiftli korelasyonlara bakmaktır. Eğer iki girdi arasında mükemmel bir korelasyon varsa, içlerinden biri

verimlilik değerlerinde değişime yol açmadan modelden çıkarılabilir. Çıktılar için de aynı durum söz konusudur.

VZA'da girdi miktarları arttıkça çıktı miktarlarının da artacağı kabulü vardır. Bu konuda açıklık yoksa, bir girdi ile çıktılar arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek için klasik regresyon analizi kullanılabilir.

Uygulamada hangi girdi-çıktı kombinasyonunun üretim veya hizmet teknolojisini en iyi şekilde temsil ettiği çeşitli VZA senaryoları denenerek bulunur (Yolalan, 1993:23).

### **2.5.3. Verilerin Elde Edilebilirliği ve Güvenilirliği**

VZA'da girdi ve çıktılar tanımlandıktan sonra tüm KVB için bu girdi ve çıktı yerlerinin elde edilmesi gerekir. Herhangi bir birim için gerekli verilerin elde edilememesi durumunda söz konusu birim çalışmadan çıkarılır. VZA'nın göreceli doğası sebebiyle bir birimin çıkarılması kalan birimlerin göreceli verimliliklerinin olduğundan yüksek görünmesine neden olabilir (Yavuz, 2001:50).

Verilerin toplanabilmesi kadar güvenilirlikleri de önemlidir. Doğru olmayan veriler ait oldukları birimin verimlilik değerini etkilemelerinin yanında, göreceli verimlilikleri nedeniyle tüm birimlerin verimlilik değerlerini tartışmalı hale getirir.

### **2.5.4. Göreceli Verimliliğin Ölçülmesi**

Bu aşamada uygulamacı incelediği üretim veya hizmet teknolojisi için en uygun VZA modeliyle göreceli verimliliği hesaplar.

Doğrusal programların çözümünde bilgisayardan yararlanılmaktadır. Modelleri çözmek için doğrusal programlama paket programlarından bir tanesi

kullanılabilir. Son yıllarda piyasaya sürülen ve windows altında çalışabilen özel VZA programları bulunmaktadır. Bu programların özellikle raporlama ve sunum olanakları açısından oldukça gelişmiş olduğu söylenebilir. Ayrıca bu tür programların çoğalması, VZA yaklaşımının giderek daha fazla kullanılmakta olduğunu göstermektedir.

### 2.5.5. Verimlilik Değerleri ve Verimlilik Sınırı

Charnes ve Cooper (1994), doğa bilimlerindeki etkinlik kavramını inceleyerek VZA'daki verimliliğin tanımını formül-haline getirerek değerlendirilecek her bir KVB ne aşağıdaki şekilde uygulamışlardır. Herhangi bir KVB için % 100 verimlilik ancak şu durumlarda söz konusudur:

1. Hiç bir çıktı aşağıdaki durumlar haricinde artırılamaz:

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

2. Hiç bir girdi aşağıdaki durumlar haricinde azaltılamaz:

- Çıktılardan bazılarının azaltılması veya
- Diğer bazı girdilerin artırılması

3. Herhangi bir KVB %100 görel verimliliğe yalnızca diğer ilgili KVB leri herhangi bir girdi veya çıktının kullanımında verimsizliğe dair bir kanıt getirmiyorsa ulaşılmış sayılır.

Hesaplamalar sonucunda her bir KVB için 0 ve 1 arasında bir verimlilik değeri bulunur. Verimlilik skoru 1' e eşit olan birimler en iyi gözlem kümesini aynı zamanda etkinlik sınırını oluştururlar. Tarımsal olarak sınır üzerindeki herhangi bir

nokta bir girdi kümesini çıktı kümesine dönüştürebilmek için elde edilebilir bir tekniği temsil eder. Verimlilik değeri 1'den küçük olan KVB ise görelî olarak verimsizdir ve bu KVB nin görelî verimlilik sınırına olan uzaklıklarını temsil eder. 1'den küçük verimlilik değeri çıkan KVB nin 1'den sapmaları verimsizlik ölçüsünü verecektir.

### 2.5.6. Referans Grupları

VZA yönteminde karşılaştırmanın temelinde verimli KVB nin varlığı yatar. Yöntem verimli olmayan KVB nin de görelî olarak verimli birimlerin uyguladığı yönetsel ya da organizasyona dayalı yöntemleri uygulayarak aynı verimlilik seviyesine ulaşabileceklerini kabul etmektedir (Yavuz, 2001:51).

Bu kabul her zaman uygulamada kendini göstermeyebilir. Ancak aynı girdi-çıkıtı kombinasyonları ile daha iyi bir üretim veya hizmet performansı tutturulabileceğinin kanıtını verimli KVB oluşturmaktadırlar ve görece etkin olmayan bir KVB için iyileştirmeye açık yönler bulunmaktadır.

Gözlem grubundaki verimli olmayan KVB nin her biri için VZA, verimlilik sınırı üzerindeki bir grup etkin KVB referans grubu olarak belirler ve karşılaştırmanın gözlem grubuna oranla daha küçük bir grup ile yapılmasını ve daha detaylı olmasını sağlar.

Literatürde bir referans grubunda yer alan KVB nin referans olarak güçlülüğünün, bu birimlerin toplam gözlem grubu içindeki verimsiz birimlere ne kadar yoğunlukta referans gösterildiğine bağlı olduğu belirtilmelidir. Bu amaçla

analizin bu aşamasında en iyi gözlemi oluşturan birimlerin kaç tane verimli olmayan birimin referans grubunda yer aldığı dökümü yapılarak yoğunluk araştırılabilir.

Genel olarak bir KVB nin referans gruplarında yer alma sıklığı, bu KVB çevresindeki örneklemin büyüklüğü ile ilişkilidir. Belirli bir çevredeki örneklem büyüdükçe, örneklemin oluşturduğu verimlilik sınırının tahminlenen sınıra yaklaştığı söylenebilir (Yavuz, 2001:52).

### **2.5.7. Verimsiz KVB İçin Hedef Belirlenmesi**

VZA'daki karşılaştırma, gözlem kümesinde yer alan KVB benzerliklerinden hareket eder. Yöntemin uygulanmasından elde edilen en büyük fayda, verimli olmayan KVB ne performanslarını iyileştirebilmeleri için elde edilebilir hedefler konulmasıdır (Yavuz, 2001:53).

Söz konusu hedefler, genel olarak verimli olmayan KVB nin referans kümesinde bulunan verimli birimlerin ağırlıklı bir ortalamasıdır. Hesaplamalarla elde edilen sonuçlar, verimli birimlerin elde edilebilir bir teknoloji kullandıkları kabülünü içerdiğinden, verimsiz birim için de ulaşılabilir kabul edilmektedir. Pratikte bu her zaman mümkün olmaz. Verimsiz birimlerde fiziksel kısıtlar olabilir. Kontrol edilemeyen girdiler olabilir.

Belirlenen hedefler için göz önünde bulundurulması gereken bir diğer nokta, verimlilik analizinin yapıldığı ve dolayısıyla hedeflerin belirlendiği tarih "t" iken, hedeflere varmak için iyileştirme çalışmaları muhtemelen "t+1" zamanında yapılacaktır. Bu tarihler bütçe dönemlerini belirtiyor olabilir. Buna rağmen "t"

zamanındaki hedeflere bağlı kalmak verimliliğin zaman içinde sabit olduğu varsayımını yapmak anlamına gelebilir (Yavuz, 2001:53).

### 2.5.8. Sonuçların Değerlendirilmesi

KBV detaylı olarak incelendikten sonra genel bir değerlendirmeye geçilir. Tahminlenen verimlilik sınırının ait olduğu endüstriyel ya da hizmet sektörlerine yönelik yorumlar yapılır.

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

### 2.6. VZA'nın Güçlü ve Zayıf Noktaları

VZA, örgütsel performansın geniş bir betimlemesini sağlar. Özellikle finansal hizmet organizasyonları için uygun bir araç gibi görünüyor. Bunun nedeni kısmen öznel faktörlerin hizmet kalitesini ve bir hizmet işinin verimliliğini etkilemesidir. Ayrıca üzerinde görüş birliği sağlanan tüketilen girdileri üretilen çıktılarla ilişkilendiren bir fonksiyonel form bulmak zordur.

Problemin yönlendirilmesine bağlı olarak (girdi yönlendirmeli, çıktı yönlendirmeli yada temel model), VZA son derece faydalı üç özellik sunar:

- Her bir KVB'ni tek bir verimlilik skoru ile tanımlar.
- Verimli zarf/üzerinde verimsiz noktaları göstererek, her bir KVB için gelişim bölgelerini belirginleştirir.
- KVB'nin genel profili üzerine sonuç çıkarmayı kolaylaştırır.

Charnes ve diğerleri (1994) VZA'nın diğer faydalarını tam bir liste halinde verirler:

- Farklı ölçü birimlerinde belirtilen çoklu girdi ve çıktıları ele alma olasılığı,
- Nüfus merkezli eğilimler yerine en iyi uygulama sınırında odak. Her birim verimli bir birim ya da verimli birimler topluluğu ile karşılaştırılır. Bu nedenle kıyaslama, sınıra ait olmayan birimlerin verimsizliğinin kaynaklarına götürür,
- Girdi ve çıktıları ilişkilendiren fonksiyonel form üzerine hiç sınırlama konmaz.

Bu özellikler, verimlilik testinde VZA yı popüler bir metot yaptı. Bununla beraber, standart VZA modelleri tabiatlarından kaynaklanan bazı sınırlamalar içerir. VZA yı güçlü bir araç yapan aynı özellikler problem de yaratabilirler. Bir analizci, VZA yı kullanıp kullanmamayı seçerken bu sınırlamaları aklında tutmalıdır. VZA uç noktada bir teknik olduğu için ölçümdeki yanlışlar gibi önemli problemlere yol açabilir. VZA nın standart biçimlendirmesi her bir KVB için ayrı bir doğrusal program yarattığı için büyük problemler hesap açısından yoğun olabilir. Büyük miktardaki verinin işlenmesini sağlayan bazı paketler mevcuttur.

Geleneksel VZA analizi diğer bazı sınırlamalara da sahiptir:

- Verimliliğin farklı yönlerini birleştirmedeki sınırlamalar, özellikle KVB'leri çoklu aktivite uyguladıkları durumlarda,
- Şartsız ve soyut bileşenlere karşı duyarsızlık ( mesela, bir banka şubesi ortamındaki servis kalitesi),

Diğer bir problem analizin farklı boyutlarını birleştirmedeki zorlukla ilgilidir.

İki farklı fonksiyon icra eden bir KVB düşünün. KVB ilk fonksiyonda başarılı, ikinci

fonksiyonda son derece başarısız bulunabilir. Örneğin, banka şubeleri, yönetimin depozit ve kredileri gibi daha geleneksel banka hizmetleri sunmanın yanısıra finansal hizmetleri müşterilere satabileceği tek platformdur. Diğer bir deyişle, aynı anda şubenin satış verimliliği ile hizmet verimliliğini incelemek güçtür. Benzer bir problem şubenin üretkenliğini ve rantabilitesini incelerken ortaya çıkabilir ki ilki işlemsel girdileri ve çıktıları kullanma, ikincisi de finansal olanları kullanma anlamına gelir. Her bir boyut için ilgili girdi ve çıktılar direkt olarak kıyaslanamadığından, analizci her iki VZA modelini de, üretkenlik ve rantabilite modelleri, uygulamak zorundadır. O halde, her iki modelden elde edilenleri uzlaştırma problemi ortaya çıkar.

VZA bir KVB nin işi verimliliğini tahmin etmek için kullanılır. Fakat özellikle de mutlak verimlilik hedeflenmez. Diğer bir ifadeyle, KVB nin kuramsal maksimum ile karşılaştırılmayıp kendi eşleri (verimli birimler kümesi) ile daha uygun bir şekilde kıyaslandığını anlatır. Bundan kaynaklanan iki ana güçlük şunlardır:

- Verimli birimleri sayma / sıralama imkansızlığı; gerçekte bütün verimli birimler % 100 lük bir verimlilik skoruna sahiptirler,
- Yönetimsel açıdan şubeleri mutlak en işi performans sınırı kıyaslamak faydalı olabilir. Bu nedenle, analizci bir banka şubesi ağının hakiki verimsizliklerini keşfedebilir. Aşında, bir kişi verimli birimlerin yeterince verimli olmadıklarını ve oluşturulan sınırın şube ağının gerçek potansiyelini yansıtmadığını söyleyebilir.



### III. BÖLÜM

#### İSTATİSTİKSEL VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

##### 3.1. İstatistiksel Veri Zarflama Analizinin Teori ve Modeli

“Teknik girdi verimliliğine dayalı VZA ölçme prosedürü her bir firmayı sırayla ele alıp ve tüm üretim referans kümesi ile karşılaştırır. Burada amaç, gerekli girdi kümesi içinde kalmasına imkan sağlayacak firmanın gerçek girdi kullanımındaki en büyük azalmayı bulmaktır, yani bir bütün olarak üretimdeki gözlemler ile belirlenen verimlilik sınırı üzerinde bir pozisyon elde etmektir.

Her bir firma için bunu yaparak firmanın  $\theta$  değeri belirlenir. Bu  $\theta$  değerine firmanın Farrell verimliliği denir:  $0 \leq \theta \leq 1$  için  $\theta = 1$  değeri firmanın bir sınır tanımladığını ve % 100 verimli olduğunu gösterir. Firmanın verimsizliği ise  $(1 - \theta) 100\%$ 'dür. Ayrıca  $s$  çıktıları  $y_{rj}$ ,  $r = 1, 2, \dots, s$   $j = 1, 2, \dots, n$  ve  $m$  girdileri  $n$  tane farklı işlem ünitesi için  $x_{ij}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$   $j = 1, 2, \dots, n$  olarak yazılabilen belli çıktı ve girdi kısıtlarını incelemek gerekmektedir. Gerekli girdi kümesi, sırayla her bir işlem birimi için aşağıdaki eşitsizlikler ile tanımlanır. Gözlem altındaki işlem birimi  $j = 1, 2, \dots, n$  ile beraber bütün işlem üretici birimlerden ayırt etmek için altına “0” yazılır. Tipik  $r$ . çıktı kısıtı:

$$y'_r \lambda - y_{r0} \geq 0 \text{ yani } \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r0} \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

Tipik  $i$ . girdi kısıtı:

$$x'_i \lambda - x_{i0} \theta \leq 0 \quad \text{yani} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - x_{i0} \theta \leq 0 \quad , i = 1, 2, \dots, m$$

İşlem biriminin teknik verimliliği söz konusu firma için (altına 0 yazılan) aşağıdaki doğrusal programı hesaplayarak ölçülür.

Min.  $\theta$

Kısıtlayıcılar:

$$y'_r \lambda - y_{r0} \geq 0$$

$$x'_i \lambda - x_{i0} \theta \leq 0$$

Charnes ve Cooper (1963), bu istatistik doğrusal programlama problemini deterministik doğrusal olmayan programlama problemine dönüştürme fikrinin nasıl kullanılacağını göstermişlerdir. Firmanın çıktısı ile bütün firmaların referans ağırlıklı çıktıları arasındaki fark, tesadüfi bir değişken olarak ele alınmaktadır. Firmanın verimliliği için girdisi ayarlanmış ve üretimdeki bütün firmaların referans ağırlıklı girdileri arasındaki fark da tesadüfi bir değişken olarak ele alınmaktadır. Böylece standart sapma değeri:  $(\text{var}(y'_r \lambda - y_{r0}))^{1/2}$  bir bölen olarak kullanılabilir. Çıktı eksikliğini gösteren tesadüfi değişken ise normal dağılır:

$$(y'_r \lambda - y_{r0}) \sim N[E(y'_r \lambda - y_{r0}), \text{var}(y'_r \lambda - y_{r0})]$$

Normal dağılım gösteren standart değişkenin kümülatif dağılım fonksiyonunu ifade eden  $\Phi(Z)$ 'yi kullanarak verilen  $\alpha$  için normal standart sapmayı  $Z = \Phi^{-1}(\alpha)$  olarak yazalım. Sonuç olarak:

$$\Phi \left[ \frac{E(y'_r \lambda - y_{r0})}{(\text{var}(y'_r \lambda - y_{r0}))^{1/2}} \right] \geq \alpha$$

olur ve böylece,

$$\frac{E(y_r' \lambda - y_{r0})}{(\text{var}(y_r' \lambda - y_{r0}))^{1/2}} \geq \Phi^{-1}(\alpha)$$

yazılır. Buradan:

$$E(y_r' \lambda - y_{r0}) \geq Z(\text{var}(y_r' \lambda - y_{r0}))^{1/2}$$

elde edilir.

Bu Charnes ve Cooper'in (1963) değiştirilmiş kesin eşdeğeri dediği olguyu kullanarak doğrusal çıktı kısıtlamasının olasılık versiyonunun, deterministik doğrusal olmayan şekle dönüşümünü tamamlar. Bunu aşağıdaki gibi daha genel bir şekilde yazmak mümkündür.

$$y_r' \lambda + (Ey_r - y_r)' \lambda - Z(\text{var}(y_r' \lambda - y_{r0}))^{1/2} \geq Ey_{r0}$$

Şimdi girdi kısıtlamasına dönelim ve aşağıdaki gibi yeniden ifade edelim:

$$O(x_i' \lambda - x_{i0} \theta \leq 0) \geq \alpha$$

Aşağıdaki normallik varsayımı ile beraber:

$$(x_i' \lambda - x_{i0} \theta) \sim N[E(x_i' \lambda - x_{i0} \theta), \text{var}(x_i' \lambda - x_{i0} \theta)]$$

yazılabilir. Bunu bir adım daha ileri götürerek:

$$\frac{E(x_i' \lambda - x_{i0} \theta)}{(\text{var}(x_i' \lambda - x_{i0} \theta))^{1/2}} \leq -\Phi^{-1}(\alpha)$$

ve

$$E(x_i' \lambda - x_{i0} \theta) \leq -\Phi^{-1}(\alpha)(\text{var}(x_i' \lambda - x_{i0} \theta))^{1/2}$$

yazılabilir.

Çıktı durumunda olduğu gibi dönüşüm tamamlanır fakat tekrar doğrusal olmayan sınırlı dönüşüm daha genel bir şekilde yazılırsa:

$$x_i' \lambda + (Ex_i - x_i)' \lambda + Z(\text{var}(x_i' \lambda - x_{i0} \theta))^{1/2} - Ex_{i0} \theta \leq 0$$

Artık istatistiksel VZA, doğrusal olmayan deterministik programlama problemi olarak tamamlanır. Standart normal tablolardan  $z$  nin kritik değerini gösteren  $z_{1-\alpha}$  yı kullanarak ortalama performans durumu için aşağıdaki model elde edilir:

Min.  $\theta$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j + \sum_{j=1}^n (Ey_{rj} - y_{rj}) \lambda_j - Z_{1-\alpha} \left[ \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \mu_j \mu_k (\text{cov}(y_{rk} y_{rj})) \right]^{1/2} \geq Ey_{r0}$$

$$r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + \sum_{j=1}^n (Ex_{ij} - x_{ij}) \lambda_j + Z_{1-\alpha} \left[ \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n v_j v_k (\text{cov}(x_{ik} x_{ij})) \right]^{1/2} - Ex_{i0} \theta \leq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

Bunu yeniden ifade etmek gerekirse,

$$\mu_j = \lambda_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{için } j \neq 0, \quad \mu_j = \lambda_j - 1, \quad j = 0 \quad \text{için ve}$$

$$v_j = \lambda_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{için } j \neq 0, \quad v_j = \lambda_j - \theta, \quad j = 0 \quad \text{için}$$

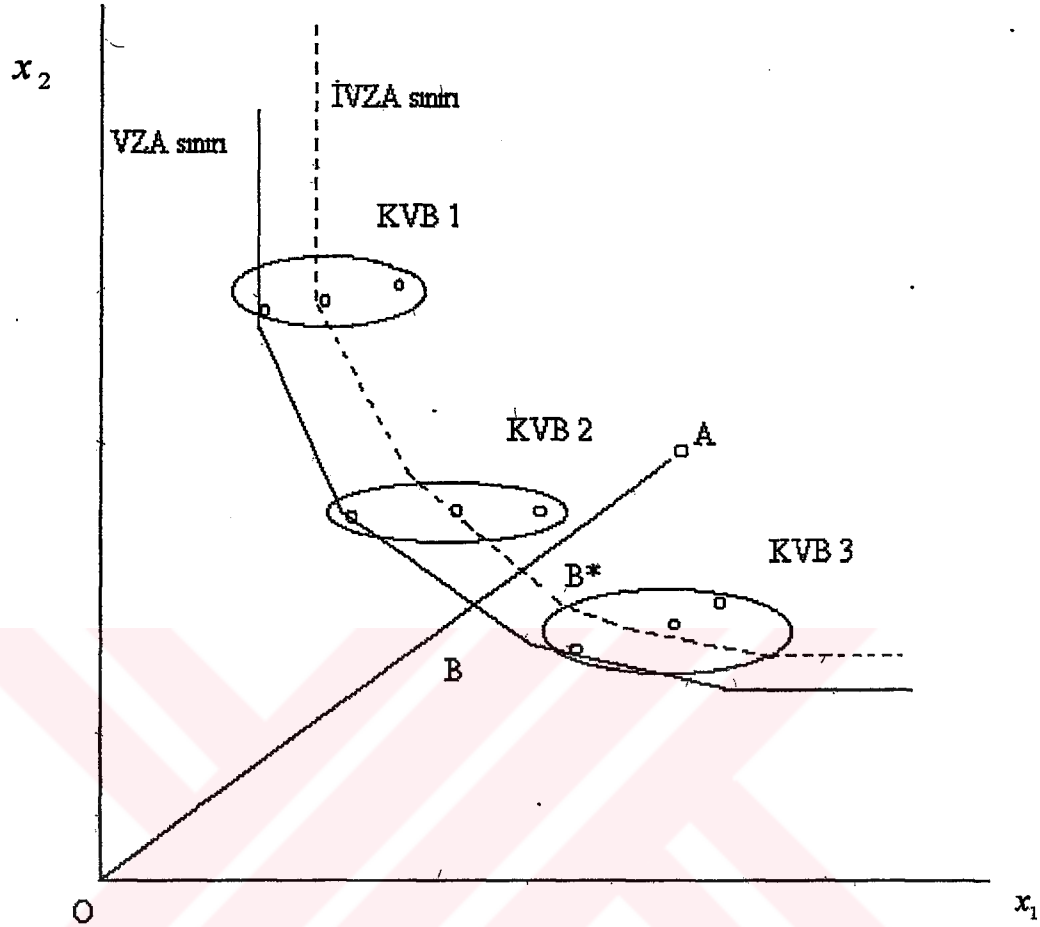
yazılır.

Bu  $\theta, \lambda_j, \mu_j$  ve  $v_j$  değişkenlerinde doğrusal olmayan bir programlama problemidir.” (Fethi, 2001: 10-13).

### 3.2. İVZA'nın Grafikselleştirilmesi

“İVZA'nın arkasındaki sezgi nedir? Aşağıda Şekil 3.1.'de iki girdi bir çıktı durumu için (üretim ya da) karar verme birimlerinin her hangi bir kümesindeki

gözlemler bulunmaktadır. Girdi gereksinimleri kümesinin sınırı kısıtlar ile tanımlanır. Deterministik VZA'da tek tek verimli olan birimler, kalın çizgi ile gösterilen sınırı tanımlar. Bununla beraber İVZA'yı tamamlama için ortam içindeki her bir üretim biriminin gözlemleri etrafındaki güvenli bölgeleri belirtmek gerekir. Bunlar gözlem kümelerinin çevresinde gösterilen elipsler olarak gösterilir. İVZA sınırını bu güvenli bölgelerin merkezine göreli olarak hesaplama şeklinde tanımlanabilir. Sonuç olarak, İVZA sınırı, istatistiksel hata kavramı ile uç noktalarla ilişkilidir ve bu sınırı üretim birimlerinin genişlemesine yaklaştırma etkisine sahiptir. Bu yaklaşımların bazıları sınırın üzerinde yer alır ve modelin değerlendirilmesinde bu gözlemler birimden daha büyük olarak gerçekleşir. Bu durumda bu birim süper verimliliğe sahip olacaktır.



Şekil 3.1. İVZA ve VZA Sınırları

Şekil 3.1.'de, İVZA sınırı KVB 1- 2 ve 3'ün gözlemlerinin çevresindeki güvenli bölgelerin merkezinden geçerken, VZA sınırı bu üç KVB'nin en uzak gözlemlerinden geçmektedir. Bu gözlemle birlikte daha büyük verimliliğin bir İVZA verimliliğine sahip olacağını belirtir. A'daki gözlem iki tane verimlilik skoruna sahiptir. VZA sınırı için  $OB / OA$  ve İVZA sınırı için  $OB^* / OA$ . İVZA skoru genellikle VZA verimlilik skorundan daha büyük olacak fakat hiçbir zaman daha düşük olmayacaktır. İki sınır arasındaki mesafe, üretim performansındaki varyasyonun açıklanmasındaki istatistiksel hata kavramının rolünü ifade eder. Örneğin varyasyonu ne kadar büyükse veri için güvenlik alanları da o kadar geniş

olur ve böylece de VZA ve İVZA sınırları arasındaki mesafe daha büyük olacaktır. Diğer bir ifade ile her bir birim için gözlemlenen girdi ve çıktılardaki geniş bir varyasyonlu bir örnek performanstaki varyasyonun büyük bölümünü veri tablosu üzerindeki dar bir varyasyonlu bir örnekten ziyade istatistiksel hataya yükler. Birimlerin ortalama performansı birimin (% 100 verimlilik ) etrafında toplanır. Çünkü İVZA sınırı şu ana kadar VZA sınırının altında uzanan birimlere doğru değişti ve aşırı performans ya da çoğu başarılı gözlemlerin bazılarının bireysel gerçekleşmesi % 100'lük derecede uzadı. Bu gibi sonuçlar çok büyük derecede ölçme hatası ve diğer istatistik etkileri içerir ve sonuçta sadece ortalama performans sınırının bu gibi amaçlarda kullanımında uygun olduğunu gösterir.” (Fethi, 2001: 14-16).

### 3.3. İVZA'ya Temel Yaklaşımlar

#### 3.3.1. VZA+

##### 3.3.1.1. Matematiksel Yapısı

“Matematiksel yapı temel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Bütün açılardan istatistiksel modelleme biçimi parametrik istatistik sınır hesaplamasındaki (İSH) sınıra eşittir. Bu da;

$$y = g(x)e^w, \quad w \equiv v - u, \quad v \leq v_{\max}, \quad u \geq 0 \quad (1)$$

biçimindedir.

İSH de olduğu gibi u ve v, parametrize edilmiş  $f_v(v)$  ve  $f_u(u)$  yoğunluklarıyla rastgele değişkenler olsunlar. Fakat  $f_v(\cdot)$ ,  $(-\infty, v_{\max}]$  ile verilen sınırlandırılmış bir bölgeye sahiptir ve u her zamanki gibi  $[0, \infty)$  da tanımlanır. O halde w nun yoğunluğu:

$$f(w) = \int_w^{v_{\max}} f_v(v) \cdot f_u(v-w) dv$$

olacaktır.

Ayrıca İSH yaklaşımındaki tersine şimdi parametrizeleme yerine VZA varsayımlarını teknoloji üzerinde kullanarak, yani:

$$g(x) \text{ monoton artan ve } x \text{ içinde içbükey} \quad (2)$$

olduğunu kabul edelim. Bu nedenle (1) istatistiksel sınır modelidir ve İSH'ndan biraz değişik olan bir istatistik sınır modelidir. Fakat yukarıda sınırlandırıldığı varsayılan  $v$  ve  $u$  hata bileşenlerinin bir deterministik gösterimi ortaya çıkar. Bu da;

$$y = \tilde{g}(x) \cdot \epsilon, \quad \epsilon \leq 1 \quad (3)$$

olur. (1) ve (3) arasındaki eşitlikler birleştirilirse:

$$\epsilon \equiv e^{\tilde{w}}, \quad \tilde{w} \equiv \tilde{v} - u, \quad \tilde{g}(x) \equiv g(x) e^{v_{\max}}, \quad \tilde{v} \equiv v - v_{\max} \quad (4)$$

elde edilir.

Çünkü  $\tilde{g}(x)$  deterministik modeli sadece  $g(x)$ 'in yeniden ölçülendirilmiş bir versiyonudur ve (2) koşulunu yerine getirir. Böylece  $\tilde{g}(x)$  model (3)'ü VZA için aday durumuna getirir. (1)'deki tanım boyunca alınan üretim sürecinin tek - çıktı karakteri boş yere bir VZA perspektifini sınırlandırmaktadır. Fakat tüm çıktı üretim süreçleri için bir ortak karışıklık ve verimsizlik varsayımı kabul edildiğinde çok çıktılı durum genellemesi doğrudan olacaktır. Açıkçası tek çıktı formülüne bağlı kalmıştır. Ayrıca  $f_w(\cdot)$ 'nin  $f_w(\cdot)$ 'nin sadece değiştirilmiş bir versiyonu olup şu şekilde tanımlanabilir:

$$f_w(\tilde{w}) = \int_{\tilde{w}}^0 f_v(v + v_{\max}) f_u(v - \tilde{w}) dv \quad (5)$$



Böylece İVZA yaklaşımının tabi ilk aşaması kısaca şu şekilde tanımlanabilir:

1. **ADIM:** Model (3) için VZA yolu ile  $\varepsilon_i$  yi tahmin et

Bu adımın  $\{\hat{\varepsilon}_i\}_{i=1}^n$  yalancı verimliliği ve  $\hat{\omega}_i = \ln(\hat{\varepsilon}_i)$  uygunluğundan özel firmaya götürdüğünü kabul edelim. Gelecek adım  $f_w(\tilde{w}|\theta)$  yoğunluğunu hesaplamak olacaktır; burada:

$$\theta \equiv \{\theta_v, v_{\max}, \theta_u\} \quad (6)$$

parametrizelemesi,  $f_u(\cdot)$  nun parametreleri  $\theta_u$ ,  $f_v(\cdot)$  nin parametreleri  $\theta_v$  olmak üzere bunların altındaki ve üstündeki parametrelerin terimleridir. Ek olarak  $v_{\max}$  terimi  $f_v(\cdot)$  nin tam olarak belirlenmesine ihtiyaç duymaktadır ve İVZA'deki anahtar rolünden dolayı ayrıca bahsedilebilir.

$\theta$ 'nin tahmin edilmesi  $\tilde{w}_i$  dağılımının kesikli yapısına özen göstermek için örnek bir  $\tilde{w}_i$  değerlerine dayandırılır. Bu VZA temelli örnekten tam verimli gözlemler olan  $\hat{w}_i = 0$  a sahip tüm gözlemleri çıkarırsak kalan  $C^- \equiv \{j : \hat{w}_j < 0\}$  gözlemlerinin oluşturduğu endeks kümesi kullanılır. Bunun bu şekilde görünmesinin nedeni,  $\hat{w}_i = 0$  da ki logaritmik olasılığın süreksizliğidir.  $I(\cdot)$  in gösterge fonksiyonu olmak üzere  $\lim_{n \rightarrow \infty} \left[ \sum_{i=1}^n I_i(i) \right] / n = 0$ ,  $i \notin C^-$  değeri asimptotik olarak bu hiçbir fark oluşturmaz. Böylece bu adımı:

$$\text{Maks.} \theta \ln \left[ \prod_i f_w(\hat{w}_i | \theta, i \in C^-) \right] \quad (7)$$

olarak formüleştirebiliriz.

(7) nin kesin bir şekilde bir maksimum olasılık prosedürü olmadığını ifade edebiliriz. Çünkü  $\hat{w}_i$  terimleri arasındaki birbirine bağımlılığı yok sayar.

**2. ADIM:**  $\{\hat{w}_i\}$   $i \in C^-$  örneğine dayanarak maksimum olasılık hesaplayıcısı (MOH) aracılığı ile  $\theta$  yı tahmin ediniz.

Bu tahmin aynı zamanda  $\hat{\theta}$  parametre vektörünün bir parçası olarak  $\hat{v}_{\max}$  tahminini de verir. Bu nedenle, genel düşünce  $\hat{g}(x_i) = y_i / \hat{\varepsilon}_i$  sınırının istikrarlı nokta tahminlerine ve etkin sınır ile doğru üretim sınırı arasındaki mesafenin istikrarlı bir  $\hat{v}_{\max}$  tahminine sahip olmasıdır. Son adım bu sonuçları bir araya getirir:

**3. ADIM:**  $\hat{g}(x_i) \equiv \hat{g}(x_i) / e^{\hat{v}_{\max}}$  yardımıyla  $g(x_i)$  yi tahmin ediniz.

Bu 3. adımın tahmin edicisi, diğer bazı değerlerin istikrarlı tahmin edicileri olan sürekli ve gerçek değerli bir fonksiyondur ve bu  $g(x) \equiv \hat{g}(x) / e^{\hat{v}_{\max}}$  in bir tahmin edici olarak  $\hat{g}(x)$  in istikrarlılığını garanti eder.

Böylece sonuç olarak, sınırlandırılmış verilerin doğru olduğu varsayımı altında ham veriye de uygulanabilen bir üretim sınır değerinin yerini ve şeklini yarı-parametrik bir tahmin ile elde ederiz. Geriye kalan ve gösterilmesi gereken her şey 2. Adım'da verilen tahmin edicinin tutarlılığıdır". (Gstach, 1996: 3-5)

### 3.3.1.2. VZA+ nın Tutarlılığı

"2. Adım'daki tutarlılık tahmin edicisinin asimptotik yörüngelerinin bir yönü ile ilgilenen basit bir teorem formüleştirildi. Tutarlılık, asimptotik normallik ya da verimlilik tartışılmadı.

Temel olarak, tutarlı bir tahmin prosedürünün istikrarlı veri tahminleri  $(\hat{w}_i)$  ile kombinasyonunun mevcut içerikte tutarlı bir tahmin edici vereceğini düşünmek zor değildir. VZA tahmin edicilerinin tutarlılık ve sürekliliği ile beraber belli başlı yoğunluklarında sürekliliğini izlemelidir. Tutarlılığı kanıtlamak için Bierens (1994)'den alınan aşağıdaki başlıca teoremin koşullarını verelim:

**Teorem 3.1 (Bierens):**  $Q_n(\theta)$ ;  $\Theta$  üzerinde sürekli gerçek bir  $Q(\theta)$  fonksiyonu olacak şekilde  $\Theta \subset R^m$  kompakt kümesi üzerinde rastgele fonksiyonların bir dizisi olsun:

$Q_n(\theta) \rightarrow Q(\theta)$ ,  $\Theta$  üzerinde yalancı düzgün olasılık içinde yakınsar.  $\theta_n$ ,  $Q_n(\theta_n) = \text{eküs}_{\theta \in Q} Q_n(\theta)$  ifadesini sağlayacak şekilde  $\Theta$  da herhangi rastgele bir vektör olsun ve  $\theta_0$ ;  $Q(\theta_0) = \text{eküs}_{\theta \in Q} Q(\theta)$  olacak şekilde  $\Theta$  da birim nokta olsun. Bu taktirde  $\theta_n \rightarrow \theta$  olasılık içinde yakınsar.  $Q_n(\cdot)$  ortalama bir log – olasılık fonksiyonu olarak tanımlanırsa (7)'de tanımlandığı gibi bir tahmin edicinin tutarlılığını araştırmak mümkündür. Bir n indisi ile  $Q_n(\cdot)$ 'i indeksleme, aslında örnek ölçütünün n olduğu bir çeşit örnek bilgiye dayanan tesadüfi bir fonksiyonla ulaşılır. Örnek ölçü arttıkça, örneğin asimptotik olarak,  $Q_n(\cdot) \rightarrow Q(\cdot)$  yakınsama koşulunun gösterdiği gibi bu bağımlılık bitmelidir. Teorem 1'deki koşullara ek olarak aşağıdaki koşulun da kontrol edilmesi gerekir:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} E[Q_n(\theta)] = Q(\theta) \quad (8)$$

Kolaylık için bazı ek gösterimlerde bulunuldu. Sayma usulü i bir  $\hat{Q}_n(\cdot)$  fonksiyonunu yalancı ortalamalı log – olasılık fonksiyonu olarak tanımlayalım:

$$\hat{Q}_n(\theta) \equiv \ln \left[ \prod_i f_w(\hat{w}_i | \theta) \right] / n, \quad i \in C^- \quad (9)$$

burada  $n$  indeksi, gözlemlenen girdi vektörlerinin ve çıktı vektörlerinin  $n$  ölçüsünün özel bir örneğini ve hataların bir araya getirildiği  $n$  – boyutlu bilinmeyen bir vektörü gösterir. Yukarıda belirtildiği gibi  $\hat{\theta}_n$ :

$$\hat{Q}_n(\hat{\theta}_n) \equiv \ln \left[ \prod_i f_w(\hat{w}_i | \theta) \right] / n, \quad i \in C^- \quad (10)$$

ifadesini sağlar.

Şimdi,  $\Omega \equiv X \times (-\infty, 0]$ , ifadesi  $x \in R^m$  ile kapsanan örnek alanı ve  $x_i$  tipik ögesini gösterebiliriz.  $x_i$  gözlemler vektörü  $X_n = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  ile gösterilsin. İVZA içeriğindeki tesadüflüğün sadece verimsizlik ve etkinlik değil aynı zamanda  $X_n$  ile gösterilen örnekten de kaynaklanmaktadır. Ayrıca

$$0 \leq x_i \leq x_{\max} \quad \forall x_i \in X \quad (11)$$

olduğundan böylece iyi tanımlı olan ve  $I(X)$  olarak gösterilen  $X$  in kapsamını  $I$  düzenler. O halde  $X$  üzerindeki  $f_x(\cdot)$  yoğunluk fonksiyonu:

$$f_x(X_i) > 0 \quad X_i \in I(X) \quad (12)$$

tanımlanabilir. Bu son iki ifade Teorem 1 in hedeflerinden değildir. Ama Banker'in tutarlılık sonucunun kullanımı için gereklidir.

**Teorem 3. 2 (Banker, 1993):** Monoton artan ve dışbükey durumu ile  $g(x)$ ,  $X \subset R^m$  kompakt girdi uzayı üzerinde bir üretim sınırı tanımlar. Bu teknolojinin gözlemlenen çıktıların  $u$  verimsizliğinden dolayı sınırdan saptığını, yani  $f_u(u) > 0$ ,  $u \in w$  sağlayacak şekilde ve  $w \subseteq (0,1]$  aralığının üzerinde tanımlı bir

$f_u(u)$  yoğunluk fonksiyonu ile  $y \leq g(x)$  olsun. Ayrıca,  $X$ 'den denenen  $x_i$  ögelerinin de, (11). koşulu sağlayan bir  $f_x(x_i)$  yoğunluk fonksiyonu tarafından kontrol edildiğın kabul edelim. O halde  $\hat{g}_n(x)$ , VZA tahmin edicisi,  $n$  boyutunda bir örneğı temel alarak ve her  $x \in I(X)$  için  $x$  in zayıf tutarlı olduğu noktada değerlendirilir. Bir sonraki teoremi vermeden önce bazı gösterimleri sunalım:

$eküs\{v\} = 0$  olmak üzere kapalı  $v \subseteq (-\infty, 0]$  kümesi üzerinde tanımlı parametrik bir aileden sürekli diferensiyellenebilir yoğunluk fonksiyonu  $f_v(v)$  yi alalım.  $f_v(v)$  fonksiyonu  $\{\theta_v, v_{maks}\}$  ile parametrize edilebilir. Burada  $\theta_v$ ,  $v_{maks} = -E[v]$  yi sağlayan  $v_{maks}$  skaleri ve vektörü olabilir. Kabul edelim ki;

$$f_v(v) > 0, \quad v < 0 \quad (13)$$

olsun.  $v + v_{maks}$  rastgele değışkeni aşğıdaki işlenmemiş verilerde olduğu gibi alınsın. Bu takdirde  $f_u(u)$ ,  $\theta_u$  vektörü tarafından parametrize edilen  $[0, \infty)$  bölgesi üzerinde sürekli diferensiyellenebilir yoğunluk fonksiyonunu göstereyin. (12) ile karşılaştırmalı olarak;

$$f_u(u) > 0, \quad u > 0 \quad (14)$$

$u$  terimine verimsiz denilebilir.

**Teorem 3.3 :**  $w \equiv v - u$  yukarıda tanımlandığı gibi  $f_v(v)$  ve  $f_u(u)$  yoğunluklarıyla rastgele birleştirilmiş bir değışken tanımlasın.  $f_{v-u}(w)$  nın  $\theta_0 \equiv \{\theta_v, v_{maks}, \theta_u\}$  doğru parametre vektörünün MOH'nın  $\hat{\theta}$  olduğunu kabul edelim. Ayrıca  $y = g(x)e^{v-u}$  istatistiksel sınır modelini tanıyalım, burada  $E(\tilde{v}) = 0$  sağlanmak üzere  $\tilde{v} = v + v_{maks}$  işlenmemiş bileşin olarak tanımlıdır. Bu takdirde VZA+  $\hat{g}(x)$  sınır tahminleyicisi

her  $X \in I(X)$  için olasılık içinde  $\hat{g}(x) \rightarrow g(x)$  olacak şekilde zayıf anlamda yakınsar.” (Gstach, 1996: 6-8).

### 3.3.2. Çok Çıktılı İstatistiksel İşın Sınır Üretim Modeli

Farrell (1957) ile Aigner ve Chu (1968) teknik verimlilik ve sınır üretim fonksiyonlarının tahmini üzerindeki çalışmalara öncüllük ettiler. Sınır üretim fonksiyonu, verilen bir girdi kümesinden elde edilebilir maksimum çıktı ile tanımlanır. Teknik verimlilik, üretim sınırından sapan gözlemlenen çıktı miktarı ile tanımlanır ve üretim sınır fonksiyonuna eklenen kesik hata terimleri ile açıklanır. Aigner, Lovell ve Schmidt (1977) ile Meeusen ve van den Broeck (1977) tarafından sunulan istatistiksel üretim sınır modeli, üretim sınırı üzerindeki istatistiksel etkileri hesaplamak için orijinal deterministik modeli genişletmişlerdir. Schmidt (1986) ve Greene (1993) tarafından yapılan araştırmalarda sunulduğu gibi temel modeller birkaç yönde genişletilmiştir.

İstatistiksel sınır modeli, tek bir çıktının (girdi) çoklu girdi (çıkıtı) fonksiyonu tarafından belirtmek üzere teknolojinin ölçek değerli bir gösterimidir. Çoklu girdi çoklu çıktı teknolojileri için sınır fonksiyonlarını tahmin etmek için standart yaklaşım, ölçek değerli maliyet ya da kâr bağımlı değişkenler olmak üzere dual sınır maliyet ya da kâr fonksiyonlarını tahmin etmektir. Bu, girdi ve çıktı fiyatlarının mevcut olmasını ve maliyet minimizasyonu ya da kâr maksimizasyonu davranışsal varsayımlarının üzerinde çalışılan üretim için geçerli olmasını gerektirir. Girdi ve çıktı fiyatlarının mevcut olmadığı ve davranışsal varsayımların geçersiz olduğu durumlar bulunduğundan sınır modelinin uygulanabilirliği kısıtlanır.

Bu kesimin konusu, çoklu girdi çoklu çıktı üretim teknolojileri için teknik verimlilik ve üretim sınırlarının tahminidir. Yeni bir istatistiksel ışın sınır üretim modeli sunularak bir ışın üretim fonksiyonunun tanımına dayanılmaktadır. Işın üretim fonksiyonu, kutupsal koordinat açıları tarafından sunulan karışık çıktı ve girdilerin bir fonksiyonu olarak sınır çıktı vektörünün Euclidean normunu sağlayan çoklu girdi çoklu çıktı teknolojisinin bir ölçek değerli gösterimidir. Tek bir çıktı teknolojisi için çıktı normu çıktı seviyesine eşittir ve ışın modeli standart tek çıktı modeline sadeleştirilebilir. İstatistiksel bir ışın sınır modeli tekli çıktı modelinde yapıldığı gibi aynı şekilde hata terimlerinin birleşiminin elde edilmesiyle gözlemlenir. Model tarafından üstlenilen yapı, verilen sınır çıktılarının radyal ölçeklenmesiyle gözlemlenen çıktıların tüm çıktı normları üzerindeki etkisini göstermeyi kısıtlar. Farrell'in (1957) teknik verimlilik ve Shephard (1970) tarafından çıktı aralık fonksiyonu tanımına uygun olarak çıktıdan üretim sınırına kadar olan radyal mesafe teknik verimlilik ölçümü olarak gösterilmektedir.

Işın sınır modeli, girdi ve çıktı fonksiyonlarında ölçek değerini ayırarak kullanan Kumbhakar (1996) nın kullandığı teknolojiye alternatif olarak yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Bununla beraber Kumbhakar (1996) çoklu çıktı üretim fonksiyonlarının sınırlı kullanılabilirliğinden dolayı bu yaklaşımın pek gelecek vaat edici olmadığını belirtmektedir. Ayrıca, yüklenen farklılık, üretim sürecinde girdiler ve çıktılar arasındaki ortak hareketlerin modellenmesine imkan vermez. Diğer taraftan önerilen ışın sınır modeli, çıktı sınır normu üzerindeki karışık girdiler ve çıktıların mümkün etkileşimine izin verir. Işın sınır modelinin olası bir uzantısı, Battese ve Coelli (1995) teki teknik verimlilik etkileri modelini çoklu girdi ve çoklu

çıktı teknolojileri ile birleştirmek ve genişletmektir. Bu teknik verimlilik modelinde uygun açıklanabilir değişkenlerin bir kümesinin bir ayrık fonksiyonu olarak belirtilebilir. Modelin bu uzantısı, ışın sınır fonksiyonu, teknik verimlilik ve teknik verimlilik etkileri fonksiyonunun eş zamanlı tahminine ve belirlenmesine izin verir.

Bu çalışmanın uygulama kısmı, Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesinin 2000 yılı verini içerir. Teknik verimlilik üzerindeki aylak değişkenin etkisini incelemek için VZA metodu kullanıldı (Löthgren, 1997: 8,9). Hem üretim sınırı hem de teknik verimlilik üzerindeki aylak değişken etkisini belirlemek için doğrusal teknik verimliliğin istatistiksel ışın sınır modeline etkileri hesaba dahil edildi. Model, Excel ve Mathematica 5.0 programları kullanılarak olgunlaştırıldı. Sonuçlar, aylak değişkenin üretim sınırı üzerinde pozitif, teknik verimlilik üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu gösterdi.

### 3.3.2.1. Işın Sınır Üretim Fonksiyonu

“ $x \in R^+$  çoklu girdilerinin  $y \in R^+$  çoklu çıktılarını üretmek için kullanıldığı bir üretim teknolojisi göz önüne alalım. Teknoloji,  $P(x)$  çıktı kümesi de aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$P(x) = \{y \in R^+ : x, y' \text{ yi üretebilir.}\} \quad (1)$$

Teknoloji, Shephard (1970) ve Färe (1988) nin çalışmalarında tartışılan temel aksiyomların bir kümesini sağlayacağı varsayılmaktadır. Her  $x$  için  $P(x)$  in dışbükeyliği ve girdi ile çıktıların kullanılabilirliği (tek düzeliği) çok önemli aksiyomlardır.  $P(x)$  çıktı kümesinin kompakt (kapalı ve sınırlı) ve boş olmadığı sağlanırsa tek çıktı teknolojisi için standart üretim fonksiyonu şu şekilde tanımlanır:

$$f(x) = maks\{y \in R^+ : y \in P(x)\} \quad (2)$$



Çoklu çıktı teknolojisinin ölçek değerli bir gösterimi elde etmek için önemli bir aşama, aşağıdaki şekilde yazılabilen çıktı vektörünün kutupsal koordinat gösterimini kullanmaktır:

$$y = \iota m(\theta) \quad (3)$$

Burada  $\iota = \|y\| = \left( \sum_{i=1}^p (\bar{y}_i^2) \right)^{1/2}$   $y$  çıktı vektörünün Euclidean normunu gösterir. Ayrıca,

$$m_i(\theta) = \cos \theta_i \prod_{j=0}^{i-1} \sin \theta_j, i = 1, \dots, p, \theta \in \left[ 0, \frac{\pi}{2} \right]^{p-1}, \sin \theta_0 = \cos \theta_p = 1$$

(Mardia, Kent ve Bibby (1979)) ile tanımlanan  $m: \left[ 0, \frac{\pi}{2} \right]^{p-1} \rightarrow [0,1]^p$  fonksiyonu

$\theta \in \left[ 0, \frac{\pi}{2} \right]^{p-1}$  kutupsal koordinatlı açı vektörünün  $m(\theta) = \bar{y} / \iota$  çıktı karışımli vektöre

dönüşümünü gösterebilir.  $\theta$  kutupsal koordinat açıları, sırayla her bir  $i = 1, \dots, p$  boyutu

için  $m(\theta)$  dönüşüm fonksiyonunu yeniden tersine çevirerek gözlemlenen çıktılarından

kolayca elde edilir.  $\theta$  için çözüm şu şekilde yazılabilir:

$$\theta_i = \cos^{-1} \left( \bar{y}_i / \iota \prod_{j=0}^{i-1} \sin \theta_j \right), i = 1, \dots, p \quad (4)$$

Burada  $\sin \theta_0 = \cos \theta_p = 1$ 'dir. İlk açı,  $\theta_1 = \cos^{-1}(\bar{y}_1 / \iota)$  ile verilir. Bu,

$\theta_2 = \cos^{-1}(\bar{y}_2 / \iota \sin \theta_1)$  ile verilen ikinci açının hesaplanmasında kullanılır. Kalan

$\theta_i, i = 3, \dots, p-1$  açıları bu şekilde devam edilerek elde edilir.

Kutupsal koordinat gösterimi, aşağıdaki gibi (2)'de gösterilen tek çıktıli üretim fonksiyonuna benzer bir ışın üretim fonksiyonunu tanımlamak için kullanılabilir:

$$f(x, \theta) = \text{maks.} \{t \in R^+ : tm(\theta) \in P(x)\} \quad (5)$$

Bu fonksiyon,  $\theta$  kutupsal koordinat açıları ile verilen çıktı karışımının ve verilen  $x$  girdilerinden elde edilebilir çıktıların maksimum normunu verir.

Işın fonksiyonu, çıktı kümesinden bazı özellikleri taşır. Örneğin,  $P(x') \subseteq P(x''), \forall x'' \geq x'$  'i belirten çıktı kümesinin serbest girdi kullanılabilirliği,  $f(x, \theta)$ , yani,  $f(x'', \theta) \geq f(x', \theta), \forall x'' \geq x'$  ışın fonksiyonunun pozitif bir girdi tekdüzelik özelliğine dönüşür. Üretim sınırının eğriliği,  $\partial f(x, \theta) / \partial \theta_i, i = 1, \dots, p-1$  kutupsal koordinat açılarına göre ışın fonksiyonunun kısmi türevlerinden türetilir. Girdilerin seviyesi verilerek çıktı karışımı üretim sınırı boyunca değiştirildiğinden bu türevler çıktı normundaki değişikliği açığa vurur. Üç çıktılı bir teknoloji için, ilk  $\theta_1$  açısı,  $y_1$  ekseninden  $y_2$  ve  $y_3$  eksenleri boyunca uzanan düzleme doğru olan açıyı temsil eder.  $\theta_2$  açısı,  $y_2 - y_3$  düzlemindeki  $y_2$  ve  $y_3$  arasındaki açıyı gösterir. Bu iki açı ve  $l$  ışın normu, (3)'teki ifade ile  $y$  çıktı vektörünü tanımlar.  $\partial f(x, \theta) / \partial \theta_1$  kısmi türevi,  $y_2$  ve  $y_3$  arasındaki sabit oran ile çıktı sınırı boyunca uzanan çıktı karışımındaki değişiklikler için çıktı sınırı normundaki değişikliği temsil eder.  $\partial f(x, \theta) / \partial \theta_2$  türevi, diğer taraftan ilk  $y_1$  çıktı boyutunun sabit tutulma seviyesi ile çıktı karışımındaki değişikliklerden dolayı çıktı sınırı normu değişikliğini gösterir.

Çoklu çıktı ölçek esnekliği, ölçümü ışın fonksiyonunun kısmi türevleri olarak aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$\varepsilon = \frac{\nabla_x f(x, \theta) x}{f(x, \theta)} \quad (6)$$

Burada  $\nabla_x f(x, \theta)$ , ışın fonksiyonunun gradiyentini gösterir. Bu ölçek ölçümü girdi

seviyesi ve  $\theta$  kutupsal koordinatlı çıktı açıları ile gösterildiği gibi çıktı yönüne bağlı girdilerdeki orantılı bir değişiklikten dolayı çıktı sınırı normundaki orantılı değişimin oranını verir. Sınır çıktısı normundaki bir ölçek değişikliği tüm sınır çıktısı boyutlarındaki orantılı bir değişikliğe uygun olduğundan (6)'daki ölçek esnekliği ölçümü, ölçeğin sınır esnekliğinin yerel bir ölçüsü olarak yorumlanabilir. (6) ifadesi tek bir çıktı teknolojisi için, çok iyi bilinen tek çıktılı ölçek esnekliği ölçümü  $\varepsilon = \nabla_x f(x)x / f(x)$  ifadesine indirgenebilir.

### 3.3.2.2. İstatistiksel Işın Sınır Üretim Fonksiyonu

Aigner, Lovell ve Schmidt (1977) ile Meeusen ve van den Broeck (1977) tarafından sunulan orijinal tek çıktı modeline benzer olarak birleştirilmiş bir hata terimi sunularak istatistiksel ışın sınır üretim fonksiyon modeli aşağıdaki gibi belirtilebilir:

$$i = f(x, \theta) \exp(\nu - u) \quad (7)$$

Gözlemlenen  $i$  ışın normu, bir  $f(x, \theta)$  deterministik ışın fonksiyonunun ve simetrik  $\nu$  rassal değişkeninin üretim sınırını etkileyen rassal olayları açıkladığı ve kesik  $u, u \geq 0$  rassal değişkeninin firmanın teknik verimliliğini etkileyen rassal olayları açıkladığı bir  $\varepsilon = \nu - u$  dizilmiş hata terimlerinin bir birleşiminin fonksiyonu olarak belirlenir.

İstatistiksel sınır normu,  $i^f = f(x, \theta) \exp(\nu)$  ile verilir. Teknik verimlilik radyal etkili gibi modellenir. Gözlemlenen çıktı,  $y^f = i^f m(\theta)$  sınır çıktısı seviyesinin bir radyal ölçüsünden elde edilir ve  $y = y^f \exp(-u)$  eşitlenir. Burada çıktı indirgeme çarpanı  $TE = \exp(-u)$  teknik verimlilik ölçümünü tanımlar. Bu

ölçüm, çıktı vektöründen çıktı kümesinin sınırına kadar olan radyal mesafeyi gösterir ve Farrell (1957) deki (çıktı) teknik verimliliğe denk gelir. Ayrıca bu aşağıdaki şekilde verildiği gibi Shephard (1970) da tanımlanan çıktı mesafe fonksiyonuna da eşittir:

$$D_0(y, x) = \min \left\{ \mu : \frac{y}{\mu} \in P(x) \right\} \quad (8)$$

Yukarıdaki açıklamaya göre, mesafe fonksiyonu, sınır normunun gözlemlenen norma olan oranı ile verilir, yani,

$$D_0(y, x) = e^{-u} / e = \exp(-u)$$

olur. Bu nedenle, teknik verimlilik tamamen  $u$  rassal değişkeni ile gösterilir.

### 3.3.2.2.1. Model

Doğrusal bir veri paneli istatistiksel ışın sınır üretim modeli, ışın fonksiyonunun doğrusal bir fonksiyonel biçiminin yüklenmesiyle ve (7) nin logaritmalarını aşağıdaki şekilde alarak elde edilir:

$$\ln l_{it} = \beta_0 + z'_{it} \beta + v_{it} - u_{it}, \quad i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (9)$$

Burada  $i$  firmaları indeksini,  $t$  zaman periyotları indeksini gösterir.  $Z_{it}$ , girdiler ve çıktı açıları ile diğer şirket ve zamanı içeren belirli değişkenlerin bir ortalama K-vektörüdür.  $\ln l_{it}$  log normundan istatistiksel logaritma ışın sınırına kadar olan mesafe  $(\ln f(x_{it}, \theta_{it}) + v_{it})$  ile verilirken  $u_{it} \geq 0$ ,  $i$  firmasının  $t$  zaman aralığındaki verimliliğini gösterir. Eğer  $T = 1$  ise (9) doğrusal bir ters bölüm ışın sınır modeli derecesinde basitleştirir.

(9) modeli, standart veri paneli formunda şu şekilde yazılır:

$$\ln \iota_{it} = \alpha_{it} + z'_{it} \beta + v_{it}, \quad i=1, \dots, N, \quad t=1, \dots, T \quad (10)$$

Burada  $\alpha_{it} = \beta_0 - u_{it}$  firma ve zaman belirleme engelini gösterir.  $\iota_{it} = y_{it}$  olduğu zamanla değişmeyen teknik verimliliklere sahip tek bir çıktılı teknoloji için (10), Schmidt ve Sickles (1984) tarafından sunulan (şirket kökenli) engel üretim sınırı veri paneli seviyesinde basitleştirir.

Bu çalışmada aşağıdaki varsayımlar kullanılmaktadır:

1.  $v_{it}$  rassal terimleri  $v_{it} \sim N(0, \sigma^2_v)$  normal olarak dağıtıldığı varsayıldı.
2.  $i, i'=1, \dots, N, t, t'=1, \dots, T$  için  $x_{it}$  girdileri ve  $\theta_{it}$  kutupsal koordinat açıları  $v_{it'}$  den bağımsızdır.
3. Battese ve Coelli (1995) nin sundukları,  $u_{it}$  verimlilik terimleri değişken zaman ortalamalı kesikli (sıfırda) normal dağılımlı negatif olmayan rassal firma ve zaman kökenli verimlilikler olarak modellenir, yani  $u_{it} \sim N(m_{it}, \sigma_u^2)$ . Farklı firma ve zaman ortalaması  $m_{it}, z_{it}^*$  nin teknik verimliliklerle ilgili dış üretken değişkenlerin bir  $m$ -vektörü olduğu  $m_{it} = z_{it}^* \delta$  doğrusal fonksiyonu olarak tanımlanır.

Diğer bir deyişle, verimlilik kavramları aşağıdaki gibi verilir:

$$u_{it} = m_{it} + w_{it} \quad (11)$$

Burada  $w_{it}$  gözlemlenemez bağımsız rassal değişkenleri  $w_{it} \sim N(0, \sigma_w^2), w_{it} \geq -m_{it}$  'dir.  $w_{it} \geq -m_{it}$  parçası, verimliliğin negatif olmadığını garantiler. Ayrıca,  $u_{it}$  verimliliği kavramları (ya da aynı şekilde  $w_{it}$ ) nin  $i, i'=1, \dots, N, t, t'=1, \dots, T$  için  $v_{it'}$  nin bağımsız olduğu kabul edilir.

Teknik verimlilik etkileri modelinin bir avantajı, bir zaman etkisinin hem ışın sınır fonksiyonunda hem de zamanla değişen teknik verimliliğin bir gösteriminde kullanılmasıdır. Bu, hem üretim sınırının (dış üretken) teknik değişiminin hem de teknik verimliliğin doğrusal zaman değişimli yapısının tahminine imkan verir.

Teknik verimlilikler, kesik u hata terimlerinin şartlı beklentileri tarafından yeniden aşağıdaki gibi koşullu olarak gerçekleştirilebilir. Bu şartlı hata birleşimi:

$$TV_u = E(\exp(-u_u)\hat{\varepsilon}_u) = E(\exp(-m_u - w_u)\hat{\varepsilon}_u) \quad (12)$$

biçimindedir.” (Löthgren, 1997: 2-8).

### 3.3.3. Dinamik Koşullu Değişen Varyanslı İstatistiksel Sınır Modeli

#### 3.3.3.1. Model

“Aigner ve diğerleri (1977) tarafından sunulan istatistiksel sınır modelinin aşağıdaki logaritmik doğrusal veri paneli versiyonunu ele alalım:

$$y_{it} = x_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Burada,  $i = 1, \dots, N$  firma indeksini,  $t = 1, \dots, T$  zaman periyodu indeksini gösterir.

$x_{it} \in R_+^k$ , değeri  $y_{it} \in R^+$  çıktısını üretmek için  $i$  firması tarafından  $t$  zaman periyodunda kullanılan girdilerin bir  $k$  – vektörünü gösterebilir.  $\beta$  ve  $N$  firmalara ait homojen girdilerin bir  $k$  – vektörüdür.  $v_{it}$  üretim sınırı üzerindeki rassal olaylara etkisini göstermek üzere birleşik hata terimi  $\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$  ile verilir.

$y_{it}^f = x_{it}'\beta + v_{it}$ ,  $x_{it}$  girdisini kullanarak üretilen maksimum istatistiksel sınır çıktısını ifade eder. Standart varsayım,  $v_{it}$  'nin bağımsız olarak normal bir şekilde aşağıdaki gibi dağıldığının varsayılmasıdır:

$$v_{it} \sim N(0; \sigma_v^2). \quad (2)$$

$u_{it}$  hata bileşeni negatif değildir ve  $y_{it}^f$  sınır çıktısına ulaşamayan gözlemlenen  $y_{it}$  çıktısının miktarı açısından teknik verimliliği ifade eder. Orijinal modelde  $u_{it}$   $u_{it} \sim |N(0, \sigma_u^2)|$  sabit varyansı ile normal dağılım olarak tanımlanır.

$I_t$ ,  $t$  zamanındaki mevcut bilgi kümesini gösterebilir. Modelin genellemesi  $u_{it}$ 'nin  $u_{it}|I_{t-1} \sim |U_{it}|$ , ki burada  $U_{it} \sim N(0, h_{it})$  olarak şarta bağlı değişen varyanslı normal dağılım olmasını sağlayarak elde edilir. Bu aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$u_{it}|I_{t-1} \sim |\eta_{it}|h_{it}^{1/2} \quad (3)$$

“Burada  $\eta_{it} \sim N(0,1)$ 'dir. Firma ve zamana bağlı koşullu  $h_{it}$  varyansı aşağıdaki düzenlenmiş hatada dinamik bir Koşullu Değişen Varyanslı (KDV(q)) süreci ile verilir:

$$h_{it} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{it-j}^2 \quad (4)$$

Bu tanımlama yapı bakımından Engle (1982) tarafından sunulan Ardışık Bağımlı Koşullu Değişen Varyanslı (ABKDV) zaman serileri modeli ile benzer yapıdadır. ABKDV modeline benzer şekilde  $\alpha_0 = 0$  ve  $\alpha_j \geq 0$ ,  $j = 1, \dots, q$  kısıtlamaları, koşullu  $h_{it}$  varyansının negatif olmamasını sağlamak için uygulanır ve  $\sum_{j=1}^q \alpha_j < 1$  kısıtı, kovaryans sabitliğini ve teknik verimsizlik kavramının koşulsuz varyansının varlığını sağlaması açısından gereklidir.

(4)'teki ABKDV ile ilişkili veri paneli tanımlaması ile ABKDV modeli arasındaki bir fark, teknik verimsizlik düzenlemiş  $u_{it}$  hata parçasının  $h_{it}$  varyansının ABKDV modelinde olduğu gibi  $u_{it}$ 'nin kendisinin gecikmelerinin değil de

düzenlenmiş  $\varepsilon_t$  hata parçası kavramının daha önceki gerçekleştirmelerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmasıdır. Burada ele alınan ABKDV bağlantılı tanımlama standart ABKDV tanımlamasının makul bir değişimidir. Çünkü teknik verimsizliğin sadece teknik verimsizliğin daha önceki gerçekleştirmelerinden etkilenmesi değil ayrıca  $v_t$  hata parçası kavramı ile gösterildiği gibi firmanın karşılaştığı üretim çevresindeki önceki tesadüfi etkilerinde teknik verimsizliği muhtemelen etkilemesi de makuldür” (Löthgren, 1998: 3-6).

Önerilen tanımlama, koşullu teknik verimsizlik için hem koşullu bir değişen varyanslı hem de genel bir dinamik süreç sunar. Teknik verimsizlik ve / veya sınır bozukluğu kavramının büyük ölçüde gerçekleşmesi, bir sonraki periyotta teknik verimsizlik kavramının varyansını artırır. Bundan dolayı, teknik verimsizliğin dinamik gelişimi için bir süreklilik sunulur. Verilen bir periyottaki teknik verimsizliğin büyük ölçüde gerçekleşme olasılığı, eğer daha önceki periyot büyük sınır etkinliğine ve / veya verimsizliğin gerçekleşmesine maruz kaldıysa artar. Diğer taraftan, yüksek teknik verimlilik ve küçük sınır bozuklukları, teknik verimliliğin yüksek oranda gerçekleşmesini sağlarlar.

“Tanımlama ayrıca, firma ve zaman bağlantılı beklenen verimsizliğin koşullu olarak aşağıdaki ifade ile verildiğini de belirtir:

$$E(u_t | I_{t-1}) = \sqrt{2h_t / \pi} \quad (5)$$

Bundan başka,  $u_t$  teknik verimsizlik kavramının koşullu ikinci momenti  $u_t$  yi elde etmekte kullanılan  $U_t$  kesikli olmayan normal rassal değişkenlerinin koşullu varyansına denk gelir. Yani,



$$E(u_{it}^2 | I_{t-1}) = h_{it} \quad (6)$$

dır.

Teknik verimsizliğin rastgele terimli ikinci koşulsuz momenti aşağıdaki modelde  $(\alpha_{ij}, j = 0, 1, \dots, q)$  sınırlamalarının karşılandığı ve  $v_{it}$  ve  $u_{it}$  hata parçalarının tüm  $i$  ve  $t$ 'den bağımsız oldukları) gibi varyans parametreleri açısından açıklanabilen  $U_{it}$  kesikli olmayan normal tesadüfi değişkenin  $h$  ile gösterilen koşulsuz varyansına denktir:

$$h = E(u_{it}^2) = \frac{\alpha_0 + \sigma_v^2 \sum_{j=1}^q \alpha_j}{1 - \sum_{j=1}^q \alpha_j} \quad (7)$$

Ayrıca, teknik verimsizlik kavramının koşullu varyansı (standart modeldekine benzer şekilde) aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\text{var}(u_{it} | I_{t-1}) = (1 - 2/\pi) h_{it} = (1 - 2/\pi) \left( \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{it-j}^2 \right) \quad (8)$$

ve koşulsuz teknik verimsizlik varyansı aşağıdaki ifade ile verilir:

$$\text{var}(u_{it}) = (1 - 2/\pi) h_{it} = (1 - 2/\pi) \left[ \frac{\alpha_0 + \sigma_v^2 \sum_{j=1}^q \alpha_j}{1 - \sum_{j=1}^q \alpha_j} \right] \quad (9)$$

### 3.3.3.2. Hipotez Testi

Orijinal istatistiksel sınır modeli, dinamik KDV modeli içinde yer alır. Bu önerilen dinamik KDV tanımlamasına karşılık orijinal sabit varyanslı sınır modelinin model tanımlama testine izin verir.  $\alpha_j = 0, j = 1, \dots, q$  kısıtlaması altında  $\text{var}(u_{it} | I_{t-1})$

koşullu varyansı, tüm  $i$  ve  $t$  için  $\text{var}(u_{it}) = (1 - 2/\pi)\alpha_0$  kısıtlanmış koşulsuz sabit varyansına eşittir. Ayrıca, koşullu beklenen teknik verimlilik  $E(u_{it}|I_{t-1})$ , her  $i$  ve  $t$  için sınırlandırılmış koşulsuz ortalama teknik verimsizliğine  $E(u_{it}) = \sqrt{2\alpha_0/\pi}$  eşittir. Bu sınırlandırılmış değerler,  $\alpha_0 = \sigma_u^2$  ile Aigner ve diğerleri (1977) tarafından sunulan orijinal sabit varyanslı modeldeki beklenti ve teknik verimsizlik varyansına denk gelir.

Dinamik olmayan koşullu değişen varyanslı sıfır hipotezi  $H_0: \alpha_j = 0, j = 1, \dots, q$  bir olasılık oran testi kullanılarak, bazı  $j$  için, tek taraflı alternatif dinamik KDV hipotezi  $H_1: \alpha_j > 0$  karşısında kolayca test edilir.

### 3.3.3.3. Olasılık Fonksiyonu

Sabit varyanslı orijinal istatistiksel sınır modeli için Aigner ve diğerlerinde (1977) verilen  $\varepsilon_{it}$  düzenlenmiş hatanın yapısını burada ele alınan dinamik KDV tanımlaması derecesinde kolayca genişletir. Özellikle (2), (3) ve (4)'te verilen dağılımsal varsayımlar altında  $\varepsilon_{it}$  için koşullu yapısı aşağıdaki gibidir:

$$f(\varepsilon_{it}|I_{t-1}) = \frac{2}{\sqrt{2\pi(\sigma_v^2 + h_{it})}} \exp\left\{-\frac{\varepsilon_{it}^2}{2(\sigma_v^2 + h_{it})}\right\} \Phi\left(-\frac{h_{it}^{1/2}\varepsilon_{it}}{\sqrt{\sigma_v^2(\sigma_v^2 + h_{it})}}\right) \quad (10)$$

Burada  $\Phi(\cdot)$  ile standart bir normal rassal değişkenin dağılım fonksiyonunu gösterir ve  $h_{it}$  (4) ile verilir:

$$(k+q+2) \text{ vektörü } \theta = (\beta', \alpha', \sigma_v^2)', \quad \alpha = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_q)' \text{ da tahmin edilen}$$

parametreler bir araya getirilir. Her bir  $i = 1, \dots, N$  firması için  $T_i + q - 1$  gözlemlerinin

toplamı olduğunu varsayarsak ilk ( $t = -q+1, -q+2, \dots, 0$ )  $q$  gözlemlerinde koşullu, toplanmış log – olasılık fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$g(\theta) = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^{T_i} \ln L_u(\theta) \quad (11)$$

Burada  $\ln L_u(\theta)$ ,  $i$  firmasının  $t$  periyodundaki gözleminin log – olasılık fonksiyonuna katkısını gösterir. (10) ifadesinin logaritmasını alarak ve  $\varepsilon_u = y_u - x'_u \beta$  yerine koyarak,  $\ln L_u(\theta)$  aşağıdaki şekilde hesap edilebilir:

$$\begin{aligned} \ln L_u(\theta) = & \frac{1}{2} \ln(2/\pi) - \frac{1}{2} \ln(\sigma_v^2 + h_u) - \frac{1}{2(\sigma_v^2 + h_u)} (y_u - x'_u \beta)^2 \\ & + \ln \Phi \left[ -\frac{(y_u - x'_u \beta) h_u^{1/2}}{\sqrt{\sigma_v^2 (\sigma_v^2 + h_u)}} \right] \end{aligned} \quad (12)$$

Bu modelin maksimum olasılık tahmini ABKDV modellerinin tahminine benzer.  $\theta$  parametre vektörünün verilen bir değeri için koşullu varyanslar (11)'deki log-olasılık fonksiyonunu değerlendirmek için kullanılan  $h_u = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j (y_{u-j} - x'_{u-j} \beta)^2$  ile verilir. O halde, log-olasılık fonksiyonu,  $\theta$  parametre vektörünün maksimum olasılık tahminlerini elde etmek için çeşitli sayısal en iyilemelerini kullanarak en büyüklenebilir.

Parametre vektörünün  $\theta^0$  başlangıç derecesi, standart bir sınır model tanımlamasından maksimum olasılık tahminlerine dayalı iki aşamalı bir prosedür kullanılarak bulunur. İlk olarak, Coelli (1995) tarafından önerilen şebeke araştırma prosedürü kullanılır. Bu prosedürde, eğim katsayılarının tahminleri ve  $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)$  varyans oranlarının bir şebekesi ve düzeltilmiş önlemin uygun

bir şebekesi ile varyans tahminleri, parametrelerin ilk başlangıç değerlerini (yani en büyük log-olasılık değerine denk gelenleri) elde etmek için kullanılır. O halde bu ilk parametre başlangıç değeri, standart istatistik sınır maksimum olasılık katsayısı tahminlerini ikinci aşamada elde etmek için kullanılır. Bu standart model tahminleri, koşullu olarak dinamik değişen varyanslı modelin maksimum olasılık tahmininde başlangıç değerleri için temel teşkil eder. Özellikle, sınır varyans parçası ve geri çekici katsayıların başlangıç değerleri, standart model tahminlerine uygunluğu ayarlanır. Koşullu varyans fonksiyonunda önleme için başlangıç değeri, standart modeldeki teknik verimsizlik varyans tahminine ayarlanır ve geriye kalan koşullu varyans katsayıları  $\alpha_i, i=1, \dots, q$  sifira ayarlanır.” (Löthgren, 1998: 7-10).

#### 3.3.3.4. Teknik Verimsizlik Tahmini

“Koşullu beklentiye bağlı olan zaman-bağımlı teknik verimsizlik hata parçası kavramı  $\hat{u}_t$  ve firmanın tahminleyicisi şu şekilde elde edilir:

$$E(u_t | \varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-q}) = \sigma_{*t} \left[ \frac{\phi(\varepsilon_t \lambda_t / \sigma_t)}{\Phi(\varepsilon_t \lambda_t / \sigma_t)} - \frac{\varepsilon_t \lambda_t}{\sigma_t} \right] \quad (13)$$

Burada  $\phi(\cdot)$  ve  $\Phi(\cdot)$  standart bir normal tesadüfi değişkenin sırasıyla olasılık yoğunluğunu ve dağılım fonksiyonlarını gösterir. Jondrow ve diğerlerindeki (1982) açıklama ile direkt bir benzetme kullanarak  $\sigma_t^2 = h_t + \sigma_v^2$ ,  $\sigma_{*t} = h_t^{1/2} \sigma_v / \sigma_t$ ,  $\lambda_t = h_t^{1/2} / \sigma_v$  hem  $\varepsilon_t$  hem de  $q$  zaman farkları  $\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-q}$  daki koşullanma, koşullu varyans  $h_t$ 'nin tanımlamasından kaynaklanır.

Battese ve Coelli (1988), koşullu beklenti  $E(\exp(-u_{it})|\varepsilon_{it})$ 'yi kullanarak (1)'deki çoklu model altında  $TV_{it} = \exp(u_{it})$  ile verilen teknik verimsizliği tahmin edileceğini önerdiler. Dinamik model aşağıdaki gibidir:

$$E(\exp(-u_{it})|\varepsilon_{it}, \varepsilon_{it-1}, \dots, \varepsilon_{it-q}) = \exp\left\{-\frac{\mu_{it}^* + \sigma_{*it}^2}{2}\right\} \frac{\Phi\left(\frac{\mu_{it}^* / \sigma_{*it} - \sigma_{*it}}{\sigma_{*it}}\right)}{\Phi\left(\frac{\mu_{it}^*}{\sigma_{*it}}\right)} \quad (14)$$

Burada yukarıdaki gibi  $\mu_{it}^* = \varepsilon_{it} h_{it} / \sigma_{it}^2$ ,  $\sigma_{it}^2 = h_{it} + \sigma_v^2$  ve  $\sigma_{*it} = h_{it}^{1/2} \sigma_v / \sigma_{it}$

Yukarıda verilen tahminleyiciler sadece teknik verimsizliğin nokta tahminlerini verir. Son olarak teknik verimsizliğin nokta tahminleri açıklamaları, doğru parametrelerin bilindiği ve yukarıdaki nokta tahminleyicilerin herhangi birini kullanarak parametrelerin Jondrow ve diğerleri (1982) tarafından işaret edilen uygun maksimum olasılık tahminler ile yer değiştirmek zorunda olduğu varsayımı altında çıkartılabilir." (Löthgren, 1998: 10-11).

## IV. BÖLÜM

### İVZA İLE BİR UYGULAMA

#### 4.1. Problemin Tanımı

Performans analizinde etkinlik ve verimlilik kavramları girdi ve çıktıların ölçülmesiyle ilgilidir.

Bu çalışmanın uygulamasında ele alınan hastane bir hizmet sektörü olduğundan bunun etkinliği üretim ve finans sektöründen oldukça farklıdır. Örneğin bir poliklinikte yatan hasta sayısının 200 olması, doğal olarak yatan hasta sayısı 2016 olan polikliniklere göre hekim başına düşen hasta sayısı ve dolayısıyla hasta maliyetleri bakımından daha kötü durumda gözükcektir. Böyle bir analizde yatan hasta sayısı 200'den 2016'ya çıkarılması önerilecektir ki bu hizmetin kalitesi açısından kabul edilebilir değildir.

Uygulama konusu olan Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi'nin verimlilik fonksiyonunu yazmak için 2000 yılı verileri kullanılmıştır. Veri seçimi daha önce (Gülcü: 2001, 83) yapılan çalışmadaki veri seçimi dikkate alınarak yapılmıştır.

#### 4.2. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada amaç, çoklu girdi çoklu çıktı üretim modelleri için teknik verimsizlik ve üretim sınırlarının tahminini yapmaktır. Hastane verimliliğini artırmaya yönelik bir performans ölçüm yöntemi olan VZA'ne bir aylak değişken

ilave ederek modele işlenmemiş veri eklenmiştir. Böylece verimsizlik ve istatistiksel hatayı birleştiren üretim sınır modeli belirlenebilecektir.

#### **4.3. Araştırmanın Yöntemi**

Çalışmada kullanılan girdi ve çıktılar Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesinin 2000 yılı verilerinden oluşmaktadır. Tablo 4.1.'deki orijinal verilere teori bölümünde bahsedilen çok çıktılı istatistiksel ışın sınır üretim modeli uyduğu için bu model kullanılmıştır.

#### **4.4. Girdi ve Çıktı Verilerinin Belirlenmesi**

Performans analizinde girdi ve çıktı belirlenmesi önemli bir aşamadır. Çalışmada üzerinde durulan 17 üniteye (dahiliye, cildiye, fizik-ter reh., genel cerrahi, göğ-kalp-damar, göz, kadın-doğum, KBB, göğüs hast., enf-hast., noroloji, norosirirji, ortopedi, pediatri, plastik-cer., psikiyatri, üroloji) göre yatak sayısı (YATAK SAYISI), hekim sayısı (HEKİM SAYISI) girdileri; doktorlara yapılan ziyaret sayısı (POLİKLİNİK SAYISI), ameliyat sayısı (AMELİYAT), yatan hasta sayısı (YATAN HASTA)'da çıktıları göstermektedir.

Tablo 4.1.'deki verilerden hareketle Tablo 4.2. de girdi ve çıktıların ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri hesap edilmiştir.

İVZA'nın hesaplamalarını yapan bir bilgisayar yazılımı olmadığından veriler Casio fx-5500L hesap makinesi, Excel ve Mathematica 5.0 programları kullanılarak hesaplanmıştır.

**Tablo 4.1 Hastane 2000 yılı verileri**

Ünite Adı:	Yatak S.	Hekim S.	Poliklinik	Yat. H.S.	Ameliyat
DAHİLİYE	75	7	12949	1414	
CILDIYE	18	4	3185	200	
FİZİK-TED-REH	28	4	6305	337	
GENEL-CERRAHI	65	5	4162	1604	944
GÖĞ-KALP-DAMAR	37	4	3114	762	649
GOZ	27	3	9093	798	1092
KADIN-DOĞUM	34	3	1918	1406	810
KBB	35	5	8759	883	788
GÖĞÜS-HAST	48	3	5213	1197	
ENF-HAST	21	3	2308	564	
NOROLOJİ	30	6	4408	721	
NÖROSİRİRJİ	27	4	2340	516	348
ORTOPEDİ	54	5	6113	896	1075
PEDİATRİ	46	8	8579	2016	
PLASTİK-CER	22	2	735	401	662
PSIKİYATRİ	25	5	3719	299	
URÖLOJİ	27	4	3464	818	590

**Tablo 4.2 Girdi ve Çıktıların Belirleyici İstatistikleri N=17**

	Ortalama	Standart Sap.	Min.	Maks.
<b>Girdi</b>				
YATAK SAYISI	36.41	16.09	18	75
HEKİM SAYISI	4.41	1.54	2	7
<b>Çıktı</b>				
POLİKLİNİK	5080.24	3198.36	735	12949
AMELİYAT	773.11	241.25	348	1092
YATAN HASTA	872.47	505.14	200	2016

Teori bölümünde bahsedilen formülasyonlardan  $\lambda$  çıktı normu ve  $\theta_1$  ve  $\theta_2$  kutupsal koordinatları aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:



$$l = \left( \sum_{i=1}^3 \bar{y}_i^2 \right)^{1/2} \text{ olacağından,}$$

$$\bar{y}_1^2 = (5080.24)^2 = 25808838.46$$

$$= (872.47)^2 = 761203.9009$$

$$= (773.11)^2 = 597699.0721$$

+

---


$$\sum \bar{y}_i^2 = 27167741.43$$

$$l = \sqrt{27167741.43} = 5212.27$$

$$\theta_1 = \cos^{-1}(\bar{y}_1 / l) = \cos^{-1}(5080.24 / 5212.27) = 12.92$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(\bar{y}_2 / l \cdot \sin \theta_1) = \cos^{-1}(872.47 / 5212.27 \cdot \sin 12.92) = 87.86$$

Bütün bu hesaplamalardan yola çıkarak teori bölümünde bahsedilen model yazılarak logdoğrusal istatistiksel ışın sınır üretim fonksiyonu aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$$\ln l = \beta_0 + \beta_1 \ln YATAK \text{ SAYISI} + \beta_2 \ln HEKİM \text{ SAYISI} + \beta_3 \ln \theta_1 + \beta_4 \ln \theta_2 + \beta_5 AD$$

Burada AD; aylak değişkeni gösterir ve değeri 1 olarak alınmıştır.

$$\ln 5212.27 = \beta_0 + \beta_1 \ln 36.41 + \beta_2 \ln 4.41 + \beta_3 \ln 12.92 + \beta_4 \ln 87.86 + \beta_5 1$$

$$8.56 = \beta_0 + 3.59\beta_1 + 1.48\beta_2 + 2.56\beta_3 + 4.48\beta_4 + \beta_5$$

Katsayıları hesaplamak için aşağıdaki denklemleri Mathematica da uygun biçimde yazıp çözersek yani  $\beta_0 = a$ ,  $\beta_1 = b$ ,  $\beta_2 = c$ ,  $\beta_3 = d$ ,  $\beta_4 = e$ ,  $\beta_5 = f$  değerleri hesaplanır.

$$8.56 = 17\beta_0 + 3.59\beta_1 + 1.48\beta_2 + 2.56\beta_3 + 4.48\beta_4 + \beta_5$$

$$(3.59)(8.56) = (\beta_0 + 3.59\beta_1 + 1.48\beta_2 + 2.56\beta_3 + 4.48\beta_4 + \beta_5) (3.59)$$

$$(1.48)(8.56) = (\beta_0 + 3.59\beta_1 + 1.48\beta_2 + 2.56\beta_3 + 4.48\beta_4 + \beta_5) (1.48)$$

$$(2.56)(8.56) = (\beta_0 + 3.59\beta_1 + 1.48\beta_2 + 2.56\beta_3 + 4.48\beta_4 + \beta_5) (2.56)$$

$$(4.48)(8.56) = (\beta_0 + 3.59\beta_1 + 1.48\beta_2 + 2.56\beta_3 + 4.48\beta_4 + \beta_5) (4.48)$$

$$8.56 = \beta_0 + 3.59\beta_1 + 1.48\beta_2 + 2.56\beta_3 + 4.48\beta_4 + \beta_5$$

Hesaplamalar sonucunda aşağıdaki denklemler elde edilmiştir:

$$8.56 = 17a + 3.59b + 1.48c + 2.56d + 4.48e + f$$

$$30.73 = 3.59a + 12.89b + 5.31c + 9.19d + 16.08e + 3.59f$$

$$12.67 = 1.48a + 5.31b + 2.19c + 3.79d + 6.63e + 1.48f$$

$$21.91 = 2.56a + 9.19b + 3.79c + 6.55d + 11.47e + 2.56f$$

$$38.39 = 4.48a + 16.08b + 6.63c + 11.47d + 20.07e + 4.48f$$

$$8.56 = a + 3.59b + 1.48c + 2.56d + 4.48e + f$$

```
In[1]= Solve[{ 17 a + 3.59 b + 1.48 c + 2.56 d + 4.48 e + f == 8.56 ,
              3.59 a + 12.89 b + 5.31 c + 9.19 d + 16.08 e + 3.59 f == 30.73 ,
              1.48 a + 5.31 b + 2.19 c + 3.79 d + 6.63 e + 1.48 f == 12.67 ,
              2.56 a + 9.19 b + 3.79 c + 6.55 d + 11.47 e + 2.56 f == 21.91 ,
              4.48 a + 16.08 b + 6.63 c + 11.47 d + 20.07 e + 4.48 f == 38.39 ,
              a + 3.59 b + 1.48 c + 2.56 d + 4.48 e + f == 8.56 } , {a, b, c, d, e, f}]
```

```
Out[1]= {{a -> 0.000188234, b -> 2.96416, c -> 1.16226 x 10-13,
          d -> 12.0313, e -> -1.16226 x 10-13, f -> 3.48677 x 10-13}}
```

Bu değerleri kullanarak istatistiksel ışın sınırmı aşağıdaki şekilde yazabiliriz:

$$\ln \iota = 0.000188234 + 2.96416 \ln YATAK SAYISI + (1.16226)10^{13} \ln HEKİM SAYISI \\ + 12.0313 \ln \theta_1 - (1.16226)10^{13} \ln \theta_2 + (3.48677)10^{13} AD$$

$u_i$  teknik verimsizlik olarak tanımlanırsa  $u = \iota - \bar{y}_i$  olarak yazılabilir.

$$u_i = \delta_0 + \delta_1 AD_i + w_i$$

Hem sınır fonksiyonunda hem de teknik verimlilik modelinde aylak değişkenin kapsanması  $\beta_5$  kaydırma parametresi ile ifade edilen üretim sınırı üzerindeki ve  $\delta_1$  parametresi ile gösterilen üretim sınırı üzerindeki organizasyon etkilerinin belirlenmesine imkan verir.

$$\sum u = 17\delta_0 + \delta_1 AD$$

$$\sum u(AD) = \delta_0(AD) + \delta_1(AD)^2$$

formüllerini kullanarak teknik verimsizliğin katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} i - \bar{y}_1 &= 5212.27 - 5080.24 = 132.03 \\ i - \bar{y}_2 &= 5212.27 - 872.47 = 4339.8 \\ i - \bar{y}_3 &= 5212.27 - 773.11 = 4439.16 \\ + & \\ \hline \sum u &= 8910.99 \end{aligned}$$

$$8910.99 = 17\delta_0 + (3.48677)10^{13} \delta_1$$

$$(8910.99)(3.48677)10^{13} = (3.48677)10^{13} \delta_0 + ((3.48677)10^{13})^2 \delta_1$$

$$(3.1071)10^{17} = (3.48677)10^{13} \delta_0 + (1.2158)10^{27} \delta_1$$

Yukarıdaki iki bilinmeyenli çözerek denklemin katsayıları;  $\delta_0 = 0.0323$  ve

$$\delta_1 = (2.5555)10^{-10} \text{ olarak bulunur.}$$

**Teknik Verimsizlik:**

$$u_i = 0.0323 + (2.5555)10^{-10} AD$$

şeklinde formüle edilebilir.

#### 4.5. Sonuçlar

İstatistiksel İşın Sınırı:

$$\ln z = 0.000188234 + 2.96416 \ln YATAK SAYISI + (1.16226)10^{13} \ln HEKİM SAYISI \\ + 12.0313 \ln \theta_1 + (1.16226)10^{13} \ln \theta_2 + (3.48677)10^{13} AD$$

Teknik Verimsizlik:

$$u_i = 0.0323 + (2.5555)10^{-10} AD$$

Tahmin edilen modelde girdi katsayılarının aynı işaretli olması tek düze girdi özelliği beklenildiği gibidir. Bununla beraber hekim sayısı girdisi önemlidir. Böylece, artan hekim sayısı, çıktı normunda önemli derecede artışlara neden olur. Kutupsal açıların tahmini birinci açı pozitif, ikinci açı önemli bir değerle negatiftir.  $\theta_1$  açısı, poliklinik sayısının yatan hasta ve yapılan ameliyat sayıları arasındaki açığı, pozitif bir değerle temsil eder.  $\theta_2$  açısı da yatan hasta sayısı ve yapılan ameliyat sayıları arasındaki açığı negatif bir değerle temsil eder. Aylak değişken üretim sınırı için pozitif işaretli olup üretim sınırını dışarıya doğru itecektir. Teknik verimsizlik için aylak değişkenin pozitif değeri, teknik verimlilik üzerinde önemli bir negatif etkiye sahip olduğunu gösterir. Yön parametresi olan  $\beta_0$  gözlemlenen zaman aralığında üretim sınırındaki pozitif bir teknik değişimi göstermektedir. Bu pozitiflik yeni tıp teknolojisinin ve sağlık bakım tedavi metotlarının üretim sınırı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu gösterir. Burada tahmin edildiği gibi teknik değişim ile yeni teknolojiden yararlanan birimler üretim sınırını dışarıya doğru iterler. Bu da mesafenin arttığı anlamına gelir. Artan mesafe, artan teknik verimsizlik olarak tanımlanır. Daha geniş zaman aralıklarıyla hem teknik verimlilik etkisi hem de

üretim sınırı etkisi açısından pozitif olması muhtemeldir. Bunun doğrulanması henüz yapılması beklenen simülasyon çalışmalarını gerektirir.

Model girdi yönlendirmeli olduğundan ve  $n < 30$  olması girdi katsayılarının anlamlı olup olmadığını test ederken t testini kullanmamızı zorunlu kılar. Girdi katsayısı iki tane olduğundan serbestlik değeri  $(n-k)$ ,  $(17-2)$  olacaktır.  $t_{tablo} = 2.131$  olarak t dağılımı tablosundan bulunur.

$$H_0 : \beta_1 = 1$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 1$$

$$t_{hes} = \frac{\hat{\beta}_1 - 1}{s(\hat{\beta}_1)} = \frac{2.96416 - 1}{16.09} = 0.1221, \quad t_{hes} < t_{tablo} \text{ olduğundan } H_0 \text{ kabul edilir.}$$

$$H_0 : \beta_2 = 1$$

$$H_1 : \beta_2 \neq 1$$

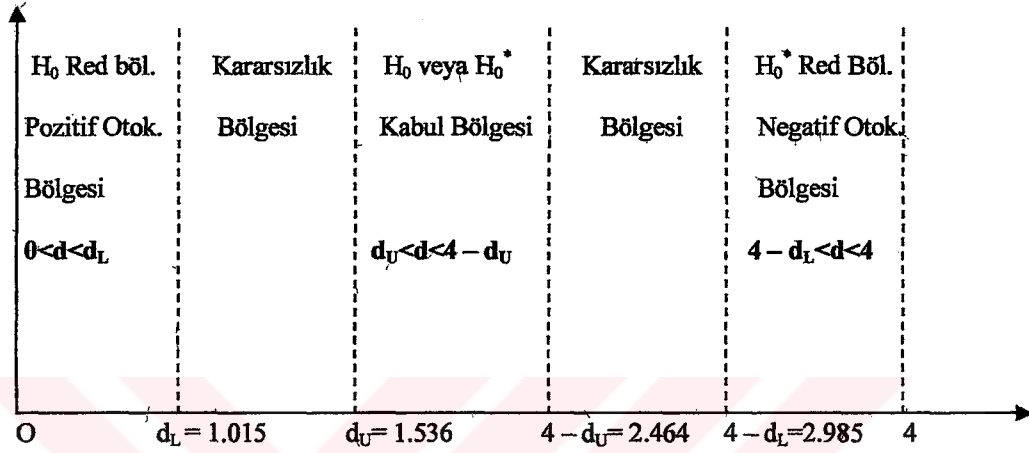
$$t_{hes} = \frac{\hat{\beta}_2 - 1}{s(\hat{\beta}_2)} = \frac{(1.16226)10^{13} - 1}{1.54} = (7.5471)10^{12}, \quad t_{hes} > t_{tablo} \text{ olduğundan } H_0 \text{ red}$$

edilir. Yani tahmin edilen  $\beta_1 = 2.96416$  tahmini değeri %5 anlamlılık düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlı değildir.  $\beta_2 = (1.16226)10^{13}$  tahmini değeri %5 anlamlılık düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlıdır.

Belirlilik katsayısı ve En Küçük Kareler Yönteminin Varsayımları'nın modelde geçerli olup olmadıkları hesaplanamadı. Çünkü formüllerin hepsi tek çıktı, tek/çok girdiye bağlıdır. Çalışmamız da çok çıktı, çok girdi modeli olduğundan formüllere uymamaktadır. Ancak teknik verimsizlik olarak hesaplanan değerler arasında otokorelasyonun var olup olmadığını test etmek için Durbin-Watson d istatistiği kullanıldı.  $n=17$  hastanedeki ünitelerin sayısı,  $k=2$  girdi sayısı için %5

anlamlılık düzeyinde Durbin-Watson d istatistiği değerleri tablosundan  $d_u=1.536$  ve  $d_L=1.015$  olarak bulunur,

**Tablo 4.3 D – W Testi Karar Tablosu**



$$d = \frac{\sum_{i=2}^3 (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^3 e_i^2}$$

formülüyle d istatistiği değeri hesaplanabilir.

$H_0 : D = 2$  (Otokorelasyon yoktur)

$H_1 : D \neq 2$  (Otokorelasyon vardır)

$e_i$	$e_{i-1}$	$e_i - e_{i-1}$	$(e_i - e_{i-1})^2$	$e_i^2$
132.03	-	-	-	17431.9209
4339.8	4207.77	132.03	17431.9209	18833864.04
4439.16	99.36	4339.8	18833864.04	19706141.51
			18851295.96	38557437.47

$$d_{hes} = \frac{18851295.96}{38557437.47} = 0.4889 \text{ olduğundan } H_0 \text{ red edilir.}$$

Hesaplanan değer pozitif otokorelasyon bölgesine düşmekte %5 anlamlılık düzeyi ile hastane ünitelerinin teknik verimsizlikleri arasında otokorelasyon vardır. Yani birbirini takip eden teknik verimsizlikler arasında ilişki vardır.



## SONUÇ

Teknolojik değişim ve gelişimin hızlı olduğu günümüzde kaynakları rasyonel ve verimli kullanmak çok önemlidir. Üretim ve finans sektöründe kaynakların etkin ve verimli kullanılması; karlılığın artması ve sürekli olması olarak yorumlanırken, hizmet sektöründe ise daha az emek ve enerji ile daha çok kaliteli hizmetin üretilmesi şeklinde ifade edilebilir. Hem üretim ve finans sektörü hem de hizmet sektörü, ne durumda olduklarını ve var olan kaynaklarıyla ne olabileceklerini performans göstergelerinden öğrenebileceklerdir.

Çalışmanın birinci bölümünde boyutlarıyla birlikte performans analizi incelenmiştir. Bu incelemede performansın tanımı, yönetimi, denetimi kavramsal olarak açıklanmıştır. İkinci bölümde performans ölçüm yöntemleri sunulmuştur. Oran analizi, regresyon analizi genel hatlarıyla tanıtılmış ve karşılaşılan problemlerdeki kullanılabilirlikleri ve yeterlilikleri anlatılmıştır. Çoklu girdi ve çoklu çıktılı durumların ölçümüne olanak tanıyan VZA yönteminin doğuşu, tarihsel gelişimi ve uygulama alanları ikinci bölümde verilmiştir. Yine bu bölümde yaklaşımlara ve yönlendirmelere göre VZA modelleri sunulmuş ve VZA'nın güçlü ve zayıf noktalarının anlatılmasıyla bölüm bitirilmiştir.

Türkçe literatürde üzerinde herhangi bir çalışma yapılmamış olan İVZA ilk ve orijinal bir çalışma olarak üçüncü bölümde sunulmuştur. İVZA, VZA'nın verimlilik ölçümünde istatistiksel hatalara yer vermemesinden kaynaklanan etkili olmayan karşılaştırmaları, istatistiksel hatayı parametrik olmayan çoklu çıktı ve çoklu girdi verimlilik çalışmaları ile birleştirerek etkili karşılaştırmalar yapmak



amacındadır. İVZA sınır tahmini varsayımı ile işlenmemiş verilerin olma olasılığını ortadan kaldıran bir programlama yaklaşımına dayanır. Bu nedenle sınırdan sapmalar sadece verimsizlik anlamına gelebilir. Kontrol edilemeyen mal ve üretim sürecindeki beklenmeyen etkilerde bir sorun teşkil etmeyebilir ama diğer alanlarda kesinlikle kendini gösterecektir.

VZA verimlilik gözlemleri örneğine geleneksel bir regresyon tekniği uygulayıp parametrik üretim sınırı belirlenebilir. Burada VZA ilk aşamada görüntüleme aracı olarak kullanılacaktır. Fakat ikinci aşamanın sonucunun, ilk aşamadaki verimlilik tahminleri üzerinde hiçbir etkisi olmadığı için bu işlenmemiş veri sorununa tam bir çözüm değildir. Bu bölümde İVZA temelleri ve matematiksel yapısı ayrıntılarıyla verilerek VZA ve İVZA'nın grafiksel gösterimleri sunulmuştur. Yine üçüncü bölümde İVZA'ya üç yaklaşım öne sürüldü. Bunlardan ilki VZA+ olarak sunulmuştur. Bu modelde alınan işlenmemiş veri ile sınır hesaplama yaklaşımı, sadece sınırlandırılmış bir etkinlik unsurunun varsayılmasıyla istatistiksel sınır hesaplamadan ayrılır. Sayısal olarak gösterilen koşulları kolayca yerine getiren, tutarlı, yarı-parametrik bir sınır hesaplama tekniğidir. Ayrıca teknik verimliliğin araştırılması olasılığı bu avantajlara eklenebilir. Önerilen ikinci model de çok çıktılı istatistiksel işin sınır üretim modeli olarak anlatıldı. Çoklu girdi çoklu çıktı karar verme birimleri için teknik verimlilik ve sınır fonksiyonlarının tahminine imkan veren bu model, çıktıların bir kutupsal koordinat gösterimine dayanır ve çıktı normunu kutupsal koordinat çıktı açıları ve girdilerin bir fonksiyonu olarak tanımlar. Hata kavramları çıktıları merkezi olarak etkiler ve teknik verimlilik, gözlemlenen çıktı normundan üretim sınırına kadar olan merkezi mesafe olarak gösterilir. Sınır

üretim fonksiyonu, verilen bir girdi kümesinden elde edilebilir maksimum çıktı ile tanımlanır. Teknik verimlilik, üretim sınırından sapan gözlemlenen çıktı miktarı ile tanımlanır ve üretim sınır fonksiyonuna eklenen kesik hata terimleri ile açıklanır. Bu modelin konusu, çoklu girdi çoklu çıktı üretim durumları için teknik verimlilik ve üretim sınırlarının tahminidir. Önerilen son model de dinamik koşullu değişen varyanslı istatistiksel sınır modeli ile bölüm bitirilmiştir. Bu modelde, teknik verimsizliğin bozulma kavramı için genel bir zaman değişimli teknik olarak düzenlenmiş hata kavramına yer verilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümü İVZA'nın bir uygulamasına ayrılmıştır. Bu bölümde öncelikle problemin tanımı yapılmış sonra da araştırmanın amacı ve yöntemi verilmiştir. Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi'nin 2000 yılı verileri iki girdili, üç çıktılı bir veri kümesidir. Girdiler; yatak sayısı, hekim sayısı olmaktadır. Çıktılar ise; poliklinik sayısı, ameliyat sayısı ve yatan hasta sayısı olarak sunulmuştur. İVZA hesaplamalarını yapan bir bilgisayar yazılımı olmadığından  $\iota$  çıktı normu ve  $\theta_1$  ve  $\theta_2$  kutupsal koordinatları formüller yardımıyla hesaplanmıştır. Sonuçta  $\iota = 5212.27$ ,  $\theta_1 = 12.92$ ,  $\theta_2 = 87.86$  olarak bulunmuştur. Log-doğrusal ışın sınır üretim fonksiyonunda aylak değişken işlenmemiş veri yerine kullanılarak bir üretim modeli sunulmuştur.

$$\ln \iota = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln YATAK \text{ SAYISI} + \beta_2 \cdot \ln HEKİM \text{ SAYISI} + \beta_3 \cdot \ln \theta_1 + \beta_4 \cdot \ln \theta_2 + \beta_5 \cdot AD$$

Modeldeki katsayılar Mathematica 5.0 programında çözümlenerek istatistiksel ışın sınırı belirlenmiştir.

$$\ln z = 0.000188234 + 2.96416 \cdot \ln YATAK SAYISI + (1.16226) \cdot 10^{13} \ln HEKİM SAYISI \\ + 12.0313 \cdot \ln \theta_1 - (1.16226) \cdot 10^{13} \ln \theta_2 + (3.48677) \cdot 10^{13} AD$$

Daha sonra teknik verimsizlik için de;

$$u_i = \delta_0 + \delta_1 AD_i + w_i$$

formülü sunulmuştur. Katsayıları bulunarak;

$$u_i = 0.0124 + (2.5556) \cdot 10^{-10} AD$$

teknik verimsizlik hesaplanmıştır.

Model girdi yönlendirmeli olduğundan  $n < 30$  olduğu için girdi katsayılarının anlamlı olup olmadığı t testi ile test edildi. Sonuçta tahmin edilen  $\beta_1$  katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı,  $\beta_2$  katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu yorumları sunulmuştur. Çalışma çoklu girdi çoklu çıktı modeli olduğundan belirlilik katsayısı ve En Küçük Kareler Yönteminin Varsayımlarının geçerli olup olmadıkları hesaplanamadı. Formüllerin hepsi tek çıktı, tek/çok girdiye bağlı olduğu için çalışmadaki modele uymamaktadır. Ancak araştırmanın amacı gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak teknik verimsizlik değerleri arasında otokorelasyon olup olmadığı Durbin-Watson d istatistiği ile hesaplanmıştır. Birbirini takip eden teknik verimsizlikler arasında ilişki vardır şeklinde yorum yapılmıştır.

## KAYNAKÇA

AHN, T.S. **Efficiency Related Issues in Higher Education: A DEA Approach**, Ph. D. Thesis, The University of Texas at Austin, 1987.

AKAL, Zühal. **İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi: Çok Yönlü Performans Göstergeleri**, MPM Yayınları. No:473, Ankara, 2000.

AKKAYA, Şahin, M. Vedat Pazarlıoğlu. **Ekonometri I**, Berk Masa Üstü Yayıncılık, 3. Baskı, İzmir, 1995.

BANKER, R.D., A. Charnes, W.W. Cooper. **Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiency in Data Envelopment Analysis**, Management Science, 1984.

BANKER, R.D., R. C. Morey. **Efficiency Analysis of Exogenously Fixed Outputs**, Operations Research, 34(4), 1986.

BANKER, R.D., R. Thrall. **Estimation of Returns to Scale Using Data Envelopment Analysis**, Carnegie Mellon University, School of Urban and Public Affairs, 1989.

BAŞ, İ.M., A. Artar. **İşletmelerde Verimlilik Denetimi: Ölçme ve Değerlendirme Modelleri**, MPM Yayınları. No: 435, Ankara, 1991.

BAYSAL, Mehmet Emin. **Veri Zarflama Analizi ile Ortaöğretimde Performans Ölçümü**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü), Ankara, 1999.

BOWLIN, W. **Evaluating the Efficiency of US Air Force Real-property Maintenance Activities**, Journal of Operations Research Society, Vol.38, 1987.

CHARNES, A., W.W. Cooper. **Programming with Linear Fractional Functionals**, *Naval Research Logistics Quarterly*, No:9, 1962.

CHOTE, G.M., K. Tanaka. **Using Financial Ratio Analysis to Compare Hospitals' Performance**, *Hospital Performance*, No:60, 1979.

COELLI, T. Prasada, R. D. S., Battese, G. E. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**, Kluwer Academic Publisher, Boston, 1998.

DITTMAN, D.A., R. Capettini, R.C. Morey. **Measuring Efficiency in Acute Care Hospitals: An Application of DEA**, *Journal Health Human Resource Administration*, Vol. 14(1), 1991.

DRUCKER, Peter F. **Management: an abridged and revised version of Management: Task, Responsibilities, Practices**, Pan Books, New York, 1997.

EREN, Erol. **Değişim Yönetimi**, MESS Eğitim Kitapları, Ankara, 1986.

FARELL, M.J., M. Fieldhouse. **Estimating Efficient Production Functions Under Increasing Returns to Scale**, *Journal of The Royal Statistical Society, Series A (General)*, 1962.

FETHİ, D. M, Jackson P. M, Weyman – Jones T. G. **European Airlines: a stochastic DEA study of efficiency with market liberalization**, Spain, 2001

GANLEY, J.A., Cubbin J.S. **Public Sector Efficiency Measurement: Applications of Data Envelopment Analysis**, North-Holland, New York, 1992.

GARVIN, David A. **What Does Product Quality Really Mean**, *Sloan Management Review*, Vol.26, No:1, 1984.

GROSSKOPF, S. **The Role of the Reference Technology in Measuring Productive Efficiency**, *Economic Journal*, 96, 1986.

**GSTACH, Dieter. A New Approach to Stochastic Frontier Estimation: DEA+, Working Paper No:39, Vienna University of Economics, 1996.**

**GÜÇLÜ, Abdulkadir. TSK Hastanelerinde Teknik Verimlilik Ölçümü: VZA Uygulaması, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), GATA, Ankara, 1999.**

**GÜLCÜ, Aslan. Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Hastanesi Üzerinde Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi ile Görece Verimlilik Analizi, Milli Prodüktivite Merkezi, Verimlilik Dergisi, (2001/4 )113-138.**

**GÜLEN, Kemal Güven. İşletme Performans Ölçüm Teknikleri ve Çimento Sanayii Uygulaması, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İÜ. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 1994.**

**JAMALI, Shafique. Putting a Productivity Improvement Program into Action, Industrial Engineering, Vol.:69, 1983.**

**LEWIN, A.Y., R.C. Morey. Evaluating the Administrative Efficiency of Courts, Omega International Journal of Management Science, Vol.10, 1981.**

**LÖTHGREN, Mickael. A Multiple Output Stochastic Ray Frontier Production Model, Stockholm School of Economics, Working Paper Series in Economics and Finance No: 158, 1997.**

**LÖTHGREN, Mickael. A Dynamic Conditionally Heteroscedastic Stochastic Frontier Model, Department of Economic Statistics Stockholm School of Economics, Working Paper Series in Economics and Finance No: 226, 1998.**

**NEWLAND, Kathleen. Productivity: The New Economic Context, World Watch Paper. Vol.:49, 1982.**

NORMAN M., Stoker, B. **Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance**, Waley, New York, 1991.

ODABAŞI, Mesut. **Verimlilik Diye Diye Söyleşiler**, MPM Yayınları No:596, Ankara, 1997.

ÖZCAN, Yaşar A. **Managing Productivity and Performance**, Basılmamış Konferans Notları, 1992.

ÖZDAMAR, Kazım. **Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi**, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 1999.

PROKOPENKO, Joseph. **Verimlilik Yönetimi Uygulamalı El Kitabı**, MPM Yayınları No: 476, Ankara, 2001.

SEIFORD, L.M. Thrall, R.M. **Recent Developments in DEA: the Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis**, Journal of Econometrics, Vol.46, 1990.

SEITZ, W. **The Measurement of Efficiency Relative to a Frontier Production Function**, American Journal of Agricultural Economics, Vol.52, 1970.

SENGUPTA, J.K. **DEA for Analysis for Efficiency Measurement in Stochastic Case**, Computer and Operational Research, 1987.

SEXTON, T.R. **The Methodology of Data Envelopment Analysis**, In R.H. Silkman, editor, **Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis**, Jossey Bass Inc., San Francisco, 1986.

SHERMAN, H.D. **Hospital Efficiency Measurement and Evaluation. Empirical Test of a New Technique**, Medical Care, Vol.:22, No:10, 1984.

**SINK, D.S. Productivity Management: Planning, Measurement and Evaluation, Control and Improvement, 1985.**

**SINK, D.S. Planning and Measurement in Your Organization of the Future, Industrial Engineering and Management Press, Georgia, 1989.**

**SİPAHİ, S. Çok Amaçlı Karar Verme Teknikleri ve Bir Uygulama, (Yüksek Lisans Tezi), İÜ. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 1998.**

**TSE. TS-EN-ISO 9000 Kalite Broşürü, 1997.**

**UYSAL, Y. G. VZA Yöntemiyle Görece Verimlilik Analizi ve Kriz Yıllarında (2000-2001) CÜ Araştırma Hastanesi Üzerinde Bir Uygulama, CÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Sivas, 2003.**

**WHITE, K.R., Y. A. Özcan. Church Ownership and Hospital Efficiency, Hospital Health Services Administration, Vol.41(3), 1996.**

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

**YEŞİLYURT, Cavit. Matematik Programlama Tabanlı Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinden Veri Zarflama Analizi ile Orta Öğretimde Etkinlik Ölçümü, CÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Sivas, 2003.**

**YOLALAN, Reha. İşletmelerarası Görelî Etkinlik Ölçümü, MPM Yayınları No: 483, Ankara, 1993.**