



**TÜRKİYE’DEKİ İLLERİN ELEKTRİK TÜKETİMLERİNİN
VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

İbrahim KOÇAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2018

İbrahim KOÇAK tarafından hazırlanan “TÜRKİYE’DEKİ İLLERİN ELEKTRİK TÜKETİMLERİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Kurtuluş BORAN

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Tayfun MENLİK

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İhsan TOKTAŞ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 25/06/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İbrahim KOÇAK

01/06/2018

TÜRKİYE'DEKİ İLLERİN ELEKTRİK TÜKETİMLERİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

İbrahim KOÇAK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2018

ÖZET

Enerji, günümüz dünyasındaki ülkelerin güçlerinin ve gelişmişliklerinin önemli bir göstergesidir. Enerji denildiğinde akla gelen en önemli bileşenlerden bir tanesi elektriktir. Elektrik enerji, ulaşımdan sağlığa, askeriyeden eğitime, sanayiden iletişime kadar hayatın hemen hemen her alanında ihtiyaç duyulan bir enerjidir. Gün geçtikçe elektrige olan talep hızla artmaktadır. Elektrik enerjisi, kömür, doğalgaz, rüzgar, güneş, hidrolik, jeotermal ve biokütle gibi çeşitli kaynaklar vasıtasıyla yoğun iş gücü ve yüksek maliyet ile üretilen kısıtlı bir enerjidir. İşte bu nedenlerden dolayı dünyada elektrik tüketiminde verimlilik ve etkinlik kavramları önem kazanmaktadır. Ülkeler, elektrigin etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak için insanların yaşam kalitesini düşürmeden elektrigin daha az tüketilmesi yönünde birçok çalışma yapmaktadır. Bu çalışmada, veri zarflama analizi ile Türkiye'deki 81 ilin tüketici türü bazında 2016 yılı elektrik tüketimleri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada girdiye yönelik CCR ve BCC modelleri uygulanmıştır. Çalışmada ilk olarak veri zarflama analizi ile ilgili temel kavramlara yer verilerek karşılaştırma yapılacak iller belirlenmiştir. Daha sonra karşılaştırmada kullanılacak olan girdi ve çıktı değişkenleri tespit edilerek uygulanması gereken veri zarflama analizi modelleri belirlenmiştir. Modellerin çözümünde EMS paket programı kullanılarak 81 ile ait etkinlik değerleri ölçülmüştür. Böylece etkin olan ve etkin olmayan iller tespit edilmiştir. Etkin olmayan illerin etkin olabilmesi için önerilerde bulunulmuş ve genel değerlendirme yapılmıştır.

Bilim Kodu : 92803

Anahtar Kelimeler : Veri zarflama analizi, elektrik tüketimi, etkinlik, verimlilik, göreceli etkinlik, CCR modeli, BCC modeli

Sayfa Adedi : 102

Danışman : Prof. Dr. Kurtuluş BORAN

EVALUATION OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN TURKEY
WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

(M. Sc. Thesis)

İbrahim KOÇAK

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2018

ABSTRACT

Energy is an important indicator of the strengths and developments of the countries of today's world. One of the most important components that come to mind when energy is mentioned is electricity. Electricity is an energy needed in virtually every area of life, from transportation to health, from military training to industrial communication. Day by day the demand for electricity is increasing rapidly. Electricity is a limited energy generated by various sources such as coal, natural gas, wind, solar, hydraulics, geothermal and biomass, and is produced with high workload and high cost. Because of these reasons, the concepts of productivity and efficiency in electricity consumption in the world are gaining importance. Countries are doing a lot of work to reduce electricity consumption without lowering people's quality of life in order to ensure productive and efficient use of electricity. In this study, data envelopment analysis was used to compare the consumption of electricity in the year 2016 with the consumer type of 81 provinces in Turkey. In the comparison made, CCR and BCC models for input were applied. In the study, firstly the basic concepts related to data envelopment analysis are mentioned and the comparisons are determined. Then input and output variables to be used in comparison are determined and data envelopment analysis models to be applied are determined. Efficiency values of 81 provinces were measured by using EMS package program in the solution of the models. Thus, efficient and non-efficient provinces have been identified. For non-effective provinces to be effective, proposals and general evaluation have been made.

Science Code : 92803

Key Words : Data envelopment analysis, electricity consumption, efficiency, productivity, relative efficiency, CCR model, BCC model

Page Number : 102

Supervisor : Prof. Dr. Kurtuluş BORAN

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda beni muvaffak kılan şanı yüce Allah'a hamd eder ve beni destekleyen, yönlendiren, yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Kurtuluş BORAN'a, Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğü yöneticilerine, amirlerime ve çalışma arkadaşlarıma, bana inanan ve hep yanımda olan sevgili eşime, çocuklarıma, her daim maddi ve manevi desteğini esirgemeyen kıymetli babam ve anneme, ayrıca çalışmalarım sırasında desteğini gördüğüm herkese saygılarımla birlikte sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
 1. GİRİŞ.....	 1
 2. TEMEL KAVRAMLAR	 3
2.1. Performans Kavramı.....	3
2.2. Verimlilik Kavramı	4
2.3. Etkililik Kavramı.....	6
2.4. Kalite Kavramı	8
2.5. Etkinlik Kavramı	8
2.5.1. Teknik etkinlik kavramı	10
2.5.2. Ölçek etkinliği kavramı.....	12
2.5.3. Tahsis etkinliği kavramı	15
2.5.4. Toplam etkinlik kavramı	16
2.5.4. Farrell'in etkinlik ölçümü.....	16
2.6. Üretim İmkanlar Kümesi ve Üretim Sınırı	17
2.7. Etkinlik Ölçümü İçin Yöntemler.....	18
2.7.1. Oran analizi	19
2.7.2. Parametrik yöntemler.....	20

	Sayfa
2.7.3. Parametrik olmayan yöntemler.....	22
3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ.....	25
3.1. Veri Zarflama Analizinin Tanımı.....	26
3.2. Veri Zarflama Analizinin Teorik Gelişimi	27
3.3. Literatürde Veri Zarflama Analizi.....	29
3.4. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Alanları	32
3.5. Veri Zarflama Analizinin Kullanılmasındaki Temel Amaçlar	34
3.6. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri.....	35
3.7. Veri Zarflama Analizinde Kullanılan Programlar.....	37
3.8. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Adımları.....	37
3.8.1. Karar verme birimlerinin seçilmesi.....	37
3.8.2. Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçilmesi	39
3.8.3. Veri zarflama analizi modelinin seçilmesi ve uygulanması	40
3.8.4. Karar verme birimlerinin etkinlik sınırları.....	41
3.8.5. Referans kümelerinin oluşturulması	42
3.8.6. Etkin olmayan karar verme birimleri için potansiyel iyileştirmeler.....	42
3.8.7. Sonuçların değerlendirilmesi.....	42
3.9. Veri Zarflama Analizi Modelleri.....	42
3.9.1. Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) Modeli	45
3.9.2. Banker, Charnes ve Cooper (BCC) Modeli.....	52
4. TÜRKİYE’DEKİ İLLERİN ELEKTRİK TÜKETİMLERİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	61
4.1. Uygulamanın Amacı ve Kapsamı	62
4.2. Karar Verme Birimlerinin Seçilmesi.....	62

	Sayfa
4.3. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Seçilmesi	63
4.4. Veri Zarflama Analizi Modelinin Seçilmesi.....	64
4.5. Modelin Uygulanması	65
4.5.1. Girdi ve çıktı değişkenlerine ait verilerin elde edilmesi	65
4.5.2. Etkinliğin ölçülmesi.....	67
4.5.3. Referans kümeleri.....	71
4.5.4. Potansiyel iyileştirmeler	76
5. GENEL DEĞERLENDİRME	77
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	79
6.1. Sonuç	79
6.2. Öneriler	80
KAYNAKLAR	81
EKLER.....	89
EK-1. Girdiye yönelik CCR ve BCC modellerinin örnek eşitlikleri.....	90
EK-2. İllere ait elektrik tüketimi ve tüketici sayılarına ilişkin genel veriler	91
EK-3. İllere ait elektrik tüketimleri grafiği	93
EK-4. Girdiye yönelik CCR modeli sonuçları.....	94
EK-5. Girdiye yönelik BCC modeli sonuçları.....	98
ÖZGEÇMİŞ	102

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Verimlilik türleri ve oranları.....	5
Çizelge 2.2. Etkililik ve etkinliğin etkileşimi.....	7
Çizelge 2.3. Etkinlik ölçümünde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması.....	19
Çizelge 3.1. Enerji alanında yapılan bazı veri zarflama analizi uygulamaları.....	29
Çizelge 4.1. Karar verme birimleri.....	62
Çizelge 4.2. Girdi ve çıktı değişkenleri.....	64
Çizelge 4.3. Girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler	65
Çizelge 4.4. Girdiye yönelik CCR ve BCC modeli ile elde edilen etkinlik değerleri	68
Çizelge 4.5. İstatistiki girdiye yönelik CCR ve BCC modeli verileri.....	70
Çizelge 4.6. Girdiye yönelik CCR ve BCC modeline göre referans kümeleri	71
Çizelge 4.7. Girdiye yönelik CCR modeline göre girdi fazlalıkları	76
Çizelge 4.8. Girdiye yönelik BCC modeline göre girdi fazlalıkları	76

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Teknik etkinlik ve verimlilik	12
Şekil 2.2. Ölçeğe göre sabit getiri	14
Şekil 2.3. Ölçeğe göre azalan getiri	14
Şekil 2.4. Ölçeğe göre artan getiri	15
Şekil 2.5. Üretim imkanları kümesi	17
Şekil 2.6. Üretim sınırı.....	18
Şekil 3.1. Veri zarflama modellerinin sınıflandırılması.....	44
Şekil 3.2. CCR modeli ve BCC modeli etkinlik sınırı.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

MWh

Megawatt-Saat

Kısaltmalar

Açıklamalar

BCC

Banker, Charnes, Cooper Modeli

CCR

Charnes, Cooper, Rhodes Modeli

CRS

Constant Return to Scale (Ölçeğe Göre Sabit Getiri)

EMS

Efficiency Measurement System

EPDK

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

ETKB

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

KVB

Karar Verme Birimi

TKY

Toplam Kalite Yönetimi

VRS

Variable Return to Scale (Ölçeğe Göre Değişken Getiri)

1. GİRİŞ

İnsan hayatının vazgeçilmezlerinden olan enerji, günümüz dünyasındaki ülkelerin güçlerinin ve gelişmişliklerinin önemli bir göstergesidir. Enerji temel olarak potansiyel enerji ve kinetik enerji olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Potansiyel ve kinetik enerjinin toplamı olan enerjiye mekanik enerji ve maddelerin atomları arasındaki hareketlerden ve bağlardan kaynaklanan enerjiye ise iç enerji denir. Ayrıca kimyasal enerji, hidrolik enerji, elektromanyetik enerji, nükleer enerji, kütle enerjisi ve elektrik enerjisi olmak üzere birçok enerji çeşidi vardır.

Enerji denildiğinde akla gelen en önemli bileşenlerden bir tanesi elektriktir. Elektrik enerjisi, ulaşımdan sağlığa, askeriyeden eğitime, sanayiden iletişime kadar hayatın hemen hemen her alanında ihtiyaç duyulan bir enerjidir. Gün geçtikçe elektriğe olan talep hızla artmaktadır. Elektrik enerjisi, kömür, doğalgaz, rüzgar, güneş, hidrolik, jeotermal ve biokütle gibi çeşitli kaynaklar vasıtasıyla yoğun iş gücü ve yüksek maliyet ile üretilen kısıtlı bir enerjidir. Bu nedenlerden dolayı dünyada elektrik tüketiminde verimlilik ve etkinlik kavramları önem kazanmaktadır. Ülkeler, elektriğin etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak için, insanların yaşam kalitesini düşürmeden, elektriğin daha az tüketilmesi yönünde birçok çalışma yapmaktadır. Türkiye’de de bu konuda çeşitli faaliyetler gerçekleştirilmekte ve gerekli mevzuat düzenlemeleri yapılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’deki illerin elektrik tüketimi bazında etkinlik değerleri ile etkin olmayan illerin etkin olması için gerçekleştirmesi gereken potansiyel iyileştirmeleri belirlemektir. Bu çalışma, elektriğin etkin kullanımı konusunda etkin olmayan iller ve bu illere ait potansiyel iyileştirmelerin belirlenmesi ile elektriğin etkin kullanımına yönelik alınacak olan karar ve aksiyonlarda hangi illere ve bu ildeki hangi tüketici türüne öncelik verileceği hususunda karar vericilere fayda sağlayacaktır.

Yukarıda bahsi geçen konular doğrultusunda temel amacı elektrik tüketimi konusunda Türkiye’deki illerin etkinliklerini belirleyerek etkin olmayan illerin etkin olması yönünde önerilerde bulunmak olan bu çalışmada, Türkiye’deki 81 ilin tüketici türü bazında 2016 yılı elektrik tüketimleri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada; 1978 senesinde ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından birbirlerine benzeyen karar verme

birimlerinin birbirlerine göre etkinliklerinin ölçülmesi maksadıyla geliştirilen bir teknik olan veri zarflama analizi kullanılmıştır (Yolalan, 1993:65). Veri zarflama analizi ile karşılaştırmaların yapılabilmesi için kullanılacak olan girdi ve çıktı değişkenleri tespit edilerek uygulanması gereken veri zarflama analizi modelleri belirlenmiştir. Modellerin çözümünde EMS paket programı kullanılarak 81 ile ait etkinlik değerleri ölçülmüştür. Böylece etkin olan ve etkin olmayan iller tespit edilmiştir. Etkin olmayan illerin etkin olabilmesi için çözüm önerilerinde bulunulmuş ve genel değerlendirme yapılmıştır.

Türkiye’deki illerin 2016 yılı için tüketici türü bazında elektrik tüketimi ve tüketici sayısı ile ilgili girdi ve çıktı değişkenlerine yönelik veriler EPDK’nın Elektrik Piyasası 2016 Yılı Gelişim Raporu ve bilgi edinme sistemi aracılığı ile elde edilmiştir. Teknik ve teknik olmayan kayıplar ile satış kabul edilmeyen tüketimler faturaya konu edilmeyen tüketimler olduğu için verilere dahil edilmemiştir. Dolayısıyla Elektrik Piyasası Kanununun 7 nci maddesi kapsamında üretim lisansı sahibi tüzel kişilerin, tesislerinde ürettiği enerjiyi sahip olduğu veya kullandığı tesislerin harcaması kapsamındaki elektrik enerjisi tüketimleri faturalanan tüketim rakamlarına dahil edilmemiştir. Ayrıca, üretim tesislerinin iç ihtiyaçlarını karşılamak için sistemden çektikleri elektrik enerjisi de faturalanan tüketim değeri içerisinde yer almamaktadır (EPDK, 2016:19).

Çalışmada; giriş yazısının yer aldığı ilk kısımdan sonra ikinci kısımda performans, verimlilik, etkililik, kalite, etkinlik gibi veri zarflama analizi ile ilgili temel kavramlara yer verilerek etkinlik ölçümünde kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir. Çalışmanın üçüncü kısmında veri zarflama analizi ve veri zarflama analizinin tanımı, teorik gelişimi, uygulama alanları, temel amaçları, güçlü ve zayıf yönleri, uygulama adımları, modelleri, literatür incelemesi ile veri zarflama analizinde kullanılan programlara yer verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde Türkiye’deki 81 ilin tüketici türü bazında 2016 yılı elektrik tüketimlerinin değerlendirilmesi için uygulanan veri zarflama analizi yöntemi ile bu uygulamanın amacına ve kapsamına yer verilmiştir. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar ile genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. TEMEL KAVRAMLAR

Dünya üzerindeki ülkeler, şehirler, bölgeler, endüstriler ve işletmeler; insan kaynağı, kültürel yapı, finansal yapı, ekonomik yapı, bulundukların fiziksel koşullar ve çevre şartları gibi pek çok sebepten dolayı birbirinden farklı iç işleyişlere, sistemlere, verilere, girdi ve çıktılara sahiptirler. Nicel ve nitel ölçümler çerçevesinde en uygun girdi ve çıktıya karar vermek isterler. Bu noktada performans, verimlilik, etkinlik, kalite gibi kavramlar önem kazanmaktadır. Performans ile ilgili sıklıkla kullanılan temel kavramlar verimlilik, etkinlik ve etkililiktir (Gencan, 2014:5). Bu kavramlar alt başlıklar halinde aşağıda açıklanmıştır.

2.1. Performans Kavramı

Performans, genel anlamda belirli bir amacı olan ve bir plan dahilindeki faaliyetlerin sonuçlarının nitel ve nicel olarak belirlenmesidir. Performans, sistemlerin veya işletmelerin gerçekleştirmek istediği amaçları için gösterdiği çabanın değerlendirilmesidir (Demirci, 2012:6). Diğer bir deyişle performans, sistemlerin veya işletmelerin çalışmalarının veya elde ettiği çıktılarının sonucudur. Performans kavramının önemi, sistemler ve işletmeler için çok önemli bir ölçü olduğu yukarıda yapılan bu tanımlama ve açıklamalar ile ortaya koyulmaktadır. Buradan hareketle yöneticilerin, performans değerlendirmesi neticesinde ulaşılan bilgiler olmadan gelecekteki faaliyetlere ilişkin adımlar atmamalarının önemli olduğu görülmektedir (Akal, 1992:1; Tetik, 2003:222).

Performansın yönetilmesi tüm faaliyet alanları için büyük önem arz etmektedir. Performansın yönetilmesi; belirlenen hedeflere ulaşılması amacıyla çalışanların, personelin ve kaynakların iyi organize edilmesini, iyileştirmeleri ve ölçmeyi kapsayan kapsamlı bir süreçtir. Bunun yanı sıra pazarlama, tedarik, üretim gibi faaliyetlere ait performansların da planlanmasını, gözden geçirilmesini, geliştirilmesini ve iyileştirilmesini kapsayan bir süreçtir (Erpolat, 2011:22).

Performans kavramının içerisinde; organizasyonların amaçlarına erişmedeki girdilerinin verimli kullanılması, işleri yapmadaki başarısı, çıktıların organizasyonun amaçları ile örtüşüp örtüşmediği, girdilerin minimize edilerek maksimum çıktının elde edilmesi gibi konular yer almaktadır (Dinçer, 2011:42).

Performansa dair anlayışlar seneler içerisinde yenilenmeler, ilerlemeler ve gelişmeler göstermiştir. Bu gelişmeler, geleneksel diyebileceğimiz en az miktarda maliyet ile en fazla ürüne ve kâra ulaşma anlayışından, son dönemlerde global anlamda rekabetin artmasıyla birlikte kalite, müşteri memnuniyeti, yeni trendi takip etme gibi değerlere yönelmek şeklinde açıklanabilir (Akal, 1992:5).

İşletmelerin veya sistemlerin daha iyi bir performansa ulaşabilmeleri için aşağıdaki hususları dikkate alması önem arz etmektedir (Stiffler, 2006:31):

- Organizasyonun ve çalışanların amaçları,
- Organizasyonun bütçe ve kaynakları,
- Performansa dair geçmiş veriler ışığında geleceğe dair düzenlemeler,
- Finans ile ilgili bilgiler,
- Bireysel performanslar ve ücretler.

2.2. Verimlilik Kavramı

Verimlilik kavramı Alman bir bilim adamı olan Georgius Agricola tarafından ilk kez kullanılmıştır. İlk kez bir makalede verimliliğe yer verilmesi ise Quesnay tarafından 1776 yılında olmuştur. Verimlilik genel anlamda eldeki toplam gelirin kullanılan gidere bölünmedir (Demir ve diğerleri, 1995:13). Drucker ise verimliliği minimum çaba ile maksimum çıktının sağlanabileceği bütün kaynaklar arasındaki denge olarak tanımlamıştır (Drucker, 1977:44). Diğer bir tanımlama ile verimlilik, üretimdeki faaliyetlerde kullanılan enerji, malzeme, sermaye, iş gücü, bilgi gibi kaynakların etkin olarak kullanılmasıdır (Prokopenko, 1995:3).

Verimlilik, kullanılan girdiler ile faaliyetler sonucu elde edilen çıktıların ilişkilerini ve kaynakların yerinde ve doğru kullanılmasını ifade etmektedir. Verimlilik, bir girdi ile bir çıktı için hesaplanabildiği gibi çok girdi ve çok çıktı için de hesaplanmaktadır. (Yüksel, 2013:53).

Verimlilik hesaplamalarında çıktıların ve girdilerin doğru belirlenmesi ve doğru verilerin kullanılması hesaplamanın doğruluğu açısından çok önemlidir. Çünkü ölçme olmadan iyileştirme mümkün değildir ve ölçme ile bilgiye, bilgi ile de başarıya ulaşılır. Ayrıca

verilerin toplanması minimum maliyet ve minimum zamanda yapılması gerekmektedir (Keçek, 2010:16).

Verimlilik elde edilen çıktıların, bu çıktıların elde edilmesinde kullanılan girdilere oranlanmasıyla hesaplanabilmektedir. Kısacası çıktıların girdilere oranıdır. Verimlilik formülünü anlatan bu ifadenin matematiksel gösterimi şu şekildedir (Kobu, 2014:55):

$$\text{Verimlilik} = \text{Çıktı} / \text{Girdi} \quad (2.1)$$

Formülden de anlaşılacağı gibi çıktı değerleri girdi değerlerine eşit olduğunda verimlilik 1 olmaktadır. Çıktı değerlerinin girdi değerlerinden fazla olması durumunda ise verimlilik 1'den büyük olmaktadır. Çıktı değerlerinin girdi değerlerinden az olması durumunda ise verimlilik 1'den küçük olmaktadır. Bu durum ise bir verimsizlik göstergesidir.

Verimlilik; toplam verimlilik, kısmi verimlilik ve çoklu faktör verimliliği olmak üzere üç şekilde incelenebilir. Toplam verimlilik çıktıların tamamının girdilerin tamamına oranıdır. Kısmi verimlilik toplam çıktının kullanılan bir tane girdiye oranıdır. Çoklu faktör verimliliği ise çıktıların tamamının kullanılan birden çok girdiye oranıdır. Bu verimlilik türlerine ait oranlar Çizelge 2.1 ile gösterilmektedir (Yükçü ve Atağan, 2009:5; Keçek, 2010:17;).

Çizelge 2.1. Verimlilik türleri ve oranları

<u>Verimlilik Türü</u>	<u>Oran</u>	<u>Örnek</u>
Toplam Verimlilik	(Çıktı) / (Tek Girdi)	(Çıktı) / (İş gücü)
Kısmi Verimlilik	(Çıktı) / (Birden Çok Girdi)	(Çıktı) / (İş gücü+Makine)
Çoklu Faktör Verimliliği	(Toplam Çıktı) / (Toplam Girdi)	(Çıktı) / (Enerji+Sermaye+Hammadde+İş gücü+Makine)

Verimlilik genel olarak aşağıda belirtilen beş ana yaklaşım çerçevesinde incelemek mümkündür (Golany ve Yu, 1997:28):

- Daha az miktarda girdi ile aynı çıktıyı üretmek
- Aynı miktardaki girdi ile daha çok çıktı üretmek
- Daha az girdi ile daha fazla çıktı üretmek
- Girdideki artıştan daha büyük bir artış ile çıktı üretmek
- Girdideki azalıştan daha az bir azalış ile çıktı üretmek

2.3. Etkililik Kavramı

Etkililik kavramı gerçekleşenler ile planlananlar arasındaki ilişkiyi açıklayan bir terimdir (Erpolat, 2010:10; Keçek, 2010:31). Etkililik kavramı kabaca hedeflere erişme başarısıdır. Bu tanımlardan da anlaşılacağı üzere etkililikte temel alınan veri girdi miktarları değildir (Güran, 2005:114). Etkililik, organizasyonların faaliyetleri neticesinde hedeflerine erişmedeki seviyesini tespit eden bir göstergedir (Horngren ve diğerleri, 2000:229). Etkililik kaynakların ne kadar etkili kullanıldığını gerçekleştiren sonuçlar ve planlanan sonuçların oranlanması sonucu elde edilen veriler ile yorumlanabilir. Organizasyonların ulaştıkları sonuçlara bakarak planladıkları hedeflere erişme derecesini belirlemede kullanılan etkililiğin genel olarak matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi oluşturulabilir (Lorcu, 2008:47):

$$\text{Etkililik} = \frac{\text{Gerçekleşen Çıktı}}{\text{Planlanan Çıktı}} \quad (2.2)$$

Üretim ve ekonomi ile ilgili etkililiğin matematiksel gösterimi ise şu şekildedir (Yükçü ve Atağan, 2009):

$$\text{Etkililik (Üretim)} = \frac{\text{Gerçekleşen Üretim}}{\text{Planlanan Üretim}} \quad (2.3)$$

$$\text{Etkililik (Ekonomik)} = \frac{\text{Gerçekleşen Kâr}}{\text{Planlanan Kâr}} \quad (2.4)$$

Bir örnekle etkililiği açıklayacak olursak; bir organizasyonun yılın sonunda gerçekleşen üretimi 90 adet olsun ve hedeflediği üretim miktarı ise 120 adet olsun. Bu durumda üretim etkinliliği formülüne göre;

Üretim Etkililiği = Gerçekleşen Üretim / Planlanan Üretim = 90 / 120 = 0,75 olacaktır. Buradan organizasyonun hedeflerine % 75 oranında eriştiği anlaşılmaktadır.

Etkililik kavramı ile etkinlik kavramı birbirleriyle çok sık karıştırılabilmektedir. Etkililik kavramı Sink ve diğerleri (1989) tarafından kabaca doğru şeyi yapmak olarak tanımlanmakta iken etkinlik ise Tangen (2005:41) tarafından bir şeyi doğru yapmak olarak tanımlanmaktadır.

Etkililik ile etkinlik kavramları arasındaki ilişki ve etkileşim faaliyet bazında dört farklı yönden ele alınarak aşağıdaki Çizelge 2.2’de belirtilmiştir (Baş ve Atar, 1990:35):

Çizelge 2.2 Etkililik ve etkinliğin etkileşimi

		Faaliyet Etkinliği	
		İyi	Kötü
Hedeflere Ulaşma Derecesi	Yüksek	Etkili ve etkin. Kaynaklar etkin olarak kullanılmakta ve istenilen sonuçlara ulaşılmaktadır.	Etkili ama etkin değil. Kaynak israfı vardır.
	Düşük	Etkili değil ama etkin. Kaynaklar etkin kullanılmakta ama istenilen sonuçlara ulaşamamaktadır.	Etkili ve etkin değil. Kaynak israfı var ve istenil sonuçlara ulaşamamaktadır.

Çizelge 2.2’den de anlaşılabileceği üzere faaliyetler hem etkili hem etkin olabileceği gibi etkili iken etkin olmayabilir, etkili değil iken etkin olabilir ve hem etkili olmayabilir hem de etkin olmayabilir.

2.4. Kalite Kavramı

Kalite kavramı genel anlamda müşteri beklentilerini karşılayacak ve müşterinin tatminini sağlayacak üretimlerin ve hizmetlerin gerçekleştirilmesi ve kaynak kullanımının optimum seviyede tutulması olgusunu hakim kılabilen bir anlayış ve göstergedir. Temel olarak müşteri ihtiyaçlarının karşılanmasına odaklanan kalitenin hakim olabilmesi ve çağın gerisinde kalmaması için piyasaya ve müşteriye ait beklentilerin ve müşterinin tatmini konusundaki gelişmelerin takip edilmesi ve bilinmesi önem arz etmektedir. Kalitenin etkinlik, etkililik, verimlilik gibi performans boyutları ile birlikte ele alınması gerekmektedir (Kurşun, 2016:15-16).

Kalite kavramı hem sayısal hem yorumsal hem de algısal bir performans boyutudur. Her insanın farklı beklentileri ve farklı ihtiyaçları olabileceği yadsınamaz bir gerçektir. Bu sebeple her insanın beklentisi farklılık gösterebilmektedir. Bu da kalitenin algısal bir kavram olduğunu ortaya koymaktadır (Sezen, 2011:59).

Her alanda kalite konusunda çeşitli problemlerle ve sorunlarla karşılaşmak mümkündür. Kalite konusunda önemli katkıları olan Kaoru Ishikawa, kalite konusunda karşılaşılan çeşitli problemlerin ve sorunların istatistiksel analiz teknikleriyle (histogram, balık kılçığı diyagramı, regresyon analizi, pareto analizi vb.) giderilebileceğini ve çözüme kavuşturulabileceğini söylemektedir (Akın ve Öztürk, 2005:3).

2.5. Etkinlik Kavramı

Etkinlik kavramının literatürü incelediğimizde farklı şekillerde açıklandığı, tanımlandığı ve yorumlandığı görülmektedir. Tosun K. (1990) tarafından yapılan bir tanımlamaya göre etkinlik, organizasyonel sistemlerin belirlemiş oldukları hedeflere erişme noktasında yapmış oldukları çalışmaların sonucunun bu belirlenen hedeflere ne ölçüde ulaşıldığının bir göstergesidir.

Tatlıses N. (1994) tarafından yapılan bir çalışmada ise etkinlik kavramının değişikliklere ayak uydurma, üretimde etkili olacak faktörleri harekete geçirmek şeklinde de tanımlandığı belirtilmiştir. Başka bir tanımlama da ise etkinliğin, belirlenen amaç doğrultusunda

kullanılan girdiler ile elde edilen çıktılar arasındaki ilişki olduğu belirtilmiştir (Chang ve Chen, 2008:14).

Etkinlik gerçek çıktının elde edilebilecek en fazla çıktıya oranı olarak ifade edilebilir ve bu ifadenin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir (Deliktaş 2002:47):

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Gerçekleşen Çıktı}}{\text{Gerçek Kapasite}} \quad (2.5)$$

Bu matematiksel gösterimden de anlaşılacağı üzere gerçekleşen çıktı miktarı arttıkça etkinlik oranı da 1'e doğru yaklaşmaktadır. Bu da girdilerin nasıl kullanıldığı konusunda bilgi vermektedir. Gerçekleşen çıktı miktarının artması girdilerin etkin kullanıldığını göstermektedir.

Erpolat (2011:29) tarafından yapılan bir çalışmada ise etkinlik ile ilgili eşitlik şu şekilde verilmiştir:

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Standart Performans}}{\text{Gerçekleşen Performans}} \quad (2.6)$$

Bunu bir örnek ile açıklamak gerekirse, A işinin yapılmasındaki standart süre 7 gün olsun. A işi ise gerçekte 8 günde bitirilmektedir. Buna göre etkinlik eşitlik 2.6'ya göre belirlenebilir.

Etkinlik formülünde payda yer alan standart performans ifadesinin örnekteki karşılığı işin yapılmasındaki standart süre olan 7 gündür. Etkinlik formülünde paydada yer alan gerçekleşen performans ifadesinin örnekteki karşılığı işin yapılmasındaki gerçek süre olan 8 gündür. Buna göre A işinin etkinliği %88'dir ve A işi etkin değildir.

Burada etkinliğin 1 olması mümkün olan en fazla kapasitede çıktının elde edilmesi demektir ve faaliyetlerin arzu edildiği gibi yapıldığını göstermektedir. Etkinlik 1'den büyük olursa bu etkinlik düzeyinin standartların üzerine çıktığı gösterir. Etkinlik değeri 1'den küçük olduğunda ise etkinlik düzeyi standartların altında kalmıştır ve faaliyet arzu edildiği gibi yapılamamıştır.

Etkinlik; bir organizasyon içerisindeki edinilen tüm sonuçlar, o organizasyon bünyesindeki bütün birimlerin birlikte edindiği sonuçlar olmasından dolayı, organizasyonun performansını ortaya koyan önemli bir göstergedir. Etkinlik göstergeleri organizasyona, kaynakların maksimum kapasitede kullanımına ulaşılması ve ideal bir potansiyelin belirlenmesi konuları için imkan sağlamaktadır (Akal, 2002).

Etkinlik kavramı hedeflere göre iki farklı anlayış ile ele alınmaktadır. Birincisi, belirli bir seviyedeki çıktıya minimum girdi ile ulaşmak için girdiye yönelik etkinlikten bahsetmektir. İkincisi ise belirli bir seviyedeki girdi ile maksimum çıktıya ulaşmak için çıktıya yönelik etkinlikten bahsetmektir. Görelî etkinlik ölçümünde kullanılan veri zarflama analizi yöntemleri de buna göre geliştirilmiştir. Karar birimlerinin genel olarak etkinliği Farrell'e göre iki etkinlik bileşenin çarpımı şeklindedir (Ganley ve Cubbin, 1992).

$$\text{Genel Etkinlik} = \text{Tahsis Etkinliği} \times \text{Teknik Etkilik} \quad (2.7)$$

Etkinlik ve verimlilik genel olarak karıştırılabilen iki kavramdır. Aslında etkinlik ve verimlilik etkileşim içinde olan farklı iki kavramdır. Etkinlik, verimliliği tamamlayan bir unsurdur. Bu iki kavram matematiksel olarak da birbirinden farklıdır. Eşitlik 2.1 ve 2.5'ten de anlaşılabilir olduğu üzere etkinlik çıktı ile ilgili bir gösterge iken verimlilik ise girdi ile ilgili bir göstergedir (Karaca, 2010). Ayrıca verimlilik için herhangi bir referans noktası gerekmez ve sadece bir tane karar birimi için hesaplanır. Etkinlik hesaplamaları için ise referans noktalarına ihtiyaç vardır ve bu da etkinliğin görelî olduğunu gösterir. Buradan hareketle etkinlik hesaplamalarında referans olacak öğeleri doğru seçmek son derece önemlidir (Tarım, 2001:12).

Etkinliği, teknik etkinlik, ölçek etkinliği, tahsis etkinliği ve toplam etkinlik gibi farklı hesaplama yöntemlerine göre çeşitli alt başlıklara ayırmak mümkündür.

2.5.1. Teknik etkinlik kavramı

Teknik etkinlik kavramı ilk olarak teorik anlamda Koopmans (1951) tarafından yapılan teknik etkinliğin bir girdi çıktı vektörü olduğu tanımı ile ekonomik literatürde ortaya çıkmıştır. Bunun üzerine Farrell (1957) tarafından teknik etkinlik, girdi tabanlı olarak geliştirilmiştir. Daha sonra 1970'li yıllarda teknik etkinlik ile ilgili yeni çalışmalar

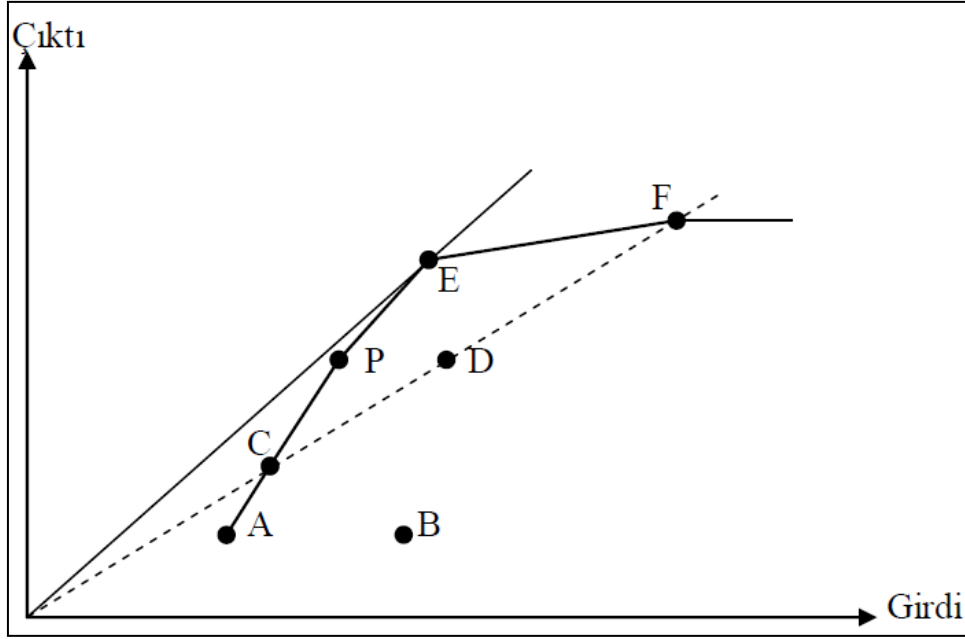
yapılmıştır. Tüm bunların neticesinde matematiksel programlama yaklaşımları ile Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından veri zarflama analizi geliştirilmiştir. Veri zarflama analizi matematiksel programlama yaklaşımına dayalıdır ve parametrik olmayan bir yöntemle teknik etkinliğin ölçülmesine olanak tanır (Ruggiero, 2000:138-139).

Optimal girdiler ile mümkün olan maksimum çıktının elde edilmesinde oluşan teorik sınır üretim sınırıdır. Üretim sınırı aslında etkinlik sınırıdır. Bir karar biriminin tam olarak teknik etkinliğe sahip olabilmesi için üretim sınırının üstünde yer alması gerekmektedir. Teknik etkinlik çıktıların eldesinde girdilerin ne düzeyde kullanıldığı ile ilgilenirken maliyet ve fiyatları dikkate almaz (Aktaş, 2001:164).

Teknik etkinlik kavramı, girdiye yönelik teknik etkinlik ve çıktıya yönelik teknik etkinlik olarak tanımlanabilmektedir. Çıktıya yönelik teknik etkinlik, girdilerden oluşan bileşimin mümkün olan en optimal şekilde değerlendirilip kullanılması ile en fazla çıktının elde edilmesinde ulaşılan başarıdır. Girdiye yönelik etkinlik ise eldeki çıktıların mümkün olan minimum girdi ile elde edilmesinde ulaşılan başarıdır (Mirzapour, 2014:11).

Bir sürecin teknik etkinliği, teknolojik gelişmeler de düşünülerek, girdiler ile maksimum çıktının elde edilmesi veya planlanan yada daha önceden belirlenen çıktının minimum girdi ile elde edilmesine bağlıdır (Cingi ve Tarım, 2000).

Teknik anlamda etkin olan karar birimi üretim sınırının üstünde yer almaktadır. Üretim sınırının yani etkinlik sınırının altında kalan karar birimi teknik olarak etkin olmadığını, kaynakların etkin kullanılmadığını ve kaynakların israf edildiğini ifade eder. Teknik etkinlik kısaca israfın olmaması demektir (Karahan ve Özgür, 2009).



Şekil 2.1. Teknik etkinlik ve verimlilik

Teknik etkinlik ve verimlilik kavramlarına ait grafik Şekil 2.1’de gösterilmektedir (Kayalıdere ve Kargın, 2004:119). Şekil 2.1’e bakıldığında A ve B aynı çıktıyı üretmektedir. Fakat A etkin iken B etkin değildir. Çünkü B aynı çıktıyı daha fazla kaynak kullanarak yani daha fazla girdi ile elde etmektedir. Bu durum da B’ye teknik etkinsiz denilmektedir. Burada A, C, P, E ve F üretim sınırında yani etkinlik sınırında yer almaktadır ve teknik olarak etkindir. Verimlilik çıktının girdiye oranıdır. Bu sebeple F teknik etkin iken D teknik etkin değildir ve D, F’den daha verimlidir. Öte yandan A ve P teknik olarak etkinken P, A’dan daha verimlidir.

2.5.2. Ölçek etkinliği kavramı

Ölçek etkinliği kavramı bir organizasyonun hem üretim sınırını üstünde yer alması hem de faaliyetlerini de en verimli ölçek büyüklüğünde göstermesi durumu şeklinde tanımlanmaktadır (Bakırcı, 2006:202).

Çıktı düzeyi anlamında maliyetlerin minimize edilmesi etkinliğin artırılması noktasında çok önemlidir. En verimli ölçek tahmini, ölçek getirisi kavramıyla doğrudan ilgilidir. Ölçek etkinliği kavramı, ölçeğin değişmesi ile birlikte maliyetlerde oluşabilecek artmalar ve azalmaları tespit etmek için kullanılan bir performans boyutudur (Kılıçkaplan ve

Karpat, 2004:2). Ölçek etkinliği temel olarak aşağıdaki gibi formülize edilmektedir (Banker ve diğerleri, 1984:1089):

$$\text{Ölçek Etkinliği} = \frac{\text{Toplam Etkinlik}}{\text{Teknik Etkinlik}} \quad (2.8)$$

Veri zarflama analizi yaklaşımında ölçek etkinliği BCC ve CCR modellerinin sonuçları doğrultusunda belirlenmektedir. CCR modelinde karar birimleri ölçeğe göre sabit getiri ile faaliyette bulunduğu varsayılmaktadır. Buna göre etkinlik ölçüsü CCR modelinde tam teknik etkinlik olarak adlandırılmaktadır. BCC modelinde ise karar birimleri ölçeğe göre değişken getiri ile faaliyette bulunduğu varsayılmaktadır. Buna göre etkinlik ölçüsü BCC modelinde yerel teknik etkinlik olarak tanımlanmaktadır. Bir karar biriminin performansı değerlendirilirken CCR ve BCC modellerinin ikisinin sonucunda da % 100 etkin çıkmış ise bu karar birimi faaliyetlerini en verimli ölçek büyüklüğünde sürdürmektedir. Bir karar birimi BCC modelinde tam etkin fakat CCR modelinde etkinliği düşük ise bu durumda içerisinde bulunduğu faaliyetteki ölçek büyüklüğüne göre yerel etkin olduğu halde tam teknik etkin değildir. Bu durumda ölçek etkinliği BCC ve CCR modellerinin sonuçlarının oranı olarak tanımlanmaktadır ve aşağıdaki gibi formülize edilmektedir (Cooper ve diğerleri, 2007:152):

$$\text{Ölçek Etkinliği} = \theta_{CCR}^* / \theta_{BCC}^* = \frac{\text{CCR modeline göre etkinlik ölçüsü}}{\text{BCC modeline göre etkinlik ölçüsü}} \leq 1 \quad (2.9)$$

Bu formüle göre CCR modeline göre tam etkin olan bir karar birimi BCC modeline göre de etkin ise ölçek etkinliği 1'dir ve bu karar birimi en verimli ölçek büyüklüğünde faaliyet göstermektedir.

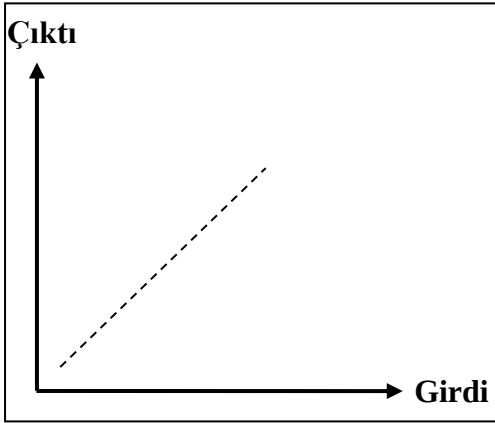
Ölçek etkinliği kavramını tek girdi ve tek çıktı olduğu durumlarda anlamak daha basit ve kolaydır. Ama çok girdi ve çok çıktı olduğu durumlarda anlaşılması ve kavramsallaştırılması zordur (Coelli ve diğerleri, 2005:58).

Ölçek etkinliği konusunda hesaplamalar yapabilmek ve bu etkinliğini belirlemek noktasında ölçeğe göre getiri kavramı önem kazanmaktadır. Ölçeğe göre getiri kavramı ölçekte herhangi bir değişiklik olduğu durumda çıktılar ve girdiler arasında ne gibi

değişiklikler olduğunu ve bunlar arasındaki ilişkiyi belirlemeye yarayan bir kavramdır. Girdilerdeki artışın çıktıları etkilemesi ile ilgili üç farklı durumdan bahsedilmektedir (Ateş, 2010:89). Bu üç durum aşağıdaki gibi izah edilebilir:

Ölçeğe Göre Sabit Getiri (Constant Returns Scale)

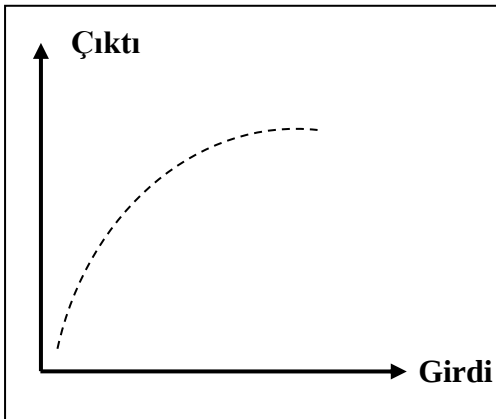
Girdilerde meydana gelecek eşit orandaki artış çıktıları da aynı oranda artışa sebep oluyorsa bu durumda ölçeğe göre sabit getiri durumu söz konusudur. Ölçeğe göre sabit getiri ile ilgili grafik Şekil 2.2’de gösterilmiştir (Erpolat, 2011:42).



Şekil 2.2. Ölçeğe göre sabit getiri

Ölçeğe Göre Azalan Getiri (Decreasing Returns to Scale)

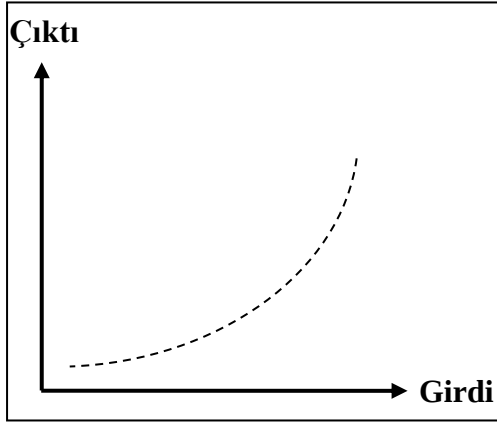
Girdilerde meydana gelecek eşit orandaki artış çıktıları daha düşük oranda artışa sebep oluyorsa bu durumda ölçeğe göre azalan getiri durumu söz konusudur. Ölçeğe göre azalan getiri ile ilgili grafik Şekil 2.3’de gösterilmiştir (Erpolat, 2011:42).



Şekil 2.3. Ölçeğe göre azalan getiri

Ölçeğe Göre Artan Getiri (Increasing Returns to Scale)

Girdilerde meydana gelecek eşit orandaki artış çıktıları daha yüksek oranda bir artışa sebep oluyorsa bu durumda ölçeğe göre artan getiri durumu söz konusudur. Ölçeğe göre artan getiri ile ilgili grafik Şekil 2.4’de gösterilmiştir (Erpolat, 2011:42).



Şekil 2.4. Ölçeğe göre artan getiri

Karar birimleri; genel olarak ölçekte bir değişiklik meydana gelmesinin sonucunda ilk olarak artan getiriye, daha sonra sabit getiriye ve en son olarak da azalan getiriye sahip olurlar (Erpolat, 2011:43).

2.5.3. Tahsis etkinliği kavramı

Tahsis etkinliği kavramı, karar birimlerinin birden çok girdi kullanması durumunda girdi fiyatlarını göz önünde bulundurarak optimal girdileri seçme başarısı olarak tanımlanmaktadır (Aktaş, 2001:166). Diğer bir deyişle tahsis etkinliği, girdi maliyetlerini dikkate alarak çıktı maliyetlerini minimum yapacak optimal girdilerin seçilmesi şeklinde de tanımlanabilir. Tahsis etkinliği, fiyat etkinliği olarak da bilinmektedir. Tahsis etkinliğini aşağıdaki iki alt başlık altında incelenebilir (Erpolat, 2001:44):

Girdiye Yönelik Tahsis Etkinliği

Temel olarak tahsis etkinliği kavramı ile hemen hemen aynı tanıma sahiptir. Girdiye yönelik tahsis etkinliği, girdi maliyetlerini dikkate alarak optimal girdileri belirleme

başarısızdır. Karar birimleri maliyet açısından dezavantajlı bir girdi kullandığında bunun neden olacağı ekonomik yük tahsis etkinliği ile belirlenmektedir.

Çıktıya Yönelik Tahsis Etkinliği

Çıktı maliyetleri düşünülerek karar biriminin maksimum geliri getirecek çıktılara ulaşmasındaki performansı çıktıya yönelik tahsis etkinliği olarak tanımlanmaktadır. Karar birimlerinin uygunsuz çıktıların neden olacağı kayıp bu yöntem ile ölçülmektedir.

2.5.4. Toplam etkinlik kavramı

Toplam etkinlik, karar birimlerinin hem ölçek olarak etkin hem de teknik olarak etkin olmasıdır. Yani bir karar biriminin toplam etkinsizliği ya teknik olarak etkin olmamasından ya da ölçek olarak etkin olmamasından kaynaklanır (Erpolat, 2011:44).

Banker, Charnes ve Cooper (1984:1089) tarafından yapılan bir çalışmada toplam etkinlik aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

$$\text{Toplam Etkinlik} = \text{Ölçek Etkinliği} \times \text{Teknik Etkinlik} \quad (2.10)$$

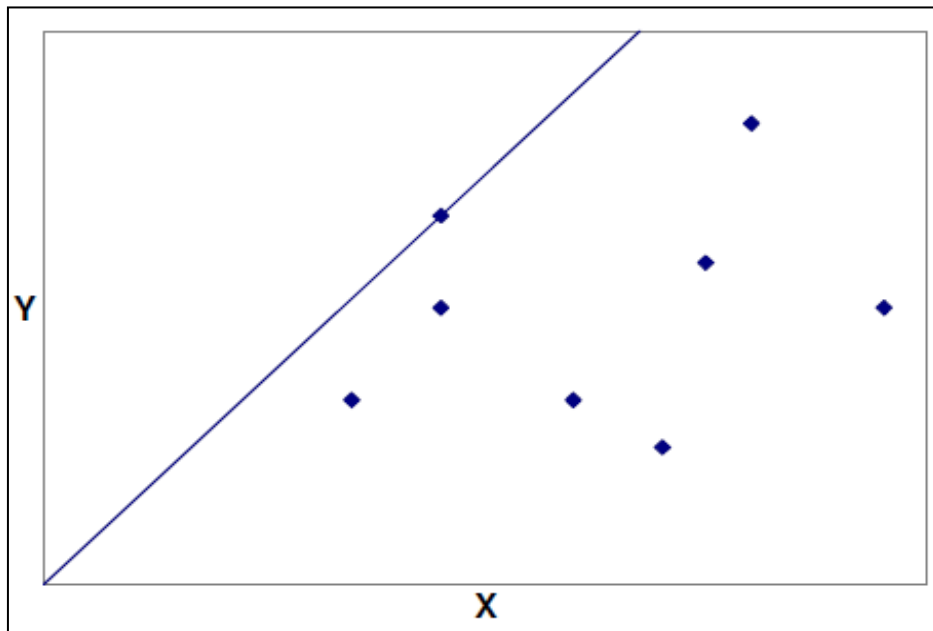
2.5.5. Farrell'in Etkinlik Ölçümü

Etkinliğin sınır yaklaşımı yöntemi ile ölçülmesi çalışmaları Farrell (1957) ile başlamıştır. Farrell etkinlik ölçümünün temellerini atmıştır. Farrell'in etkinlik ölçümü temel olarak çıktı miktarlarının sabit tutularak girdi miktarlarının azaltılıp azaltılamayacağı fikrine dayanır. Farrell'in etkinlik ölçümünde çoklu girdi ve çıktıya sahip karar birimlerinin faaliyetlerinde yapılan araştırmalarda bir girdide meydana gelebilecek kısmi azaltmalar dikkate alınır. Farrell'in etkinlik ölçümüne göre etkinliğin teknik etkinlik ve tahsis etkinliği olmak üzere iki bileşeni vardır. Teknik etkinlik belirli girdiler ile en fazla çıktıya ulaşmaktır. Tahsis etkinliği ise girdilerin optimal şekilde kullanılmasındaki başarıdır. Teknik etkinlik ve tahsis etkinliği bir arada kullanılması ile de ekonomik etkinlik elde edilmektedir (Demirci, 2012:26-27).

2.6. Üretim İmkanlar Kümesi ve Üretim Sınırı

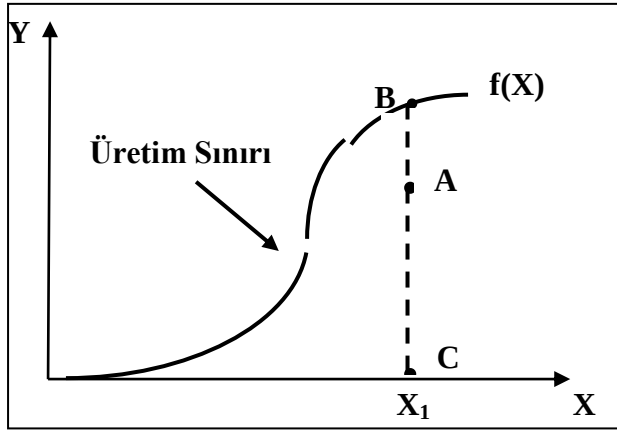
Etkinlik genel olarak kullanılan girdilerle mümkün olan en çok çıktıyı üretmedeki başarıdır. Organizasyonların faaliyetleri ve politikaları ile ilgili etkinliğin değerlendirilebilmesi için etkinlik ölçülmesi gerekmektedir. Geleneksel olarak yapılan etkinlik hesaplamaları bazı varsayımlar ile yapılmaktadır. Bu varsayımlar üretim sınırının bilindiği veya etkin üretim fonksiyonunun bilindiği varsayımlarıdır. Tercih edilen standartlara, yöntemlere ve uygulamalara göre etkinlik hesaplamalarında farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu nedenle etkin üretim fonksiyonu ile etkinlikle ilgili standartlar, yöntemler ve uygulamaların doğru tespit edilmesi ve belirlenmesi oldukça önemlidir (Koçak, 2006:3).

Etkin üretim fonksiyonu konusunda bir metodoloji oluşturulması açısından Cooper, Charnes ve Rhodes tarafından yapılan çalışmalar özellikle takip edilmiştir. Bu kapsamda düşünülen bir sistemde m adet girdi faktörü, t adet çıktı faktörü ve N tane gözlem yani karar birimi ($k=1,2,3,\dots,N$) olsun. Karar birimi için kullanılan girdi ($i=1,2,3,\dots,m$) miktarı X_{ik} ve üretilen çıktı ($r=1,2,3,\dots,t$) miktarı Y_{rk} şeklinde tanımlanmıştır. Belirlenen bu girdi ve çıktılar ile (X,Y) 'lerden oluşan bu küme, üretim imkanları kümesi (Ω) olarak adlandırılmaktadır (Tarım, 2001). Üretim imkanları kümesi Şekil 2.5'de gösterilmektedir (Koçak, 2006:3).



Şekil 2.5. Üretim imkanları kümesi

Üretim sınırı, kullanılan girdilerden çıktıların elde edilme düzeyini göstermektedir. Etkin üretim sınırı ise kullanılan girdilerin sonuçlandırılarak en optimal çıktının elde edilme seviyesini göstermektedir. Kullanılan girdiler ile elde edilen çıktılar arasındaki teknik anlamadaki ilişki gösteren bir üretim sınırı ile girdilerden çıktıların elde edilmesi süreci belirlenebilir. Teknik etkinsizlik, en fazla elde edilebilecek çıktı miktarı ile gerçekte elde ettiğimiz çıktı miktarı arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Üretim sınırı üzerinde üretim yapılmaması teknik anlamda etkinsizlik olarak tanımlanmaktadır. Üretim sınırı, X girdisi ile Y çıktısının üretilmesine ait Şekil 2.6'daki grafik ile gösterilmektedir (Shao ve Lin, 2001).



Şekil 2.6. Üretim sınırı

Şekil 2.6'da verilen grafikte A noktası faaliyet gösterilen düzeyi göstermektedir. X_1 seviyesindeki girdi miktarı ile B seviyesindeki çıktı elde edilebilmektedir. A ve B noktaları arasındaki uzaklığın üretim sınırının altında olması teknik etkinsizliği göstermektedir. A ve B noktaları arasındaki uzaklık ile B ve C noktaları arasındaki uzaklıkların oranı teknik etkinsizliği göstermektedir. A ve C noktaları arasındaki uzaklık ile B ve C noktaları arasındaki uzaklıkların oranı ise teknik etkinliği göstermektedir (Shao ve Lin, 2001).

2.7. Etkinlik Ölçümü İçin Yöntemler

Etkinlik ölçümü Farrell tarafından 1957 yılında ilk kez gerçekleştirilmiştir. Farrell'in etkinlik ölçümü konusunda yaptığı çalışmalar bir çıktılı sistemler için, bazı varsayımlar altında ve yapısal anlamda etkin olmamaya dikkat etmeden yapılmasına karşın gelecekte yapılacak olan çalışmalara kaynak teşkil edecek bir çalışma niteliğinde olmuştur. Daha sonraları teknikler ve yöntemler geliştirilerek ileri seviyelere taşınmış ve matematiksel

programlama ile kullanılan veri zarflama analizi gibi yöntemler etkinlik ölçümünde kullanılmaya başlanmıştır (Kuşun, 2016:27).

Etkinlik ölçümünde sıklıkla kullanılan yöntemler; parametrik yöntemler, parametrik olmayan yöntemler ve oran analizi yöntemleridir (Erpolat, 2011:46; Keçek, 2010:51; Dinçer 2011:50). Diğer bir adı rasyo analizi olan oran analizi yönteminin çok boyutlu olmaması ve parametrik yöntemlerde girdi ve çıktılar ile ilgili bilgilere ihtiyaç duyulması, oran analizi yönteminin uygulanabilirliği açısından bir dezavantaj oluşturmakta ve seyrek olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan parametrik olmayan yöntemler etkinlik ölçümünde ve verimlilik ölçümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Etkinlik ölçümünde kullanılan bazı yöntemlerin karşılaştırılması ile ilgili tablo aşağıda verilmiştir (Yoluk, 2010:33).

Çizelge 2.3. Etkinlik ölçümünde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

Etkinlik Ölçüm Yöntemleri			
<u>Karşılaştırma Kriteri</u>	<u>Oran Analizi</u>	<u>Parametrik Yöntemler</u>	<u>Parametrik Olmayan Yöntemler</u>
<u>Çözüm Tekniği</u>	Oranlamalar	Regresyon	Matematiksel Programlama
<u>İçerik</u>	Tek Girdi/Tek Çıktı (Tek Boyutlu)	Çok Girdi/Tek Çıktı (Tek Boyutlu)	Çok Girdi/Çok Çıktı (Çok Boyutlu)
<u>Veri Temini</u>	Basit	Basit (Ölçüm yapılacak birim analitik forma uygun olmalı)	Detaylı (Kullanılacak girdi ve çıktılara bağlı)
<u>Uygulama</u>	Kolay	Kolay	Kolay
<u>Performans Ölçümüne Uygunluk</u>	Kısıtlı	Kısıtlı	Geniş

2.7.1. Oran analizi

Oran analizi, karar birimlerine ait performansları belirli veya istenilen aralıklarda ölçülmesine ve karar birimlerinin birbirleri ile mukayese edilmesine olanak sağlayan bir

yöntemdir. Oran analizi yöntemi kullanılan girdilerle bunların belirli bir işleme tabi tutulmasından sonra ortaya çıkan çıktılar arasındaki oranların hesaplanmasına ve aralarındaki ilişkiler ve sonuçların yorumlanmasına olanak sağlar (Erpolat, 2011:48).

Genel anlamda oran analizi yöntemi karar birimlerinin finansal açıdan etkinliklerinin belirlenmesinde kullanılabilen bir etkinlik ölçüm aracıdır. Oran analizi yöntemi uygulanması açısından kolaydır ve sık kullanılan bir yöntemdir. Oran analizi, bir girdi ve bir çıktının oranlanması sonucunda ortaya çıkan oranın ilgili diğer alakalı oranları da dikkate alarak yorumlanmasıdır. Oran analizi sonucunda elde edilen oran, etkinlikle ilgili sadece bir boyutla ilgilidir. Buradan yola çıkarsak oran analizi yöntemi ile birden çok girdisi ve birden çok çıktısı olan karar birimlerinin etkinliklerinin ölçülmesi ve yorumlanması neticesinde kararlar almak bazı yanlışlıklara neden olabilir (Keçek, 2010:51; Erpolat, 2001:49) Oran analizi yönteminin uygulanması sonucunda ortaya çıkan neticeler bazı verilere göre organizasyonu başarılı olarak değerlendirirken başka verilere göre ise organizasyonu başarısız olarak değerlendirebilmektedir. Genişletilmiş oran kümeleri, bu çelişkinin üstesinden gelinebilmesi adına geliştirilmiştir. Ama bu çalışma tek boyutlu olarak kalmıştır. Bu sebeplerden dolayı farklı oranların anlamlı ve birlikte değerlendirilebilmesi için tüm bu oranların tek bir ölçüt olarak türetilmesi gerekmektedir (Kurşun, 2016:29).

2.7.2. Parametrik yöntemler

Parametrik yöntemler, birbirleri arasında etkileşim halinde olan karar verme birimlerindeki bağımlı ve bağımsız değişkenlerin yapısının belirlenmesi ile ilgili yöntemlerdir ve çoklu regresyon tekniklerine dayanır (Sherman, 1984:35-53).

Parametrik yöntemlerde gözlem birimlerinin homojen bir yapıya sahip olduğu varsayılmaktadır. Genel olarak bu yöntemlerde bir gözlem kümesi mevcuttur. Bu gözlem kümesi içerisindekilere performans en iyi olanların etkinlik sınırı yani regresyon çizgisi üzerinde olduğu varsayılır. Bu çizgi üzerinden herhangi bir sapması olmayan gözlemler başarılı ve etkin olarak tanımlanırken diğer gözlemler ise başarısız ve etkinsiz olarak adlandırılır. Gözlemlerdeki bu etkinsizlik aynı girdi seviyesinde az çıktı olması ve yine aynı girdi seviyesinde çok maliyet olmasıdır (Atan, 2003:74).

Parametrik yöntemlerin temeli olan regresyon teknikleri, oran analizi yöntemine göre daha kapsamlı olmasına rağmen bazı eksikliklere sahiptir. Regresyon analizinde, çıktıların tek bir değere indirgenmesi bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Uygulamadaki bu zorunluluk ile birçok farklı birimin tek bir birime indirgenerek ifade edilmesi zordur. Etkinlik ortalama verilere göre değerlendirilmekte ve bunun neticesinde de regresyon sınırından uzakta olan birimler de etkin olabilmektedir (Kurşun, 2016:30).

Etkinlik ve verimliliğin ölçülmesinde kullanılan yaklaşımlardan başlıcaları; kalın sınır yaklaşımı, stokastik sınır yaklaşımı ve serbest dağılım yaklaşımıdır (Atan, 2003:74).

Stokastik Sınır Yaklaşımı

Stokastik sınır yaklaşımı ekonometrik bir yaklaşımdır. Stokastik sınır yaklaşımı, bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenlerin birbirleri arasında ilişki kurabildiği ve kurulan bu ilişki sayesinde hata oranlarının tespit edilebildiği yaklaşımdır.

Parametrik yöntemler, oran analizi yöntemine göre çok daha fazla argümana ve bilgiye sahiptir. Buna rağmen parametrik yöntemlerin de kendine göre bazı eksik veya avantajlı olmayan yönleri vardır. Örneğin, tahminde bulunulacak model için logaritmik, doğrusal olmayan, doğrusal gibi fonksiyonel biçimlerden hangisine sahip olduğu ile ilgili bir varsayımda bulunmak gerekmektedir ve bu bir zorunluluktur. Bu durum, varsayımın yapılması zor olduğundan, yanlış bir model tahmininde bulunulmasına neden olabilir ve sonuçlar güvenilir olmayabilir. Çok girdi kullanılarak çok çıktı elde edilen durumlarda parametrik yöntemlerin kullanılamaması bir diğer örnek olarak verilebilir. Bu olumsuz durumun engellenebilmesi için karşılaştırma yapılabilinen etkinlik ölçüm yöntemlerinden parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemleri kullanılmalıdır (Kurşun, 2016:31).

Stokastik sınır yaklaşımı yönteminde yapılan bir gözlem neticesinde rassal hatadan kaynaklanan sapmaların ve etkinsiz gözlemden kaynaklanan sapmaların ne kadar olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu sapmalar belirlenmeden elde edilen model sonuçları güvenilir olmamaktadır. Rassal hatadan kaynaklanan sapmaların dağılımının simetrik olduğu, etkinsiz gözlemlerden kaynaklanan hataların sapmalarının dağılımının ise asimetrik olduğu varsayılır (Berger ve Humphery, 1997:6).

Serbest Dağılım Yaklaşımı

Serbest dağılım yaklaşımı, hata bileşenlerinden olan rassal hataların ve etkinsiz gözlem hatalarının dağılımının herhangi bir dağılım olabileceği varsayımına dayanan bir yaklaşımdır. Serbest dağılım yaklaşımı, rassal hataların ve etkinsiz gözlemlerin dağılımları ile ilgili güçlü varsayımlarda bulunmaz ve bu yönüyle stokastik sınır yaklaşımına göre farklılık göstermektedir. Serbest dağılım yaklaşımı firmaların etkinliğini sabit veya istikrarlı olarak kabul etmektedir. Bu sebepten dolayı serbest dağılım yaklaşımı yönteminde hatalar ve etkinsizlikler herhangi bir dağılımda oluşabilir (Atan, 2003:76).

Kalın Sınır Yaklaşımı

Kalın sınır yaklaşımında, stokastik sınır yaklaşımı ve serbest dağılım yaklaşımındaki gibi dağılımlar konusunda herhangi bir varsayımda bulunulma süreci yoktur. Kalın sınır yaklaşımı yönteminde beklenen ve gözlemlenen değerler arasında oluşan farklardan en büyük olanı ile en küçük olanı rassal hatayı geriye kalan diğer değerlerin ise etkinsiz gözlemleri oluşturduğu varsayımına dayanır. Buradan da anlaşılacağı gibi kalın sınır yaklaşımı tek bir karar biriminin etkinliğinin tahmin edilmesinde kullanılacak uygun bir yöntem değildir (Berger ve Humphery, 1997:8).

2.7.3. Parametrik olmayan yöntemler

Parametrik olmayan yöntemler, matematiksel modelleme ve doğrusal programlama temeline dayanan yöntemler kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen etkinlik değerlerinin üretim sınırına bir diğer deyişle etkinlik sınırına olan mesafesini ölçen yöntemlerdir (Kurşun, 2016:32).

Parametrik olmayan yöntemler, parametrik yöntemlere ve oran analizi yöntemlerine göre daha avantajlı ve kullanışlıdır. Parametrik olmayan yöntemlerin avantajlarından bir tanesi, üretim biriminin sahip olduğu yapı konusunda parametrik yöntemlerdeki gibi varsayımlar yapma zorunluluğunun olmamasıdır. Parametrik yöntemlerin diğer bir avantajı ise birden fazla bağımsız değişkenin ve birden fazla bağımlı değişkenin kullanılmasına olanak sağlamasıdır (Kurşun, 2016:32).

Etkinlik ölçümünde parametrik olmayan yöntemler daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü parametrik olmayan yöntemlerin parametrik yöntemlere göre farklı durumlara uyum sağlamaya daha yatkın bir yapısı vardır. Ayrıca hesaplamalar sonucunda elde edilen etkinlik skorları tüm skorlar için üst bir sınır oluşturmakta ve bu sınır sapan bütün gözlemlerin etkinsiz olduğu sonucunu vermektedir (Kurşun, 2016:33).

Parametrik olmayan yöntemler çerçevesinde etkinlik ölçümleri aşağıdaki çeşitli metotlarla yapılabilmektedir (Kurşun, 2016:33):

Girdi Yönlü Etkin Sınır: İki tane girdinin ve bir tane çıktının olduğu sistemlerde parametrik olmayan etkinlik ölçümü yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Çıktı Yönlü Etkin Sınır: Bir tane girdinin ve iki tane çıktının olduğu sistemlerde parametrik olmayan etkinlik ölçümü yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Farrell'in Etkinlik Ölçümü: Bir tane girdinin ve bir tane çıktının olduğu sistemlerde parametrik olmayan etkinlik ölçümü yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Bu parametrik olmayan etkinlik ölçümü tekniklerinin dışında serbest atanabilir bölge yöntemi ve veri zarflama analizi teknikleri olmak üzere iki tane teknik daha vardır.

Serbest Atanabilir Bölge Yöntemi

Serbest atanabilir bölge yöntemi, parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemlerinden biridir ve veri zarflama analizi yönteminin spesifik bir halidir. Serbest atanabilir bölge yöntemi değişken ölçek varsayımı altında kullanılmaktadır. Ayrıca buna ilave olarak modele $0 - 1$ tamsayı kısıtı eklenmektedir. Eklenen bu kısıt ile her bir karar biriminin göreceli etkinliği yani birbirlerine göre etkinliği hesaplanabilmektedir. Modele eklenen $0 - 1$ tamsayı kısıtı ile gözlemlere ait belirlenen noktalar dik olarak birleştirilmektedir ve böylece karar birimlerinin etkinlik sınırları oluşturulmaktadır. Gözlemler ile bu etkinlik sınırı arasındaki mesafe, karar birimlerinin etkinliklerinin ne kadar olduğunun tespit edilmesinde fayda sağlamaktadır (Erpolat, 2011:53).

Serbest atanabilir bölge yöntemi, gözlemlere ait noktaları birleştiren çizgileri, etkinlik sınırı içerisine dahil etmekten önce gözlemlere ait noktalar ile bu noktaların altında kalan kısımları kapsayan alanları etkinlik sınırı içerisine ilave etmektedir. İşte bu alana serbest atanabilir alan denilmektedir. Bu durumun neticesinde serbest atanabilir bölge, veri zarflama analizinin iç kısımlarını ve yan kısımlarını da içine alacağından dolayı daha geniş etkinlik alanına sahiptir. Serbest atanabilir bölge yöntemi, bu özelliği ile veri zarflama analizinden ayrılmaktadır (Erpolat, 2011:53).

Veri Zarflama Analizi

Veri zarflama analizi, karar birimlerinin göreceli etkinliklerini yani birbirlerine göre etkinliklerini belirlemede kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir etkinlik belirleme yöntemidir (Tarım, 2001:48).

Herhangi bir üretim birimine ait bir üretim fonksiyonu, girdi değerleri ve çıktı değerleri kullanılarak regresyon denklemi vasıtasıyla oluşturulabilmektedir. Oluşturulacak bu fonksiyon belirli miktardaki girdi ile ne kadar çıktıya ulaşılabileceğini gösterir ve bu bir parametrik yaklaşımdır. Aslında bir üretim biriminin asıl olan hedefi sahip olduğu belirli miktardaki girdiler ile elde edebileceği maksimum çıktıya ulaşmaktır. Bu sebepten dolayı parametrik yöntemler teknik anlamda yeterli olamamaktadır. İşte bu yetersizliği ortadan kaldırmak adına parametrik olmayan bir yöntem olan matematiksel modelleme temelli olan ve doğrusal programlamaya dayanan veri zarflama analizi oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Tarım, 2001:48).

Veri zarflama analizi yöntemi, birçok girdi ile birçok çıktının elde edildiği bir organizasyonu değerlendirebilme, üretim teknolojisine ait yapıya uygun olan etkinlik değerlerini belirleyebilme ve etkinlik bileşenlerini tespit edebilme yeteneğine sahiptir. Veri zarflama analizi, karar birimlerinin performanslarını en iyi olan karar birimleri ile karşılaştırmaktadır ve bunu yaparken de üretim fonksiyonuna gerek duymaksızın etkinlik sınırını oluşturmaktadır (Tarım, 2001:48).

3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Dünyanın süratli bir şekilde ilerlemesi ve gelişmesi ile birlikte insanoğlunun gereksinimleri günden güne artış göstermektedir. İnsanoğlunun bu gereksinimlerinin karşılanması amacıyla birçok şirket, işletme, organizasyon vb. kurulmakta ve bunların sayısı giderek artmaktadır. Sayısı çoğalan bu kuruluşlar birbirleri ile rekabet haline girmektedirler. Bütün kaynaklarını iyi bir şekilde yöneten kuruluşlar bu rekabette hedeflerine ve ulaşmak istedikleri başarıya erişebilmektedirler. Bu noktada kaynakların etkin olarak kullanılma durumunun tespiti önem arz etmektedir. Aynı sektörde yer alan, benzer hizmet sistemine, ürün ve üretim teknolojilerine sahip olan kuruluşların kaynaklarını ne ölçüde etkin kullandıklarını, kaynaklarını etkin kullanıp kullanmadıklarını tespit etmek kuruluşları birbirleri ile karşılaştırma metodu ile sağlanabilmektedir (Tetik, 2003:221).

Etkinlik analizi kuruluşların performanslarının belirlenmesinde tercih edilen tekniklerden bir tanesidir. Etkinlik analizi, mal veya hizmet olsun herhangi bir üretim için kullanılan kaynakların etkinlik seviyesini belirleyen bir metottur. Etkinlik analizi metodunda çeşitli verilere ve değişkenlere (karar birimi, çıktı, girdi vb.) ihtiyaç vardır. Burada karar birimi veya diğer bir adıyla karar verme birimi; etkinliği belirlenmek istenen birimi, girdi; faaliyetlerin yapılabilmesi için gerekli olan kaynakları, çıktı ise gerçekleştirilen faaliyet neticesinde ortaya çıkan ürünü veya hizmeti ifade etmektedir. Veri zarflama analizinde girdi ve çıktı değerleri boş ve negatif olmamalıdır. Veri zarflama analizi bu bilgiler ışığında etkinliğin ölçülmesinde kullanılan bir tekniktir (Cenger, 2011:34).

Kuruluşların belirli bir zamandaki performansları, girdilerden çıktılarının elde edilmesindeki verilere dayanmaktadır. Bu kapsamda; bir karar verme biriminin performansının değerlendirilmesi sürecinde, kullandığı kaynaklar ile en fazla çıktıya ulaşmış ulaşmadığının veya belirli miktardaki çıktıya en az girdi ile ulaşmış ulaşmadığının tespit edilmesi gerekmektedir. Veri zarflama analizi şirketlerin, firmaların, işletmelerin, organizasyonların vb. birbirlerine göre yani göreceli etkinlik performanslarının ölçülmesi amacıyla geliştirilmiştir. Veri zarflama analizi karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesinde sıklıkla kullanılan etkinlik ölçüm yöntemidir (Tetik, 2003:222).

3.1. Veri Zarflama Analizinin Tanımı

Veri zarflama analizi 1978 senesinde ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından birbirlerine benzeyen karar verme birimlerinin birbirlerine göre etkinliklerinin ölçülmesi maksadıyla geliştirilen bir tekniktir. Bu tekniğin kullanıldığı ilk dönemler kâr amacı taşımayan organizasyonların etkinliklerinin ölçülmesi hedeflenmiştir. Daha sonralarda ise kâr amacı taşıyan organizasyonlar arasında da organizasyonların birbirlerine göre etkinliklerinin ölçülmesi maksadıyla sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Veri zarflama analizi yönteminin birden fazla girdi ve birden fazla çıktının yer aldığı sistemlerde bir üretim fonksiyonu öngörüsü olmaksızın kullanılabilmesi, bu yöntemle ile ortaya çıkan bir yeniliktir (Yolalan, 1993:65).

Veri zarflama analizi, aynı girdilerin (kaynakların) kullanılması sonucu ile aynı çıktıların elde edilmesi sürecinde faaliyet gösteren karar verme birimlerinin etkinliklerinin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. İstatistiksel yöntemler genel olarak organizasyonları ortalama seviyedeki bir organizasyona göre (merkezi eğilim yaklaşımı yöntemi ile) değerlendirmektedir. Veri zarflama analizi ise organizasyonları en iyi organizasyonlar ile karşılaştırmak suretiyle etkinlikleri değerlendirmektedir (Koçak, 2006:9).

Veri zarflama analizi genel olarak diğer yöntemlerin imkân vermediği çoklu girdi ve çıktı bileşenleri ile etkinliğin ölçülmesi ihtiyacını bir bütünsellik içerisinde karşılayabilmektedir. Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından yapılan çalışmalar neticesinde karar verme birimlerinin değerlendirilmesinde ortak bir ağırlıklı değer belirlenmesinin sakıncalı olduğu belirtilmiş ve tüm karar verme birimlerinin ortak girdi ve çıktıların olmasına rağmen farklı olarak ağırlıklandırılması gerektiği kabul edilmiştir (Koçak, 2006:10).

Veri zarflama analizi çoklu girdiyi ve çoklu çıktıya dönüştüren, esnek ve kapsamlı olan eş ve benzer kuruluşların (karar verme birimlerinin) etkinliklerinin değerlendirilmesinde yararlanılan veriye dayalı bir yöntemdir. Veri zarflama analizi çok çeşitli faaliyetlerde çok çeşitli kuruluşlar tarafından kullanılmaktadır. Veri zarflama analizi diğer yaklaşımlara nazaran daha az varsayım gerektirmekle birlikte farklı durumlar için yapılabilecek varsayımlara da olanak tanımaktadır (Cooper ve diğerleri, 2011:2).

3.2. Veri Zarflama Analizinin Teorik Gelişimi

Etkinlik kavramı, Fransız matematikçi Pierre Louis Maupertuis tarafından 1746 yılında ortaya atılan genel anlama sahip bir ekonomi düşüncesine dayanmaktadır. Bu düşünceye Maupertius İlkesi denilmektedir. Bu ilkeye göre bir cisim bir yerden başka bir yere gitmek için gidilebilecek tüm yollar arasından en az eylemle gideceği yolu seçer ve o yörüngeyi kullanır. Pierre Louis Maupertuis'in 1750 yılındaki Kozmoloji Denemeleri isimli eseri ile bu ilke literatürde yerini almıştır. Maupertius İlkesi ve 1950'lerde ortaya çıkan aktivite analizi, veri zarflama analizinin temellerini oluşturmaktadır. (Erpolat, 2011:56).

Etkinlik analizinin parametrik olmayan yöntemlerle yapılması çalışmaları ilk olarak Farrell tarafından 1957 yılında gerçekleştirilmiştir. Farrell tarafından yapılan bu çalışmalarda bir tane çıktı ve birden çok girdinin yer aldığı durumlar için etkinlik ölçümünün gerçekleştirilebilmesi amacıyla doğrusal olan bir denklem sistemi önerisinde bulunulmuştur. Bu öneri birden çok çıktının ve birden çok girdinin olduğu durumlar için etkinlik ölçümü konusunda yol gösterici niteliğinde olmuştur (Erpolat, 2011:56).

Farrell'in etkinlik üzerine yaptığı bu temel nitelikteki çalışmaları diğer araştırmacıların yaptığı çalışmalar takip etmiştir. İşte bu çalışmalar arasındaki en önemli olanı Boles tarafından 1967 yılında çalışmaları yapılarak ortaya atılan doğrusal programlama modelidir. Boles bu çalışmasında Fieldhouse ve Farrell tarafından geliştirilen bir tane çıktı için kurulan doğrusal programlama modelini geliştirerek birden çok çıktının yer alacağı durumlar için genelleştirmiştir. Boles'in geliştirdiği bu model, ileride oluşturulacak veri zarflama analizine ait ilk modele çok yakın bir doğrusal programlama modeli olmuştur (Erpolat, 2011:56).

Veri zarflama analizi tam olarak, Cooper danışmanlığında Carnegie Mellon Üniversitesi'nde Rhodes'in yaptığı şehir ve kamu konulu bir doktora tezi çalışması ile oluşmuştur. Rhodes bu doktora çalışmasında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki okullarda uygulanan bir eğitim programının, bu programa katılan kişiler ile katılmayan kişiler baz alınarak etkin olup olmadığını belirlemeye çalışmıştır. Rhodes bu çalışmasında ilk olarak regresyon yöntemini ve kolerasyon tekniğini kullanmışsa da bu teknikler sonucunda ulaştığı neticeler kendisini tatmin etmemiştir. Bu sebepten dolayı Rhodes farklı çözüm yöntemleri bulma çabası içine girmiştir. Bu amaç doğrultusunda yaptığı incelemeler ve

alışmalar neticesinde Farrell tarafından geliştirilen bir programlama modelinin (kesirli programlama) kendi çalışması için faydalı olacağını düşünmüştür ve Farrell'in bu modeli üzerinde yaptığı araştırmalar ve çalışmalarla nihayetinde veri zarflama analizi olarak ifade edilen doğrusal programlama modeline ulaşmayı başarmıştır (Erpolat, 2011:57).

Charnes, Cooper ve Rhodes, 1957 yılında Farrell'in ortaya koyduğu performans etkinliğini belirleme ile ilgili teorik yaklaşımdan yola çıkarak yeni bir model geliştirmiştir. Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında geliştirilen bu veri zarflama analizi modeli (CCR modeli) yoğun bir ilgi ile karşılanmıştır (Erpolat, 2011:57).

CCR modelleri sabit getiri kabulüne dayanan veri zarflama analizi anlamında geliştirilen ilk modellerdendir. CCR modelleri ilk zamanlarda yalnızca kamudaki birimlerin etkinliklerini ölçmede kullanılmıştır. Bununla birlikte daha sonraları ise çeşitli alanlarda çok farklı sektörde ve iş kollarına uygulanmaya başlanmıştır (Erpolat, 2011:57).

Geliştirilen CCR modelinden sonra yine veri zarflama analizinde kullanılmak üzere bir model (BCC modelleri) daha geliştirilmiştir. 1984 yılında geliştirilen bu BCC modelleri Banker, Charnes ve Cooper tarafından ortaya konulmuştur. BCC modelleri sabit getiri kabulünü değil ölçeğe göre değişken getiri kabulünü esas almaktadır. CCR modellerine bir kısıt (konvekslik kısıtı) eklenmesi yolu ile BCC modelleri oluşturulmuştur (Erpolat, 2011:57).

Veri zarflama analizi yöntemi ortalama değerlere göre analiz yapmak yerine sınırlara göre analiz yapan bir yöntemdir. Veri zarflama analizinin en önemli özelliği ise karar verme birimlerinin etkinsizliklerinin neden kaynaklandığını ve etkinsizlik düzeyini belirleyebilmesidir. Veri zarflama analizi, sahip olduğu karar verme birimleri arasında etkinlik sınırını oluşturan ve etkin olan karar verme birimlerinin tespit edilerek etkinlik skorunun belirlenmesi, etkin olmayan birimlerin etkinsizlik düzeylerinin belirlenmesi ve karar verme birimlerinin kendi performanslarını en iyi karar verme birimlerini referans olarak iyileştirmesi gibi temel özellikleri sayesinde birçok meslek grubu ve firma tarafından tercih edilmektedir (Bakırcı, 2006:206).

3.3. Literatürde Veri Zarflama Analizi

Çok boyutlu ve parametrik olmayan ölçüm tekniği olarak veri zarflama analizi, ilk kez literatürde bugünkü anlamı ile A. Charnes, W.W. Cooper ve E.Rhodes (CCR Modeli, 1978) tarafından European Journal of Operational Research dergisinde yayınlanan makalelerinde kullanılmış ve daha sonra yönetim biliminde, kamu sektörü karar alma birimlerinin karşılaştırılmalı teknik verimliliklerinin analizinde yeni bir araç olarak benimsenmiştir. CCR modeli uygulamaları kamu sektöründe ve özellikle eğitim üzerineydi. Amaç kar değildi. 1985'ler ve sonrasında veri zarflama analizinin teorisi daha da geliştirildi. CCR (1978) modeli geliştirilerek, Banker, Charnes ve Cooper (BCC) tarafından BCC Modeli ortaya konuldu (Gattoufi ve diğerleri, 2004:159-229).

Farrell (1957)'in önerdiği görelî etkinlik ölçüm yönteminin Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilmesi ile veri zarflama analizi yöntemi kısa bir sürede hem teorik hem de pratik alanda çok hızlı bir evrim gösterme şansı bulmuştur (Tarım, 2001:50). Bir doğrusal programlama uygulaması olan Veri Zarflama Analizi; askeri, sağlık, tekstil, enerji, perakende, eğitim ve bankacılık sektörleri gibi çeşitli uygulama alanlarına sahiptir.

Son yıllarda enerjide etkinlik ve verimliliğin önem kazanmasıyla birlikte enerji alanında veri zarflama analizi uygulamaları hız kazanmıştır. Enerji verimliliği, yalıtım, elektrik dağıtımı ve elektrik üretimi gibi konularda örnek veri zarflama analizi uygulamaları yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Enerji alanında yapılan bazı veri zarflama analizi uygulamaları

<u>Çalışmanın Konusu</u>	<u>Çalışmayı Yapan</u>
Türkiye'deki Elektrik Üretimi İçin Enerji Kaynaklarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi	Özyiğit, T., Eraslan, M. N., Karsak, E. E. (2008)
Güneş Enerjisi Tesislerinin Yer Optimizasyonu	Azadeh, A., Ghaderi, S. F., Maghsoudi, A. (2008)
Türkiye'de Termik Santrallerin İşletme ve Çevre Performansının Değerlendirilmesi	Sözen, A., Alp, İ., Özdemir, A. (2010)

Çizelge 3.1. (devam) Enerji alanında yapılan bazı veri zarflama analizi uygulamaları

<u>Çalışmanın Konusu</u>	<u>Çalışmayı Yapan</u>
İmalat Sektöründe Enerji Etkinliği	Özgür, A. (2011)
Elektrik Üretiminde Verimlilik ve Üretkenlik Değişiminin Ölçülmesi	Fallahi, A., Ebrahimi, R., Ghaderi, S. F. (2011)
Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Etkinlik ve Verimlilik Analizi	Düzgün, M. (2011)
Japonya'daki Fosil Yakıtlı Güç Santrallerinin Değerlendirilmesi	Sueyoshi, T., Goto, M. (2011)
Kuzey Afrika'da Yenilenebilir Enerjide 2025 Ufkuna Karşı Şimdiki Zaman Perspektif Optimizasyonu	Boubaker, K. (2012)
Hidroelektrik Santrallerde Verimlilik Değerlendirmesi	Sözen, A., Alp, İ., Kılınç, C. (2012)
Yunan Yenilenebilir Enerji Sektörünün İncelenmesi	Halkos, G. E., Tzeremes, N. G. (2012)
Çin'deki Büyük Kömürlü Elektrik Santrallerin Deregülasyon, Dikey Ayrıştırma ve Performansı	Zhao, X., Ma, C. (2013)
Kömürlü Elektrik Santrallerinde Enerji Verimliliği	Song, C., Li, M., Zhang, F., He, Y., Tao, W. (2014)
Türkiye'deki Rüzgar Enerji Santrallerinin Görelî Etkinliklerinin Ölçülmesi	Emre, T. (2014)
Türkiye Şehirlerinde Rüzgar Santralleri İçin En İyi Yer Seçimi	Sözen, A., Mirzapour, A., Çakır, M. T., İskender, Ü., Çipil, F. (2015)
İran Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Performans Değerlendirmesi	Omrani, H., Beiragh, R. G., Kaleibari, S. S. (2015)
Türkiye'deki İllerin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli	Çayır Ervural, B., Ervural B., Zaim, S. (2016)

Çizelge 3.1. (devam) Enerji alanında yapılan bazı veri zarflama analizi uygulamaları

<u>Çalışmanın Konusu</u>	<u>Çalışmayı Yapan</u>
Türkiye'deki Rüzgar Enerji Santrallerinin Görelî Etkinliklerinin Ölçülmesi	Ömürgönülşen, M., Emre, T., Atıcı, K. B. (2016)
Çin Termik Santralleri İçin Enerjinin Kısa Dönem Verimliliğinin Kısa Dönem Dinamiklerinin Açıklayan Melez Bir Model	Li, M., Song, C., Tao, W. (2016)
İspanya'da Elektrik Dağıtımında Bir DEA Analizi: Endüstriyel Bir Politika Önerisi	Vargas, A. A., Hernandez, F. N., Caro, G. V. (2017)
ABD'de Büyük Rüzgar Santrallerinin Verimliliğinin Değerlendirilmesi: İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi Uygulaması	Sağlam, Ü. (2017)
Parametrik ve Parametrik Olmayan Verimlilik Değerlendirmesi ve Karşılaştırılması: Türkiye Elektrik Santralleri Örneği	Sarıca, K. (2017)
Çin'de Karmaşık Kampüs Binaları İçin Elektrik Tüketiminin Karşılaştırmalı Analizi	Ding, Y., Zhang, Z., Zhang, Q., Lv, W., Yang, Z., Zhu, N. (2018)
Doğru Kıstasın Bulunması: Elektrik Şebekelerinin Heterojen Ortamlar Altında Düzenlenmesi	Bjorndal, E., Bjorndal, M., Cullmann, A., Nieswand, M., (2018)
Elektrik Sektöründe Ekonomik Büyümenin Çevresel Verimliliğe Etkisi	Halkos, G. E., Polemis, M. L. (2018)

Literatürde elektrik tüketim etkinliği ile ilgili çalışmalar da yer almaktadır. Bu alanda; Çin'de Elektrik Kullanımı Etkinliğinin Dinamik Değişimi (Ding ve Li, 2010), Veri Zarflama Analizine Dayalı Toplam Faktör Verimliliği, Elektrik Tüketim Etkinliği ve Etki Faktör Analizi (Shu, Zhong ve Zhang, 2011), Çin Evlerinde Elektrik Tüketim Etkinliğine Yönelik Bir Sınır Talep Analizi (Broadstock, Li ve Zhang, 2016) gibi çalışmalar yapılmıştır. Deliktaş ve Günal (2017) tarafından yapılan Alt-Orta, Üst-Orta ve Yüksek Gelir Gruplarında Yer Alan Ülkelerin Enerji Kullanım Etkinliklerinin Ölçülmesi: Veri Zarflama Analizi çalışmasında ise gelir gruplarına göre ülkelerin enerji tüketimi etkinlikleri belirlenmiş ve bu çalışmanın enerji tüketimine yönelik geliştirilecek politikalara katkı sağlayacağı belirtilmiştir.

3.4. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Alanları

Veri zarflama analizi yöntemi çok geniş ve çok çeşitli uygulama alanlarına sahip olmakla birlikte genel olarak hizmet sektöründe, finans sektöründe ve üretim sektöründe yaygın olarak kullanılmakta ve uygulanmaktadır. Tekli girdi ve tekli çıktı temeline dayanan klasik anlamdaki verimlilik analizinin çoklu girdili ve çoklu çıktıli veri zarflama analizine hızlı geçişinin yanı sıra veri zarflama analizinin uygulanması da hızlı bir gelişim göstermiştir (Turdi, 2016:37).

Bankacılıkta, eğitim kurumlarında, hastanelerde, mahkemelerde, nakliyat, polis karakollarında, eczanelerde ve bunun gibi daha birçok sektörde veri zarflama analizi kullanılarak çeşitli ve çok sayıda analiz çalışmaları yapılmıştır. Veri zarflama analizi ilk başlarda kamu kurum ve kuruluşlarında kullanılmaya başlanmıştır. Sonra özel sektörde de verimliliğin ölçmek ve karşılaştırmalar yapmak için veri zarflama analizi kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonraları ise kar amacı güden hizmet ve üretim alanındaki işletmelerde ve firmalarda verimliliği ölçmek ve karşılaştırmalar yapmak için veri zarflama analizi yaygın olarak kullanılmıştır (Turdi, 2016:37).

Literatür incelendiğinde görülmektedir ki veri zarflama analizi yöntemi çeşitli ve çok sayıda uygulama alanlarına sahip olmasına rağmen ülkemizde genel olarak akademisyenler tarafından kullanılmıştır. Özellikle de sağlık, bankacılık, iktisat gibi alanlarda daha çok kullanılmıştır. Veri zarflama analizi yönteminin ülkemizde neden yaygın olarak kullanılmadığı sorusu sorduğumuzda; özel sektörde ve özellikle kamuda veri altyapısının olmaması ve ulaşılamaması, yöntemin uygulanmasında kullanılacak veri kümelerinin oluşturulmasındaki zorluklar, veri zarflama analizinin matematiksel yapısından kaynaklanan zorluklar gibi sebepler sıralanabilir. Ancak son zamanlarda teknik anlamda bilgi ihtiyacını karşılayacak ve bilginin muhafaza edilmesini sağlayacak uygulamaların artması ve bu uygulamaların geliştirilmesi ile veri zarflama analizinin kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir (Turdi, 2016:37).

Devlet sektörü ile kamu kurum ve kuruluşları, vatandaşlara belli başlı bazı hizmetleri sunmakla yükümlüdür. Özellikle bu hizmetler; sağlık, eğitim, savunma ve sosyal hizmet gibi çeşitli hizmetlerdir. Ülkeler vatandaşlarına bu hizmetleri sağlayabilmek ve vatandaşların ihtiyaçlarına cevap verebilmek için kurumlar, birimler ve alt birimler

kurmakta ve oluşturmaktadır. Kurulan bu kurumların ve oluşturulan birimlerin performanslarının takip edilmesi gerekmektedir. Tam da bu noktada veri zarflama analizi, kamu sektöründe performansların ölçülmesi, karşılaştırmaların yapılması, etkinliklerinin değerlendirilmesi, takibi zor olan problemlerin çözülmesi gibi konularda çok etkili bir analiz yöntemidir (Avcı, 2004:54).

Kamu sektöründe sağlanan birçok hizmet çeşitli sebeplerden dolayı özelleştirilmektedir. Bu özelleştirme ile birlikte kamu sektöründe kullanılan veri zarflama analizi özel sektöre taşınmaktadır ve böylece özel sektörde de kullanılmakta ve yaygınlaşmaktadır. Bu gelişmeler neticesinde veri zarflama analizinin özel sektörde de uygulanabilir olduğu ortaya konmuştur. Veri zarflama analizinin hizmet sektörlerinde uygulanmasının ardından analiz kendisine üretim sektöründe de yer bulmuştur. Ama hizmet sektöründeki uygulama alanları üretim sektörüne göre daha geniştir. Çünkü hizmet sektöründe girdilerin ve çıktıların birbirleri ile uyumlu olmasını sağlamak üretim sektöründekine göre daha kolaydır (Avcı, 2004:54).

Veri zarflama analizi hem özel sektörde hem de kamu sektöründe, hem hizmet sektöründe hem de üretim sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Silahlı kuvvetlerde; deniz, kara ve hava kuvvetlerinin görelî etkinliklerinin ölçülmesi, eğitim sektöründe; eğitim ve öğretim kurumlarının (ilkokul, ortaokul, lise, üniversite vb.) kendi seviyesindeki okullar ile kıyaslanarak değerlendirilmesi, üniversitelerin fakülteler bazında birbirleri ile kıyaslanarak değerlendirilmesi, fakültelerin bölümlerinin kıyaslanarak değerlendirilmesi, bankacılık sektöründe; bankalar ve banka şubelerinin birbirleri ile kıyaslanarak görelî etkinliklerinin ölçülmesi, sağlık sektöründe; hastanelerin birbirleri ile kıyaslanması, polikliniklerin birbirleri ile karşılaştırılması gibi pek çok alanda veri zarflama analizi yönteminden faydalanılmaktadır (Avcı, 2004:54).

Veri zarflama analizi yöneylem araştırmaları alanında da sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca veri zarflama analizinin kullanılabileceği bazı konuları ise şu şekildedir (Avcı, 2004:55-56):

- Eş Grupların Kullanımı: Etkin olmayan karar verme birimlerine karşılık gelen etkin olan karar verme birimlerinden oluşan bir küme belirlenir ve böylece eş bir grup oluşturulur. Bu eş gruplarda yer alan karar verme birimleri etkin olanlarda girdi ve

çıktılar ile ilgili yönlendirmeleri alırlar ve etkin olmayan karar verme birimleri etkin olan karar verme birimleri ile aynı ağırlıkları kullanarak etkin olurlar.

- Etkin Çalışma Uygulamalarının Belirlenmesi: Bu konu hem etkin olan hem de etkin olmayan karar verme birimlerinin etkinliğinin artırılmasına imkan vermektedir. Etkin olan karar verme birimlerinin arasından bir kısmı çok daha iyi örnek teşkil edebilirler.
- Hedef Belirleme: Veri zarflama analizi uygulamalarında görece olarak etkin olmayan karar verme birimlerinin performanslarının ve etkinliklerinin artırılması için hedefler belirlenmektedir. Söz konusu bu hedeflerin belirlenmesinden sonra modelin çözümü hedef programlama yöntemi ile yapılabilmektedir.
- Etkin Stratejilerin Belirlenmesi: Veri zarflama analizi sonucunda ortaya çıkan etkinlik sonuçları değerlendirilerek etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin olabilmesi için yeni stratejiler belirlenebilmekte ve mevcut stratejiler değiştirebilmektedir.
- Belirli Aralıklarda Etkinlik Değişimlerinin Gözlenmesi: Etkinliği belirlenmiş olan bir işletme zaman içerisinde çeşitli sebeplerden dolayı etkinliğini kaybederek referans olma niteliğini yitirebilir. Bu nedenle etkinlik analizi belli aralıklarla yapılarak işletmelerin performanslarındaki değişimler takip edilebilir.
- Kaynak Ataması: Veri zarflama analizi sadece karar verme birimlerinin görece olarak etkin olup olmadıkları ile ilgilenmez. Aynı zamanda etkin olmayan karar verme birimlerinin neden etkin olmadıklarını ortaya koymaktadır. Etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin olabilmesi için girdilerde azaltma veya çıktılarda artırma konusunda tahminler yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle veri zarflama analizi, kaynakların karar verme birimlerine atanması konusunda gerekli şartları oluşturmaktadır. Etkinliklerin belirlenmesi ile kaynakların nereden nereye aktarılacağı hakkında bilgiler elde edilmektedir.
- Ayrıca veri zarflama analizi yöntemi işletmelerde uygulanan diğer bazı yöntemler ile birlikte de kullanılabilir. Bu yöntemlerden bazıları ise hedef programlama yöntemi, kıyaslama yöntemi, faaliyet tabanlı maliyetleme, oran analizleri ve ölçüm kartı yöntemleridir.

3.5. Veri Zarflama Analizinin Kullanılmasındaki Temel Amaçlar

Veri zarflama analizi yöntemi pek çok amaçla çeşitli sektörlerde uygulanmaktadır. Veri zarflama analizinin kullanılmasındaki temel amaçları aşağıdaki gibidir (Avcı, 2004:60-61):

- Karar verme birimleri için girdi ve çıktılardan herhangi birisindeki etkin olmama durumunun ve kaynakların tanımlanması
- Karar verme birimlerinin sınıflandırılması
- Karar verme birimlerinin kontrolünde olmayan politikaların ve programların değerlendirilmesi ile yönetsel veya program etkinsizliğinin ayırt edilmesi
- Karar verme birimlerinin değerlendirilmesi sonucunda kaynak kullanımı konusunda nicel olarak bir altyapı oluşturması
- İstenilen seviyedeki çıktıya ulaşabilmek için kaynakların birimler arasında değiştirilmesi
- Gerçekleşen performansın girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiler ile ilgili özel standartlar ile kıyaslanarak değerlendirilmesi
- Karar verme birimlerinin gerçek performanslarının bulunduğu grup içinde değerlendirilmesi
- Karar verme birimlerinin kıyaslanarak içerisinde yer aldığı faaliyet alanı için standartların tespit edilmesi
- Etkin karar verme birimlerinin kullanılarak etkin olmayan karar verme birimlerine referans olacak girdi ve çıktılar belirlenmesi
- Etkin olmayan karar verme birimlerinin girdilerinde yapılacak azaltmanın miktarının veya çıktılarında yapılacak arttırmaların miktarının tespit edilmesi.

3.6. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri

Parametrik olmayan etkinlik ölçümü yöntemlerinden olan veri zarflama analizi güçlü ve zayıf yönleri sahiptir. Veri zarflama analizinin sahip olduğu bu güçlü ve zayıf yönler aşağıda belirtilmiştir.

Veri zarflama analizinin güçlü yönleri şu şekildedir (Erpolat 2011:61; Keçek, 2010:80):

- Veri zarflama analizi birden çok girdi ve birden çok çıktı kullanılmasına imkân vermektedir.
- Veri zarflama analizinde fonksiyonel bir form zorunluluğu yoktur.
- Veri zarflama analizi girdi etkinliği ile birlikte çıktı etkinliğini de hesaplamaya imkân sağlamaktadır.

- Veri zarflama analizinde karşılaştırılacak olan karar verme birimlerinin bire bir aynı teknoloji kullanmaları gerektiği ile ilgili kesin bir şart olmamakla birlikte birbirlerine benzer olmaları gerekmektedir.
- Girdi ve çıktıların aynı birimlere sahip olması şart değildir.
- Girdi ve çıktılar karar vericiler tarafından belirlenebilir. Böylece üretim veya hizmet süreci çok daha iyi ve gerçekçi tanımlanabilir.
- Karar verme birimlerinin etkinlikleri hesaplanırken karşılaştırma en etkin olan karar verme birimi ile yapılır. Böylece karşılaştırma sonucunda elde edilen veriler daha da güvenilir olur.
- Herhangi bir fiyat belirlemenin mümkün olmadığı durumlar için miktar bilgisi ile de etkinlik karşılaştırmasına imkân verdiğiinden dolayı amacı kâr olmayan organizasyonlarda da kullanılır.

Veri zarflama analizinin zayıf yönleri şu şekildedir (Erpolat 2011:62; Keçek, 2010:81):

- Karar verme birimlerinin etkinliklerinin belirlenmesinde kullanılan bu analiz yöntemi mutlak etkinlik ile ilgili bir bilgi vermez.
- Karar verme birimleri incelenirken girdi ve çıktıların belirlenmesi aşamasında önemli bir girdi veya çıktının unutulması veya dikkate alınmaması, sonuçların yanlış veya gerçeklikten uzak olmasına neden olabilir.
- Girdi ve çıktı sayılarının incelenen karar verme birimlerinin sayılarından fazla olması durumu etkin olan karar verme birimi sayısının çok olmasına neden olabilir.
- Veri zarflama analizi, analize dahil edilen karar verme birimlerinin etkinliklerini ölçerek önerilerde bulunurken analize dahil edilmeyen karar verme birimleri için herhangi bir işlevi yoktur.
- Üretim süreci hareketli bir yapıya sahiptir. Girdiler ve çıktılar arasındaki dönüşüm süreci gerçek yaşamda daha uzun zaman alır. Fakat veri zarflama analizi bir döneme ait bilgileri kullanarak analiz yapar.
- Kategorik değişkenlere ve soyut değişkenlere karşı hassas değildir ve duyarsızdır.
- Veri zarflama analizinin parametrik olmamasından dolayı analiz sonrası ulaşılan sonuçların ve analizde kullanılan modelin doğruluğunu test edebilecek hipotezlerin kurulması güçtür.
- Girdiler ve çıktılar ile ilgili ölçüm hataları söz konusu olduğu durumlarda veri zarflama analizinin duyarlılığı oldukça yüksektir.

3.7. Veri Zarflama Analizinde Kullanılan Programlar

Veri zarflama analizi doğrusal programlama temeline dayanan bir etkinlik analiz yöntemidir. Bu yöntemde doğrusal programlama çözümleri için çeşitli programlar kullanılmaktadır. Bunlardan LINDO, GAMS, STORM ve QSB gibi programlar veri zarflama analizinde kullanılan doğrusal programlama çözümlerine yönelik olan programlardır. Diğer taraftan IDEAS, PIONEER, ETAKS, EMS, DEAP ve Warwick Windows DEA gibi programlar ise veri zarflama analizine yönelik olarak hazırlanmış windows tabanında çalışan programlardır. İşte bu programlar ile veri zarflama analizi uygulamaları kolaylaşarak daha da yaygınlaşmıştır.

3.8. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Adımları

Veri zarflama analizinin uygulanması için karar verme birimlerinin seçimi, girdi ve çıktıların seçimi, veri zarflama analizinin seçimi ve uygulanması, karar birimlerinin etkinlik sınırları, referans kümelerinin oluşturulması, etkin olmayan karar birimleri için potansiyel iyileştirmeler ve sonuçların değerlendirilmesi adımlarının izlenmesi gerektiği Bakırcı (2006) tarafından belirtilmektedir.

3.8.1. Karar verme birimlerinin seçilmesi

Veri zarflama analizi uygulamasında gerçekleştirilecek ilk adım karar verme birimlerinin seçilmesidir. Diğer bir deyişle analize tabi tutulacak birimlerin belirlenmesidir. Karar verme birimleri, aynı girdiler ile sonuçta aynı çıktıları elde edecek ve veri zarflama analizi ile karşılaştırılacak olan birimler şeklinde ifade edilebilir (Cooper, Seiford ve Tone, 2007: 22). Veri zarflama analizi uygulanırken bazı noktalara dikkat edilmesi gerekmektedir. Yukarıda tanımlı yapılan karar verme birimlerinin seçilmesi veri zarflama analizinin ilk adımını oluşturmaktadır. İşte bu karar verme birimlerinin birbirlerine üretim teknolojileri çerçevesinde benzer olması ve bu karar verme birimlerinden oluşacak kümenin homojen olması ulaşılabilecek sonuçların doğruluğunun daha kuvvetli olması açısından son derece önemlidir (Tarım, 2001:204).

Karar verme birimlerinden oluşacak kümenin (gözlem kümesi) eleman sayısının yani karar verme birimi sayısının belirli bir değerin üzerinde olması elde edilecek etkinlik skorlarının

farklılık göstermesine olanak sağlamaktadır. Eğer böyle olmazsa girdi ve çıktı değerlerinin avantajlı olduğu herhangi bir karar verme birimi kendi açısından değerlerin ağırlıklarını maksimize ederek etkinlik sınırına ulaşabilir. Bununla birlikte diğer taraftan bakıldığında gözlem kümesinin sayısı çok artması da bu kümenin homojen olmasını bozarak modele gereksiz faktörlerin eklemesine neden olmaktadır. İşte bu nedenlerden dolayı karar verme birimlerinin seçimi sırasında etkinlik değerlerinin anlamlı olması adına çok dikkatli olunmalıdır (Boussofianne ve diğerleri, 1991: 12). Kurulacak olan matematiksel modeller karar verme birimlerinin etkinlik değerlerini 0 ile 1 arasında olacak şekilde üretecektir. Diğer taraftan, her bir modelin primali duale çevrilerek çözüldüğünde ortaya çıkacak olan etkin olmayan birimlerin, referans aldığı birimlere yani görelî olarak etkin olmadığı birimlere ve bu referans birimler gibi etkin olabilmek için girdilerinde ve çıktılarında ne gibi değişiklikler yapmaları gerektiği bilgilerine ulaşılmaktadır. Elde edilen bu analiz sonuçları yönetimler açısından önem arz etmektedir. Veri zarflama analizi tekniğinde etkinliklerin belirlenmesi ile ilgili ulaşılabilecek sonuçlar kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir (Ulucan, 2002: 188):

- Etkin olan karar verme birimleri
- Etkin olmayan karar verme birimleri
- Etkin olmayan karar verme birimlerince kullanılan fazla kaynaklar ile ilgili miktarlar
- Etkin olmayan karar verme birimlerinin mevcut düzeydeki girdileri ile elde etmesi gereken çıktı seviyesi
- Etkin olmayan karar verme birimlerinin referans alacağı etkin karar verme birimleri kümesi

Veri zarflama analizi ile yapılan karşılaştırmanın merkezinde etkin olan karar verme birimleri yer almaktadır. Çünkü bu analiz tekniği, etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin olan karar verme birimleri tarafından uygulanan çeşitli yöntemleri ve uygulamaları hayata geçirerek aynı etkinlik değerlerini elde edebileceklerini kabul etmektedir. Teorik olarak kabul edilen bu durum uygulamada her zaman kendini göstermemektedir. Bunun yanı sıra etkin olan karar verme birimleri etkin olamayan karar verme birimlerinin aynı girdiler ve çıktılar ile daha iyi bir performansa ulaşabileceğini kanıtlamaktadır. Bu da etkin olamayan karar verme birimlerinin iyileştirilmesi için açık kapıların olduğunu göstermektedir (Aydemir, 2002:100).

Seçilecek olan karar verme birimlerinin homojen olması elde edilecek sonuçların anlamlı olması açısından önemli iken, bunun kadar önemli olan diğer bir etken ise karar verme birimlerinin sayısı ile değişkenlerin sayısı arasındaki ilişkidir.

Karar verme birimlerinin sayıları ile ilgili literatürde çeşitli görüşler yer almaktadır. Burada bu görüşlerden bazılarına yer verilmiştir. Sağlık sektöründe yapılan çalışmada Sherman ve Gold (1985), karar verme birimlerinin sayısının girdiler ve çıktıların sayısının toplamından fazla olmasının uygun olacağını belirtmiştir. Vassioğlu ve Giokas (1990) ise karar verme birimlerinin sayısının girdi ve çıktıların sayılarının toplamının en az üç katı olması gerektiğini belirtmiştir. Bowlin (1998) tarafından yapılan bir çalışmada girdi ve çıktı değişkenlerinin her biri için en az üç tane karar verme birimi seçilmesi gerektiği belirtilmiştir. Boussofiâne ve diğerleri (1991), karar verme birimlerinin sayısının girdi ve çıktı sayılarının toplamının bir fazlası olması yani çıktı sayısı p ve girdi sayısı m ise en az $m + p + 1$ tane karar verme birimi olması gerektiğini savunmaktadır.

Karar verme birimi sayısı N , girdi sayısı m ve çıktı sayısı s olmak üzere (Timor ve Lorcü, 2010:28);

- a) $N \geq \max \{ m \times s, 3 \times (m + s) \}$ 'dir (Cooper ve diğerleri, 2001).
- b) $N \geq 2 (m + s)$ 'dir (Dyson ve diğerleri, 2001).

3.8.2. Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçilmesi

Veri zarflama analizi ile gerçekleştirilen etkinlik ölçümünün anlamlı olması ve karar verme birimlerinin durumunu en iyi şekilde ortaya koyabilmesi için seçilecek olan girdilerin ve çıktıların sistemi en iyi olarak tanımlayabilecek girdilerden ve çıktılarından meydana gelmesi gerekmektedir. Bu nedenle karar verme birimlerinin gerçekleştirdikleri üretim veya hizmet ile ilgili bir bağa sahip olan bütün girdiler ve çıktılar listelenerek ortaya konmalıdır. Bunun akabinde etkinliklerin hesaplanmasında görev alacak uzman kişilerin görüşleri ile istatistiki veriler ışığında girdi ve çıktıların arasında yüksek düzeyde ilişkiye sahip olanlar ve üretim veya hizmet sürecinde doğrudan etkisi olmayan girdiler ve çıktılar elenmelidir. Bu şekilde girdilerde ve çıktılarda meydana gelen azalmalarla veri zarflama analizinin araştırma kabiliyeti artmakta ve daha da anlam kazanmaktadır. Girdilerin ve çıktıların sayısının fazlaca olması aslında karar verme birimlerinin sayısının da artmasına sebebiyet

vermektedir. Böyle bir durum neticesinde karar verme birimleri homojenliğini kaybetmektedir. Bu nedenle girdilerin ve çıktıların sayılarının artması durumunda karar verme birimleri daha etkin hale gelmektedir ve bunun önüne geçebilmek için gözlem kümesinin sayısı artırılmalıdır.(Güçlü, 1999:31).

Veri zarflama analizinin uygulanabilmesi için çıktıların ve girdilerin tanımlanmasını müteakiben bütün karar verme birimlerinin çıktıları ve girdileri için sayısal verilerin belirlenmesi gerekmektedir. Eğer herhangi bir karar verme biriminin girdilerine ve çıktılarına ilişkin sayısal verilerin elde edilememesi durumunda bu karar verme birimi yapılacak olan çalışmaya dahil edilmemektedir (Aydemir, 2002:99). Veri zarflama analizinde kullanılacak olan sayısal verilerin kalitesi, söz konusu çalışma için oldukça önemlidir. Çünkü analizler girdilerin ve çıktıların fazlaca olması ile çok boyutluluğa sahip hale gelmekte ve bu da analizi daha karmaşık hale getirmektedir (Chen ve Johnson, 2006:1).

3.8.3. Veri zarflama analizi modelinin seçilmesi ve uygulanması

Veri zarflama analizinde model seçimi için bazı kriterler vardır. Öncelikli olarak analiz için tercih edilecek yöntemlerin ölçeğe göre sabit getiri mi, ölçeğe göre değişken getiri mi yoksa her ikisi mi olacağı belirlenmelidir. Ölçeğe göre değişken getiri yaklaşımında (BCC modeli) girdilerde bir artış olduğunda çıktılarda daha fazla artış olduğu varsayımına dayanmaktadır. Öte yandan ölçeğe göre sabit getiri (CCR modeli) ise etkinlik ile karar verme birimlerinin büyüklüğü arasında bir kolerasyon olmadığı varsayımına dayanmaktadır (Afonso ve Santos, 2005:12).

Mevcut sahip olunan veri yapısı ise model seçiminde dikkat edilmesi gereken diğer bir konudur. Girdi kullanımının karar verme süreçlerinde genel anlamda öncelikli faktör olması sebebiyle analistler girdi odaklı veri zarflama modellerini kullanmaktadırlar. Diğer taraftan bazı organizasyonlar sabit bir seviyede üretim gerçekleştirdiklerinden bu gibi organizasyonlar mümkün olan en fazla çıktıyı elde etmektedirler. Buna benzer durumlarda ise tercih edilen modeller çıktı odaklı modellerdir (Dilektaş, 2010:10). Hem girdi odaklı modeller hem de çıktı odaklı modeller kullanılarak çıktılar ve girdiler arasında daha fazla bilgiye ulaşılabilmekte ve daha ayrıntılı analiz yapılabilmektedir.

3.8.4. Karar verme birimlerinin etkinlik sınırları

Veri zarflama analizi modelinin seçilmesi ve uygulanmasından sonra karar verme birimleri, modellerin çözümünden elde edilen sonuçları dikkate alınarak etkinlik değerlerine göre sıralanmaktadır. Ayrıca uygulanan modellerin neticesinde etkin olmama durumuna göre de sıralama yapılabilir. Böyle bir sıralama için süper etkinlik modelleri kullanılabilir. Süper etkinlik modeli, etkin olan bir karar verme biriminin etkinlik sınırından çıkarılması ve bu karar verme biriminin etkinlik sınırına olan uzaklığının ölçülmesi esasına dayanmaktadır (Özden, 2008:178).

Süper etkinlik modelinin uygulanması neticesinde elde edilen sonuçlardan en yükseğine sahip olan karar verme birimi en etkin birimdir. Böylece etkin birimlerde süper etkinlik değerine göre kendi aralarında en küçükten en büyüğe sıralanabilirler. Etkin olmayan karar verme birimlerinin görece etkinlik değerleri ile süper etkinlik değerleri aynı olacaktır (Özden, 2008:178).

Etkinlik ölçümlerinde %100 etkin değerine sahip olmayan karar verme birimlerinin %100 değerine ulaştırmak için diğer karar verme birimlerinin çıktı ve girdi değerlerinin kötüleştirilerek performanslarında iyileştirme yapılmaması gerekmektedir (Cooper ve diğerleri, 2011: 3).

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1981 yılında yapılan bir çalışmadan bahsedilen etkinlik tanımlamalarından yola çıkarak bir karar verme birimi için etkinlikten söz edebilmek için şu durumlar olmalıdır:

- Çıktı Odaklı: Diğer çıktılarından bir kısmının azaltılması veya bir veya birden çok girdinin ise artırılması dışında başka çıktı artırılmaması durumu.
- Girdi Odaklı: Diğer girdilerden bir kısmının artırılması veya bir veya birden çok çıktının ise azaltılması dışında başka çıktı artırılmaması durumu.

Yapılan etkinlik ölçümü neticesinde elde edilen etkinlik değerleri 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Etkinlik ölçümleri sonucunda 1 değerini alan karar verme birimleri etkinlik sınırını yani sınır çizgisini oluşturmaktadırlar.

3.8.5. Referans kümelerinin oluşturulması

Referans kümeleri, yapılan etkinlik ölçümü neticesinde etkin olmayan tüm karar verme birimleri için belirlenmektedir. Etkin olmayan karar verme birimleri kendisine referans alacağı etkin olan karar verme birimlerinden oluşan bir referans kümesi oluşturur ve böylece etkin olan karar verme birimleri etkin olmayan karar verme birimlerine belirli bir skor ile referans gösterilir (Savaş, 2014:208).

3.8.6. Etkin olmayan karar verme birimleri için potansiyel iyileştirmeler

Veri zarflama analizini diğer etkinlik ölçümü yöntemlerinden ayıran belki de en önemli özelliklerinden bir tanesi etkin olmayan karar verme birimlerinin iyileştirilebilmesi için hedefler belirlemesidir. Referans kümesindeki etkin olan karar verme birimlerinin sahip olduğu çıktı ve girdi değerleri dikkate alınarak etkin olmayan karar verme birimlerinin iyileştirilmesine yönelik miktarlar belirlenir.

Referans oranları, referans alınan karar verme birimlerinin girdi değerlerinin her biri ile çarpılır ve bu işlem sonucunda elde edilen değerler toplanarak referans alan karar verme biriminin girdi değerlerinin hedefi belirlenir. Bu hedeften de mevcut girdi değerleri çıkarılarak girdi değerinde ne kadar azaltma yapılacağı bulunur (Keçek, 2010:114). Buradan yola çıkarak da yöneticiler veya karar vericiler etkin olmayan bu karar verme birimlerinin etkin hale getirilebilmesi için aksiyonlar geliştirebilirler (Savaş, 2014:208).

3.8.7. Sonuçların değerlendirilmesi

Karar verme birimlerinin belirlenen girdi ve çıktıları, detaylı bir incelemeden sonra değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme ile karar verme birimlerinin etkin ve etkin olmayanları genel bir değerlendirmeye tabi tutulmaktadır.

3.9. Veri Zarflama Analizi Modelleri

Veri zarflama analizinin farklı modelleri mevcuttur. Bu modeller ölçeğe göre değişken getiri ve ölçeğe göre sabit getiri durumlarına göre kullanılmaktadır. Charnes, Cooper ve Rhodes'in 1978 senesinde geliştirdiği girdiye yönelik CCR modeli ve çıktıya yönelik

CCR modeli ile yönelimsiz olan CRS (Constant Return to Scale) modeli ölçeğe göre sabit getiri durumlarında uygulanmaktadır. Banker, Charnes ve Cooper'ın 1984 senesinde geliştirdiği girdiye yönelik BCC modeli ve çıktıya yönelik BCC modeli ile yönelimsiz VRS (Variable Return to Scale) modeli ölçeğe göre değişken getiri durumlarında uygulanmaktadır (Charnes ve diğerleri, 1994:66).

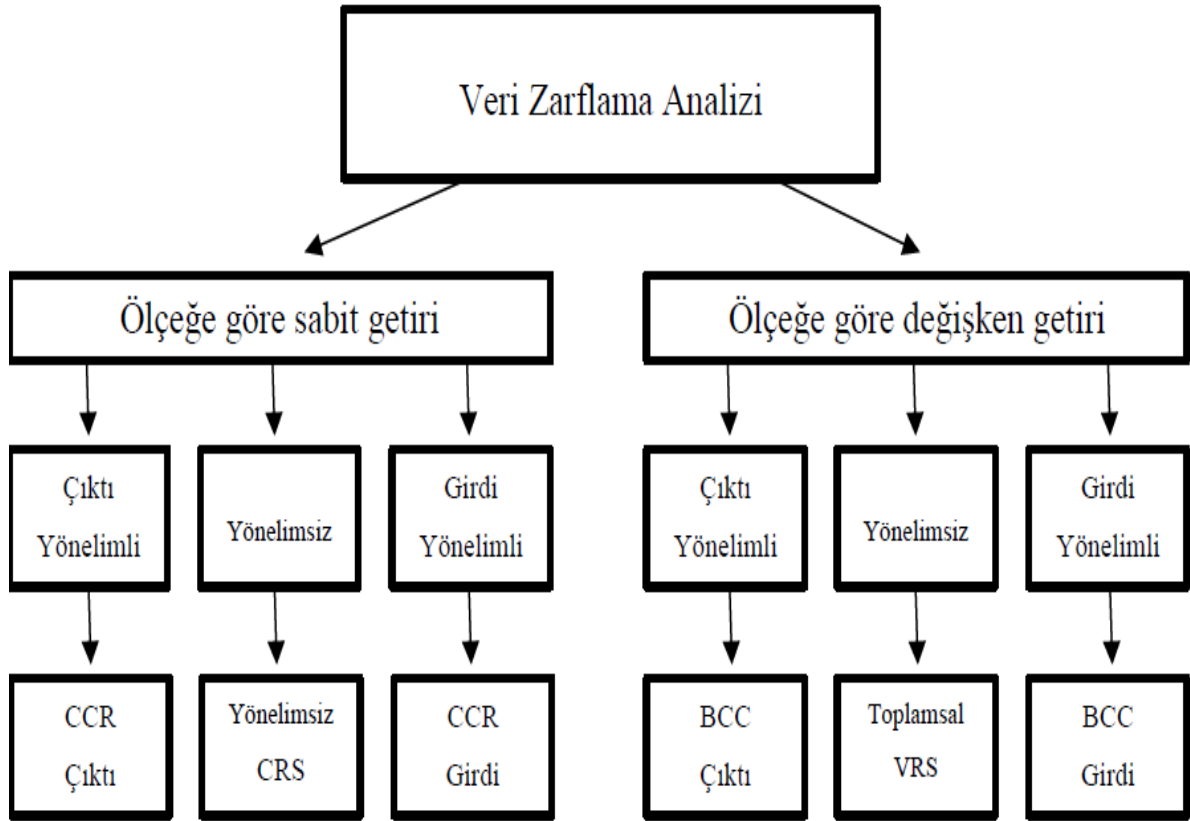
Girdiye yönelik modeller kısaca şu şekilde açıklanabilir; ulaşılmak istenen çıktı seviyelerine erişme amacıyla etkin olmayan karar verme birimlerinin mevcut girdilerinin ne kadar azaltılması gerektiğini ortaya koyan bir modeldir. Diğer bir ifadeyle çıktıların seviyelerini sabit tutarak yine bu çıktı seviyelerine minimum girdi ile nasıl ulaşılabilirliğini göstermektedir (Keçek, 2010:64).

Çıktıya yönelik modeller ise kısaca şu şekilde açıklanabilir; ulaşılmak istenen çıktı seviyelerine erişme amacıyla etkin olmayan karar verme birimlerinin elde edilen çıktıların ne kadar artırılması gerektiğini ortaya koyan bir modeldir. Diğer bir ifadeyle girdilerin seviyelerini sabit tutarak yine bu girdi seviyeleri ile maksimum çıktıya nasıl ulaşılabilirliğini göstermektedir (Keçek, 2010:64).

Ölçeğe göre sabit getiri yaklaşımında girdilerde meydana gelecek bir artışın çıktılarda da aynı oranda bir artışa sebep olacağı düşünülmekte ve etkinlik ile karar verme birimlerinin ölçeği arasında kayda değer bir ilişki bulunmadığı varsayılmaktadır. Kısaca ifade etmek gerekirse kullanılan girdilerde meydana gelecek x kat artışın çıktılarda da x kat artışa neden olacağı varsayılmaktadır (Erpolat, 2011:71; Keçek, 2010:64).

Ölçeğe göre değişken getiri yaklaşımında ise girdilerde meydana gelecek bir artışın çıktılarda aynı oranda değil oransız bir artışa sebep olacağı düşünülmekte ve etkinlik ile karar verme birimlerinin ölçeği arasında bir kolerasyon bulunduğu varsayılmaktadır. Kısaca ifade etmek gerekirse kullanılan girdilerde meydana gelecek x kat artışın çıktılarda x kattan farklı bir oranda artışa neden olacağı varsayılmaktadır (Erpolat, 2011:71; Keçek, 2010:64).

Veri zarflama analizinin girdi, çıktı, ölçeğe göre değişken getiri ve ölçeğe göre sabit getiri durumlarına göre kategorize edilmiş hali aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Veri zarflama modellerinin sınıflandırılması (Charnes ve diğerleri, 1994:66)

Veri zarflama tekniği ile yapılacak olan analizlerde, yapılacak olan çalışmanın kapsamı ve uygulanacak olan varsayıma göre Şekil 3.1’de gösterilen veri zarflama analizi modellerinden hangisinin kullanılacağı belirlenmektedir. Bununla ilgili kısa açıklamalar maddeler halinde aşağıda belirtilmektedir (Erpolat, 2011:70):

- Karar verme birimlerinin ölçeğe göre sabit getiriye uygun oldukları varsayımı altında karar verme birimlerinin toplam etkinliklerinin belirlenmesi hedefleniyorsa bu durumda CCR modeli veya CRS modeli kullanılır.
- Karar verme birimlerinin ölçeğe göre değişken getiriye uygun oldukları varsayımı altında sadece karar verme birimlerinin toplam etkinliklerinin belirlenmesi hedefleniyorsa bu durumda BCC modeli veya VRS modeli kullanılır.
- Karar verme birimlerinin etkinlikleri ile ilgili daha fazla bilgiye sahip olmak amaçlanıyorsa bu durumda teknik, ölçek ve toplam etkinliğin hesaplanması gerektiğinden hem CCR ve hem de BCC modelleri kullanılır.
- Maksimum çıktının elde edilmesi için minimum girdinin kullanılmasının hedeflendiği durumlarda ise CRS veya VRS modelleri kullanılır.

3.9.1. Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) modeli

İlk defa 1978 yılında geliştiricileri olan Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından ortaya atılan CCR modeli temel ve ilk veri zarflama modelidir. CCR modeli girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olarak kullanılabilen ve ölçeğe göre sabit getiri söz konusu olduğu durumlarda toplam etkinliğin hesaplanmasına yarayan bir veri zarflama analizi modelidir. (Charnes ve diğerleri, 1994:66)

Ölçeğe göre sabit getiri yaklaşımında girdilerde meydana gelecek bir artışın çıktılarda da aynı oranda bir artışa sebep olacağı varsayılmaktadır. CCR modeli ile yapılan analizler neticesinde etkin olmayan karar verme birimlerinin girdilerinde ve çıktılarında hangi oranda ne kadar artma veya azalma yapılması gerektiği tespit edilmektedir.

Girdiye yönelik olarak uygulanacak olan CCR modelinde ulaşmak istenen çıktı seviyelerine erişme amacıyla etkin olmayan karar verme birimlerinin mevcut girdilerinin ne kadar azaltılması gerektiğinin ortaya koyan bir modeldir (Keçek, 2010:64).

Çıktıya yönelik olarak uygulanacak olan CCR modelinde ulaşmak istenen çıktı seviyelerine erişme amacıyla etkin olmayan karar verme birimlerinin elde edilen çıktılarının ne kadar artırılması gerektiğinin ortaya koyan bir modeldir (Keçek, 2010:64).

Herhangi bir karar verme biriminin etkin olabilmesi için, Charnes ve Cooper'a göre aşağıda belirtilen maddelerden birinin sağlanması gerekmektedir (Erpolat, 2011:71):

- Bir veya daha fazla girdinin artırılması ya da çıktıların azaltılması herhangi bir çıktının artırılabilmesi için gereklidir.
- Bir veya daha fazla çıktının azaltılması ya da diğer girdilerin bazılarının azaltılması herhangi bir girdinin azaltılması için gereklidir.

Veri zarflama analizi modellerinden olan CCR modelinin girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere iki modeli vardır (Cooper ve diğerleri, 2004:13).

Girdiye yönelik CCR modeli

Belirli miktardaki çıktıyı minimum girdi ile elde etme, girdiye yönelik CCR modelinin amacıdır. Bu sebepten dolayı girdiye yönelik CCR modeli tasarruf eğilimli bir modeldir. Girdiye yönelik CCR modeli, amaç fonksiyonunu en çoklayan ağırlıkları seçmektedir (Tarım, 2001:49). Her bir karar verme biriminin etkinlik skoruna, ağırlıklı çıktının ağırlıklı girdiye oranının en çoklanmasıyla ulaşılmaktadır (Charnes ve diğerleri, 1978:430).

Aşağıda girdiye yönelik olan CCR modelinin kesirli primal denklemi verilmiştir. Bu denklem, n karar verme birimini, m girdi sayısını ve s çıktı sayısını ifade edecek şekilde çıktının girdiye oranlanmasını ifade etmektedir.

$$Enb \quad \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} / \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \quad (3.1)$$

X_{ij} : k . karar verme birimi tarafından kullanılan i . girdi miktarı ve $X_{ij} > 0$

Y_{rj} : k . karar verme birimi tarafından kullanılan r . çıktı miktarı ve $Y_{rj} > 0$

v_{ik} : k . karar verme biriminin i . girdisinin ağırlığı

u_{rk} : k . karar verme biriminin r . çıktısının ağırlığı

Bir karar verme biriminin ağırlıklarını diğer karar verme birimleri de kullandığında etkinliklerinin yüzde yüzü geçmemesi için birden küçük ve eşittir kısıtı eklenerek aşağıdaki denklem elde edilir (Ertuğrul ve Işık, 2008:206).

$$Enb \quad \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} / \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \leq 1; j = 1, \dots, n \quad (3.2)$$

Aşağıdaki kısıtlar ile de girdilerin ve çıktıların ağırlıklarının negatif olmaması sağlanır.

$$u_{rk} \geq 0; \quad r = 1, \dots, s$$

$$v_{ik} \geq 0; \quad i = 1, \dots, m \quad (3.3)$$

Bu eşitsizliklerin çözülebilmesi için doğrusal programlama formatına dönüştürülmesi gerekmektedir. Böylece simpleks algoritmalar vb ile sonuca ulaşmak mümkün olmaktadır. Bunu için en büyükleme şeklindeki amaç fonksiyonunun paydasının 1'e eşitlenmesi ve kısıt olarak eklenmesi gerekmektedir. Bu işlemler sonucu oluşan denklem aşağıda verilmiştir (Ertuğrul ve Işık, 2008:207). Bu aynı zamanda girdiye yönelik CCR modelinin primal denklemidir.

Amaç fonksiyonu:

$$Enb \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} \quad k = 1, \dots, n$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} \leq 0; \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1 \quad (3.4)$$

$$u_{rk} \geq 0; \quad r = 1, \dots, s$$

$$v_{ik} \geq 0; \quad i = 1, \dots, m$$

Enb : En büyükleme

u_r : k . karar verme birimi tarafından r . çıktıya verilen ağırlık

v_i : k . karar verme birimi tarafından i . girdiye verilen ağırlık

Y_{rk} : k . karar verme birimi tarafından üretilen r . çıktı

X_{ik} : k . karar verme birimi tarafından kullanılan i . Girdi

Y_{rj} : j . karar verme birimi tarafından üretilen r . çıktı

X_{ij} : j . karar verme birimi tarafından kullanılan i . Girdi

n : karar verme birimi sayısı

Primal denklemi denklem (3.4)'de verilen girdiye yönelik CCR modelinin dual denklemi ise aşağıda verilmiştir (Erpolat, 2011:74).

$Enk\theta_k$

$$\theta_k X_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_{jk} X_{ij} \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} Y_{rj} \geq Y_{rk}$$

$$\lambda_{jk} \geq 0 \tag{3.5}$$

Karar verme birimlerinin girdi miktarlarında olabilecek fazlalıklarının ve çıktı miktarlarında olabilecek eksikliklerinin belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda denklem (3.5)'in fazlalık ve eksiklikleri de dikkate alınarak yeniden düzenlendiği denklem aşağıda verilmiştir. (Dinçer, 2011:76).

$$Enk\theta_k - \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^s S_r^+$$

$$S_i^- = \theta_k X_{ik} - \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j$$

$$S_r^+ = \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_{jk} - Y_{rk}$$

$$\lambda_{jk}, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad (3.6)$$

Veri zarflama analizi tekniğinde herhangi bir karar verme biriminin görelî etkin olabilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir.

- $\theta = 1$
- $S_i^- = 0$ ve $S_r^+ = 0$ (3.7)

Burada θ etkinlik skorunu ifade ederken λ_j ise girdiye yönelik modeller için j. karar verme biriminin aldığı yoğunluk değerini göstermekte ve aynı zamanda etkin olmayan karar verme biriminin etkin olabilmek için referans alması gereken veya taklit etmesi gereken karar verme birimini ifade etmektedir. ε değeri 10^{-6} gibi pozitif çok küçük bir değer olarak ifade edilmektedir. Ayrıca dual forma çevrilen modelde S_i^- girdi miktarı için aylak değişkeni belirtirken S_r^+ çıktı miktarı için aylak değişkeni belirlemektedir. Diğer bir deyişle S_i^- fazla miktarda kullanılan girdileri ifade ederken S_r^+ ise eksik olan çıktıları ifade etmektedir (Erpolat, 2011:75).

Etkinlik skoru 1'e eşit ise ve hem girdide olan fazlalık miktarı hem de çıktıda olan eksiklik miktarı da sıfır ise bu durumda karar verme birimi etkindir. Eğer etkinlik skoru 1'e eşit değilse veya etkinlik skoru 1 olduğu halde aylak değişkenler sıfır değilse bu durumda karar verme birimi etkin değildir veya etkinsizdir (Erpolat, 2011:75).

Çıktıya yönelik CCR modeli

Girdi miktarlarında değişiklik yapmadan bu girdileri en etkin şekilde kullanarak elde edilen çıktı miktarlarının ne kadar artırılması konusunda analiz yapan bir modeldir. Çıktıya yönelik olan CCR modelinde ağırlıklandırılmış girdilerin yine ağırlıklandırılmış çıktılara bölünmesi işleminin minimize edilmesi söz konusudur. İşte bu, çıktıya yönelik olan CCR modelinin girdiye yönelik olan CCR modelinden farkını oluşturmaktadır (Erpolat, 2011:77).

Aşağıdaki denklemde çıktıya yönelik olan CCR modelinin kesirli denklemi verilmiştir.

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

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} / \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} \geq 1; j = 1, \dots, n$$

$$u_r > 0; \quad r = 1, \dots, s$$

$$v_i > 0; \quad i = 1, \dots, m \quad (3.8)$$

Enk : En küçükleme

u_r : k . karar verme birimi tarafından r . çıktıya verilen ağırlık

v_i : k . karar verme birimi tarafından i . girdiye verilen ağırlık

Y_{rk} : k . karar verme birimi tarafından üretilen r . çıktı

X_{ik} : k . karar verme birimi tarafından kullanılan i . Girdi

Y_{rj} : j . karar verme birimi tarafından üretilen r . çıktı

X_{ij} : j . karar verme birimi tarafından kullanılan i . Girdi

n : karar verme birimi sayısı

Yukarıda kesirli denklemi verilen çıktıya yönelik CCR modelinin doğrusal programlama modeli şeklindeki formülasyonu aşağıda verilmiştir.

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

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} = 1$$

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

$$u_r \geq 0; v_i \geq 0 \quad (3.9)$$

Denklem (3.9)'da doğrusal programlama formunda primal denklemi verilen çıktıya yönelik CCR modelinin dual formundaki denklemi aşağıda verilmiştir.

$$Enk\theta_k$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} X_{ij} \leq X_{ik}$$

$$\theta_k X_{rk} - \sum_{j=1}^n \lambda_{jk} Y_{rj} \leq 0$$

$$\lambda_{jk} \geq 0 \quad (3.10)$$

Karar verme birimlerinin girdi miktarlarında olabilecek fazlalıkların ve çıktı miktarlarında olabilecek eksikliklerin belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda denklem (3.10)'un fazlalık ve eksiklikleri de dikkate alınarak yeniden düzenlendiği denklem aşağıda verilmiştir. (Dinçer. 2011:76).

$$Enb\theta_k + \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^s S_r^+$$

$$S_i^- = X_{ik} - \sum_{j=1}^n X_{ik} \lambda_j$$

$$S_r^+ = \sum_{j=1}^n Y_{rk} \lambda_{jk} - \theta_k Y_{rk}$$

$$\lambda_{jk}, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad (3.11)$$

Veri zarflama analizi tekniğinde herhangi bir karar verme biriminin görelî etkin olabilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir.

- $\theta = 1$
- $S_i^- = 0$ ve $S_r^+ = 0$ (3.12)

Burada θ etkinlik skorunu ifade ederken λ_j ise girdiye yönelik modeller için j . karar verme biriminin aldığı yoğunluk değerini göstermekte ve aynı zamanda etkin olmayan karar verme biriminin etkin olabilmek için referans alması gereken veya taklit etmesi gereken karar verme birimini ifade etmektedir. ε değeri 10^{-6} gibi pozitif çok küçük bir değer olarak ifade edilmektedir. Ayrıca dual forma çevrilen modelde S_i^- girdi miktarı için aylak değişkeni belirtirken S_r^+ çıktı miktarı için aylak değişkeni belirtmektedir. Diğer bir deyişle S_i^- fazla miktarda kullanılan girdileri ifade ederken S_r^+ ise eksik olan çıktıları ifade etmektedir (Erpolat, 2011:75).

Etkinlik skoru 1'e eşit ise ve hem girdide olan fazlalık miktarı hem de çıktıda olan eksiklik miktarı da sıfır ise bu durumda karar verme birimi etkindir. Eğer etkinlik skoru 1'e eşit değilse veya etkinlik skoru 1 olduğu halde aylak değişkenler sıfır değilse bu durumda karar verme birimi etkin değildir veya etkinsizdir (Erpolat, 2011:75).

3.9.2. Banker, Charnes ve Cooper (BCC) modeli

Veri zarflama analizi kapsamında 1978 senesinde Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından ortaya atılan CCR modeli ile ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında etkinlik ölçümü ve analizleri yapılmaktaydı. Banker, Charnes ve Cooper ise 1984 senesinde yaptıkları çalışmalar ile ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanarak karar verme birimlerinin etkinliğini ölçen ve analiz eden ve adına BCC modelleri denilen modelleri geliştirdiler.

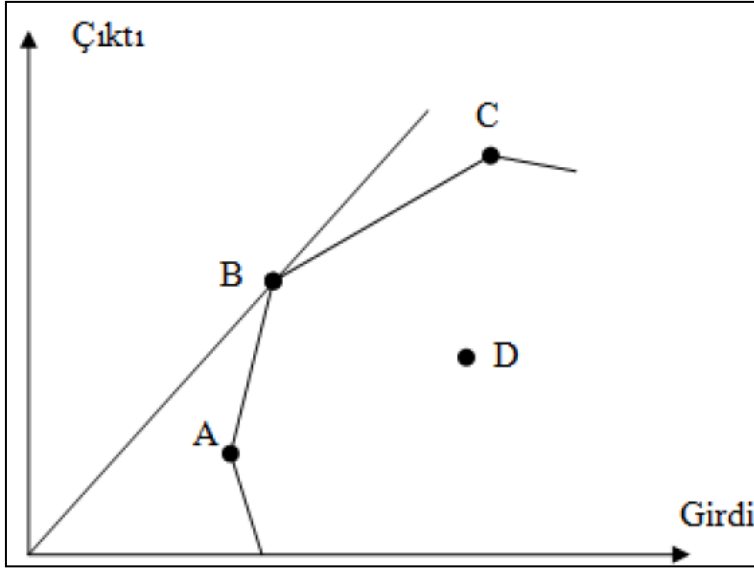
Teknik etkinlik CCR modelleri ile bulunmaktaydı. Bunun ise ölçek etkinliği ile karıştırıldığı ortaya çıktı. Bu kapsamda ölçek etkinliği ve saf teknik etkinlik olmak üzere teknik etkinlik ikiye ayrıldı. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında saf teknik etkinlik değerine BCC modelleri ile ulaşılmıştır (Erpolat, 2011:80).

BCC modelleri ile CCR modelleri arasındaki farklılık konvekslik kısıtından kaynaklanmaktadır. Bu konvekslik kısıtı CCR modellerinin dual formlarına eklenmektedir. Aşağıda verilmiş olan konvekslik kısıtı etkinlik sınırının yani BCC modellerinin ölçeğe göre değişken getiri varsayımının gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Cooper ve diğerleri, 2004:13).

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1 \quad (3.12)$$

Denklem (3.12)'de verilen konvekslik kısıtı sayesinde ayrıca ölçeğe göre değişken getiri çeşitleri de belirlenebilmektedir. Buna göre bir karar verme birimi için hesaplanan ağırlıkların toplamının yani λ_j 'lerin toplamının bir değerinin üzerinde olması durumunda karar verme birimleri ölçeğe göre azalan getiriye göre faaliyet göstermektedir. λ_j 'lerin toplamının bir değerinin altında olması durumunda karar verme birimleri ölçeğe göre artan getiriye göre faaliyet göstermektedir. λ_j 'lerin toplamının bir değerine eşit olması durumunda karar verme birimleri ölçeğe göre sabit getiriye göre faaliyette bulunmaktadır. CCR modelleri ile BCC modelleri arasındaki diğer bir fark ise u_k 'nın (çıktılara ilişkin ağırlıklar) serbest değişken olmasıdır. (Erpolat, 2011:81).

Aşağıda verilen şekilde CCR ve BCC modellerinin farkının daha iyi anlaşılabilmesi için etkinlik sınırları gösterilmiştir. Aşağıda verilen sistem dört adet karar verme birimi, bir adet çıktı ve bir adet girdiden oluşmaktadır.



Şekil 3.2. CCR Modeli ve BCC Modeli Etkinlik Sınırı (Erpolat, 2011:81)

Şekil 3.2’de verilen A, B, C ve D noktaları karar verme birimlerini göstermektedir. Orijin ile B noktasını birleştiren doğru parçası CCR modeli için etkinlik sınırını göstermektedir. A, B ve C noktalarını birleştiren doğru parçaları ise BCC modelinin etkinlik sınırı göstermektedir. CCR modelinin etkinlik sınırı doğrusal bir yapıya sahipken BCC modelinin etkinlik sınırı parçalı doğrusal yapıya sahiptir. Bu sebepten dolayı BCC modelleri ölçeğe göre değişken getiri özelliğine sahiptir.

Şekil 3.2’de görülen BCC etkinlik sınırında yer alan AB doğru parçası ölçeğe göre artan getiri özelliğine sahip iken BC doğru parçası ise ölçeğe göre azalan getiri özelliğine sahiptir. Ölçeğe göre sabit getiri özelliği ise B noktasında gözlenmektedir. Ayrıca yukarıdaki şekilde A, B ve C noktaları BCC modelinin etkinlik çizgisi üzerinde yer alarak etkin olurken B noktası hem BCC hem de CCR modellerinin etkinlik çizgisi üzerinde yer alarak her iki model için de etkin olmaktadır.

BCC modellerini girdiye yönelik BCC modelleri ve çıktıya yönelik BCC modelleri olarak iki kısımda incelenmektedir (Cooper ve diğerleri, 2000:88-90).

Girdiye yönelik BCC modeli

Bu modelde çıktılarda herhangi bir değişiklik yapmadan yani çıktıları sabit tutarak bu çıktılara, girdileri en etkin şekilde kullanarak ulaşmada, ölçeğe göre değişken getiri

varsayımı altında girdilerde ne kadar bir azaltma yapılması gerektiği tespit edilmektedir (Erpolat, 2011:82).

Aşağıda girdiye yönelik olan BCC modelinin primal doğrusal programlama denklemi verilmiştir (Cooper ve diğerleri, 2000:88).

$Enk\theta_k$

$$\theta_k X_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_{jk} X_{ij} \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} Y_{rj} \geq Y_{rk}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1$$

$$\lambda_{jk} \geq 0 \tag{3.13}$$

Aşağıda girdiye yönelik olan BCC modelinin dual doğrusal programlama denklemi verilmiştir (Erpolat, 2011:82).

Amaç fonksiyonu:

$$Enb \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} - u_k$$

Kısıtlar:

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

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

$$u_r, v_i > 0, u_k \text{ serbest} \quad (3.14)$$

Enb : En büyükleme

u_r : k . karar verme birimi tarafından r . çıktıya verilen ağırlık

v_i : k . karar verme birimi tarafından i . girdiye verilen ağırlık

Y_{rk} : k . karar verme birimi tarafından üretilen r . çıktı

X_{ik} : k . karar verme birimi tarafından kullanılan i . Girdi

Y_{rj} : j . karar verme birimi tarafından üretilen r . çıktı

X_{ij} : j . karar verme birimi tarafından kullanılan i . Girdi

n : karar verme birimi sayısı

Karar verme birimlerinin girdi miktarlarında olabilecek fazlalıklarının ve çıktı miktarlarında olabilecek eksikliklerinin belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda denklem (3.14)'ün fazlalık ve eksiklikleri de dikkate alınarak yeniden düzenlendiği denklem aşağıda verilmiştir. (Dinçer. 2011:82).

$$Enk\theta_k - \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^s S_r^+$$

$$S_i^- = \theta_k X_{ik} - \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j$$

$$S_r^+ = \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_{jk} - Y_{rk}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1$$

$$\lambda_{jk}, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad (3.15)$$

Veri zarflama analizi tekniğinde herhangi bir karar verme biriminin görelî etkin olabilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir.

- $\theta = 1$
- $S_i^- = 0$ ve $S_r^+ = 0$ (3.16)

Burada θ etkinlik skorunu ifade ederken λ_j ise girdiye yönelik modeller için j. karar verme biriminin aldığı yoğunluk değerini göstermekte ve aynı zamanda etkin olmayan karar verme biriminin etkin olabilmek için referans alması gereken veya taklit etmesi gereken karar verme birimini ifade etmektedir. ε değeri 10^{-6} gibi pozitif çok küçük bir değer olarak ifade edilmektedir. Ayrıca dual forma çevrilen modelde S_i^- girdi miktarı için aylak değişkeni belirtirken S_r^+ çıktı miktarı için aylak değişkeni belirlemektedir. Diğer bir deyişle S_i^- fazla miktarda kullanılan girdileri ifade ederken S_r^+ ise eksik olan çıktıları ifade etmektedir (Erpolat, 2011:75).

Etkinlik skoru 1'e eşit ise ve hem girdide olan fazlalık miktarı hem de çıktıda olan eksiklik miktarı da sıfır ise bu durumda karar verme birimi etkindir. Eğer etkinlik skoru 1'e eşit değilse veya etkinlik skoru 1 olduğu halde aylak değişkenler sıfır değilse bu durumda karar verme birimi etkin değildir veya etkinsizdir (Erpolat, 2011:75).

Çıktıya yönelik BCC modeli

Bu modelde girdilerde herhangi bir değişiklik yapmadan yani girdileri ve girdileri en etkin şekilde kullanarak çıktıları ulaşmada ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında çıktıları ne kadar bir artırma yapılması gerektiği tespit edilmektedir (Erpolat, 2011:82).

Aşağıda çıktıya yönelik olan BCC modelinin primal doğrusal programlama denklemi verilmiştir (Erpolat, 2011:83).

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

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

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

$$u_r \geq 0; v_i \geq 0 \quad (3.17)$$

Denklem (3.17)'de doğrusal programlama formunda primal denklemi verilen çıktıya yönelik CCR modelinin dual formundaki denklemi aşağıda verilmiştir.

Amaç fonksiyonu:

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

Kısıtlar:

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

$$\sum_{r=1}^m v_r Y_{rk} = 1$$

$$u_r, v_i > 0, v_k \text{ serbest} \quad (3.18)$$

Enk : En küçükleme

u_r : k . karar verme birimi tarafından r . çıktıya verilen ağırlık

v_i : k . karar verme birimi tarafından i . girdiye verilen ağırlık

Y_{rk} : k . karar verme birimi tarafından üretilen r . çıktı

X_{ik} : k . karar verme birimi tarafından kullanılan i . Girdi

Y_{rj} : j . karar verme birimi tarafından üretilen r . çıktı

X_{ij} : j . karar verme birimi tarafından kullanılan i . Girdi

n : karar verme birimi sayısı

Karar verme birimlerinin girdi miktarlarında olabilecek fazlalıkların ve çıktı miktarlarında olabilecek eksikliklerin belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda denklem (3.18)'in fazlalık ve eksiklikleri de dikkate alınarak yeniden düzenlendiği denklem aşağıda verilmiştir. (Dinçer, 2011:82).

$$Enb\theta_k + \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^s S_r^+$$

$$S_i^- = X_{ik} - \sum_{j=1}^n X_{ik}\lambda_j$$

$$S_r^+ = \sum_{j=1}^n Y_{rk}\lambda_{jk} - \theta_k Y_{rk}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1$$

$$\lambda_{jk}, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad (3.19)$$

Veri zarflama analizi tekniğinde herhangi bir karar verme biriminin görelî etkin olabilmesi için aşağıdaki şartları sağılaması gerekmektedir.

- $\theta = 1$
- $S_i^- = 0$ ve $S_r^+ = 0$ (3.20)

Burada θ etkinlik skorunu ifade ederken λ_j ise girdiye yönelik modeller için j . karar verme biriminin aldığı yoğunluk değerini göstermekte ve aynı zamanda etkin olmayan karar verme biriminin etkin olabilmek için referans alması gereken veya taklit etmesi gereken karar verme birimini ifade etmektedir. ε değeri 10^{-6} gibi pozitif çok küçük bir değer olarak ifade edilmektedir. Ayrıca dual forma çevrilen modelde S_i^- girdi miktarı için aylak değişkeni belirtirken S_r^+ çıktı miktarı için aylak değişkeni belirlemektedir. Diğer bir deyişle S_i^- fazla miktarda kullanılan girdileri ifade ederken S_r^+ ise eksik olan çıktıları ifade etmektedir (Erpolat, 2011:75).

Etkinlik skoru 1'e eşit ise ve hem girdide olan fazlalık miktarı hem de çıktıda olan eksiklik miktarı da sıfır ise bu durumda karar verme birimi etkindir. Eğer etkinlik skoru 1'e eşit değilse veya etkinlik skoru 1 olduğı halde aylak değişkenler sıfır değilse bu durumda karar verme birimi etkin değildir veya etkinsizdir (Erpolat, 2011:75).

Ayrıca modellerin matematiksel olarak eşitliklerinin veriler eşliğindeki gösterimi EK-1'de verilmiştir.

4. TÜRKİYE'DEKİ İLLERİN ELEKTRİK TÜKETİMLERİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Enerji üretiminde kullanılan kaynaklar yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemeyen enerji kaynakları olarak iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları için hidrolik enerjisi, güneş enerjisi, biyokütle, jeotermal enerji ve rüzgar enerjisi örnek olarak verilebilir. Yenilenemeyen enerji kaynakları için ise kömür, doğalgaz, petrol ve nükleer enerji örnek olarak verilebilir (Bahar, 2005:36).

Enerji kaynaklarının bir diğer ayrımı ise enerji kaynaklarının birincil veya ikincil enerji kaynakları olmaları durumuna göre yapılmaktadır. Birincil enerji kaynakları herhangi bir çevrime veya dönüşüme tabi tutulmayan enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynaklarına taşkömürü, odun, doğalgaz, petrol, jeotermal, hidrolik, bitki ve hayvan atıkları örnek olarak verilebilir. İkincil enerji kaynakları ise birincil enerji kaynaklarının çevrime ve dönüşüme tabi tutulmasıyla elde edilen enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji kaynaklarına elektrik enerjisi, havagazı ve kok örnek olarak verilebilir (Bahar, 2005:36).

Enerjinin en önemli bileşenlerinden bir tanesi şüphesiz ki elektrik enerjisidir. Elektrik enerjisine hayatımızın hemen hemen her alanında ihtiyaç duyulmakta ve kullanılmaktadır. Günümüz koşullarının getirdiği teknolojik ilerleme, nüfus artışları, sanayideki büyümeler ve ulaşım vb alanlarda elektriğin kullanılması ile elektrik kullanımı bir hayli artmaktadır. Hayatımızın neredeyse her noktasında yer alan elektrik enerjisinin elde edilmesi büyük önem arz etmekte ve hem yüksek iş gücü hem de yüksek maliyet gerektirmektedir. Öte yandan elektrik tüketimi ve elektrik ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. İşte tam da bu noktada elektrik enerjisinin verimli ve etkin kullanılması ön plana çıkmaktadır (Bahar, 2005:47).

Türkiye'de elektrik enerjisi tüketimi 2016 yılında 278,4 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrik tüketimi 2017 yılı Temmuz ayı sonu itibarıyla bir önceki yılın Temmuz ayı sonuna göre %4,7 artarak 167,1 milyar kWh, elektrik üretimi ise bir önceki yılın Temmuz ayı sonuna göre %6,7 oranında artarak 167,3 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrik tüketiminin 2023 yılında baz senaryoya göre yıllık ortalama %4,8 artışla 385 TWh'e ulaşması beklenmektedir (ETKB, 2017).

4.1. Uygulamanın Amacı ve Kapsamı

Elektrik tüketimi gün geçtikçe artmakta ve bunun neticesinde elektriğin etkin ve verimli kullanılması önem kazanmaktadır. Bu kapsamda, bu çalışma ile Türkiye'deki illerin elektrik tüketimlerinin karşılaştırması ile elektrik tüketimi bazında etkin ve verimli olan illerin tespit edilmesi ve etkin olmayan illerin ise etkin olabilmesi için alacakları aksiyonların belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma Türkiye'de bulunan tüm iller olmak üzere toplamda 81 ili kapsamaktadır.

4.2. Karar Verme Birimlerinin Seçilmesi

Karar verme birimleri aynı girdiler ile sonuçta aynı çıktıları elde edecek ve veri zarflama analizi ile karşılaştırılacak olan birimler olarak adlandırılır (Cooper, Seiford ve Tone, 2007: 22). Veri zarflama analizi uygulanırken bazı noktalara dikkat edilmesi gerekmektedir. Yukarıda tanımlanan karar verme birimlerinin seçilmesi veri zarflama analizinin ilk adımını oluşturmaktadır. Bu karar verme birimlerinin birbirlerine benzer ve karar verme birimlerinden oluşacak kümenin homojen olması, ulaşılabilecek sonuçların doğruluğunun daha kuvvetli olması açısından son derece önemlidir (Tarım, 2001:204). Bu kapsamda belirlenen karar verme birimleri aşağıda verilmiştir:

Çizelge 4.1. Karar verme birimleri

Sıra No	İl Adı	Sıra No	İl Adı	Sıra No	İl Adı
1	Adana	28	Edirne	55	Malatya
2	Adıyaman	29	Elazığ	56	Manisa
3	Afyonkarahisar	30	Erzincan	57	Mardin
4	Ağrı	31	Erzurum	58	Mersin
5	Aksaray	32	Eskişehir	59	Muğla
6	Amasya	33	Gaziantep	60	Muş
7	Ankara	34	Giresun	61	Nevşehir
8	Antalya	35	Gümüşhane	62	Niğde
9	Ardahan	36	Hakkâri	63	Ordu
10	Artvin	37	Hatay	64	Osmaniye
11	Aydın	38	Iğdır	65	Rize

Çizelge 4.1. (devam) Karar verme birimleri

Sıra No	İl Adı	Sıra No	İl Adı	Sıra No	İl Adı
12	Balıkesir	39	Isparta	66	Sakarya
13	Bartın	40	İstanbul	67	Samsun
14	Batman	41	İzmir	68	Siirt
15	Bayburt	42	Kahramanmaraş	69	Sinop
16	Bilecik	43	Karabük	70	Sivas
17	Bingöl	44	Karaman	71	Şanlıurfa
18	Bitlis	45	Kars	72	Şırnak
19	Bolu	46	Kastamonu	73	Tekirdağ
20	Burdur	47	Kayseri	74	Tokat
21	Bursa	48	Kırıkkale	75	Trabzon
22	Çanakkale	49	Kırklareli	76	Tunceli
23	Çankırı	50	Kırşehir	77	Uşak
24	Çorum	51	Kilis	78	Van
25	Denizli	52	Kocaeli	79	Yalova
26	Diyarbakır	53	Konya	80	Yozgat
27	Düzce	54	Kütahya	81	Zonguldak

4.3. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

Veri zarflama analizi ile gerçekleştirilen etkinlik ölçümünün anlamlı olabilmesi ve karar verme birimlerinin durumunu en iyi şekilde ortaya koyabilmesi için seçilecek olan girdilerin ve çıktıların sistemi en iyi olarak tanımlayabilecek girdilerden ve çıktılarından meydana gelmesi gerekmektedir. Bu nedenle karar verme birimlerinin gerçekleştirdikleri üretim veya hizmet ile ilgili bir bağa sahip olan bütün girdilerin ve çıktıların listelenerek ortaya konması gerekmektedir (Güçlü, 1999:31).

Bu çalışma elektrik tüketimi bazında yapıldığı için amaç elektrik tüketim miktarlarını minimize etmek olmalıdır. Tüketici sayısı da dikkate alındığında tüketim miktarları düşük olan ilin etkinlik skoru daha iyi olacaktır. Burada amaçlanan elektrik tüketim miktarlarını minimize etmek olduğu için elektrik tüketim verilerini girdi olarak almak daha doğru

olacaktır. Çünkü minimizasyon işlemi girdilere uygulanabilmektedir. Bu kapsamda belirlenen girdiler ve çıktılar aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.2. Girdi ve çıktı değişkenleri

GİRDİLER (Tüketici bazında elektrik tüketimleri)	Aydınlatma Mesken Sanayi Ticarethane
ÇIKTILAR	Tüketici Sayısı

Ayrıca, Vassioğlu ve Giokas (1990) ise karar verme birimlerinin sayısının girdi ve çıktıların sayılarının toplamının en az üç katı olması gerektiğini belirtmiştir. Bowlin (1998) tarafından yapılan bir çalışmada girdi ve çıktı değişkenlerinin her biri için en az üç tane karar verme birimi seçilmesi gerektiği belirtilmiştir. Boussofiane ve diğerleri (1991), karar verme birimlerinin sayısının girdi ve çıktı sayılarının toplamının bir fazlası olması yani çıktı sayısı p ve girdi sayısı m ise en az $m + p + 1$ tane karar verme birimi olması gerektiğini savunmaktadır. Bu çalışmada belirlenen karar verme birimi sayısı 81, girdi sayısı 4 ve çıktı sayısı 1 olduğu için karar verme birimi, girdi ve çıktı sayıları ile ilgili yukarıdaki bahsi geçen kriterler sağlanmaktadır.

4.4. Veri Zarflama Analizi Modelinin Seçilmesi

Bu çalışmada illerin etkinliklerini belirlemek amacıyla CCR ve BCC modellerinin her ikisi de kullanılmıştır. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanan CCR modeli ile toplam etkinlik değerleri, ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan BCC modeli ile teknik etkinlik değerleri elde edilmiştir. Çalışmada amaç, elektrik tüketimlerini minimize ederek karar verme birimlerinin etkinliklerini belirlemek olduğu için girdiye yönelik modeller kullanılmıştır.

Çalışmada CCR ve BCC modelleri ile elde edilen sonuçlarda bazı farklılıklar vardır. Bunun nedeni BCC modelinin konveks bir yapıya sahip olması ve etkinlik sınırının KVB'leri CCR modeline göre daha sıkı sarmasıdır. Bu nedenle CCR modeli ile elde edilen

etkinlik skoru, BCC modeli ile elde edilen etkinlik skorundan daha küçük veya bu değerlere eşit olacaktır (Deliktaş, 2002:252). Teknik etkinlik ve toplam etkinlik değerlerinin birbirine eşit olması durumunda toplam etkinlik ile teknik etkinliğin oranlanması ile hesaplanan ölçek etkinliği 1 olacaktır. Ölçek etkinliğinin 1 olması demek karar verme birimleri ölçek etkinliğine sahip olduğu anlamına gelmektedir.

4.5. Modelin Uygulanması

4.5.1. Girdi ve çıktı değişkenlerine ait verilerin elde edilmesi

Türkiye'deki illerin 2016 yılı için elektrik tüketimi ve tüketici sayısı ile ilgili girdi ve çıktı değişkenlerine yönelik veriler EPDK'nın Elektrik Piyasası 2016 Yılı Gelişim Raporu ve bilgi edinme sistemi aracılığı ile elde edilmiştir. Modelin uygulanmasında kullanılacak olan karar verme birimlerine ait girdi ve çıktı değişkenleri ile ilgili veriler aşağıda verilmiştir. İllerin elektrik tüketimlerine ilişkin genel veriler EK-2 ve EK-3 de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler

İLLER	GİRDİLER (Tüketici bazında tüketimler) (MWh)				TOPLAM TÜKETİM (MWh)	ÇIKTILAR (Adet) Tüketici Sayısı
	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane		
ADANA	92968,09	1622527,89	2794993,3	1521749,49	6032238,75	1050298
ADIYAMAN	24053,21	245164,21	505674,53	268364,26	1043256,21	208954
AFYONKARAHİSAR	52005,48	359914,47	470858,76	608714,65	1491493,36	405887
AĞRI	16875,67	160516,8	12158,93	137904,58	327455,98	162986
AKSARAY	22742,1	189860,42	182929,62	278697,85	674229,99	200886
AMASYA	29344,27	189893,95	149624,77	169630,99	538493,98	195371
ANKARA	252528,13	3768377,18	2967998,6	5156008,14	12144912	2876574
ANTALYA	160918,94	2303248,91	1055857,5	3541572,67	7061598,02	1563034
ARDAHAN	8897,2	46014,94	2816,99	57291,03	115020,16	52572
ARTVİN	26283,95	115131,25	125939,68	98547,2	365902,08	117363
AYDIN	72846,95	866813,35	519065,13	893747,47	2352472,9	653578
BALIKESİR	94426,72	817609,75	1183967,3	864255,23	2960258,98	905058
BARTIN	22298,56	121084,78	212581,59	92793,27	448758,2	133420
BATMAN	19574,74	229801,62	215687,9	216941,9	682006,16	168277
BAYBURT	8268,2	41030,62	3060,94	38770,05	91129,81	46570
BİLECİK	18820,07	103094,49	1277820,4	202480,55	1602215,48	127948
BİNGÖL	10284,64	103487,47	45745,41	103054,19	262571,71	112405
BİTLİS	17722,16	125326,25	22512,22	125166,72	290727,35	103576
BOLU	27437,97	172754,36	488793,6	307371,67	996357,6	167153

Çizelge 4.3. (devam) Girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler

İLLER	GİRDİLER (Tüketici bazında tüketimler) (MWh)				TOPLAM TÜKETİM (MWh)	ÇIKTILAR (Adet) Tüketici Sayısı
	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane		
BURDUR	22692,57	156107,71	542856,53	156338,41	877995,22	167593
BURSA	109717,53	1781249,42	5868638,3	2015941,74	9775546,96	1519338
ÇANAKKALE	41956,48	324829,74	2697231,8	429822,93	3493840,96	364936
ÇANKIRI	18995,09	98004,54	190750,29	102354,62	410104,54	124149
ÇORUM	37959,53	275436,99	232127,57	219042,39	764566,48	331243
DENİZLİ	70655,63	630531,22	1817624,6	677551,85	3196363,32	545315
DİYARBAKIR	38390,31	635580,51	421132,68	714375,93	1809479,43	501446
DÜZCE	28680,3	212835,39	546771,99	216216,64	1004504,32	175288
EDİRNE	30779,48	274899,77	409348,01	334628,62	1049655,88	236417
ELAZIĞ	33883,32	270787,23	633660,72	371355,14	1309686,41	313851
ERZİNCAN	19073,46	108756,86	100857,47	143493,41	372181,2	144790
ERZURUM	41133,79	349175,43	178518,22	380123,45	948950,89	343994
ESKİŞEHİR	44635,76	538485,83	1338353,2	637873,96	2559348,73	544714
GAZİANTEP	71571,71	1026467,29	4461694,2	1107444,55	6667177,72	677672
GİRESUN	54290,84	279644,28	65140,17	200673,76	599749,05	303835
GÜMÜŞHANE	15066,75	64470,8	246809,75	62930,44	389277,74	87316
HAKKARİ	11712,82	71456,45	754,53	86102,91	170026,71	66554
HATAY	72198,68	1007483,7	2249426,8	822210,28	4151319,47	706243
İĞDIR	11213,06	82218,95	5862,26	82262,18	181556,45	71051
ISPARTA	36884,29	282530,22	464556,27	327980,52	1111951,3	269770
İSTANBUL	464571,25	10901218,6	9769836,4	15790952,65	36926578,9	7624278
İZMİR	206892,06	4047017,48	7891361,6	3716871,25	15862142,4	2295461
KAHRAMANMARAŞ	55904,43	458895,74	2855639,4	595990,05	3966429,59	426680
KARABÜK	22540,9	144165,13	220527,5	150112,83	537346,36	158458
KARAMAN	15348,15	123387,5	217060,77	166539,84	522336,26	143610
KARS	13571,08	116341,08	71517,97	118414,59	319844,72	113858
KASTAMONU	40238,34	201368,32	362133,27	179978,86	783718,79	275467
KAYSERİ	102809,25	722649,13	1863727,4	710816,49	3400002,3	668736
KIRIKKALE	20175,47	158739,6	167724,95	159420,05	506060,07	150966
KIRKLARELİ	25392,93	231364,58	1378070	314389,6	1949217,09	198095
KIRŞEHİR	20601,16	122865,28	205776,59	138318,66	487561,69	141110
KİLİS	7511,81	74321,21	39034,29	116797,79	237665,1	61300
KOCAELİ	93106,48	1158311,99	6346153,2	1356497,37	8954069,04	844701
KONYA	141307,24	1138372,83	1813013,9	1436013,92	4528707,86	1102562
KÜTAHYA	41565,08	275115,65	797186,96	364394,98	1478262,67	372831
MALATYA	45761,83	377528,6	558242,81	443360,7	1424893,94	406430
MANİSA	72043,95	861327,03	2116944,9	940255,79	3990571,64	765686
MARDİN	25805,1	292156,89	288805,6	366729,77	973497,36	249631
MERSİN	88831,49	1382852,86	1618756,1	1252508,07	4342948,55	953969

Çizelge 4.3. (devam) Girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler

İLLER	GİRDİLER (Tüketici bazında tüketimler) (MWh)				TOPLAM TÜKETİM (MWh)	ÇIKTILAR (Adet) Tüketici Sayısı
	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane		
MUĞLA	71124,77	896202,34	712927,79	1487917,53	3168172,43	588683
MUŞ	7834,67	146225,37	116936,5	116771,43	387767,97	119669
NEVŞEHİR	31620,06	168112,09	149057,42	206050,71	554840,28	181556
NİĞDE	31709,02	165821,12	502392,07	182388,98	882311,19	194602
ORDU	68937,22	445229,86	352155,54	320725,11	1187047,73	492664
OSMANİYE	24003,45	331788,95	3030571	257241,18	3643604,62	220501
RİZE	42408,43	229004,47	226280,63	208076,97	705770,5	232904
SAKARYA	59530,68	611816,05	2379469	668126,61	3718942,29	467457
SAMSUN	96423,07	799843,97	848836,69	718549,99	2463653,72	760104
SİİRT	15364,14	117095,11	132899,3	107761,59	373120,14	89426
SİNOP	21616,89	146463,59	72846,38	92328,13	333254,99	158681
SİVAS	49993,17	318070,88	396653,72	305423,52	1070141,29	357487
ŞANLIURFA	54045,14	841145,27	740524,49	876445,51	2512160,41	565157
ŞIRNAK	11647,21	96575,21	103960,8	143180,71	355363,93	101770
TEKİRDAĞ	48491,24	589859,94	4693001,8	800665,21	6132018,15	556531
TOKAT	39795,31	307556,69	222746,08	230030,53	800128,61	316980
TRABZON	78993,06	595471,77	203622,73	491777,13	1369864,69	527861
TUNCELİ	9327,72	38176,3	8789,68	54935,36	111229,06	55815
UŞAK	21687,27	195075,55	826647,22	405486,77	1448896,81	210071
VAN	18099,8	410753,93	102969,09	366098,47	897921,29	333685
YALOVA	16166,35	180320,6	148856,93	192712,27	538056,15	194517
YOZGAT	33245,59	209178,31	165168,59	203674,12	611266,61	248164
ZONGULDAK	72384,41	405236,06	493495,5	308390,63	1279506,6	380806
GENEL TOPLAM	4218215,12	51085628	89922525	60834907,36	206061275,3	41056345

4.5.2. Etkinliğin ölçülmesi

Veri zarflama analizinin çözümünde kullanılmak üzere çeşitli programlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada Holger Scheel tarafından geliştirilen Efficiency Measurement System - EMS v1.3 paket programından yararlanılmıştır. İlk olarak girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler “.xls” uzantılı Microsoft Office Excel programında uygun formatta düzenlenmiştir. Excel formatındaki veriler EMS programındaki ilk sekmede yer alan “File” başlığı içerisinde bulunan “Load Data” seçeneği aracılığı ile EMS programına aktarılmıştır. Daha sonra üçüncü sekmede yer alan “DEA” başlığı içerisinde bulunan “Run Model” seçeneği ile program çalıştırılarak etkinlik değerleri elde edilmiştir (Scheel, 2000:1-12). Girdiye

yönelik CCR ve BCC modeli sonucu elde edilen etkinlik değerleri aşağıda verilmiştir. Ayrıca modellerin matematiksel olarak eşitliklerinin veriler eşliğindeki gösterimi EK-1’de ve model sonuçları da ayrıntılı olarak EK-4 ve EK-5’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Girdiye yönelik CCR ve BCC modeli ile elde edilen etkinlik değerleri

No	KVB (İller)	CCR ETKİNLİK DEĞERİ	ETKİNLİK	BCC ETKİNLİK DEĞERİ	ETKİNLİK
1	ADANA	72,90%	Etkin Değil	89,11%	Etkin Değil
2	ADİYAMAN	76,44%	Etkin Değil	76,45%	Etkin Değil
3	AFYONKARAHİSAR	89,48%	Etkin Değil	93,83%	Etkin Değil
4	AĞRI	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
5	AKSARAY	90,25%	Etkin Değil	90,49%	Etkin Değil
6	AMASYA	82,68%	Etkin Değil	83,09%	Etkin Değil
7	ANKARA	80,65%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
8	ANTALYA	71,31%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
9	ARDAHAN	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
10	ARTVİN	80,46%	Etkin Değil	81,63%	Etkin Değil
11	AYDIN	73,15%	Etkin Değil	90,86%	Etkin Değil
12	BALIKESİR	94,48%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
13	BARTIN	89,56%	Etkin Değil	91,72%	Etkin Değil
14	BATMAN	72,08%	Etkin Değil	72,26%	Etkin Değil
15	BAYBURT	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
16	BİLECİK	89,21%	Etkin Değil	89,31%	Etkin Değil
17	BİNGÖL	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
18	BİTLİS	72,50%	Etkin Değil	72,51%	Etkin Değil
19	BOLU	70,93%	Etkin Değil	72,43%	Etkin Değil
20	BURDUR	84,70%	Etkin Değil	86,72%	Etkin Değil
21	BURSA	93,24%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
22	ÇANAKKALE	89,41%	Etkin Değil	90,01%	Etkin Değil
23	ÇANKIRI	92,13%	Etkin Değil	93,91%	Etkin Değil
24	ÇORUM	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
25	DENİZLİ	74,40%	Etkin Değil	77,60%	Etkin Değil
26	DİYARBAKIR	86,91%	Etkin Değil	91,73%	Etkin Değil
27	DÜZCE	66,71%	Etkin Değil	67,81%	Etkin Değil
28	EDİRNE	73,20%	Etkin Değil	73,22%	Etkin Değil
29	ELAZIĞ	93,59%	Etkin Değil	93,96%	Etkin Değil
30	ERZİNCAN	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
31	ERZURUM	86,29%	Etkin Değil	95,79%	Etkin Değil
32	ESKİŞEHİR	97,34%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
33	GAZİANTEP	68,61%	Etkin Değil	72,31%	Etkin Değil

Çizelge 4.4.(devam)Girdiye yönelik CCR ve BCC modeli ile elde edilen etkinlik değerleri

No	KVB (İller)	CCR ETKİNLİK DEĞERİ	ETKİNLİK	BCC ETKİNLİK DEĞERİ	ETKİNLİK
34	GİRESUN	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
35	GÜMÜŞHANE	97,99%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
36	HAKKARİ	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
37	HATAY	77,18%	Etkin Değil	88,49%	Etkin Değil
38	IĞDIR	81,42%	Etkin Değil	89,52%	Etkin Değil
39	ISPARTA	77,36%	Etkin Değil	77,50%	Etkin Değil
40	İSTANBUL	89,02%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
41	İZMİR	66,46%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
42	KAHRAMANMARAŞ	75,99%	Etkin Değil	77,12%	Etkin Değil
43	KARABÜK	85,27%	Etkin Değil	86,35%	Etkin Değil
44	KARAMAN	95,11%	Etkin Değil	97,13%	Etkin Değil
45	KARS	85,65%	Etkin Değil	86,02%	Etkin Değil
46	KASTAMONU	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
47	KAYSERİ	73,68%	Etkin Değil	82,19%	Etkin Değil
48	KIRIKKALE	79,83%	Etkin Değil	80,42%	Etkin Değil
49	KIRKLARELİ	73,23%	Etkin Değil	73,72%	Etkin Değil
50	KİRŞEHİR	86,66%	Etkin Değil	87,46%	Etkin Değil
51	KİLİS	75,29%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
52	KOCAELİ	71,18%	Etkin Değil	75,89%	Etkin Değil
53	KONYA	79,72%	Etkin Değil	97,79%	Etkin Değil
54	KÜTAHYA	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
55	MALATYA	89,65%	Etkin Değil	92,57%	Etkin Değil
56	MANİSA	85,18%	Etkin Değil	91,29%	Etkin Değil
57	MARDİN	79,78%	Etkin Değil	81,32%	Etkin Değil
58	MERSİN	75,95%	Etkin Değil	93,29%	Etkin Değil
59	MUĞLA	64,49%	Etkin Değil	71,59%	Etkin Değil
60	MUŞ	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
61	NEVŞEHİR	80,07%	Etkin Değil	84,36%	Etkin Değil
62	NİĞDE	85,22%	Etkin Değil	85,33%	Etkin Değil
63	ORDU	95,22%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
64	OSMANİYE	74,85%	Etkin Değil	75,66%	Etkin Değil
65	RİZE	79,40%	Etkin Değil	80,95%	Etkin Değil
66	SAKARYA	68,74%	Etkin Değil	71,90%	Etkin Değil
67	SAMSUN	81,98%	Etkin Değil	98,25%	Etkin Değil
68	SİİRT	63,50%	Etkin Değil	69,37%	Etkin Değil
69	SİNOP	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
70	SİVAS	88,34%	Etkin Değil	91,73%	Etkin Değil
71	ŞANLIURFA	72,22%	Etkin Değil	77,48%	Etkin Değil

Çizelge 4.4.(devam)Girdiye yönelik CCR ve BCC modeli ile elde edilen etkinlik değerleri

No	KVB (İller)	CCR ETKİNLİK DEĞERİ	ETKİNLİK	BCC ETKİNLİK DEĞERİ	ETKİNLİK
72	ŞIRNAK	89,29%	Etkin Değil	91,63%	Etkin Değil
73	TEKİRDAĞ	91,14%	Etkin Değil	93,78%	Etkin Değil
74	TOKAT	91,93%	Etkin Değil	92,68%	Etkin Değil
75	TRABZON	80,60%	Etkin Değil	100,00%	Etkin
76	TUNCELİ	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
77	UŞAK	91,60%	Etkin Değil	92,05%	Etkin Değil
78	VAN	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
79	YALOVA	100,00%	Etkin	100,00%	Etkin
80	YOZGAT	94,08%	Etkin Değil	97,36%	Etkin Değil
81	ZONGULDAK	76,74%	Etkin Değil	80,22%	Etkin Değil

Girdiye yönelik CCR modeli ve BCC modeline ilişkin sonuçların kısa bir özeti aşağıdaki istatistiki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.5. İstatistiki girdiye yönelik CCR ve BCC modeli verileri

	CCR	BCC
İl (KVB) Sayısı	81	81
Etkin Olan İl Sayısı	15	26
Etkin Olmayan İl Sayısı	66	55
En Düşük Etkinlik	63,50%	67,81%
En Yüksek Etkinlik	100,00%	100,00%
Ortalama Etkinlik	84,98%	89,61%
Etkin Olan İller	Ağrı, Ardahan, Bayburt, Bingöl, Çorum, Erzincan Giresun, Hakkari, Kastamonu, Kütahya, Muş, Sinop, Tunceli, Van, Yalova	Ağrı, Ardahan, Bayburt, Bingöl, Çorum, Erzincan Giresun, Hakkari, Kastamonu, Kütahya, Muş, Sinop, Tunceli, Van, Yalova Ankara, Antalya, Balıkesir, Bursa, Eskişehir, Gümüşhane, İstanbul, İzmir, Kilis, Ordu, Trabzon
En Düşük Etkiliğe Sahip İl	SİİRT (BCC'ye göre 80. sırada)	DÜZCE (CCR'ye göre 78. sırada)

4.5.3. Referans kümeleri

Veri zarflama analizi çözümlerinde hangi etkin olan karar verme birimlerinin hangi etkin olmayan karar verme birimlerince referans alındığı belirlenmektedir. Bu kapsamda girdiye yönelik CCR modeli ve BCC modeli ile oluşturulan referans kümeleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.6. Girdiye yönelik CCR ve BCC modeline göre referans kümeleri

NO	İLLER	CCR'YE GÖRE REFERANSLAR	BCC'YE GÖRE REFERANSLAR
1	ADANA	24 (0,05) 78 (2,08) 79 (1,76)	12 (0,36) 21 (0,32) 40 (0,02) 78 (0,31)
2	ADIYAMAN	24 (0,01) 54 (0,08) 79 (0,89)	17 (0,02) 24 (0,01) 54 (0,08) 79 (0,88)
3	AFYONKARAHİSAR	30 (1,45) 54 (0,24) 79 (0,54)	12 (0,17) 24 (0,45) 46 (0,39)
4	AĞRI	4	3
5	AKSARAY	30 (0,50) 54 (0,03) 79 (0,60)	24 (0,12) 30 (0,32) 54 (0,03) 79 (0,52)
6	AMASYA	24 (0,47) 46 (0,02) 54 (0,00) 76 (0,59)	24 (0,48) 30 (0,08) 46 (0,00) 76 (0,44)
7	ANKARA	78 (3,67) 79 (8,48)	3
8	ANTALYA	17 (3,69) 78 (1,93) 79 (2,59)	0
9	ARDAHAN	1	0
10	ARTVİN	46 (0,22) 69 (0,25) 76 (0,29)	15 (0,62) 35 (0,01) 46 (0,24) 69 (0,13)
11	AYDIN	17 (1,89) 78 (0,29) 79 (1,77)	7 (0,07) 12 (0,12) 75 (0,37) 78 (0,44)
12	BALIKESİR	24 (0,71) 54 (0,63) 79 (2,25)	21
13	BARTIN	46 (0,28) 69 (0,36)	35 (0,49) 46 (0,08) 69 (0,43)
14	BATMAN	24 (0,14) 78 (0,14) 79 (0,39)	17 (0,12) 24 (0,08) 60 (0,36) 79 (0,45)
15	BAYBURT	0	3
16	BİLECİK	54 (0,22) 76 (0,81)	46 (0,02) 54 (0,22) 76 (0,77)

Çizelge 4.6. (devam) Girdiye yönelik CCR ve BCC modeline göre referans kümeleri

NO	İLLER	CCR'YE GÖRE REFERANSLAR	BCC'YE GÖRE REFERANSLAR
17	BİNGÖL	10	15
18	BİTLİS	4 (0,37) 17 (0,02) 24 (0,02) 76 (0,58)	4 (0,37) 17 (0,02) 24 (0,02) 69 (0,00) 76 (0,58)
19	BOLU	54 (0,41) 76 (0,27)	17 (0,16) 54 (0,32) 76 (0,52)
20	BURDUR	24 (0,28) 46 (0,03) 54 (0,18)	17 (0,24) 24 (0,26) 54 (0,09) 76 (0,41)
21	BURSA	78 (2,49) 79 (3,54)	8
22	ÇANAKKALE	54 (0,68) 79 (0,57)	32 (0,12) 54 (0,71) 79 (0,16)
23	ÇANKIRI	46 (0,30) 54 (0,07) 76 (0,25)	24 (0,09) 46 (0,18) 54 (0,01) 76 (0,72)
24	ÇORUM	29	25
25	DENİZLİ	24 (0,31) 54 (0,38) 79 (1,55)	12 (0,34) 24 (0,08) 54 (0,38) 78 (0,20)
26	DİYARBAKIR	78 (0,86) 79 (1,10)	12 (0,16) 32 (0,01) 40 (0,01) 78 (0,82)
27	DÜZCE	24 (0,26) 54 (0,17) 79 (0,12)	17 (0,45) 24 (0,21) 54 (0,12) 76 (0,23)
28	EDİRNE	30 (0,06) 54 (0,23) 79 (0,72)	24 (0,02) 30 (0,04) 54 (0,23) 79 (0,71)
29	ELAZIĞ	54 (0,53) 79 (0,59)	32 (0,06) 54 (0,55) 79 (0,39)
30	ERZİNCAN	14	7
31	ERZURUM	17 (2,32) 30 (0,45) 76 (0,34)	24 (0,37) 34 (0,22) 63 (0,11) 78 (0,29)
32	ESKİŞEHİR	78 (0,19) 79 (2,48)	9
33	GAZİANTEP	78 (0,75) 79 (2,20)	12 (0,13) 21 (0,18) 32 (0,29) 78 (0,40)
34	GİRESUN	0	4
35	GÜMÜŞHANE	46 (0,27) 76 (0,25)	2
36	HAKKARİ	0	0

Çizelge 4.6. (devam) Girdiye yönelik CCR ve BCC modeline göre referans kümeleri

NO	İLLER	CCR'YE GÖRE REFERANSLAR	BCC'YE GÖRE REFERANSLAR
37	HATAY	24 (0,67) 60 (3,01) 78 (0,37)	12 (0,53) 21 (0,06) 78 (0,41)
38	IĞDIR	4 (0,27) 9 (0,51) 76 (0,01)	4 (0,20) 15 (0,79) 78 (0,00)
39	ISPARTA	17 (0,88) 24 (0,04) 30 (0,13) 54 (0,37)	24 (0,19) 30 (0,13) 54 (0,31) 79 (0,37)
40	İSTANBUL	78 (22,85)	4
41	İZMİR	24 (0,01) 78 (5,54) 79 (2,29)	0
42	KAHRAMANMARAŞ	54 (0,66) 79 (0,92)	12 (0,01) 32 (0,27) 54 (0,72)
43	KARABÜK	24 (0,23) 46 (0,04) 54 (0,15) 76 (0,31)	17 (0,09) 24 (0,24) 54 (0,10) 76 (0,57)
44	KARAMAN	30 (0,09) 54 (0,19) 79 (0,30)	17 (0,70) 54 (0,15) 76 (0,15)
45	KARS	17 (0,67) 24 (0,05) 30 (0,13) 54 (0,01)	17 (0,75) 24 (0,04) 54 (0,01) 76 (0,20)
46	KASTAMONU	13	11
47	KAYSERİ	24 (1,24) 54 (0,68) 79 (0,01)	12 (0,54) 46 (0,22) 63 (0,24)
48	KIRIKKALE	17 (0,49) 24 (0,16) 30 (0,07) 54 (0,08)	17 (0,60) 24 (0,15) 54 (0,07) 76 (0,19)
49	KIRKLARELİ	54 (0,20) 79 (0,63)	17 (0,35) 54 (0,18) 79 (0,47)
50	KİRŞEHİR	24 (0,12) 46 (0,06) 54 (0,16) 76 (0,46)	17 (0,02) 24 (0,16) 54 (0,12) 76 (0,69)
51	KİLİS	17 (0,43) 30 (0,02) 79 (0,05)	0
52	KOCAELİ	78 (0,41) 79 (3,64)	12 (0,23) 21 (0,22) 32 (0,55)
53	KONYA	30 (1,18) 54 (1,20) 79 (2,49)	7 (0,10) 12 (0,90)
54	KÜTAHYA	34	25
55	MALATYA	17 (0,38) 30 (0,37) 54 (0,41) 79 (0,82)	12 (0,20) 24 (0,23) 54 (0,22) 79 (0,35)
56	MANİSA	78 (0,24) 79 (3,53)	12 (0,34) 21 (0,14) 32 (0,32) 78 (0,20)

Çizelge 4.6. (devam) Girdiye yönelik CCR ve BCC modeline göre referans kümeleri

NO	İLLER	CCR'YE GÖRE REFERANSLAR	BCC'YE GÖRE REFERANSLAR
57	MARDİN	78 (0,02) 79 (1,25)	12 (0,02) 54 (0,10) 78 (0,14) 79 (0,73)
58	MERSİN	24 (0,53) 78 (1,80) 79 (0,91)	12 (0,61) 21 (0,09) 40 (0,02) 78 (0,28)
59	MUĞLA	78 (0,32) 79 (2,48)	7 (0,04) 12 (0,26) 63 (0,09) 78 (0,62)
60	MUŞ	2	2
61	NEVŞEHİR	24 (0,13) 30 (0,30) 54 (0,06) 76 (1,31)	24 (0,19) 30 (0,80) 34 (0,01)
62	NİĞDE	46 (0,39) 54 (0,16) 76 (0,51)	46 (0,42) 54 (0,15) 76 (0,43)
63	ORDU	24 (0,36) 46 (0,35) 69 (1,71) 76 (0,11)	5
64	OSMANİYE	24 (0,22) 60 (1,24)	24 (0,27) 60 (0,53) 78 (0,20)
65	RİZE	24 (0,08) 46 (0,35) 69 (0,37) 76 (0,92)	24 (0,44) 30 (0,25) 46 (0,15) 76 (0,16)
66	SAKARYA	24 (0,03) 54 (0,17) 79 (2,03)	12 (0,16) 32 (0,13) 54 (0,39) 78 (0,32)
67	SAMSUN	24 (1,50) 54 (0,02) 79 (1,31)	12 (0,63) 63 (0,11) 75 (0,26)
68	SİİRT	17 (0,00) 24 (0,18) 54 (0,04) 79 (0,07)	15 (0,44) 17 (0,46) 24 (0,01) 69 (0,09)
69	SİNOP	7	5
70	SİVAS	24 (0,63) 46 (0,15) 54 (0,18) 76 (0,71)	12 (0,08) 24 (0,52) 46 (0,40)
71	ŞANLIURFA	78 (0,82) 79 (1,49)	12 (0,22) 21 (0,02) 40 (0,01) 78 (0,75)
72	ŞIRNAK	30 (0,23) 54 (0,03) 79 (0,29)	17 (0,69) 54 (0,02) 76 (0,29)
73	TEKİRDAĞ	78 (0,21) 79 (2,49)	12 (0,00) 21 (0,01) 32 (0,99)
74	TOKAT	4 (0,12) 24 (0,83) 69 (0,14)	4 (0,08) 24 (0,87) 34 (0,04) 78 (0,01)
75	TRABZON	4 (1,41) 24 (0,32) 69 (0,90) 76 (0,89)	2
76	TUNCELİ	18	15

Çizelge 4.6. (devam) Girdiye yönelik CCR ve BCC modeline göre referans kümeleri

NO	İLLER	CCR'YE GÖRE REFERANSLAR	BCC'YE GÖRE REFERANSLAR
77	UŞAK	54 (0,23) 79 (0,64)	17 (0,27) 54 (0,21) 79 (0,52)
78	VAN	19	16
79	YALOVA	38	11
80	YOZGAT	24 (0,49) 30 (0,28) 54 (0,01) 76 (0,73)	24 (0,48) 30 (0,43) 34 (0,09)
81	ZONGULDAK	46 (0,77) 69 (1,07)	46 (0,41) 63 (0,52) 69 (0,07)

Çizelge 4.6'da etkin olmayan illerin referans aldıkları etkin iller ve etkin olan illeri ne oranda referans aldıkları yer almaktadır. Bununla beraber etkin illerin ise kaç kere referans gösterildikleri de yer almaktadır.

Birkaç örnek ile açıklayacak olursak girdiye yönelik CCR modeline göre Zonguldak, 46 numaralı il olan Kastamonu'yu 0,77 oranında ve 69 numaralı il olan Sinop'u 1,07 oranında referans almıştır. Etkin olan Kastamonu 13 ve Sinop ise 7 farklı il tarafından referans alınmıştır.

Girdiye yönelik CCR modeline göre en çok referans alınan il 38 kere referans alınma sayısı ile Yalova iken en az referans alınan il 0 kere referans alınma sayısı ile Bayburt, Giresun ve Hakkari'dir.

Girdiye yönelik BCC modeline göre Yozgat, 24 numaralı il olan Çorum'u 0,48 oranında, 30 numaralı il olan Erzincan'ı 0,43 oranında ve 34 numaralı il olan Giresun'u 0,09 oranında referans almıştır. Etkin olan Çorum 25, Erzincan 7 ve Giresun ise 4 farklı il tarafından referans gösterilmiştir.

Girdiye yönelik BCC modeline göre en çok referans alınan il 25 kere referans alınma sayısı ile Çorum ve Kütahya iken en az referans alınan il 0 kere referans alınma sayısı ile Antalya, Ardahan, Hakkari, İzmir ve Kilis'dir.

4.5.4. Potansiyel iyileştirmeler

EMS paket programı yardımıyla yapılan girdiye yönelik CCR ve BCC modellerinin çözümünde etkin olmayan illerin etkin olabilmesi için girdilerinde yapması gereken azaltma miktarı belirlenmektedir. Diğer bir ifadeyle etkin olmayan illerin etkin olmasına engel olan girdilerindeki fazlalıklar belirlenmektedir.

Bu kapsamda girdiye yönelik CCR ve BCC modelleri ile elde edilen girdi fazlalıkları (potansiyel iyileştirmeler) EK-4 ve EK-5’de verilmiştir. Burada sadece örnek olması ve izahat yapılması açısından ele alınan Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’deki üç il için girdi fazlalıkları yorumlanmıştır.

Çizelge 4.7. Girdiye yönelik CCR modeline göre girdi fazlalıkları (MWh)

İLLER	AYDINLATMA	MESKEN	SANAYİ	TİCARETHANE
ADANA	0	0	1550993,39	0
ADİYAMAN	0	0	184289,66	0
AFYONKARAHİSAR	0	0	0	143732,14

Çizelge 4.7.’de girdiye yönelik CCR modeline göre girdideki fazlalıklar verilmiştir. Buna göre Adana’nın etkin olabilmesi için sanayideki elektrik tüketimini 1550993,39 MWh, Adıyaman’nın etkin olabilmesi için sanayideki elektrik tüketimini 184289,66 MWh, Afyonkarahisar’ın etkin olabilmesi için ise ticarethanedeki elektrik tüketimini 143732,14 MWh azaltmalıdır.

Çizelge 4.8. Girdiye yönelik BCC modeline göre girdi fazlalıkları (MWh)

İLLER	AYDINLATMA	MESKEN	SANAYİ	TİCARETHANE
ADANA	0	259079,71	0	0
ADİYAMAN	0	0	185143,05	0
AFYONKARAHİSAR	495,76	0	0	259073,71

Çizelge 4.8.’de girdiye yönelik BCC modeline göre girdideki fazlalıklar verilmiştir. Buna göre Adana’nın etkin olabilmesi için meskendeki elektrik tüketimini 259079,71 MWh, Adıyaman’nın etkin olabilmesi için sanayideki elektrik tüketimini 185143,05 MWh, Afyonkarahisar’ın etkin olabilmesi için ise ticarethanedeki elektrik tüketimini 259073,71 MWh ve aydınlatmadaki elektrik tüketimini 495,76 MWh azaltmalıdır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME

Dünya ile birlikte Türkiye’de de enerji verimliliğinin önemi gün geçtikçe daha net anlaşılmakta ve enerji verimliliğini artırıcı çalışmalar yaygınlaşmaktadır. Elektriğin hayatımızdaki her alana girmesi ve teknolojinin hızla ilerlemesi ile birlikte elektriğe olan ihtiyaç ve buna bağlı olarak ortaya çıkan elektrik talebi katlanarak artmaktadır. Bu nokta da enerji verimliliği ve elektriğin etkin kullanımı önem kazanarak ön plana çıkmaktadır.

Mevcut durumu ortaya koyarak geleceğe yönelik atılacak adımlara yön vermesi noktasında karar vericilere yardımcı olacak olan bu çalışma, elektrik tüketimlerinin azaltılmasında öncelik verilecek illeri ve illerdeki tüketici türlerini ortaya koyarak karar vericilere önemli bilgiler sunmaktadır. Enerji verimliliği faaliyetlerini, bu çalışma ile elde edilen bilgiler ışığında yönlendirmek oldukça yararlı olacaktır.

Etkinlik ölçme tekniklerinden olan veri zarflama analizi kullanılarak yapılan bu çalışmada elektrik tüketimi konusunda il bazında etkinlik değerleri belirlenmiş ve iyileştirme konusunda tespitlerde bulunulmuştur. Yapılan bu tespitlerin dikkate alınması enerji verimliliği konusunda daha etkin bir yöntem izlenmesine olanak sağlayacaktır.

CCR ve BBC modellerinin her ikisinin de kullanılması ile bu iki model arasındaki farklılıklar görülmüştür. CCR modelinde etkin çıkan iller BCC modelinde de etkin çıkmıştır. CCR modelinde 15 il etkin çıkarken BCC modelinde 26 il etkin çıkmıştır. Bu da BCC modelinin daha iyimser bir model olduğunu ortaya koymaktadır.

Şekil 1’de görüldüğü üzere özellikle CCR modelinin çözümüne göre Güneydoğu Anadolu ve Karadeniz gibi sanayinin az olduğu bölgelerdeki etkin il sayısının diğer bölgelere göre oldukça fazla olduğu dikkat çekmektedir. Daha iyimser sonuçlar sunan BCC modeli çözümünde ise yine sanayisi az olan Güneydoğu ve Karadeniz Bölgesi’nin etkin il sayısının fazla olması ile birlikte Ege, Marmara ve İç Anadolu Bölgesi gibi sanayisi çok olan bölgelerde de etkin il sayısının arttığı görülmektedir.

Yapılan çalışma neticesinde ağırlıklı olarak sanayi bazında elektrik tüketimleri az olan illerin etkin çıktıkları görülmektedir. Bu da sanayinin elektrik tüketimindeki payının

önemli olduğunu göstermektedir. Genel olarak küçük sanayilere küçük şehirlerin sahip olduğu düşüncesi ile hareket edilirse etkin çıkan illerin çoğunluğunu küçük şehirlerin oluşturduğu görülmektedir.

CCR modeli dikkate alındığında elektrik tüketim etkililiğini artırma faaliyetlerine en az etkin olan Siirt ve Muğla gibi illerden başlanabilir. Ayrıca yine CCR modeli dikkate alındığında potansiyel iyileştirme değeri en yüksek olan İstanbul, Bursa ve İzmir gibi illerde söz konusu iyileştirmeyi gerçekleştirmek, elektrik tüketiminin miktarsal olarak daha çok azaltılmasına kısa vadede önemli katkı sağlayacak ve ekonomik katkısı daha büyük olacaktır.

BCC modeli dikkate alındığında ise elektrik tüketim etkililiğini artırma faaliyetlerine en az etkin olan Düzce ve Siirt gibi illerden başlanabilir. Ayrıca yine BCC modeli dikkate alındığında potansiyel iyileştirme değeri en yüksek olan Tekirdağ, Kocaeli ve Osmaniye gibi illerde söz konusu iyileştirmeyi gerçekleştirmek, elektrik tüketiminin miktarsal olarak daha çok azaltılmasına kısa vadede önemli katkı sağlayacak ve ekonomik katkısı daha büyük olacaktır.

Aydınlatma konusunda potansiyel iyileştirmeye sahip olan illerde sokak lambalarının çalışma saatlerinin revize edilmesi, lambaların daha tasarruflu olanlarla değiştirilmesi, yansıtma yöntemi ile daha az lamba kullanılması ve akıllı aydınlatma sistemlerinin kullanılması gibi yöntemlerle iyileştirmeler konusunda ciddi ve sonuç verici adımlar atılabilir.

Mesken, ticarethane ve sanayide tespit edilen potansiyel iyileştirmeler için ise gereksiz lamba, makine ve cihaz kullanımının azaltılması, yüksek enerji verimliliği sınıfına sahip lamba, makine ve cihaz kullanımının artırılması, doğal aydınlatmadan maksimum seviyede yararlanılmaya çalışılması, akıllı teknolojilerin kullanılması ve elektriğin daha az tüketilmesi ile enerji verimliliği konularında insanların bilinçlendirilmesi gibi çeşitli çalışmalar hayata geçirilerek söz konusu iyileştirmeler gerçekleştirilebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuç

Türkiye’de mevcut bulunan 81 ili kapsayan ve söz konusu illerin tüketici bazındaki (aydınlatma, mesken, sanayi ve ticarethane) 2016 yılı elektrik tüketim miktarları ile tüketici sayılarını kullanarak yapılan bu çalışmada illerin göreceli (birbirlerine göre) etkinlikleri belirlenmiştir.

Çalışmada çıktı değişkenlerini (tüketici sayısı) sabit tutarak girdi değişkenlerinde (aydınlatma, mesken, sanayi ve ticarethane) meydana gelecek değişiklikler tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle girdilerini minimize ederek etkin olan ve etkin olmayan iller belirlenmiş ve girdilerde azaltılması gereken miktarlar tespit edilmiştir. Veri zarflama analizi modellerinden olan girdiye yönelik CCR modeli ve girdiye yönelik BCC modeli kullanılarak EMS programı aracılığıyla etkinlikler belirlenmiştir. Her iki veri zarflama analizi modeli kullanılarak modellerin sonuçlardaki etkisi görülmüştür.

CCR modeli ile yapılan analiz sonuçlarına göre Türkiye’deki 81 ilden 15 tanesi etkin çıkarken 66 tanesi etkin çıkmamıştır. En düşük etkinlik değerine sahip il 63,50 % etkinlik değeri ile Siirt ili olmuştur. Ortalama etkinlik değeri ise 84,98 %’dir.

BCC modeli ile yapılan analiz sonuçlarına göre Türkiye’deki 81 ilden 26 tanesi etkin çıkarken 55 tanesi etkin çıkmamıştır. En düşük etkinlik değerine sahip il 67,81 % etkinlik değeri ile Düzce ili olmuştur. Ortalama etkinlik değeri ise 89,61 %’dir.

CCR ve BCC modellerine ilişkin etkin ve etkin olmayan iller Tablo 4’te, istatistiki veriler Tablo 5’te, hedef değerler Tablo 6’da ve potansiyel iyileştirmeler ise Tablo 7’de ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı üzere BCC modeli CCR modeline göre daha iyimser bir tablo çizmektedir. Bu iyimser tablonun sebebi Denklem 3.5’teki konvekslik kısıtıdır. BCC modeline eklenen konvekslik kısıtı ile etkinlik sınırı daha kapsayıcı hale gelmiş ve daha fazla il etkinlik sınırına dahil olmuştur. CCR modelinde etkin çıkan tüm

iller BCC modelinde de etkin çıkmıştır. Literatür incelendiğinde de bu durumun beklenen bir sonuç olduğu görülmektedir.

Bu çalışma, elektriğin etkin kullanımı konusunda etkin olmayan iller ve bu illere ait potansiyel iyileştirmelerin belirlenmesi ile elektriğin etkin kullanımına yönelik alınacak olan karar ve aksiyonlarda hangi illere ve bu ildeki hangi tüketici türüne öncelik verileceği hususunda karar vericilere fayda sağlayacaktır. Böylece elektrik tüketim etkinliğinin artırılması ve potansiyel iyileştirmelerin gerçekleştirilmesi konusunda daha doğru ve etkili adımlar atılabilecektir. Bu yönüyle bu çalışma, elektrik tüketim etkinliğinin artırılması faaliyetlerine önemli bir girdi teşkil etmektedir.

6.2. Öneriler

Enerji talebinin hızlı bir şekilde artması ile birlikte enerji verimliliği giderek önem kazanmaktadır. Türkiye’deki iller üzerinde yapılan bu çalışma; enerji verimliliği konusunda belirlenecek politika ve stratejiler açısından önemli bir yol gösterici olacaktır.

Yapılan bu çalışmanın sonucunda şu önerilerde bulunulabilir:

- İllerin elektrik tüketimleri ile tüketici sayılarının yıllar içerisindeki değişimleri Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi ile analiz edilebilir.
- Yıllar içerisindeki etkinlik değerleri ve etkinlik değişimleri elde edilebilir.
- Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri ile illerin geleceğe yönelik elektrik tüketimleri, tüketici sayıları ve etkinliklerine ilişkin tahminler yapılabilir.
- Olası etkinsizlikler için proaktif bir yaklaşım benimsenerek eylem planları hazırlanabilir.

KAYNAKLAR

- Afonso, A., ve Santos, M. (2005). Students and Teachers: A DEA Approach to The Relative Efficiency of Portuguese Public Universities. *ISEG-UTL Economics Working Paper*, 07, 12.
- Akal, Z. (1992). *İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi: Çok Yönlü Performans Göstergeler*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 1,5.
- Akal, Z. (2002). *İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi: Çok Yönlü Performans Göstergeler*. Ankara: MPM Yayınları, No 473, 128.
- Akın, B. ve Öztürk, E. (2005). *İstatistik Proses Kontrol Tekniklerinin Bilgisayar Ortamında Uygulanması*. 5. Ekonometri Sempozyumu, İstanbul.
- Aktaş, H. (2001). İşletme Performansının Ölçümünde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı. *Celal Bayar Üniversitesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 1(1), 164-166.
- Atan, M. (2003). Türkiye Bankacılık Sektöründe Veri Zarflama Analizi İle Bilançoya Dayalı Mali Etkinlik Ve Verimlilik Analizi. *Ekonomik Yaklaşım Dergisi*, 14(48), 74-76.
- Ateş, A. (2010). *Türkiye Konteyner Terminallerinde Verimlilik Analizi*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 89.
- Avcı, B. (2004). *İşletmeler Arası Göreli Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı: Veri Zarflama Analizi ve Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, 54-61.
- Aydemir, Z.C. (2002). *Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması*. DPT Uzmanlık Tezleri, Ankara, Yayın No:2664, 99-100.
- Bahar, O. (2005). Türkiye’de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(14), 35-59.
- Bakırcı, F. (2006). Sektörel Bazda Bir Etkinlik Ölçümü: VZA ile Bir Analiz. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(2), 202-206.
- Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Sciences*, 1089.

- Baş, M. İ. ve Artar, A. (1990). *İşletmelerde Verimlilik Denetimi: Ölçme ve Değerlendirme Modelleri*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No 435, 35.
- Berger, A.N. and Humphrey, D.B. (1997). Efficiency of Financial Institutions. *International Survey and Directions for Future Research*, 97(05), 6-8.
- Boussofiane, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E. (1991). Applied Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1-15.
- Bowlin, W. F. (1998). Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA). *The Journal of Cost Analysis*, 15(2), 3-27.
- Cenger, H. (2011). İMKB’de İşlem Gören Çimento Şirketlerinin Performanslarının Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25(3-4), 31-44.
- Chang, S.Y. and Chen, T.H. (2008). Performance Ranking of Asian Lead Frame Firms: A Slack-Based Method in Data Envelopment Analysis. *International Journal of Production Research*, 46 (14).
- Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, 430.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1982). Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through. *Management Science*, 27(6), 668-697.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin A.Y. and Seiford, L.M. (1994). *Data envelopment analysis: Theory, Methodology and Applications*. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 66.
- Chen, W. C., and Johnson, A. L. (2006). Detecting Efficient and Inefficient Outliers in Data Envelopment Analysis, Available at SSRN 929971, 1.
- Cingi, S. ve Tarım, A. (2000). *Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü DEA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması*. İstanbul: Türkiye Bankalar Birliği.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J. and Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Springer Science ve Business Media, 58.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. and Tone, K. (2000). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 88-90

- Cooper, W.W., Seiford, L.M. and Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text With Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Second Editions. Newyork: Springer Science & Business Media, 22-152.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. and Zhu, J. (2004). *Handbook on data envelopment analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 13.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. and Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Newyork: Springer Science & Business Media, 2-3.
- Deliktaş, E., (2000). İzmir Küçük, Orta ve Büyük Ölçekli İmalat Sanayinde Üretim Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi, *Ege Üniversitesi Working Paper in Economics*, No: 06/03, 1-49.
- Deliktaş, E., (2002). Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi. *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 29(3-4), 247.
- Demir, H., Alpugan, O., Oktav, M. ve Nurel, Ü. (1995). *İşletme Ekonomisi ve Yönetimi*. İstanbul: Beta Yayıncılık, 13.
- Demirci, A. (2012). *OECD Üyesi Ülkelerin Ekonomik ve Sosyal Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum, 6,26-27.
- Dinçer, S.E. (2008). Veri Zarflama Analizinde Malmquist Endeksiyle Toplam Faktör Verimliliği Değişiminin İncelenmesi ve İMKB Üzerine Bir Uygulama. *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*, Cilt 25-2, 832
- Dinçer, S.E. (2011). *Stratejik Planlama ve Veri Zarflama Analizinde Etkinlik Ölçümü*. İstanbul: Der Yayınları, 42-82.
- Drucker, P. F. (1977). *Management; An Abridged and Revised Version of Management: Task Responsibilities and Practices*, New York: Pan Books, 44.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, (2016). *Elektrik Piyasası 2016 Yılı Piyasa Gelişim Raporu*. Ankara: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 19-26.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, (2017). *2016 Yılına İlişkin İl Bazında Tüketici Sayısı*. Ankara: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 1.
- Erpolat, S. (2011). *Veri Zarflama Analizi: Ağırlık Kısıtlamasız, Ağırlık Kısıtlı, Şans Kısıtlı, Bulanık*. İstanbul: Evrim Yayınevi, 22-82.

- Ertuğrul, İ. ve Işık, A.T. (2008). İşletmelerin VZA İle Mali Tablolarına Dayalı Etkinlik Ölçümü: Metal Ana Sanayisinde Bir Uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 10/1, 206.
- Ganley, J. A. and Cubbin, J. S. (1992). *Public Sector Efficiency Measurement: Application of Data Envelopment Analysis*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Gattoufi, S., Oral, M. and Reisman, A. (2004). *Data Envelopment Analysis Literature: A Bibliography Update (1951-2001)*. Socio-Economic Planning Sciences, 38(2-3), 159-229.
- Gencan, S. (2014). *Hastanelerin Performansının Veri Zarflama Analizi/Analitik Hiyerarşi Prosesi Bütünleşik Yöntemi Kullanılarak Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir, 5.
- Golany, B. and Yu, G (1997). Estimating Returns to Scale in DEA. *European Journal of Operational Research*, 103(1), 28.
- Güçlü, A. (1999). *Türk Silahlı Kuvvetleri Hastanelerinde Teknik Verimlilik Ölçümü: Veri Zarflama Analizi Uygulaması*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, GATA Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 31.
- Güran, M. C. (2005). *Kamu Hizmetlerinde Performans Ölçümü, Türkiye'deki Kamu Üniversiteleri İçin Bir Performans Ölçümü Uygulaması*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 114.
- Horngren, T. C., Foster, G. and Datar, M. S. (2000). *Cost Accounting A Managerial Emphasis* (Tenth Edition). London: Prentice Hall International, 290.
- İnternet: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.enerji.gov.tr%2Ftr-TR%2FSayfalar%2FElektrik&date=2017-12-05>, Son Erişim Tarihi: 05.12.2017.
- Karaca, C. (2010). *Veri Zarflama Analizi ile Antalya Bölgesindeki Ziraat Bankası Şubelerinin Performans Değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 3-4.
- Karahan A. ve Özgür E. (2009). *Hastanelerde Performans Yönetim Sistemi ve Veri Zarflama Analizi*. Ankara: Nobel Yayın.
- Kayalıdere, K. ve Kargın, S. (2004). Çimento ve Tekstil Sektörlerinde Etkinlik Çalışması ve Veri Zarflama Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 119.

- Keçek, G. (2010). *Veri Zarflama Analizi: Teori ve Uygulama Örneği*. Ankara: Siyasal Kitabevi, 16-114.
- Kılıçkaplan, S. ve Karpaz, G. (2004). Türkiye Hayat Sigortası Sektöründe Etkinliğin İncelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 2.
- Kobu, B. (2014). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: Beta Basım Yayım, 55.
- Koçak, S. (2006). *Türk Telekom Erişim Şebekelerinde Performans Ölçümü: Veri Zarflama Analizi (VZA) Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 3-10.
- Kurşun, S. (2016). *Veri Zarflama Analizi ile Performans Değerlendirme: Katılım Bankacılığı Sektöründe Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 15-33.
- Lorcu, F. (2008). *Veri Zarflama Analizi (DEA) ile Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkelerinin Sağlık Alanındaki Etkinliklerinin Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 47.
- Mirzapour, A. (2014). *Veri Zarflama Analizinde Yeni Karar Destek Sistemi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 11.
- Özden Ü. H. (2008). Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Türkiye'deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37-2, 178.
- Prokopenko, J. (1995). *Verimlilik Yönetimi: Uygulamalı El Kitabı* (Çev. Baykal, O., Atalay, N. ve Fidan, E.). Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No 476 (Eserin orijinali 1987'de yayımlandı),3.
- Ruggiero, J. (2000). Theory and Methodology: Measuring Technical Efficiency. *European Journal Of Operations Research*, 121(1), 138-139.
- Savaş, F. (2014). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri - Veri Zarflama Analizi*. Bursa: Dora Yayınları, 208.
- Scheel, H. (2000). EMS: Efficiency Measurement System User's Manuel - 1.3, 1-12
- Sezen, B. (2011). *Üretim Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar ve Uygulamalar*. Ankara: Elif Yayınevi, 59.

- Shao, B.B.M. and Lin, W.T. (2001). Measuring The Volume of Information Technology in Technical Efficiency with Stochastic Production Frontiers. *Information and Software Technology*, 43(1), 447-456.
- Sherman, H. D. (1984). Data Envelopment Analysis as a New Managerial Audit Methodology- Test and Evaluation. *Auditing. A Journal of Practice and Theory*, 35-53.
- Sherman, H. D., and Gold, F. (1985). Bank Branch Operating Efficiency: Evaluation with Data Envelopment Analysis. *Journal of Banking & Finance*, 9(2), 297-315.
- Stiffler, M.A. (2006). *Performance: Creating The Performance-Driven Organization*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 31.
- Tangen, S., (2005). Demystifying Productivity and Performance, *International Journal of Productivity and Performance Management*. 54(1), 41.
- Tarım, A. (2001). *Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı*. Sayıstay Yayınları, No 15, 5-50.
- Tatlıses, N. (1994). *Hastanelerde Verimlilik İzleme Yöntemleri ve Üç Büyük Hastanenin Verimlilik Verilerinin ve Oranlarının Karşılaştırmalı Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 7.
- Tetik, S. (2003). İşletme Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 10(2), 221-222.
- Timor M., ve Lorcü F. (2010) Türkiye ve Avrupa Birliğine Üye Ülkelerin Sağlık Sistem Performanslarının Kümeleme ve Veri Zarflama Analizi İle Karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi, İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 21, 65, 25-46
- Tosun, K. (1990). *İşletme Yönetimi* 5. Baskı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları, 11.
- Turdi, M. A. (2016). *Perakende Mağazacılık Zincirinin Verimliliklerinin Karşılaştırılmasında Veri Zarflama Analizinin Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 48.
- Ulucan, A. (2002). ISO 500 Şirketlerinin Etkinliklerinin Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi: Farklı Girdi Çıktı Bileşenleri ve Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımları ile Değerlendirmeler. *Ankara: Üniversitesi SBF Dergisi*, 57(02), 188.

- Vassiloglou, M., and Giokas, D. (1990). A Study Of The Relative Efficiency of Bank Branches: An Application of Data Envelopment Analysis. *Journal of The Operational Research Society*, 591-597.
- Yolalan, R. (1993). *İşletmeler Arası Göreli Etkinlik Ölçümü*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No 483, 65-70.
- Yoluk, M. (2010.) *Hastane Performansının Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi İle Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 33.
- Yükçü, S. ve Atağan, G. (2009). Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(4), 5.
- Yüksel, H. (2013). *Üretim / İşlemler Yönetimi: Temel Kavramlar* (3. Baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 53.

EKLER

EK-1. Girdiye yönelik CCR ve BCC modellerinin örnek eşitlikleri

Adana ili için girdiye yönelik CCR ve BCC modellerine ait eşitlikler diğer iller için de örnek teşkil etmesi açısından aşağıda verilmiştir:

Amaç Fonksiyonu:

$$Enk = \theta_0 - \varepsilon(s_1^- + s_2^- + s_3^- + s_4^- + s_5^+)$$

Kısıtlar:

$$\text{Aydınlatma} : 92968,09\theta_0 - 92968,09\lambda_1 - 24053,21\lambda_2 - 52005,48\lambda_3 - 16875,67\lambda_4 - \dots - 33245,59\lambda_{80} - 72384,41\lambda_{81} - s_1^- = 0$$

$$\text{Mesken} : 1622527,89\theta_0 - 1622527,89\lambda_1 - 245164,21\lambda_2 - 359914,47\lambda_3 - 160516,8\lambda_4 - \dots - 209178,31\lambda_{80} - 405236,06\lambda_{81} - s_2^- = 0$$

$$\text{Sanayi} : 2794993,3\theta_0 - 2794993,3\lambda_1 - 505674,53\lambda_2 - 470858,76\lambda_3 - 12158,93\lambda_4 - \dots - 165168,59\lambda_{80} - 493495,5\lambda_{81} - s_3^- = 0$$

$$\text{Ticarethane} : 1521749,49\theta_0 - 1521749,49\lambda_1 - 268364,26\lambda_2 - 608714,65\lambda_3 - 137904,58\lambda_4 - \dots - 203674,12\lambda_{80} - 308390,63\lambda_{81} - s_4^- = 0$$

$$\text{Tüketici Sayısı: } 1050298\lambda_1 + 208954\lambda_2 + 405887\lambda_3 + 162986\lambda_4 + \dots + 248164\lambda_{80} + 380806\lambda_{81} - s_5^+ = 1050298$$

$$s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_5^+, \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, 81$$

Yukarıdaki kısıtlara aşağıdaki konvekslik kısıtı ilave edilerek BCC modeli elde edilir.

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \dots + \lambda_{80} + \lambda_{81} = 1$$

Diğer tüm illerin için de yukarıdaki şekildeki gibi eşitlikler oluşturularak çözüme gidilebilir.

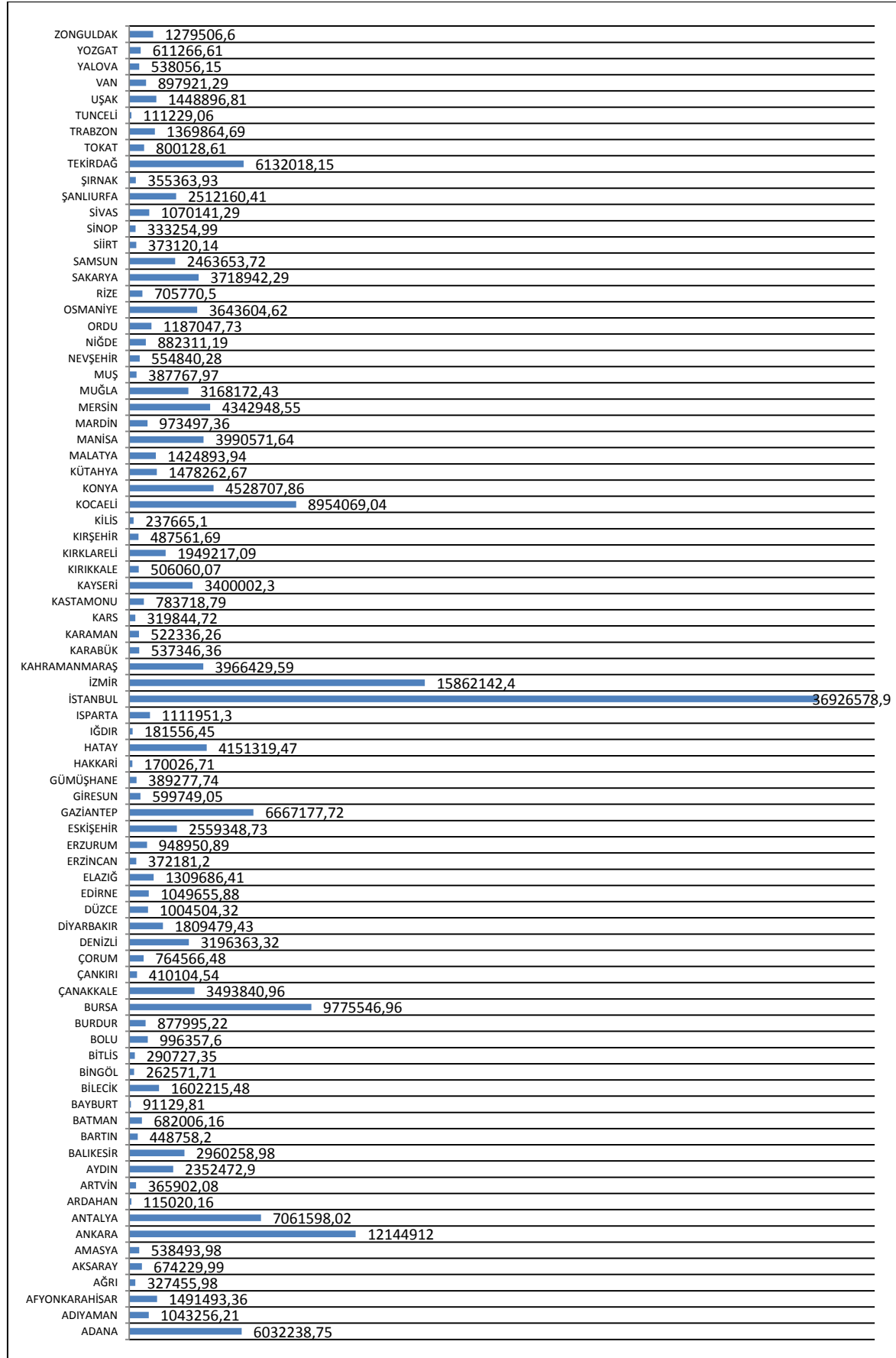
EK-2. İllere ait elektrik tüketimi ve tüketici sayılarına ilişkin genel veriler

İller	Tüketim Miktarı (MWh)	Tüketici Sayısı (Adet)	Toplam Tüketimdeki Payı	Toplam Tüketicideki Payı	Tüketici Başına Düşen MWh
ADANA	6032238,8	1050298	2,93%	2,56%	5,74
ADİYAMAN	1043256,2	208954	0,51%	0,51%	4,99
AFYONKARAHİSAR	1491493,4	405887	0,72%	0,99%	3,67
AĞRI	327455,98	162986	0,16%	0,40%	2,01
AKSARAY	674229,99	200886	0,33%	0,49%	3,36
AMASYA	538493,98	195371	0,26%	0,48%	2,76
ANKARA	12144912	2876574	5,89%	7,01%	4,22
ANTALYA	7061598	1563034	3,43%	3,81%	4,52
ARDAHAN	115020,16	52572	0,06%	0,13%	2,19
ARTVİN	365902,08	117363	0,18%	0,29%	3,12
AYDIN	2352472,9	653578	1,14%	1,59%	3,60
BALIKESİR	2960259	905058	1,44%	2,20%	3,27
BARTIN	448758,2	133420	0,22%	0,32%	3,36
BATMAN	682006,16	168277	0,33%	0,41%	4,05
BAYBURT	91129,81	46570	0,04%	0,11%	1,96
BİLECİK	1602215,5	127948	0,78%	0,31%	12,52
BİNGÖL	262571,71	112405	0,13%	0,27%	2,34
BİTLİS	290727,35	103576	0,14%	0,25%	2,81
BOLU	996357,6	167153	0,48%	0,41%	5,96
BURDUR	877995,22	167593	0,43%	0,41%	5,24
BURSA	9775547	1519338	4,74%	3,70%	6,43
ÇANAKKALE	3493841	364936	1,70%	0,89%	9,57
ÇANKIRI	410104,54	124149	0,20%	0,30%	3,30
ÇORUM	764566,48	331243	0,37%	0,81%	2,31
DENİZLİ	3196363,3	545315	1,55%	1,33%	5,86
DİYARBAKIR	1809479,4	501446	0,88%	1,22%	3,61
DÜZCE	1004504,3	175288	0,49%	0,43%	5,73
EDİRNE	1049655,9	236417	0,51%	0,58%	4,44
ELAZIĞ	1309686,4	313851	0,64%	0,76%	4,17
ERZİNCAN	372181,2	144790	0,18%	0,35%	2,57
ERZURUM	948950,89	343994	0,46%	0,84%	2,76
ESKİŞEHİR	2559348,7	544714	1,24%	1,33%	4,70
GAZİANTEP	6667177,7	677672	3,24%	1,65%	9,84
GİRESUN	599749,05	303835	0,29%	0,74%	1,97
GÜMÜŞHANE	389277,74	87316	0,19%	0,21%	4,46
HAKKARİ	170026,71	66554	0,08%	0,16%	2,55
HATAY	4151319,5	706243	2,01%	1,72%	5,88
IĞDIR	181556,45	71051	0,09%	0,17%	2,56
ISPARTA	1111951,3	269770	0,54%	0,66%	4,12
İSTANBUL	36926579	7624278	17,92%	18,57%	4,84
İZMİR	15862142	2295461	7,70%	5,59%	6,91

EK-2. (devam) İllere ait elektrik tüketimi ve tüketici sayılarına ilişkin genel veriler

İller	Tüketim Miktarı (MWh)	Tüketici Sayısı (Adet)	Toplam Tüketimdeki Payı	Toplam Tüketicideki Payı	Tüketici Başına Düşen MWh
KAHRAMANMARAŞ	3966429,6	426680	1,92%	1,04%	9,30
KARABÜK	537346,36	158458	0,26%	0,39%	3,39
KARAMAN	522336,26	143610	0,25%	0,35%	3,64
KARS	319844,72	113858	0,16%	0,28%	2,81
KASTAMONU	783718,79	275467	0,38%	0,67%	2,85
KAYSERİ	3400002,3	668736	1,65%	1,63%	5,08
KIRIKKALE	506060,07	150966	0,25%	0,37%	3,35
KIRKLARELİ	1949217,1	198095	0,95%	0,48%	9,84
KİRŞEHİR	487561,69	141110	0,24%	0,34%	3,46
KİLİS	237665,1	61300	0,12%	0,15%	3,88
KOCAELİ	8954069	844701	4,35%	2,06%	10,60
KONYA	4528707,9	1102562	2,20%	2,69%	4,11
KÜTAHYA	1478262,7	372831	0,72%	0,91%	3,96
MALATYA	1424893,9	406430	0,69%	0,99%	3,51
MANİSA	3990571,6	765686	1,94%	1,86%	5,21
MARDİN	973497,36	249631	0,47%	0,61%	3,90
MERSİN	4342948,6	953969	2,11%	2,32%	4,55
MUĞLA	3168172,4	588683	1,54%	1,43%	5,38
MUŞ	387767,97	119669	0,19%	0,29%	3,24
NEVŞEHİR	554840,28	181556	0,27%	0,44%	3,06
NİĞDE	882311,19	194602	0,43%	0,47%	4,53
ORDU	1187047,7	492664	0,58%	1,20%	2,41
OSMANİYE	3643604,6	220501	1,77%	0,54%	16,52
RİZE	705770,5	232904	0,34%	0,57%	3,03
SAKARYA	3718942,3	467457	1,80%	1,14%	7,96
SAMSUN	2463653,7	760104	1,20%	1,85%	3,24
SİİRT	373120,14	89426	0,18%	0,22%	4,17
SİNOP	333254,99	158681	0,16%	0,39%	2,10
SİVAS	1070141,3	357487	0,52%	0,87%	2,99
ŞANLIURFA	2512160,4	565157	1,22%	1,38%	4,45
ŞIRNAK	355363,93	101770	0,17%	0,25%	3,49
TEKİRDAĞ	6132018,2	556531	2,98%	1,36%	11,02
TOKAT	800128,61	316980	0,39%	0,77%	2,52
TRABZON	1369864,7	527861	0,66%	1,29%	2,60
TUNCELİ	111229,06	55815	0,05%	0,14%	1,99
UŞAK	1448896,8	210071	0,70%	0,51%	6,90
VAN	897921,29	333685	0,44%	0,81%	2,69
YALOVA	538056,15	194517	0,26%	0,47%	2,77
YOZGAT	611266,61	248164	0,30%	0,60%	2,46
ZONGULDAK	1279506,6	380806	0,62%	0,93%	3,36
GENEL TOPLAM	206061275	41056345	100,00%	100,00%	5,02

EK-3. İllere ait elektrik tüketimleri grafiği



EK-4. Girdiye yönelik CCR modeli sonuçları

No	İller	Etkinlik Değeri (%)	Referanslar	Girdi Fazlalıkları (Artıklar) (MWh)			
				Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
1	ADANA	72,90	24 (0,05) 78 (2,08) 79 (1,76)	0	0	1550993,39	0
2	ADIYAMAN	76,44	24 (0,01) 54 (0,08) 79 (0,89)	0	0	184289,66	0
3	AFYON KARAHİSAR	89,48	30 (1,45) 54 (0,24) 79 (0,54)	0	0	0	143732,14
4	AĞRI	100,00	4				
5	AKSARAY	90,25	30 (0,50) 54 (0,03) 79 (0,60)	0	0	0	52636,21
6	AMASYA	82,68	24 (0,47) 46 (0,02) 54 (0,00) 76 (0,59)	0	0	0	0
7	ANKARA	80,65	78 (3,67) 79 (8,48)	0	0	752465,91	1178144,47
8	ANTALYA	71,31	17 (3,69) 78 (1,93) 79 (2,59)	0	0	0	938946,42
9	ARDAHAN	100,00	1				
10	ARTVİN	80,46	46 (0,22) 69 (0,25) 76 (0,29)	4047,94	0	0	0
11	AYDIN	73,15	17 (1,89) 78 (0,29) 79 (1,77)	0	0	0	11618,11
12	BALIKESİR	94,48	24 (0,71) 54 (0,63) 79 (2,25)	0	0	120049,21	0
13	BARTIN	89,56	46 (0,28) 69 (0,36)	1041,25	0	63623,68	0
14	BATMAN	72,08	24 (0,14) 78 (0,14) 79 (0,39)	0	0	50815,01	0
15	BAYBURT	100,00	0				
16	BİLECİK	89,21	54 (0,22) 76 (0,81)	0	0	956197,07	55261,18
17	BİNGÖL	100,00	10				
18	BİTLİS	72,50	4 (0,37) 17 (0,02) 24 (0,02) 76 (0,58)	0	0	0	0
19	BOLU	70,93	54 (0,41) 76 (0,27)	0	0	18784,86	54557,71
20	BURDUR	84,70	24 (0,28) 46 (0,03) 54 (0,18)	0	0	239464,51	0
21	BURSA	93,24	78 (2,49) 79 (3,54)	0	0	4688465,31	286064,07
22	ÇANAKKALE	89,41	54 (0,68) 79 (0,57)	0	0	1784746,78	26131,89
23	ÇANKIRI	92,13	46 (0,30) 54 (0,07) 76 (0,25)	0	0	6426,05	0
24	ÇORUM	100,00	29				

EK-4. (devam) Girdiye yönelik CCR modeli sonuçları

No	İller	Etkinlik Değeri (%)	Referanslar	Girdi Fazlalıkları (Artıklar) (MWh)			
				Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
25	DENİZLİ	74,40	24 (0,31) 54 (0,38) 79 (1,55)	0	0	749625,47	0
26	DİYARBAKIR	86,91	78 (0,86) 79 (1,10)	0	0	113739,86	93406,21
27	DÜZCE	66,71	24 (0,26) 54 (0,17) 79 (0,12)	0	0	147399,37	0
28	EDİRNE	73,20	30 (0,06) 54 (0,23) 79 (0,72)	0	0	0,01	11880,19
29	ELAZIĞ	93,59	54 (0,53) 79 (0,59)	0	0	80564,11	39269,26
30	ERZİNCAN	100,00	14				
31	ERZURUM	86,29	17 (2,32) 30 (0,45) 76 (0,34)	0	0	0	6564,79
32	ESKİŞEHİR	97,34	78 (0,19) 79 (2,48)	0	0	914732,98	74518,52
33	GAZİANTEP	68,61	78 (0,75) 79 (2,20)	0	0	2656598,43	61779,65
34	GİRESUN	100,00	0				
35	GÜMÜŞHANE	97,99	46 (0,27) 76 (0,25)	1715,35	0	143191,63	0
36	HAKKARİ	100,00	0				
37	HATAY	77,18	24 (0,67) 60 (3,01) 78 (0,37)	0	0	1190699,96	0
38	IĞDIR	81,42	4 (0,27) 9 (0,51) 76 (0,01)	0	0	0	322,72
39	ISPARTA	77,36	17 (0,88) 24 (0,04) 30 (0,13) 54 (0,37)	0	0	0	0
40	İSTANBUL	89,02	78 (22,85)	0	318968,48	6344313,28	5692089,23
41	İZMİR	66,46	24 (0,01) 78 (5,54) 79 (2,29)	0	0	4331892,84	0
42	KAHRAMAN MARAŞ	75,99	54 (0,66) 79 (0,92)	0	0	1503801,6	33502,05
43	KARABÜK	85,27	24 (0,23) 46 (0,04) 54 (0,15) 76 (0,31)	0	0	0	0
44	KARAMAN	95,11	30 (0,09) 54 (0,19) 79 (0,30)	0	0	0	17067,98
45	KARS	85,65	17 (0,67) 24 (0,05) 30 (0,13) 54 (0,01)	0	0	0	0
46	KASTAMONU	100,00	13				
47	KAYSERİ	73,68	24 (1,24) 54 (0,68) 79 (0,01)	0	0	537898,92	0
48	KIRIKKALE	79,83	17 (0,49) 24 (0,16) 30 (0,07) 54 (0,08)	0	0	0	0

EK-4. (devam) Girdiye yönelik CCR modeli sonuçları

No	İller	Etkinlik Değeri (%)	Referanslar	Girdi Fazlalıkları (Artıklar) (MWh)			
				Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
49	KIRKLARELİ	73,23	54 (0,20) 79 (0,63)	0	0	754431,64	34975,97
50	KIRŞEHİR	86,66	24 (0,12) 46 (0,06) 54 (0,16) 76 (0,46)	0	0	0	0
51	KİLİS	75,29	17 (0,43) 30 (0,02) 79 (0,05)	0	0	0	30772,4
52	KOCAELİ	71,18	78 (0,41) 79 (3,64)	0	0	3932819,67	114159,82
53	KONYA	79,72	30 (1,18) 54 (1,20) 79 (2,49)	0	0	0	58310,39
54	KÜTAHYA	100,00	34				
55	MALATYA	89,65	17 (0,38) 30 (0,37) 54 (0,41) 79 (0,82)	0	0	0	0,03
56	MANİSA	85,18	78 (0,24) 79 (3,53)	0	0	1253172,11	33976,53
57	MARDİN	79,78	78 (0,02) 79 (1,25)	0	0	41897,82	44681,72
58	MERSİN	75,95	24 (0,53) 78 (1,80) 79 (0,91)	0	0,02	785083,83	0,01
59	MUĞLA	64,49	78 (0,32) 79 (2,48)	0	0	57646	365010,84
60	MUŞ	100,00	2				
61	NEVŞEHİR	80,07	24 (0,13) 30 (0,30) 54 (0,06) 76 (1,31)	0	0	0	0
62	NİĞDE	85,22	46 (0,39) 54 (0,16) 76 (0,51)	0	0	157650,87	0
63	ORDU	95,22	24 (0,36) 46 (0,35) 69 (1,71) 76 (0,11)	0	0	0	0
64	OSMANİYE	74,85	24 (0,22) 60 (1,24)	0	6984,29	2072893,72	0
65	RİZE	79,40	24 (0,08) 46 (0,35) 69 (0,37) 76 (0,92)	0	0	0	0
66	SAKARYA	68,74	24 (0,03) 54 (0,17) 79 (2,03)	0	0	1192159,64	0
67	SAMSUN	81,98	24 (1,50) 54 (0,02) 79 (1,31)	0	0	136010,32	0
68	SİİRT	63,50	17 (0,00) 24 (0,18) 54 (0,04) 79 (0,07)	0	0	0	0
69	SİNOP	100,00	7				
70	SİVAS	88,34	24 (0,63) 46 (0,15) 54 (0,18) 76 (0,71)	0	0	0,01	0
71	ŞANLIURFA	72,22	78 (0,82) 79 (1,49)	0	0	227900,84	43807,45
72	ŞIRNAK	89,29	30 (0,23) 54 (0,03) 79 (0,29)	0	0	0	27181,22

EK-4. (devam) Girdiye yönelik CCR modeli sonuçları

No	İller	Etkinlik Değeri (%)	Referanslar	Girdi Fazlalıkları (Artıklar) (MWh)			
				Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
73	TEKİRDAĞ	91,14	78 (0,21) 79 (2,49)	0	0	3883833,72	170760,72
74	TOKAT	91,93	4 (0,12) 24 (0,83) 69 (0,14)	0	14189,35	0	0
75	TRABZON	80,60	4 (1,41) 24 (0,32) 69 (0,90) 76 (0,89)	0	0	0	0
76	TUNCELİ	100,00	18				
77	UŞAK	91,60	54 (0,23) 79 (0,64)	0	0	480001,45	164450,58
78	VAN	100,00	19				
79	YALOVA	100,00	38				
80	YOZGAT	94,08	24 (0,49) 30 (0,28) 54 (0,01) 76 (0,73)	0	0	0	0
81	ZONGULDAK	76,74	46 (0,77) 69 (1,07)	1594,03	0	23385,22	0

EK-5. Girdiye yönelik BCC modeli sonuçları

No	İller	Etkinlik Değeri (%)	Referanslar	Girdi Fazlalıkları (Artıklar) (MWh)			
				Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
1	ADANA	89,11	12 (0,36) 21 (0,32) 40 (0,02) 78 (0,31)	0	259079,71	0	0
2	ADIYAMAN	76,45	17 (0,02) 24 (0,01) 54 (0,08) 79 (0,88)	0	0	185143,05	0
3	AFYON KARAHİSAR	93,83	12 (0,17) 24 (0,45) 46 (0,39)	495,76	0	0	259073,71
4	AĞRI	100,00	3				
5	AKSARAY	90,49	24 (0,12) 30 (0,32) 54 (0,03) 79 (0,52)	0	0	0	66347,39
6	AMASYA	83,09	24 (0,48) 30 (0,08) 46 (0,00) 76 (0,44)	472,67	0	0	0
7	ANKARA	100,00	3				
8	ANTALYA	100,00	0				
9	ARDAHAN	100,00	0				
10	ARTVİN	81,63	15 (0,62) 35 (0,01) 46 (0,24) 69 (0,13)	3580,36	0	0,1	0
11	AYDIN	90,86	7 (0,07) 12 (0,12) 75 (0,37) 78 (0,44)	0	21897,03	0	0
12	BALIKESİR	100,00	21				
13	BARTIN	91,72	35 (0,49) 46 (0,08) 69 (0,43)	516,74	0	14317,95	0
14	BATMAN	72,26	17 (0,12) 24 (0,08) 60 (0,36) 79 (0,45)	0	0	24605,72	0
15	BAYBURT	100,00	3				
16	BİLECİK	89,31	46 (0,02) 54 (0,22) 76 (0,77)	0	0	956288,27	56995,47
17	BİNGÖL	100,00	15				
18	BİTLİS	72,51	4 (0,37) 17 (0,02) 24 (0,02) 69 (0,00) 76 (0,58)	0	0	0	0
19	BOLU	72,43	17 (0,16) 54 (0,32) 76 (0,52)	0	0	85150,68	60152,88
20	BURDUR	86,72	17 (0,24) 24 (0,26) 54 (0,09) 76 (0,41)	0	0	327199,96	0
21	BURSA	100,00	8				
22	ÇANAKKALE	90,01	32 (0,12) 54 (0,71) 79 (0,16)	0	0	1669882,16	16626,1
23	ÇANKIRI	93,91	24 (0,09) 46 (0,18) 54 (0,01) 76 (0,72)	0	0	77653,07	0
24	ÇORUM	100,00	25				

EK-5. (devam) Girdiye yönelik BCC modeli sonuçları

No	İller	Etkinlik Değeri (%)	Referanslar	Girdi Fazlalıkları (Artıklar) (MWh)			
				Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
25	DENİZLİ	77,60	12 (0,34) 24 (0,08) 54 (0,38) 78 (0,20)	0	0	662538,09	0
26	DİYARBAKIR	91,73	12 (0,16) 32 (0,01) 40 (0,01) 78 (0,82)	0	0	0	51449,63
27	DÜZCE	67,81	17 (0,45) 24 (0,21) 54 (0,12) 76 (0,23)	0	0	207305,27	0
28	EDİRNE	73,22	24 (0,02) 30 (0,04) 54 (0,23) 79 (0,71)	0	0	0	13627,68
29	ELAZIĞ	93,96	32 (0,06) 54 (0,55) 79 (0,39)	0	0	17830,32	34613,68
30	ERZİNCAN	100,00	7				
31	ERZURUM	95,79	24 (0,37) 34 (0,22) 63 (0,11) 78 (0,29)	0	0	0	95407,74
32	ESKİŞEHİR	100,00	9				
33	GAZİANTEP	72,31	12 (0,13) 21 (0,18) 32 (0,29) 78 (0,40)	0	0	1603969,77	0
34	GİRESUN	100,00	4				
35	GÜMÜŞHANE	100,00	2				
36	HAKKARİ	100,00	0				
37	HATAY	88,49	12 (0,53) 21 (0,06) 78 (0,41)	0	184186,1	973011,61	0
38	IĞDIR	89,52	4 (0,20) 15 (0,79) 78 (0,00)	0	7180,34	0	13731,78
39	ISPARTA	77,50	24 (0,19) 30 (0,13) 54 (0,31) 79 (0,37)	0	0	0	9309,8
40	İSTANBUL	100,00	4				
41	İZMİR	100,00	0				
42	KAHRAMAN MARAŞ	77,12	12 (0,01) 32 (0,27) 54 (0,72)	0	0	1253160,17	14290,42
43	KARABÜK	86,35	17 (0,09) 24 (0,24) 54 (0,10) 76 (0,57)	0	0	45539,56	0
44	KARAMAN	97,13	17 (0,70) 54 (0,15) 76 (0,15)	0	0	56115,37	26099,17
45	KARS	86,02	17 (0,75) 24 (0,04) 54 (0,01) 76 (0,20)	0	0	5363,55	0
46	KASTAMONU	100,00	11				
47	KAYSERİ	82,19	12 (0,54) 46 (0,22) 63 (0,24)	7971,03	0	727721,28	0
48	KIRIKKALE	80,42	17 (0,60) 24 (0,15) 54 (0,07) 76 (0,19)	0	0	19181,75	0

EK-5. (devam) Girdiye yönelik BCC modeli sonuçları

No	İller	Etkinlik Değeri (%)	Referanslar	Girdi Fazlalıkları (Artıklar) (MWh)			
				Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
49	KIRKLARELİ	73,72	17 (0,35) 54 (0,18) 79 (0,47)	0	0	785347,52	39334,43
50	KIRŞEHİR	87,46	17 (0,02) 24 (0,16) 54 (0,12) 76 (0,69)	0	0	36239,49	0
51	KİLİS	100,00	0				
52	KOCAELİ	75,89	12 (0,23) 21 (0,22) 32 (0,55)	0	0	2509050,11	33287,07
53	KONYA	97,79	7 (0,10) 12 (0,90)	27919,13	0	410255,6	110079,22
54	KÜTAHYA	100,00	25				
55	MALATYA	92,57	12 (0,20) 24 (0,23) 54 (0,22) 79 (0,35)	0	0	0	40800,03
56	MANİSA	91,29	12 (0,34) 21 (0,14) 32 (0,32) 78 (0,20)	0	0	245769,65	0
57	MARDİN	81,32	12 (0,02) 54 (0,10) 78 (0,14) 79 (0,73)	0	0	0	47351,13
58	MERSİN	93,29	12 (0,61) 21 (0,09) 40 (0,02) 78 (0,28)	0	269393,43	0,02	0
59	MUĞLA	71,59	7 (0,04) 12 (0,26) 63 (0,09) 78 (0,62)	0	0	0	399451,23
60	MUŞ	100,00	2				
61	NEVŞEHİR	84,36	24 (0,19) 30 (0,80) 34 (0,01)	3747,71	0	0	15481,19
62	NİĞDE	85,33	46 (0,42) 54 (0,15) 76 (0,43)	0,01	0	156107,47	2910,38
63	ORDU	100,00	5				
64	OSMANİYE	75,66	24 (0,27) 60 (0,53) 78 (0,20)	0	16510,15	2146985,56	0
65	RİZE	80,95	24 (0,44) 30 (0,25) 46 (0,15) 76 (0,16)	5278,85	0	0	0
66	SAKARYA	71,90	12 (0,16) 32 (0,13) 54 (0,39) 78 (0,32)	0	0	1005721,64	0
67	SAMSUN	98,25	12 (0,63) 63 (0,11) 75 (0,26)	7194,72	67983,74	0	0
68	SİİRT	69,37	15 (0,44) 17 (0,46) 24 (0,01) 69 (0,09)	0	0	61129,59	0
69	SİNOP	100,00	5				
70	SİVAS	91,73	12 (0,08) 24 (0,52) 46 (0,40)	2238,15	0	0	22238,6
71	ŞANLIURFA	77,48	12 (0,22) 21 (0,02) 40 (0,01) 78 (0,75)	0	7546,23	0	0
72	ŞIRNAK	91,63	17 (0,69) 54 (0,02) 76 (0,29)	0	0	44183,52	36342,02

EK-5. (devam) Girdiye yönelik BCC modeli sonuçları

No	İller	Etkinlik Değeri (%)	Referanslar	Girdi Fazlalıkları (Artıklar) (MWh)			
				Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane
73	TEKİRDAĞ	93,78	12 (0,00) 21 (0,01) 32 (0,99)	0	0	3011659,99	96878,73
74	TOKAT	92,68	4 (0,08) 24 (0,87) 34 (0,04) 78 (0,01)	0	17169,84	0	0
75	TRABZON	100,00	2				
76	TUNCELİ	100,00	15				
77	UŞAK	92,05	17 (0,27) 54 (0,21) 79 (0,52)	0	0	502364,61	168442,87
78	VAN	100,00	16				
79	YALOVA	100,00	11				
80	YOZGAT	97,36	24 (0,48) 30 (0,43) 34 (0,09)	1165,21	0	0	13553,29
81	ZONGULDAK	80,22	46 (0,41) 63 (0,52) 69 (0,07)	4136,02	0,02	59589,74	0

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KOÇAK, İbrahim
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 05.07.1989, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Tel : 0 (312) 212 69 00
 Fax : 0 (312) 222 98 41
 e-mail : kocak_ibrahim@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	2012
Lise	Çağrıbey Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-Halen	Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğü	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Koçak, İ. ve Boran, K. (2018). Türkiye'deki İllerin Elektrik Tüketimlerinin Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*.

Hobiler

Doğa yürüyüşü, Futbol, Gezi, Tamirat yapmak, Tenis



GAZİ GELECEKTİR..