

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TÜRKİYE'DEKİ 1. DÜZEY BÖLGE BELEDİYELERİNİN KATI ATIK
YÖNETİMİ ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA İLE ANALİZİ**

EBRU ŞAŞMAZ

KOCAELİ 2021

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TÜRKİYE'DEKİ 1. DÜZEY BÖLGE BELEDİYELERİNİN KATI ATIK
YÖNETİMİ ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA İLE ANALİZİ**

EBRU ŞAŞMAZ

Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ

Danışman, Kocaeli Üniv.

.....

Doç. Dr. Fatma Serab ONURSAL

Jüri Üyesi, İstanbul Ticaret Üniv.

.....

Dr. Öğr. Üyesi Yıldız ŞAHİN

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 29.06.2021

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada Türkiye İstatistik Birimi Sıralamasına göre 1. Düzey bölge belediyelerinin veri zarflama analizi ile etkinlikleri incelenmiştir. Entropi ağırlıklandırma ve Topsis yöntemleri kullanılarak etkinlik sıralaması elde edilip iyileştirme hedefleri belirlenmiştir.

Tez çalışma sürecinde bana yol gösteren ve hiçbir desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Zerrin Aladağ'a, yardımlarını esirgemeyen araştırma görevlisi Selen Avcı'ya ve bana olan güven ve desteklerini her zaman yanında hissettiğim kıymetli ailem, canım kızım ve sevgili eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran-2021

Ebru ŞAŞMAZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLolar DİZİNİ.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
GİRİŞ.....	1
1. PERFORMANS, VERİMLİLİK VE ETKİNLİK KAVRAMLARI.....	3
1.1. Performans Kavramı.....	3
1.2. Verimlilik Kavramı	3
1.3. Etkinlik Kavramı	4
1.4. Etkinlik Ölçümü ve Kullanılan Yöntemler	4
2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME	6
2.1. Veri Zarflama Analizi	6
2.2. Veri Zarflama Analizi İçin Uygulama Adımlar	7
2.3. Veri Zarflama Analizi Modelleri	8
2.4. Entropi Ağırlık Yöntemi.....	11
2.5. Topsis Yöntemi.....	12
2.6. Veri Zarflama Analizi Uygulama Alanları ve Literatür Araştırması	13
3. DÜZEY 1 BÖLGE BELEDİYELERİNİN KATI ATIK YÖNETİM ETKİNLİKLERİNİ VERİ ZARFLAMA ANALİZİ BELİRLENMESİ	16
3.1. Çalışmanın Amacı.....	16
3.2. Çalışmanın Kapsamı	16
3.3. Çalışmanın Yöntemi	17
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR	41
EKLER.....	44
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	51
ÖZGEÇMİŞ	52

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Girdi yönlü CCR modellerinin matematiksel ifadesi	9
Tablo 2.2. Çıktı yönlü CCR modellerinin matematiksel ifadesi	9
Tablo 2.3. Girdi yönlü BCC modelinin matematiksel ifadesi	10
Tablo 2.4. Çıktı yönlü BCC modelinin matematiksel ifadesi	10
Tablo 3.1. Düzeylerin kapsadığı bölgeler	16
Tablo 3.2. Girdi ve çıktı grupları	19
Tablo 3.3. Analizde kullanılan veri kümesi	23
Tablo 3.4. CCR ve BCC etkinlik skorları	24
Tablo 3.5. Süper etkinlik sıralaması	25
Tablo 3.6. Normalize edilmiş karar matrisi	26
Tablo 3.7. Hesaplanan Entropi Değerleri	27
Tablo 3.8. Hesaplanan entropi ağırlık değerleri.....	28
Tablo 3.9. Normalize edilmiş karar matrisi	28
Tablo 3.10. Ağırlıklı standart karar matrisi.....	29
Tablo 3.11. Pozitif ve negatif ideal çözüm.....	30
Tablo 3.12. Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme yakınlığı.....	30
Tablo 3.13. Alternatiflerin ideal çözüme göre sıralanması	31
Tablo 3.14. Yöntemlerin kıyaslanması	32
Tablo 3.15. Kırmızı Alarm Veren Bölgeler	33
Tablo 3.16. Batı Karadeniz Bölgesi illerine Ait Veriler	33
Tablo 3.17. Batı Karadeniz Bölgesi illerinin etkinlik skoru.....	34
Tablo 3.18. Amasya ve Sinop illeri için potansiyel iyileştirmeler	34
Tablo 3.19. Batı Marmara Bölgesine ait illerin verileri	35
Tablo 3.20. Batı Marmara Bölgesine ait potansiyel iyileştirmeler.....	36
Tablo 3.21. Doğu Marmara bölgesine ait illerin veri kümesi	36
Tablo 3.22. Doğu Marmara Bölgesine ait illerin etkinlik skoru	37
Tablo 3.23. Yalova iline ait potansiyel iyileştirmeler	37

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

BBC	: Banker, Cooper, Charnes
CCR	: Cooper, Charnes, Rhodes
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DEA	: Data Envelopment Analysis (Veri Zarflama Analizi)
KG	: Kilogram
KVB	: Karar Verme Birimi
NUTS	: İstatistiki Bölge Birimleri Nomenklatörü
TL	: Türk Lirası
VZA	: Veri Zarflama Analizi

TÜRKİYE’DEKİ 1. DÜZEY BÖLGE BELEDİYELERİ KATI ATIK YÖNETİMİ ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA İLE ANALİZİ

ÖZET

Performans analizi organizasyonların, kaynakların ve imkânların amaçları doğrultusunda verimli kullanılıp kullanılmadığını belirleyen bir kavramdır. Farklı birimlere sahip çoklu girdi ve çoklu çıktılarının olduğu süreçlerde analiz yapmak için etkinlik analizi yöntemlerinden veri zarflama analizi geliştirilmiştir. Bu çalışmada Türkiye İstatistik Bölge Birimleri Sınıflamasına göre düzey 1 bölgelerine (İstanbul, Batı Marmara, Ege, Doğu Marmara, Batı Anadolu, Akdeniz, Orta Anadolu, Batı Karadeniz, Doğu Karadeniz, Kuzeydoğu Anadolu, Ortadoğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu) ait belediyelerin katı atık yönetim etkinlikleri veri zarflama analizi kullanılarak incelenmiştir. Çalışma da “kişi başına düşen ortalama atık miktarı”, “bölgedeki belediye sayısı” ve “belediye çevre harcamaları”; çıktılar ise “belediye çevre gelirleri” ve “çöp depolama sahalarında bertaraf edilen atık miktarı” olarak seçilmiştir. Çalışmada belediyelerin katı atık yönetimi etkinlikleri çıktı yönlü CCR ve çıktı yönlü BCC modeli ile incelenmiştir. Etkin olan belediyelerin üstünlük sıralamasını yapabilmek amacıyla Süper Etkinlik modeli ve entropi ağırlıklı Topsis yöntemi kullanılmıştır. CCR VE BCC modelinde de etkin olmayan ve etkinlik skoru %90’nın altında olan bölge belediyeleri il bazında incelenerek etkin olmayan illerde yapılacak iyileştirme hedefleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Etkinlik, Katı Atık Yönetimi, Performans Analizi, Topsis, Veri Zarflama Analizi.

LEVEL 1 REGIONAL ANALYSIS OF MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT EFFECTIVENESS OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS IN TURKEY

ABSTRACT

Performance analysis in line with the objectives of organizations, resources and facilities is a concept that determines whether it is used efficiently. Multiple inputs with different units and data from efficiency analysis methods for analyzing processes with multiple outputs enveloping analysis was developed. According to the Turkey Statistical Classification of Territorial Units In this study, units were classified solid waste management activities of municipalities belonging to Level 1 regions (Istanbul, West Marmara, Aegean, East Marmara, West Anatolia, Mediterranean, Central Anatolia, West Black Sea, East Black Sea, Northeast Anatolia, Middle East Anatolia and Southeast Anatolia) were examined using data envelopment analysis. In the study, average amount of waste per capita "The number of municipalities in the region "and" municipal environmental expenditures "; while the outputs ""and ı amount of waste disposed of in landfills". In the study, municipalities' solid waste management activities are output-oriented CCR and output-oriented BCC model. In order to be able to rank the superiority of the active municipalities. Super efficiency model and entropy weighted Topsis method were used. CCR and BCC regional ineffective model with an efficiency score below 90% and improvement targets made in ineffective provinces.

Keywords: Effectiveness, Solid Waste Management, Performance Analysis, Topsis, Data Envelopment Analysis.

GİRİŞ

Günümüz de sanayinin gelişmesi, ürün çeşitliğinin artması, tüketim davranışlarının değişmesi, gereksinimlerin çoğalması, kolay ulaşabilmenin getirdiği tüketim artışıyla beraber israfın artmasıyla beraber sanayi ve evsel atıklarda hızlı bir artış meydana gelmiştir. Atık miktarındaki artış önlenemez hale gelince çevredeki kötüye giden değişim hem devlet tarafından hem de çevre bilincine sahip insanlar çeşitli geri dönüşüm çalışmaları yürütmeye başlamıştır. Kamusal alanda yapılan atık çalışmaları başlarda özel şirketler tarafından dikkate alınmasa da atık sorunlarıyla ilgili teknolojik ekipmanların üretimi, atık tesislerin faaliyetlerinden elde edilen kazançlar ve özel şirketlerin de dikkatini çekerek atık sektörüne yönelmesini sağlamıştır (Karakaya, 2008).

Avrupa Birliği'ne üye olan ülkeler bölgesel gelişmişlik düzeylerini birbirine en yakın duruma getirmek amacıyla İstatistiki Bölgeleme Sistemi geliştirilmiştir. Eurostat tarafından hazırlanan İstatistiki Bölge Birimleri Nomenklatörü (NUTS) ile bölgeler arasında sosyal ve ekonomik analizler yapabilmek, sürekli ulaşılabilir standartlaştırılmış veriler elde ederek ülke idaresinde bölgesel hedef ve politikalar oluşturabilmek amaçlanmıştır (Şengül & Eslemihan, 2013).

Türkiye'de Avrupa Birliği'ne aday üye ülke olarak Devlet Planlama Teşkilatı ve Türkiye İstatistik Kurumu'nun ortak yürüttüğü çalışmalar sonunda Türkiye İstatistiki Bölge Birimleri hazırlanmıştır. Türkiye 3 seviyeye ayrılmıştır. Coğrafi, kültürel sosyoekonomik açıdan benzer olan komşu iller nüfus sayıları ve kalkınma planları doğrultusunda Düzey 1 ve Düzey 2 olarak ayrılmıştır. Düzey 1 12 adet alt bölgeyi; Düzey 2 ise 26 adet alt bölgeyi kapsamaktadır. Düzey 3 ise 81 ilin her birini kapsamaktadır (Yılmaz & Dericioğlu, 2007).

Bölgesel gelişmişlik düzeylerini birbirlerine en yakın hale getirmek amacıyla var olan durumun tespit edilebilmesi için performans değerlendirmesi yapılmak zorundadır. Dolayısıyla bölgelerin performanslarını değerlendirmeleri, diğer bölgelerin göreceli etkinliklerini belirleyebilmeleri, etkin olup olmadıklarını analiz edip, etkin olmama durumunda üzerinde durulması yapılması gereken hedef iyileştirmeler ve alınacak

önlemlere karar verebilmeleri gerekmektedir. Etkinlik ölçümü, performans değerlendirme de farklı yöntemler ile yapılabilmektedir. Çok sayıda farklı birimlere sahip girdi ve çıktı olması durumunda, görelî etkinliklerin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri de Veri Zarflama Analizidir.

Tez çalışmasında, Türkiye düzey 1 seviyesinde bölge belediyelerinin katı atık yönetim sistemlerinin Veri Zarflama Analizi (VZA) ile görelî etkinlikleri belirlenmiştir. Yapılan literatür araştırmasında Türkiye'nin bölgesel bazda katı atık sorunuyla ilgili yapılan çalışmalar da eksiklik görüldüğünden literatürdeki bu açık kapatılmak istenmiştir.

Tez çalışmasının birinci bölümünde, performans, etkinlik ve verimlilik kavramları hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, çok kriterli karar verme, Veri Zarflama Analizi, VZA'nın ortaya çıkışı ve tarihsel süreci incelenmiş, VZA'nın uygulama adımları, VZA'nın matematiksel gösterimi ve VZA modelleri anlatılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde Türkiye düzey 1 seviyesinde bölge belediyelerinin katı atık yönetim sistemlerinin veri zarflama analizi ile görelî etkinlikleri ölçülmüştür, etkinlik skoru 1 olan karar verme birimlerinin kendi aralarında üstünlük sıralaması oluşturulmuştur ve etkin olmayan karar verme birimlerinde etkinliği %90 altında olan karar verme birimleri düzey 3 bazında incelenmiştir. Düzey 3 bazında etkinlik değeri 1 olmayan karar verme birimleri için iyileştirme hedefleri belirlenmiştir.

1. PERFORMANS, VERİMLİLİK VE ETKİNLİK KAVRAMLARI

1.1. Performans Kavramı

Performans kelimesi belirli bir süre aralığında elde edilen ürün, hizmet veya düşünce olarak ifade edilmektedir. Performans “etkinlik”, “verimlilik” gibi kavramlarla ifade edilmesinin yanında kişinin veya bir grubun başarısı olarak da ifade edilmektedir(Kalkandelen, 1997).

Kâr amacı güden veya gütmeyen tüm organizasyonlar mevcut durumlarını bilmek ister. Organizasyonun yapısına göre performans göstergesi olarak elde edilen hasarsız ürün olabileceği gibi ihracat miktarı, faiz gelirleri veya memnun ayrılan müşteri yüzdesi de olabilir. Her organizasyonun kendine özgü performans göstergesi vardır. Sürekli iyileştirme için performansların ölçülmesi gerekmektedir. İşletmeler performanslarını ölçmek için verimlilik, etkinlik, maliyet, kalite gibi çok kullanılan kriterleri değerlendirebilir.

Performans ölçümüyle beraber yönetim mevcut durumdan haberdar olur çeşitli analizler yapılır. Bu analizler sonucunda organizasyonun geleceğini belirleyen stratejiler belirlenir.

1.2. Verimlilik Kavramı

Gelişmişlik düzeyini artırmak, sürekli daha iyiye gitmek her toplumun olduğu gibi her şirketin de genel hedefidir. Var olan kaynakları en etkin şekilde kaynak israfına yer vermeden en kaliteli ve en iyi miktarı elde ederek en iyi seviyede kazanım elde etmek her şirketin hedefidir ve bu noktada verimlilik kavramı önem kazanmaktadır.

Verimlilik; Var olan kaynaklar israf olmadan ne seviyede belirlenen hedeflere ulaşabiliyor bunun tespitinde kullanılır. Verimlilik belirli girdi bileşimiyle ne kadar çıktı elde edilebildiğini veya belirli bir çıktı için minimum ne kadar girdi kullanılması gerektiğiyle ilgilenir. Her şeyin mutlaka daha iyisi yapılabilir inancına dayanır. Ve daha iyisini yapabilmek için ne yapılması gerektiğini sürekli sormayı gerektirir. Verimlilik üretime etki eden her faktörün etkin olarak kullanılmasını ifade eder ve aslında her zaman daha iyiye ulaşılacağı inancını benimser (Özdemir, 2007)

Verimlilik çıktı/girdi olarak ifade edilebilir. Bu sebeple verimliliği artırmak ve daha iyiye ulaşmak için aynı seviyede girdi miktarıyla daha fazla çıktı elde etmek veya belirli çıktı miktarını elde etmek için daha az girdi kullanmak gerekir. İşletmeler kaliteli ürün veya hizmet üretmekle yetinmeyip kaliteyi daha az maliyetle elde etmek stratejisini benimsemişlerdir. Dolayısıyla tam da bu noktada verimlilik kavramı önem kazanmaktadır.

1.3. Etkinlik Kavramı

Etkinlik genel anlamıyla belirli miktar çıktıyı minimum girdiyle elde etmek olarak tanımlanmaktadır. Etkinlik, verimlilik kavramıyla karıştırılsa da aslında verimlilik kavramını kapsar (Erişir, 2013). Verimlilik işten elde edilen fayda seviyesi olarak ifade edilirken etkinlik kavramında o işin yapılmasının gerekliliği ve işi yapma amacıyla sonuçlar arasındaki ilişkiyi savunduğu söylenebilir.

Etkinlik var olan girdi miktarıyla elde edilebilecek maksimum çıktı miktarı veya belirli çıktı miktarını elde etmek için kullanılacak minimum girdi miktarı olarak ifade edilebilir. Bazı girdi ve çıktıların sayısal büyüklüğünün ölçülemediği durumlarda neredeyse imkânsız hale gelebilmektedir. Bu sebeple etkinlik kavramı kategorilendirilmektedir. Etkinlik kavramlarını; teknik etkinlik ve tahsis etkinliği oluşturmaktadır. Teknik etkinlik incelendiğinde en maksimum oranda çıktı miktarının dikkate alındığı, tahsis etkinlik de ise maliyetlerin de hesaba katılarak en uygun oranların belirlenmesinin amaçlandığını söylenebilir. Teknik etkinlik kavramı ile tahsis etkinliğin çarpımı toplam etkinliği oluşturur (Yakut, 2008).

Teknik etkinlik minimum girdiyle en fazla çıktı elde edebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Teknik etkinlik mümkün olan maksimum çıktıyı, elde bulunan en az girdi ile elde edebilme yeteneği olarak ifade edilir. Performans göstergesi olarak bir diğer terim de ölçek etkinliğidir. Ölçek etkinliği kavramı ölçeğe göre sabit getiri ölçeğe göre azalan ve artan getiri şeklinde üç durumda analiz edilebilir. Girdilerde yapılan değişim çıktılarda girdilere oranla daha az meydana geliyorsa ölçeğe göre azalan getiri, girdilerde yapılan değişim çıktılarda aynı oranda meydana geliyorsa sabit getiri, girdilerde yapılan değişim çıktılarda daha fazla oranda meydana geliyorsa artan getiri olarak kabul edilir (Kayalidere & Kargın, 2004).

1.4. Etkinlik Ölçümü ve Kullanılan Yöntemler

Gelişme, sıfır israf ve verimlilik kavramları gitgide önem kazanan kavramlardır.

İşletmeler de aynı kaynaklarla üretim miktarını artırma ve etkinliklerini ölçerek ideal olan çözüm için neler yapabileceğinin bilmek isterler. Bu sebeple çeşitli etkinlik ölçüm yöntemleri ortaya çıkmıştır ve en çok tercih edilen yöntemler; oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemlerdir.

1.4.1. Oran Analizi

Oran analizi tek girdi ve tek çıktının olduğu süreçlerde kullanılır. Tek girdi ve çıktıya sahip olduğundan yorumlanması kolaydır. Tek çıktı ve birden fazla girdinin olduğu durumlarda ise her girdi çıktıyla oranlanır. Karar verme birimi bir girdi için etkin olurken başka bir girdi için etkin olmayabilir. Çok girdi ve çok çıktılı süreçlerde ise her çıktı ve girdi birbiriyle oranlanır ve biri etkin çıkarken biri etkin çıkmayabilir ve bu da analizin yorumlanmasını imkânsız hale getirir. Çok sayıda girdi ve çıktıya sahip süreçlerde oran analizini kullanıldığında istenilen cevapların alınması mümkün olmamaktadır.

Reel de tek girdi ve tek çıktıya sahip karar verme birimi olması zor gözükmemektedir. Çoğu sektörde neredeyse imkânsızdır. Kullanımının kolay olması sebebiyle kullanılsa da yanında çoklu girdi-çıkıtının yer aldığı karar birimlerinde tek bir kriteri kıyaslayabilmesi büyük bir dezavantajdır.

Oran analizin aşamaları; ilk adım analiz edilecek benzer girdi ve çıktılara sahip karar verme birimlerinin seçilmesi ikinci adım ise girdi ve çıktı oranlarının belirlenmesidir. Son adım olarak ise analize dâhil edilen her karar verme birimi için ayrı ayrı hesaplanır. Karar birimlerinden oran ortalamalarının altında kalan için etkin değil ortalamaya sahip ve üstünde olanlar için etkin yorumları yapılabilir (Gülen, 1994).

1.4.2. Parametrik Yöntemler

Parametrik yöntemlerde, üretim sürecini oluşturan değişkenler arasında fonksiyonel bir ilişki olduğu prensibine dayanır. Bu ilişkinin ise parametrelerle ifade edilebildiği kabul edilir. Parametrik yöntemler genelde regresyon teknikleri ile analizler yapılır. Birden fazla girdinin ve tek çıktının olduğu süreçlerde yaygın kullanılır.

Regresyon analizi oran analizine göre daha çok süreç için kullanılabilir olsa da bu yöntemin de dezavantajları vardır. Analiz yaparken en iyi performansla değil ortalama performansı değerlendirmeye alır. Çok sayıda bağımlı ve bağımsız değişkenin bulunduğu süreçlerde yetersiz kalır (Cooper, 2007). Regresyon analizinde karar verme birimleri en iyi performansla kıyaslama yapmak yerine ortalama performansla

kıyaslar ve performansları ortalamaya çalışır. Bundan dolayı performans iyileştirme için hedefler yapılamamış olur.

1.4.3. Nonparametrik Yöntemler

Parametrik yöntemlere alternatif olarak geliştirmiş matematiksel programlamaya dayanan etkinlik ölçümünü yapmada kolaylık sağlayan yöntemlerdir. Nonparametrik yöntemlerle elde edilen etkinlik değerinin belirlenen etkinlik sınırı ile farkı ölçmektedirler. Nonparametrik yöntemler birden fazla bağımlı ve bağımsız değişkenin olduğu karar verme birimlerinde kullanılabilir (Kurşun, 2016).

Etkinlik analiz yöntemlerini birbiriyle kıyaslamak gerekirse oran analizi yöntemleri tek girdi ve çıktının olduğu karar verme birimlerinde, parametrik yöntemler ise çoklu girdi ve çıktının olduğu tek yönlü süreçlerde ve nonparametrik yöntemler ise çoklu girdi ve çoklu çıktının kullanıldığı çok yönlü süreçlerde kullanılabilir.

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

İnsan hayatı boyunca her an seçim yapmak zorunda kalır. Marketten ekmek alırken, alışveriş yaparken, okul tercihlerinde veya ulusal bir anlaşma yaparken karar vermek zorunda kalırız. Karar verirken günlük hayatta bile birden fazla seçenekle karşı karşıya kalırız. İşletmeler yatırım yaparken, ekipman satın alırken, personel alımı gibi kararlarda seçenekler arasında birden çok kriteri dikkate alarak karar vermek zorunda kalırlar. Birden çok kriteri dikkate alarak en doğru kararı vermeyi, alternatifleri sıralamayı amaçlayan problemler çok kriterli karar verme problemleridir. Karar analizinin aşamaları;

- Sorun tespiti yapılır,
- Seçenekler belirlenir,
- Bağımlı ve bağımsız olaylar belirlenir
- Olayların sonucunu gösteren karar tablosu oluşturulur
- Model seçimi
- Model uygulanır ve bir seçeneğe karar verilir (Topçu, 2000).

Alternatiflerin çok olduğu ve birbiriyle çelişen kriterlerin olduğu karar verme durumlarında ÇKKV tekniklerinin kullanımı gitgide artmaktadır. ÇKKV tekniklerinin kullanımında karşılaşılan en büyük zorluk kriterleri ağırlıklandırmaktır. Bu ağırlıklandırma yöntemleri karar vericinin öznel kararına, matematiksel hesaplamalara veya ikisinin bir arada kullanıldığı bütünleşik ağırlıklandırma yöntemleridir (Wang &Luo, 2010).

2.1. Veri Zarflama Analizi

Aynı tür girdilere ve çıktılara sahip karar verme birimlerinin birbirlerine göre etkinliğini ölçmeye yarayan parametrik olmayan çok kriterli karar verme yöntemi olarak bilenen veri zarflama analizidir. Veri zarflama analizi metodu Charnes, Cooper ve Rhodes adlı bilim adamlarının başlarda kamu sektöründeki kurumların etkinliklerini ölçmek amacıyla geliştirilse de zamanla kâr amacı güden işletmeler tarafından da sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Veri zarflama analizi de çok sayıda girdi ve çıktıya sahip karar verme birimlerinin etkinliğini ölçmek için kullanılır.

Veri zarflama analizi etkinlik değeri 1 olmayan karar verme birimlerinin etkin hale gelebilmesi için kaynaklarda ne kadar artış ve azalma yapılmasını ortaya koymaktadır. Etkin olmayan karar verme birimleri etkin olan karar verme birimlerinin referans olarak kullanılması ile etkin hale getirilir. Veri zarflama analizinde karar verme birimleri ortalama bir değere yerine en iyi olan karar verme birimleri ile kıyaslanır (Abraham, 1994).

2.2. Veri Zarflama Analizi İçin Uygulama Adımlar

- Karar verme birimlerine karar verilmesi,
- Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçilmesi,
- Uygun modelin seçilmesi,
- Etkinlerin hesaplanması,
- Etkin olmayan karar verme birimleri için örnek oluşturacak referans kümesinin belirlenmesi
- Etkinlik değeri 1 olmayan karar verme birimleri için potansiyel iyileştirme hedeflerinin belirlenmesi
- Sonuçların değerlendirilmesi

Analiz edilecek organizasyonel birimlere iyi karar verilmesi gerekir. Bu yapılar banka şubeler, özel eğitim kurumları, kamu kurumları gibi organizasyonel yapılar olabilir ve etkinlikleri karşılaştırılacak bu yapılara karar verme birimleri denir. Etkinlikleri karşılaştırılacak karar verme birimleri benzer özelliklere sahip olmaları gerekir. Sonucunun anlamlı olması için karar verme birimi sayısının doğru seçilmesi gerekir. Karar verme birimlerinin sayısının girdi ve çıktı değişkeninin en az iki katına eşit olması gerekliliğini savunulsa da en kabul gören görüş girdi değişkeni sayısını m , çıktı değişkeni sayısını s olmak üzere karar verme birimi sayısının en az $m+s+1$ olması gerekliliğidir (Küçükşimşek, 2004).

Veri zarflama analizinde karar verme birimi seçimi yapıldıktan sonra karar verme birimi için en kritik girdi ve çıktı değişkeninin seçilmesi gerekmektedir. Girdi ve çıktı seçilerken literatürde yapılmış benzer çalışmalar incelenerek girdi ve çıktı listesi oluşturulabilir. Girdi ve çıktı değişkenlerinin aynı birime sahip olmasına gerek yoktur.

Girdi öğrenci sayısı olurken çıktı öğretmen maaşı olabilir. Bu özellikler veri zarflama analizinin kullanım alanını genişletmektedir. Girdi ve çıktı seçimi yapılırken birbirine benzer değişkenlerin seçilmesi sonucun anlamlı olmasını engel olmaktadır. Bu yüzden girdi ve çıktı değişkeni seçimi yapılırken birbirleri arasında korelasyon katsayısı yüksek olan değişkenler seçilmemelidir (Demirtaş, 2005).

Veri zarflama analizinde girdiler ve çıktıların ne olacağı seçildikten sonra probleme uygun modelin seçilmesi gerekir. Veri zarflama analizinde ölçüğe göre sabit yani aynı oranda getiri ve ölçüğe göre değişken getiri olmak üzere temel iki model vardır. Ölçüğe göre sabit getiri modelinde girdilerde yapılacak değişim çıktılarda aynı oranda değişime sebep olacağı kabul edilir. Ölçüğe göre değişken getiri modelinde ise girdilerde yapılacak değişim çıktılarda daha az ya da daha fazla miktarda değişime sahip olacağı kabul edilir.

Veri zarflama analizinde yönelim olarak girdi yönlü ve çıktı yönlü olarak kullanılan iki temel model vardır. Girdi yönlü modelde sabit bir çıktı düzeyine ulaşabilmek için girdilerde ne seviyede azalma yapılması gerektiğine dayanır. Çıktı yönlü modelde ise sabit bir girdi düzeyi ile en fazla ne seviyede çıktı elde edilebileceği prensibine dayanır (Yolalan, 1993).

Veri zarflama analizinde yüzlerce karar verme birimi analiz edilmesi istenebilir. Bu hesaplamanın elle hesaplanması mümkün olmamaktadır. LINDO, DEA, STORM, ETEAKS ve FRONTIER ANALYST gibi doğrusal programlama tabanlı uygulamalar geliştirilmiştir. Bu uygulamalar sayesinde veri zarflama analizinin kullanılmasının yaygınlaşmasını sağlamaktadır.

Modelin belirlenmesi ile göreceli etkinlik ölçümü yapılır. Her bir KVB 0 ile 1 arasında değer alır. 1 değeri alan karar verme birimleri etkin olarak kabul edilir. 1' den başka değer alan her karar verme birimi etkinsiz olarak kabul edilir. Etkin olmayan karar verme birimleri etkin olan karar verme birimlerini örnek alarak referans kümeleri ile yapılması gereken iyileştirme hedefleri tespit edilir. Öncelikler dikkate alarak potansiyel iyileştirmeler yapılır (Yıldırım & Önder, 2015).

2.3. Veri Zarflama Analizi Modelleri

Veri zarflama analizi doğrusal programlama tabanlı etkinlik ölçme yöntemidir. 1978 yılında yapılan çalışmalarla Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından ortaya atılan ilk

model ölçeğe göre sabit getiri varsayımını benimseyerek yöntemin kurucularının baş harfinden adını alan CCR modelidir.

Sabit getiri modelinin Banker, Cooper ve Charnes tarafından geliştirilerek girdilerde yada çıktılarda yapılacak değişimin birbirini aynı oran da değil daha az yada daha çok etkileyebileceği varsayımına dayanan ölçeğe göre değişken getiri modeli olarak BCC modeli literatür de yerini almıştır.

2.3.1.CCR Modeli

CCR modeli veri zarflama analizinin ilk temel modelidir, çıktı/girdi oranını maksimum tutmak amacıyla geliştirilmiştir. CCR modeli girdiye dönük ve çıktıya dönük olmak üzere ikiye ayrılır. Girdiye yönelik CCR modelinde etkinlik skoru β^* kabul edilirse;

$\beta^* = 1$ ise karar birimine etkindir denilir.

$\beta^* < 1$ ise bu karar verme biriminin etkin olmadığı kabul edilir..

Çıktı yönlü CCR modelinde ise;

$\beta^* = 1$ ise ve kaynak israfı yoksa bu karar verme birimine etkin denilir.

$\beta^* > 1$ ise bu karar verme birimi etkin değildir.

Girdiye yönelik primal ve dual CCR modeli:

Girdi yönlü CCR modelinde belirli bir çıktı düzeyi üretmek için gerekli en az girdi bileşimini amaçlayan yöntemdir. Girdilerin minimize edilmesi prensibine dayanır. Bu modelin primal ve dual durumundaki modelleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Girdi yönlü CCR modellerinin matematiksel ifadesi

Girdi yönlü primal Charnes Cooper Rhodes modelleri	Girdi yönlü dual Charnes Cooper Rhodes modelleri
$\text{Min } \beta$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - \beta x_{i0} \leq 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij} - \beta x_{r0} \geq 0$	$\text{Maks } \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0,$ $j = 1, \dots, n, u_r \geq 0, v_i \geq 0$

Dual modelde karar verme biriminin ağırlıklı çıktı ortalamasını maksimum yapmak hedeflenir. Diğer kısıtta ise girdilerin ağırlıklı ortalamasınının 1 eşitlemesini sağlamak

için kullanılır. Çıktı/girdi oranının en fazla 1 olması sağlanır. Bu yüzden etkin olan karar verme birimleri 1 olarak ifade edilir.

Çıktıya yönelik primal ve dual CCR modeli:

Çıktıya yönelik CCR modelinde belirlen girdi bileşimiyle elde edilecek en fazla çıktı bileşimi hedeflenir. Çıktıya yönelik primal ve dual modelin matematiksel ifadesi Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Çıktı yönlü CCR modellerinin matematiksel ifadesi

Çıktıya yönelik primal Charnes Cooper Rhodes modelleri	Çıktıya yönelik dual Charnes Cooper Rhodes modelleri
<p>Maks β</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - x_{i0} \leq 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - \beta y_{r0} \geq 0$ <p style="text-align: right;">$\lambda_j \geq 0$</p>	<p>Min $\sum_{i=1}^s v_i x_{i0}$</p> $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = 1$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$ <p style="text-align: right;">$u_r \geq 0$, $v_i \geq 0$</p>

Bu primal ve dual problemlerinde,

s: çıktı sayısı

m: girdi sayısı

n: karar verme birimi sayısı

u_r : Sıfırıncı karar verme biriminin r. çıktıya verilen ağırlık

v_j : Sıfırıncı karar verme biriminin i. girdiye verilen ağırlık olarak belirlenmiştir.

Dual modelde karar verme biriminin ağırlıklı girdi ortalamasının minimize edilmesi hedeflenir. Girdi yönlü CCR modelinde girdilerin ağırlıklı ortalamasının 1'e eşitlenmesi istenirken çıktı yönlü CCR modelinde ise çıktıların ağırlıklı ortalamasının 1 eşit olması kısıtı eklenir. Çıktı/girdi oranının en az 1 olması amaçlanır (Zuhal sarı, 2015).

2.3.2. BCC Modeli

Banker, Cooper ve Charnes tarafından yürütülen çalışmalarla 1984 yılında geliştirilen model, CCR modelinden farklı olarak ölçeğe göre değişken getiri prensibini benimser. BCC modelinde girdilerde yapılacak değişiklik çıktılarda aynı oranda meydana gelmez. BCC modelinde aynı karar verme birimleri için CCR modelinden etkinlik

değeri her zaman ya eşit ya da daha büyük bulunur. Bunun sebebi karar verme biriminin etkinlik skorunun 1 eşit olması için hem teknik hem ölçek etkinliğine sahip olması gerektiğindedir. BCC modeli de girdi yönlü ve çıktı yönlü olarak incelenecektir.

Girdi yönlü primal ve dual BCC modeli:

Girdi yönlü BCC modelinde belirli bir çıktı düzeyi için girdi bileşiminin minimum ne kadar azaltılacağı hedeflenir. CCR yönteminden farklı olarak $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ konvekslik kısıtı eklenmiştir. Girdi yönlü BCC modelinin matematiksel ifadesi Tablo 2.3'de verilmiştir (Abraham,1997).

Tablo 2.3. Girdi yönlü BCC modelinin matematiksel ifadesi

Girdiye yönelik primal Banker Charnes Cooper modelleri	Girdiye yönelik dual Banker Charnes Cooper modelleri
Min β $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - \beta x_{i0} \leq 0$, $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - y_{r0} \geq 0$, $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, $\lambda_j \geq 0$	Maks $\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0$, $u_r \geq 0$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$ $j=1,2,\dots,n$

BCC modelinin etkinlik skorunun CCR modelinin etkinlik skorundan az olamayacağı ifadesi girdi yönlü modellerde teknik etkinlik için her zaman doğrudur. Charnes Cooper Rhodes modeliyle etkin bulunan herhangi bir karar verme birimi Banker Charnes Cooper modeliyle de büyük olasılıkla etkin bulunacağı söylenebilir. Ancak BCC modelinde etkin bulunan bir karar verme birimi CCR modeli kullanıldığında da etkin olacaktır denilemez.

Çıktı yönlü primal ve dual BCC modeli:

Çıktı yönlü BCC modelinde sabit bir girdi düzeyiyle en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edileceğini hedefler. Tablo 2.4'te çıktı yönlü primal ve dual BCC modelinin matematiksel ifadesi verilmiştir.

Tablo 2.4. Çıktı yönlü BCC modelinin matematiksel ifadesi

Çıktı yönlü primal Banker Charnes Cooper modelleri	Çıktı yönlü dual Banker Charnes Cooper modelleri
Maks β $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - x_{i0} \leq 0$,	Min $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - v_0$, $v_i \geq 0$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = 1$, $u_r \geq 0$,

Tablo 2.4. (Devam) Çıktı yönlü BCC modelinin matematiksel ifadesi

$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - \beta y_{r0} \geq 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0$	$j=1,2,\dots,n$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - v_0 \leq 0$ $, i=1,2,\dots,n$
--	--

Çıktı yönlü BCC modelinin etkinlik skoru girdi yönlü BCC modelinin aksine her zaman çıktı yönlü CCR modelinin etkinliğinden küçük veya eşittir. $\beta_{BCC} \leq \beta_{CCR}$ (Çağlar, 2003).

2.3.3. Süper Etkinlik Modeli

Veri zarflama analizinde CCR ve BCC modelinin yanında farklı prensipleri benimseyen farklı modeller de vardır. Klasik model de etkin olan karar verme biriminin skoru 1'e eşittir varsayımı etkin olan karar verme birimlerini birbiriyle kıyaslamayı mümkün kılmamaktadır. Süper etkinlik modelinde ise etkin olan karar verme birimleri, etkin olan karar verme birimlerinin her biriyle kıyaslanır ve etkinlik skoru 1'in üzerinde çıkabilir. Böylelikle CCR ve BCC modelinde sıralanamayan etkin karar verme birimleri üstünlük sıralamasına konabilir (Öner, 2013).

2.4. Entropi Ağırlık Yöntemi

Entropi ağırlıklandırma yöntemi, karar vericinin sübjektif kararlarına göre kriterlerin ağırlıklandırıldığı yöntemlerin aksine mevcut verilerle hesaplama yapılarak elde edilen objektif ağırlıklandırma yöntemidir. Entropi var olan bilgi yığını içindeki belirsizliği ortadan kaldırarak karar verirken hangi kriterin daha önemli olduğunu hangi kriter öncelik vermemiz gerektiği hakkında fikir verir (Gerşil, 2016).

Entropi yönteminin adımları:

1. Karar matrislerinin oluşturulması

Karar matrisi n girdi ve çıktı değişkenine sahip ve m tane karar verme birimine sahip $m \times n$ tipinde bir matristir.

2. Karar matrislerinin standardize edilmesi

Kriterlerin hepsi aynı tür olmadığından karar matrislerini kıyaslayabilmek için normalize edilir.

$$S_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_i^j x_{ij}} \quad (2.1)$$

i: karar verme birimi değeri

j: girdi ve çıktı değeri

S_{ij} : standartlaştırılmış değer

3. Girdi ve çıktılar için Entropi değeri hesaplama

Standartlaştırılmış matris kullanılarak Entropi değeri hesaplanır.

$$e_j = -k \sum_{j=1}^m s_{ij} \ln(s_{ij}) \quad (2.2)$$

k: Entropi katsayısı

m: Karar verme birimi

e_j : Entropi değeri

4. Farklılaşma derecesini hesaplama

Entropi değeri en büyük olan değer en önemli girdi ve çıktı değişkeni olarak kabul edilir. Her bir değer için hesaplanan entropi değerlerinden sonra farklılaşma dereceleri hesaplanır.

5. Entropi ağırlıklarının hesaplanması

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_1^m 1 - e_j} \quad (2.3)$$

w_j : Ağırlık değeri

Ağırlık değeri en büyük olan girdi ve çıktı değişkeni en önemli olarak kabul edilir.

2.5. Topsis Yöntemi

Topsis yöntemi 1992 yılında Chen ve Hwang tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar verme teknikleri arasındadır. Yöntemin ana prensibi pozitif ideal çözüme en yakın olan negatif ideal çözüme ise en uzak olan karar verme birimi seçilir (Ustasüleyman, 2009).

Topsis yönteminin uygularken izlenen yol şu şekildedir:

1.Adım: Karar matrisinin oluşturulması

N tane girdi ve çıktı değişkenine sahip m tane karar verme birimi olan mxn sütunlu karar matrisi oluşturulur.

2. Adım: Karar matrisinin normalize edilmesi (S)

Her bir sütun değeri bulunduğu sütunun kareleri toplamının kareköküne bölünmesiyle bulunur.

$$S_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_i^2}} \quad (2.4)$$

S_{ij} : normalize edilmiş değer

a_{ij} : sütun değeri

m: karar verme birimi sayısı

3. Adım: Normalize edilmiş karar matrisinin ağırlıklandırılması (V)

Girdi ve değişkenini ağırlıklandırmak için çeşitli yöntemler vardır. Bunlar karar vericinin sübjektif kararı olabileceği gibi hesaplamalarla elde edilen objektif bir yöntem tercih edilmiş olabilir. Ağırlıklandırma yöntemiyle elde edilmiş ağırlıklar(w_{ij}), standardize edilmiş karar matrisi ile çarpılır.

4. Adım: İdeal pozitif çözüm olan (A^+) ve negatif (A^-) çözümün oluşturulması

Ağırlıklandırılmış karar matrisinin en iyi sonuç değerleri ideal pozitif çözümü oluştururken en kötü performans değerleri ise negatif çözümü oluşturur.

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J)\} \quad (2.5)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J)\} \quad (2.6)$$

Denklemlerinden pozitif olan ideal çözüm ve negatif olan ideal çözüm vektörleri elde edilir.

5. Adım: Karar verme birimleri arasındaki mesafelerin ölçülmesi (S_i)

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v^+)^2} \quad (2.7)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v^-)^2} \quad (2.8)$$

6. Adım: İdeal çözüme olan göreceli yakınlığın hesaplanması (C_i^+)

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad 0 \leq C_i^+ \leq 1$$

C_i değeri i karar verme biriminin başarısını gösterir.

7. Adım: Karar verme birimlerinin sıralanması

C_i değerlerine göre karar verme birimlerinin ideal çözüme göre sıralanır (Ustasüleyman, 2009).

2.6. Veri Zarflama Analizi Uygulama Alanları ve Literatür Araştırması

Veri zarflama analizi çok girdi ve çok çıktıya sahip çok yönlü süreçlerde kullanılan doğrusal programa tabanlı bir yöntemdir. Özellikle farklı birimlere sahip karar verme birimlerini analiz ederken kullanılır.

Sait Bardakçı 2020 yılında yapmış olduğu çalışmada Artvin ilindeki 6 adet devlet hastanesinin etkinliklerini incelemiştir. Çalışmada girdi olarak doktor, ebe ve hemşire sayısı, çıktı olarak ise muayene, ameliyat ve yatan sayısı alınmış ve girdi yönlü CCR modeli kullanılmıştır. 2016 ve 2017 yıllarındaki veriler kullanılarak yıllara göre sırasıyla etkin olan hastane sayısı 3 ve 4 olarak bulunmuştur ve etkin olmayan hastaneler için hedefler belirlenmiştir.

Ahmet Ergülen ve arkadaşlarının 2020 yılında yapmış olduğu çalışmada 2019 yılında ortaya çıkan ve tüm dünyayı etkisi altında alan Covid-19 salgının Türkiye’de nasıl yönetildiğini veri zarflama analizi ile incelemiştir. Karar verme birimleri olarak ise aylar kullanılmış ve iki farklı analiz kullanılmıştır. Birinci analizde girdi olarak hasta sayısı ve test sayısı çıktı olarak vefat sayısı kullanılmıştır. İkinci analizde ise aynı girdiler fakat çıktı olarak iyileşen hasta sayısı kullanılmıştır.

Ünal Balta 2020 yılında yapmış olduğu çalışmada 6 adet havayolu şirketinin 2018 verilerine dayanarak etkinlikleri incelenmiştir. Girdi olarak cari oran ve finansal kaldıraç oranı belirlenirken çıktı olarak aktif kârlılık seçilmiştir. Çalışmada BCC

metodu kullanılarak 2 havayolu şirketi etkin bulunmuştur. 4 havayolu şirketi istenilen etkinlik düzeyinde değildir. Etkin olmayan havayolu şirketlerinin etkin hale gelebilmesi için iyileştirme yapılması gerektiğine değinilmiştir.

Ahmet Ergülen ve arkadaşlarının 2020 yılında yapmış olduğu çalışmada İstatistikî bölge birimleri sınıflamasına göre 12 bölgenin bakanlıkça sağlık kuruluşlarının etkinlikleri analiz edilmiştir. Girdi olarak yatak sayısı, doktor ve hemşire sayısı çıktı olarak ise yatış süresi, başvuru sayısı ve ameliyat sayısı seçilmiştir. 7 adet bölgenin etkinlik değerinin 1 olduğu diğer 5 bölgenin ise etkinlik değeri 1'in altında kalmaktadır.

Veysel Yılmaz ve Ali Uslu'nun 2020 yılında yapmış olduğu çalışmada 48 adet üniversitenin 2018 yılına ait verileri kullanarak veri zarflama analizi ile etkinlikleri incelenmiştir. 6 girdi ve 7 çıktı değişkeni kullanılarak çıktı yönlü ve girdi yönlü olmak üzere sabit getiri ve değişken getirili modeller kullanılarak analiz edilmiştir. 48 üniversiteden 12 tanesinin etkinlik değeri 1 bulunmuştur. Potansiyel iyileştirmeler yapıldıktan sonra 31 adet üniversite etkin hale gelmiştir.

Ufuk Altınsoy 2018 yılında yapmış olduğu Türkiye'de Meydana Gelebilecek Depremlere Karşı Afet Yönetim Sistemi ve Acil Durum Yönetimi Performansının Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi adlı çalışmasında Türkiye'de meydana gelen büyük depremlerden elde edilen veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda dört büyük depremden Marmara ve Van depremlerinde afet yönetiminde başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Bülent Arslan 2017 yılında yapmış olduğu çalışmasında araştırma kümesi olarak ağız ve diş sağlığı hastanelerini seçmiştir. Bu hastanelerden sağlık bakanlığına bağlı olanların teknik verimlilikleri araştırmıştır. Performans ölçümü için VZA yöntemiyle EMS paket programı kullanmıştır. Hastanelerin etkinlikleri analiz edilip etkin olmayan hastanelerin etkin olmalarına engel olan girdi ve çıktı verileri analiz edilmiştir.

Zuhal Sarı 2015 yılında yapmış olduğu çalışmada Hacettepe Erişkin Hastanesine bağlı polikliniklerin performansları değerlendirmiştir. Girdi olarak öğretim üyelerinin ve öğretim görevlilerinin sayısı, öğretim yardımcılarının sayısı, toplam hemşire sayısı, çıktı olarak ise yatakta tedavisi yapan günlük hasta sayısı, günlük ayakta tedavisi yapılan hasta sayısı olarak alınmıştır. EMS paket programı kullanılarak poliklinikler arası görelî etkinlikler hesaplanmıştır.

Nuri Doğan'ın 2015 yılında yapmış olduğu VZA Süper Etkinlik Modelleri İle Etkinlik Ölçümü: Kapadokya'da Faaliyet Gösteren Balon İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama adlı çalışmada sıcak hava balon hizmeti veren şirketlerin etkinlikleri incelenmiştir. CCR ve BCC modeli ile etkinlikleri incelenmiş ve etkin olan karar verme birimlerinin sıralanması için süper etkinlik modelinden yararlanılmıştır.

Gamze Özel'in 2014 yılında yapmış olduğu Devlet Üniversitelerinin Etkinlik Analizi: Türkiye Örneği adlı çalışmada 52 adet üniversitenin 2009-2010 eğitim yılı verileri kullanılmıştır. Girdi değişkeni olarak toplam bütçe harcamaları, profesör sayısı, doçent sayısı, yardımcı doçent sayısı, araştırma görevlisi sayısı seçilmiştir. Çıktı değişkeni olarak ön lisans ve lisans öğrenci sayısı, lisansüstü öğrenci sayısı, proje sayısı, uluslararası yayın sayısı olarak kullanılmıştır. Gazi Üniversitesi Çukurova Üniversitesi, Galatasaray Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi etkin olarak bulunmuştur. En düşük etkinliğe sahip üniversite ise Çukurova Üniversitesi bulunmuştur.

Selçuk Perçin ve Süleyman Çakır'ın 2012 yılında yapmış olduğu Demiryollarında Süper Etkinlik Ölçümü: Türkiye Örneği adlı çalışmasında Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesinin 1975-2010 yılları arasında hangi yıllarda verimli işletildiği incelenmek istenmiştir. 2010 yılının en verimli sene olduğu 1982 senesinin ise etkinlik skorunun en düşük sene olduğu belirlenmiştir.

Ünal H. Özden' in 2008 yılında veri zarflama analizi ile Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin verimlilikleri incelenmiştir. Çalışmada göreceli toplam, teknik ve ölçek etkinlikleri analiz edebilmek için CCR ve BCC modelleri kullanılmıştır. Etkin olan üniversitelerin kıyaslanmasının yapılmasına olanak sağlaması için süper etkinlik modeli ile kendi aralarında sıralanmıştır.

Kavuncubaşı 1996 yılında yapmış olduğu çalışmasında 1994 yılına ait verilerle SSK'ya bağlı olarak hizmet veren ve eğitim amacı gütmeyen hastanelerin örgütsel etkinlik düzeylerine incelemek amacıyla veri zarflama metoduyla analizi edilmiştir.

Osman Şenol, çalışmasında kamu hastaneleri birliklerinde performans ölçümü yapmıştır. Seksen ilin kamu hastanelerini karar birimi olarak belirlenmiş olup hastanelerin yirmi tanesi CCR tekniğine göre otuz bir tanesi BCC tekniğine göre verimli bulunmuştur. Performans ölçümü için VZA yöntemiyle EMS programı kullanmıştır.

Literatürde yukarıda bahsedilen çalışmalara benzer birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmada yapılan katı atık yönetim sistemlerinin bölgesel bazda incelenmediği fark edilip bu eksiklik giderilmeye çalışılmıştır.



3. DÜZEY 1 BÖLGE BELEDİYELERİNİN KATI ATIK YÖNETİM ETKİNLİKLERİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ BELİRLENMESİ

3.1.Çalışmanın Amacı

Çalışmada çok amaçlı karar verme yöntemlerinden olan veri zarflama analizi ile bölgelerin gelişmişlik düzeylerini gösteren altyapı faktörlerinden biri olan katı atık yönetim sistemleri incelenerek düzey 1 bölge belediyelerinin görece etkinlikleri incelenmiştir. Ve bu incelemeler sonunda etkin olmayan bölgeleri il bazında inceleyerek yapılması gereken iyileştirmeler belirlenip bölgelerin gelişmişlik düzeyleri arasındaki farkları en aza indirmek amaçlanmıştır.

3.2.Çalışmanın Kapsamı

Türkiye globalleşme ve Avrupa Birliği'ne uyum süreci kapsamında yapısal değişim yoluna gitmiştir. Bu süreçte ekonomik, sosyokültürel ve altyapı şartlarını değerlendirmeye alınarak bölgesel kalkınmaya önem verilmiştir. Bölgesel kalkınma sağlanamadığında ülkenin kalkınması da söz konusu olmamaktadır. Bölgesel kalkınma ekonomik, sosyokültürel ve altyapının geliştirilmesi olarak adlandırılabilir. Topyekûn kalkınma için tüm bölge kalkınma seviyeleri arasındaki farkları en aza indirmek gerekmektedir. Avrupa Birliği'ne aday ve üye olan ülkeler arasındaki bölgesel gelişmişlik düzeylerini en aza indirmek ve Birliğin sağladığı fonlardan faydalanmak amacıyla bölgeleme sistemi oluşturulmuştur.

Devlet Planlama Teşkilatı'nın Türkiye İstatistik Kurumu ile beraber yürüttüğü çalışma sonucunda Türkiye üç düzeye ayrılmıştır. Ekonomik, kültürel ve coğrafi olarak benzerlik gösteren komşu iller kalkınma planları ve nüfusları dikkate alınarak Düzey 1 seviyesi ve Düzey 2 seviyesi olarak gruplandırılmıştır. Düzey 1, 12 adet alt bölgeden oluşurken; Düzey 2 ise 26 adet alt bölgeden oluşmaktadır. Düzey 3 ise illeri kapsamaktadır. Aşağıdaki Tablo 3.1'de hangi bölgelerin hangi düzey seviyesine ait olduğu verilmiştir.

Tablo 3.1. Düzeylerin kapsadığı bölgeler

Düzey 1	Düzey 2	Düzey 3
İstanbul	İstanbul	İstanbul

Tablo 3.2. (Devam) Düzeylerin kapsadığı bölgeler

Batı Marmara	Tekirdağ	Tekirdağ / Edirne / Kırklareli
	Balıkesir	Balıkesir / Çanakkale
Ege	İzmir	İzmir
	Aydın	Aydın / Denizli / Muğla
	Manisa	Manisa / Afyon / Kütahya / Uşak
Doğu Marmara	Bursa	Bursa / Eskişehir / Bilecik
	Kocaeli	Kocaeli / Sakarya / Bolu / Yalova
Batı Anadolu	Ankara	Ankara
	Konya	Konya / Karaman
Akdeniz	Antalya	Antalya / Isparta / Burdur
Orta Anadolu	Kırıkkale	Kırıkkale / Aksaray / Niğde / Nevşehir / Kırşehir
	Kayseri	Kayseri / Sivas / Yozgat /
Batı Karadeniz	Zonguldak	Zonguldak / Karabük / Bartın
	Kastamonu	Kastamonu / Çankırı / Sinop
	Samsun	Samsun / Tokat / Çorum / Amasya
Doğu Karadeniz	Trabzon	Trabzon / Ordu / Giresun / Rize / Artvin / Gümüşhane
Kuzeydoğu Anadolu	Erzurum	Erzurum / Erzincan / Bayburt
	Ağrı	Ağrı / Kars / Iğdır / Ardahan
Ortadoğu Anadolu	Malatya	Malatya / Elazığ / Bingöl / Tunceli
	Van	Van / Muş / Bitlis / Hakkari
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	Gaziantep / Adıyaman / Kilis
	Şanlıurfa	Şanlıurfa / Diyarbakır
	Mardin	Mardin / Batman / Şırnak / Siirt

Çalışma ekonomik, coğrafi ve nüfus gibi birçok yönden benzerlik gösteren komşu illerin oluşturduğu Düzey 1 bölge belediyeleri kapsamaktadır.

3.3.Çalışmanın Yöntemi

Veri zarflama analizi, birbirinden farklı birimlerin olduğu girdi ve çıktılarının var olduğu sistemler de karar verme birimlerinin görece etkinliklerini ölçmeye yarayan doğrusal programlama tekniklerine dayanan bir analiz yöntemidir. Veri zarflama analizi şimdilerde özel şirketlerde de kullanılsa kamuya ait organizasyonların etkinliklerini

belirlemek amacıyla çalışılmaya başlanmıştır. Devlet Planlama Teşkilatı ve Türkiye İstatistik Kurumu'nun ortak yaptığı çalışmalarla oluşturulan bölgeleme sistemi bölgelerin birbiriyle istatistiki olarak karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır.

Veri zarflama analizi, CCR modeli ve BCC modeli ile adlandırılan yöntemlerinin her ikisinde de girdi minimizasyonuna dayanan girdiye yönelik model ve çıktı maksimizasyonuna dayanan çıktıya yönelik modelleri bulunmaktadır. Araştırmada çıktıya yönelik CCR ve BCC modelleri kullanılmıştır. Etkin olan birimlerin etkinlik sıralamasını yapabilmek amacıyla süper etkinlik modeline de başvurulmuştur.

Araştırmada Veri Zarflama Analizin uygulama adımları sırasıyla uygulanmış ve etkinlik analizi gerçekleştirilmiştir. Analizin ilk aşaması olan Karar Verme Birimlerinin seçimi kuralları dikkate alınarak belirlenmiştir.

3.3.1.Karar Verme Biriminin Seçimi

Veri zarflama analizi çalışmalarında benzer girdi ve çıktı üreten organizasyonel birimlerin etkinlikleri incelenir. Bu organizasyonel yapılar; kamu kuruluşları, eğitim kurumları, sağlık kurumları ve özel işletmeler vb. olabilir ve bu yapılara karar verme birimi (KVB) denir.

Karar verme birimlerinin etkinlik sonuçlarının anlamlı olması için karar verme birimlerinin sayısının değeri kritiktir. Gerekli karar verme birimi sayısı ile girdi ve çıktı değişkenlerinin sayısı arasında literatür de kabul edilen söylemler vardır. Karar birimi sayısı hakkında literatürde çeşitli söylemler mevcuttur. Karar verme birimi sayısı çalışmada m girdi sayısı, s çıktı sayısı, n karar verme birimi sayısı olmak üzere n en az m+s+1 kadar olması prensibi seçilmiştir.

Araştırma da görelî etkinlikleri analiz edilen Karar Verme Birimleri;

- İstanbul
- Batı Marmara
- Ege
- Doğu Marmara
- Batı Anadolu
- Akdeniz

- Orta Anadolu
- Batı Karadeniz
- Doğu Karadeniz
- Kuzeydoğu Anadolu
- Ortadoğu Anadolu
- Güneydoğu Anadolu

12 adet karar verme birimi seçilmiştir.

3.3.2. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Seçimi

Veri zarflama analizi yapılan uygulamalarda elde edilen sonucun doğru ve dikkate değer olabilmesi için girdi ve çıktı değişkenlerinin seçiminin doğru yapılması gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda girdi ve çıktı değişkenleri seçiminin sonuçları etkilediği görülmüştür. Girdi ve çıktı seçimi yaparken; KVB'lerin her girdi ve çıktı için pozitif sayısal bir değer ifade etmeli, analiz edilecek konunun kritik noktalarını ifade eden veriler olması gerekmektedir. Girdi ve çıktılar aynı birime sahip olmak zorunda değildir. Bir girdi toplam nüfus sayısı olurken herhangi bir çıktı toplam gelir (TL) olabilir (Canan, 2002).

Belediyelerin katı atık yönetim sistemleri incelenirken 3 girdi kullanılmıştır. Bu girdiler kişi başına düşen ortalama atık miktarı (kg/kişi-gün), bölgede hizmet veren belediye sayısı ve belediye çevre harcamaları ve belediye çevre gelirleri ve çöp depolama sahalarında bertaraf edilen atık miktarı (ton) olmak üzere 2 çıktı değişkeni kullanılmıştır. Çalışma da etkinlik analizi yapılacak karar verme birimleri için belirlenen girdi ve çıktı grupları Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3.3. Girdi ve çıktı grupları

Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri
Kişi başına düşen ortalama atık miktarı (kg/kişi-gün)	Belediye çevre gelirleri (TL)
Bölgedeki belediye sayısı	Çöp depolama sahalarında bertaraf edilen atık miktarı (ton)
Belediye çevre harcamaları (TL)	

3.3.3. Veriye Uygun Modelin Seçimi

Veri zarflama analizinde girdi ve çıktı değişkenleri seçildikten sonraki adım veriye uygun modelin seçilmesidir. En az girdi kullanılarak istenilen çıktıyı elde etmeyi hedefleyen girdi yönlü model ve sabit girdi miktarı ile hedeflenen maksimum çıktıyı elde etmeyi hedefleyen çıktı yönlü model olmak üzere iki farklı şekil de kategorize edilmektedir. CCR modeli, ölçeğe göre sabit getiri anlayışını benimseyerek girdi ve çıktılarda yapılacak değişimin aynı oranda birbirlerini etkileyeceklerini kabul eder. BCC modelinde ise girdi ve çıktılarda yapılan değişimin daha az yada daha çok değiştirebileceği varsayımını kabul eder. Yapılan çalışmada çıktıya yönelik CCR ve BCC modeli beraber kullanılmıştır. Belediyelerin etkinlik sıralamasını yapabilmek amacıyla süper etkinlik modeli kullanılmıştır ve doğrusal programlama tabanlı FRONTIER ANALYST paket programı kullanılmıştır.

3.3.4. Araştırma Bulguları

Karar verme birimlerine karar verilmesi, girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi ve modelin seçilmesinden sonra karar verme birimlerinin etkinlik skorlarının hesaplanmasına geçilmektedir. Tablo 3.3'de analizde kullanılan veri kümesi verilmiştir.

Tablo 3.4. Analizde kullanılan veri kümesi

Belediyeler	Kişi başı ortalama belediye atık miktarı (kg/kişi-gün)	Belediye sayısı	Belediye çevresel harcamalar(TL)	Çöp depolama sahalarına bertaraf edilen belediye atık miktarı (ton)	Belediye çevresel gelirler(TL)
İstanbul	1,3	39	5128252675	7035000	4844036913
Batı Marmara	1.48	91	1016693515	1678000	386623642
Ege	1.35	194	3145851963	4817000	1749568195
Doğu Marmara	1.1	106	2907760591	2970000	1726643243

Tablo 3.5. (Devam) Analizde kullanılan veri kümesi

Batı Anadolu	1.12	67	2379117776	3129000	2174598398
Akdeniz	1.07	124	2534742123	3832000	1236253896
Orta Anadolu	0.99	171	578177595	1208000	187982700
Batı Karadeniz	1.17	162	728117770	1432000	454409631
Doğu Karadeniz	0.96	102	473305372	772000	180261844
Kuzeydoğu Anadolu	1.14	75	341998876	641000	200258909
Ortadoğu Anadolu	1.04	110	569292412	1182000	315867886
Güneydoğu Anadolu	1.02	118	1083321628	2888000	733295704

Çalışmanın amacına yönelik olarak on iki adet karar verme biriminin belirlenen girdi-çıkıtları verileri ile analiz yapılmış ve göreceli etkinlik değerleri belirlenmiştir. Analiz için doğrusal programlama temeline dayanan Frontier Analyst programı kullanılmıştır. CCR ve BCC yöntemi ile belirlenen etkinlik skorları Tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.6. CCR ve BCC etkinlik skorları

Belediyeler	CCR Etkinlik Skorları	CCR Süper Etkinlik	BCC Etkinlik skorları	BCC Süper Etkinlik skorları
İstanbul	%100	%386	%100	%1000
Batı Marmara	%68,30	%68,30	%80,40	%80,40
Ege	%90,00	%90	%96,30	%96,30
Doğu Marmara	%65,50	%65,50	%84,10	%84,10

Tablo 3.7. (Devam) CCR ve BCC etkinlik skorları

Batı Anadolu	%96,80	%96,80	%100	%1000
Akdeniz	%89,50	%89,50	%100	%105,60
Batı Karadeniz	%83,70	%83,70	%89,20	%89,20
Kuzeydoğu Anadolu	%79,20	%79,20	%100	%1000
Ortadoğu Anadolu	%80,10	%80,10	%98,70	%98,70
Güneydoğu Anadolu	%100	%194,30	%100	%166,20
Doğu Karadeniz	%61,20	%61,20	%100	%1000
Orta Anadolu	%78,40	%78,40	%100	%103,30

CCR modeli kullanıldığında İstanbul ve Güneydoğu Anadolu bölgesi olmak üzere 2 adet etkin bölge bulunurken BCC modelinde CCR modeline ek olarak ise Batı Anadolu, Akdeniz, Orta Anadolu, Doğu Karadeniz, Kuzeydoğu Anadolu ve bölgeleri olmak üzere 7 adet etkin bölge bulunmuştur. BCC modelinde konvekslik kısıtı eklendiğinden CCR etkinlik skoru BCC etkinlik skorundan küçük bulunmuştur. CCR ve BCC modelinde etkin olan karar verme birimlerinin etkinlik değeri %100 olarak belirtilmektedir. Bu da bizim etkin olan karar verme birimlerini kendi aralarında sıralama imkânı sunmamaktadır. Süper etkinlik modelinin de eklenmesiyle birlikte etkin olan karar verme birimlerinin etkinlikleri de sıralanabilmektedir. Süper etkinlik modeli ile etkin değeri 1'in altında olan karar verme birimlerinin yanında etkin olan KVB'lerinin de sıralanmasına olanak sağlamıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 3.5'de verilmiştir.

Tablo 3.8. Süper etkinlik sıralaması

Karar Verme Birimi	CCR Süper Etkinlik Sıralaması	BCC Süper Etkinlik Sıralaması
İstanbul	1	1
Batı Marmara	12	10
Ege	9	4
Doğu Marmara	11	11
Batı Anadolu	1	3
Akdeniz	6	5

Tablo 3.9. (Devam) Süper etkinlik sıralaması

Batı Karadeniz	10	6
Orta Anadolu	7	9
Doğu Karadeniz	1	12
Kuzeydoğu Anadolu	1	8
Ortadoğu Anadolu	8	7
Güneydoğu Anadolu	5	2

Topsis yöntemi ile karar verme birimlerinin sıralanması:

Süper etkinlik modeli ile etkin olmayan karar verme birimleri ile etkin olan karar verme birimlerinin sıralanması sağlanmıştır. Elde edilen sıralamanın yerindeliğini incelemek amacıyla karar verme birimlerinin topsis yöntemi ile sıralaması yapıp süper etkinlik modeli ile kıyaslanacaktır.

Entropi yöntemi ile ağırlıklandırma:

Çalışmanın amacına yönelik olarak on iki adet karar verme birimi için belirlenen girdi-çıkıtı verileri ile analiz yapılmış ve görelî etkinlik değerleri belirlenmiştir. Girdi ve çıkıtı değişkenlerinin önem dereceleri ilk olarak Entropi yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

1.Adım karar matrisinin oluşturulması

İlk adım olarak her yöntemde olduğu gibi karar matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Başlangıç matrisi olarak Tablo.3.2 'deki analiz kümesi kullanılır.

2. Adım karar matrisinin standardize edilmesi

Normalize edilmiş karar matrisi için başlangıç matrisinde yer alan tüm sütun değerleri sütun toplamlarına bölünerek elde edilir. Normalize edilmiş karar matrisi Tablo 3.6' da gösterilmiştir.

Tablo 3.10. Normalize edilmiş karar matrisi

Belediye	Çöp depolama sahalarında bertaraf edilen belediye atık miktarı	Belediye Çevresel Gelirler	Kişi başı ortalama belediye atık miktarı	Belediye sayısı	Belediye Çevresel Harcamalar
İstanbul	0,222739362	0,34137455	0,094614265	0,028697572	0,245527982
Bati Marmara	0,053128166	0,027246587	0,107714702	0,066961001	0,048676757

Tablo 3.11. (Devam) Normalize edilmiş karar matrisi

Ege	0,152513931	0,123297585	0,098253275	0,142752024	0,150615567
Doğu Marmara	0,094034954	0,121681992	0,080058224	0,077998528	0,139216344
Bati Anadolu	0,099069149	0,153250803	0,081513828	0,049300957	0,113906241
Akdeniz	0,121327254	0,087122709	0,077874818	0,091243561	0,121357148
Orta Anadolu	0,038247214	0,013247733	0,072052402	0,125827815	0,027681705
Bati Karadeniz	0,045339412	0,032023679	0,085152838	0,119205298	0,034860468
Doğu Karadeniz	0,024442756	0,01270362	0,069868996	0,075055188	0,022660684
Kuzeydoğu Anadolu	0,020295086	0,014112877	0,082969432	0,055187638	0,016374055
Ortadoğu Anadolu	0,037424012	0,022260206	0,075691412	0,080941869	0,027256305
Güneydoğu Anadolu	0,091438703	0,05167766	0,074235808	0,08682855	0,051866745
TOPLAM	31584000	14189800961	13,74	1359	20886632296

3. Adım Her kriter için entropi değeri hesaplaması

Başlangıç karar matrisinin normalize edilmesinden sonra her bir kriter \ln' e bölünerek entropi değeri hesaplanmış olur. Entropi değerleri tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.12. Hesaplanan Entropi Değerleri

Belediye	Çöp depolama sahalarında bertaraf edilen belediye atık miktarı	Belediye Çevresel Gelirler	Kişi başı ortalama belediye atık miktarı	Belediye sayısı	Belediye Çevresel Harcamalar
İstanbul	-1,279013611	-0,733400469	-2,263332757	-3,522245196	-1,158816377
Bati Marmara	-2,881919889	-3,575580438	-2,120554497	-2,636683907	-2,973876885
Ege	-1,727985404	-1,969856867	-2,221953419	-1,803894232	-1,742409037
Doğu Marmara	-2,270053756	-1,984662271	-2,444942883	-2,473066792	-1,832509779

Tablo 3.13. (Devam) Hesaplanan Entropi Değerleri

Akdeniz	-1,987936549	-2,353315	-2,47477782	-2,302979287	-1,987660298
Bati Anadolu	-2,21286805	-1,722428658	-2,425468773	-2,960510838	-2,058473373
Orta Anadolu	-3,22543735	-4,310681073	-2,558309221	-1,947013043	-3,559301846
Bati Karadeniz	-3,048239182	-3,409256002	-2,3781547	-2,007702781	-3,321541355
Doğu Karadeniz	-3,686978636	-4,35316464	-2,591264286	-2,514476413	-3,764463159
Kuzeydoğu Anadolu	-3,877081399	-4,246554792	-2,406313592	-2,841828663	-4,095683124
Ortadoğu Anadolu	-3,248018732	-3,782694494	-2,505399162	-2,433082179	-3,575214118
Güneydoğu Anadolu	-2,300647739	-2,911052047	-2,526272852	-2,356991239	-2,907210704

Entropi değeri en büyük olan değer en önemli kriter olarak kabul edilirken entropi değeri en küçük olan değer ise en az öneme sahip kriter olarak kabul edilmektedir. Her bir değer için hesaplanan entropi değerlerinden sonra farklılaşma dereceleri hesaplanır.

4.Adım Entropi ağırlıklarının hesaplanması

Entropi ağırlığı en büyük olan kriter en önemli etkiye sahip olarak kabul edilir. Veri zarflama analizinde kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerinin entropi ağırlıkları Tablo 3.8' de verilmiştir.

Tablo 3.14. Hesaplanan entropi ağırlık değerleri

	Çöp depolama sahalarında bertaraf edilen belediye atık miktarı	Belediye Çevresel Gelirler	Kişi başı ortalama belediye atık miktarı	Belediye sayısı	Belediye Çevresel Harcamalar
Entropi ağırlık değerleri	0,199914867	0,224554473	0,180583979	0,186621683	0,208324998

Entropi ağırlıklarına göre en önemli kriter çevresel gelirdir. Çevresel gelirden yapılan değişim çözüm de en çok değişime sahip olan kriterdir. Veri zarflama analizinde iyileştirme yaparken hangi kritere öncelik tanıyacağımıza karar vermede yardımcı olacaktır.

Topsis yöntemiyle karar verme birimlerinin sıralanması

Topsis yönteminin algoritmasının temeli pozitif ideal çözüme en yakın negatif ideal çözüme en uzak alternatifin seçilmesidir.

Adım 1.Karar matrisinin oluşturulması

Başlangıç olarak karar matrisinin oluşturulması gerekir. Başlangıç karar matrisi olarak Tablo 3.2' deki analiz kümesi kullanılır.

Adım 2.Normalize karar matrisinin oluşturulması

Karar matrisi matematiksel formül kullanılarak normalize edilmiş karar matrisine dönüştürülür. Normalize edilmiş karar verme matrisi aşağıdaki Tablo 3.9' da verilmiştir.

Tablo 3.15. Normalize edilmiş karar matrisi

Belediye	Çöp depolama sahalarında bertaraf edilen belediye atık miktarı	Belediye Çevresel Gelirler (TL)(U2)	Kişi başı ortalama belediye atık miktarı	Belediye sayısı	Belediye Çevresel Harcamalar
Istanbul	0,634168426	0,797805308	0,324955322	0,092942274	0,659464
Bati Marmara	0,151262917	0,06367631	0,369949135	0,216865305	0,130740978
Ege	0,434227336	0,288151147	0,337453603	0,462328233	0,404538593
Doğu Marmara	0,267729954	0,284375443	0,274962195	0,252612333	0,373921402
Bati Anadolu	0,282062972	0,358152957	0,279961508	0,15967006	0,305940956
Akdeniz	0,345434742	0,203609084	0,267463226	0,295508767	0,325953358
Orta Anadolu	0,108894877	0,030960457	0,247465976	0,407516122	0,074350336
Bati Karadeniz	0,129087304	0,074840556	0,29245979	0,386067906	0,093631786
Doğu Karadeniz	0,069591759	0,029688844	0,239967007	0,243079792	0,060864367
Kuzeydoğu Anadolu	0,057782795	0,032982329	0,284960821	0,178735141	0,043979102
Ortadoğu Anadolu	0,106551113	0,052022947	0,259964257	0,262144874	0,073207752
Güneydoğu Anadolu	0,260338083	0,120772656	0,254964945	0,281209956	0,139308973

Adım 3. Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması

Normalize edilen karar matrisi entropi ağırlıklandırma yöntemiyle elde edilen ağırlıklar çarpılarak ağırlıklı standardize edilmiş karar matrisi oluşturulur. Ağırlıklı standardize karar matrisi aşağıdaki Tablo 3.10'daki gibidir.

Tablo 3.16. Ağırlıklı standart karar matrisi

Belediye	Çöp depolama sahalarında bertaraf edilen belediye atık miktarı	Belediye Çevresel Gelirler	Kişi başı ortalama belediye atık miktarı	Belediye sayısı	Belediye Çevresel Harcamalar
Istanbul	0,126779697	0,17915075	0,058681725	0,017345	0,137382837
Bati Marmara	0,030239706	0,0142988	0,066806887	0,0404718	0,027236614
Ege	0,0868085	0,06470563	0,060938715	0,0862805	0,084275502
Doğu Marmara	0,053523198	0,06385778	0,049653767	0,0471429	0,077897175
Bati Anadolu	0,056388581	0,08042485	0,050556563	0,0297979	0,063735149
Akdeniz	0,06905754	0,04572133	0,048299574	0,0551483	0,067904233
Orta Anadolu	0,021769705	0,00695231	0,044688391	0,0760513	0,015489034
Bati Karadeniz	0,025806471	0,01680578	0,052813553	0,0720486	0,019505842
Doğu Karadeniz	0,013912427	0,00666676	0,043334197	0,045364	0,012679569
Kuzeydoğu Anadolu	0,01155164	0,00740633	0,051459359	0,0333559	0,009161946
Ortadoğu Anadolu	0,021301152	0,01168199	0,04694538	0,0489219	0,015251005
Güneydoğu Anadolu	0,052045453	0,02712004	0,046042584	0,0524799	0,029021542

Adım 4. Pozitif İdeal ve negatif ideal çözümün tespit edilmesi

Ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulduktan sonra her bir sütuna ait en büyük ve en küçük değer tespit edilir. Bu değerler pozitif ve negatif ideal çözümü verir. V^+ pozitif ideal çözümü ve V^- negatif ideal çözümü verir. Tablo 3.11'de pozitif ve negatif ideal çözüm verilmiştir.

Tablo 3.17. Pozitif ve negatif ideal çözüm

V+	0,126779697	0,17915075	0,043334197	0,017345	0,009161946
V-	0,01155164	0,00666676	0,066806887	0,0862805	0,137382837

Adım 5.alternatifler arasındaki mesafelerin ölçülmesi

Topsis yöntemindeki her alternatif için ideal pozitif ve negatif ideal çözüme olan mesafeleri Öklid yaklaşımından yararlanarak bulunur. S⁺ pozitif ideal çözüme uzaklığı S⁻ negatif ideal çözüme olan mesafesi olarak ifade edilir. Alternatiflerin ideal çözüme olan mesafeleri Tablo 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.18. Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme yakınlığı

Belediye	S ⁺	S ⁻
İstanbul	0,204536	0,218738
Bati Marmara	0,194701	0,120988
Ege	0,159372	0,109027
Doğu Marmara	0,155921	0,101965
Bati Anadolu	0,133743	0,127785
Akdeniz	0,161368	0,104743
Orta Anadolu	0,210161	0,124726
Bati Karadeniz	0,199351	0,120828
Doğu Karadeniz	0,208056	0,133348
Kuzeydoğu Anadolu	0,207596	0,139563
Ortadoğu Anadolu	0,200546	0,129717
Güneydoğu Anadolu	0,174169	0,123992

Adım 6. Alternatiflerin ideal çözüme göre sıralanması

Alternatiflerin ideal çözüme göre mesafeleri hesaplandıktan sonra Tablo 3.13'deki gibi sıralama yapılır.

Tablo 3.19. Alternatiflerin ideal çözüme göre sıralanması

Belediye	Pİ	Sıralama
İstanbul	0,516777	1
Bati Marmara	0,38325	10
Ege	0,406213	4
Doğu Marmara	0,395389	6
Bati Anadolu	0,488609	2
Akdeniz	0,393607	7
Orta Anadolu	0,372441	12
Bati Karadeniz	0,377376	11
Doğu Karadeniz	0,390587	9
Kuzeydoğu Anadolu	0,402014	5
Ortadoğu Anadolu	0,392769	8
Güneydoğu Anadolu	0,415855	3

Topsis yöntemi ile elde edilen sıralamada en iyi alternatif İstanbul olarak bulunmuştur. Tablo 3.14'de veri zarflama analizi yönteminde süper etkinlik modeli ile elde edilen sıralamalar birlikte verilmiştir.

Tablo 3.20. Yöntemlerin kıyaslanması

Belediye	Veri Zarflama Süper Etkinlik Modeli	Topsis
İstanbul	1	1
Bati Marmara	10	10
Ege	4	4
Doğu Marmara	11	6
Bati Anadolu	3	2

Tablo 3.21. (Devam) Yöntemlerin kıyaslanması

Akdeniz	5	7
Orta Anadolu	9	12
Bati Karadeniz	6	11
Doğu Karadeniz	12	9
Kuzeydoğu Anadolu	8	5
Ortadoğu Anadolu	7	8
Güneydoğu Anadolu	2	3

Süper etkinlik modeli ve topsis yöntemi ile elde edilen sonuçlar uyumlu çıkmıştır. Böylelikle bölgelerin veri zarflama analiziyle elde edilen etkinlik skorlarının güvenilirliği doğruluğu onaylanmış olmaktadır.

3.5. İller Bazında Yapılacak İyileştirmeler

Veri zarflama analizinden bulunan sonuçlar topsis yöntemiyle de doğruluğu tespit edildikten sonra etkin olmayan karar verme birimlerini etkin hale getirmek için yapılması gereken iyileştirmelerin analizi yapılacaktır. Paket programında etkinlik skoru %100 olan karar verme birimleri yeşil ışıkla, etkinlik skoru %90'a kadar olan karar verme birimleri sarı ışıkla ve %90'ın altında olanlar ise kırmızı ışık ile gösterilmektedir ve Ek-A ve Ek-B' de verilmiştir. İki modelde kırmızı alarm veren bölgeler Tablo 3.15' de verilmiştir.

Tablo 3.22. Kırmızı Alarm Veren Bölgeler

Kırmızı Alarm Veren Bölgeler	CCR Etkinlik Skorları	BCC etkinlik Skorları
Bati Karadeniz	%83,7	%89,2
Bati Marmara	%68,3	%80,4
Doğu Marmara	%65,50	%84,1

İki modelde kırmızı alarm veren 3 adet bölge (Batı Karadeniz, Batı Marmara ve Doğu Marmara) vardır. Bu çalışmada bölgeleri kapsadıkları iller bazında inceleyip bölgelerin etkinlik skorlarını düşüren illerde yapılması gereken iyileştirmeler belirlenecektir.

Batı Karadeniz bölgesine ait illerin verileri tablo 3.16' da verilmiştir. Batı Karadeniz bölgesine ait illerin etkinlik skorları tablo 3.17' de verilmiştir.

Tablo 3.23. Batı Karadeniz Bölgesi illerine Ait Veriler

Batı Karadeniz	Çöp Depolama Sahalarında Bertaraf Edilen Belediye Atık Miktarı	Belediye Çevresel Gelirler (TL)	Kişi Başı Ortalama Belediye Atık Miktarı (Kg/Kişi-Gün)	Belediye Sayısı	Belediye Çevresel Harcamalar(TL)
Zonguldak	155000	60559168	0,99	25	89507413
Karabük	81000	26997253	1,19	7	32039120
Bartın	61000	13950769	1,8	8	23563738
Kastamonu	82000	27698517	0,97	20	32204871
Çankırı	74000	15621428	1,51	15	21696844
Sinop	60000	13658251	1,43	9	26841655
Samsun	509000	204993541	1,29	18	326047742
Tokat	169000	24562168	1	37	68343097
Çorum	159000	42519312	1,11	16	64001264
Amasya	84000	23849224	0,98	8	43872026

Tablo 3.24. Batı Karadeniz Bölgesi illerinin etkinlik skoru

Batı Karadeniz Bölgesi	Etkinlik Skoru
Zonguldak	%97,8
Karabük	%94,0
Bartın	%100
Kastamonu	%100
Çankırı	%100

Tablo 3.25. (Devam) Batı Karadeniz Bölgesi illerinin etkinlik skoru

Sinop	%81,4
Samsun	%100
Tokat	%97,8
Çorum	%100
Amasya	%85,2

Batı Karadeniz bölgesine ait 10 adet karar verme birimi vardır. Bu karar verme birimlerinden 6 tanesi etkin bulunmuştur. Amasya ve Sinop illeri ise Ek-C'de görüldüğü üzere kırmızı alarm vermektedir. Batı Karadeniz bölgesinin etkinlik skorunu artırmak için Amasya ve Sinop illerinde yapılması gereken iyileştirmeler tablo 3.18' de aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.26. Amasya ve Sinop illeri için potansiyel iyileştirmeler

Amasya	Değer	Hedef	Potansiyel iyileştirmeler
Çöp Depolama Sahalarında Bertaraf Edilen Belediye Atık Miktarı	84000	98647,60	%17,44
Belediye Çevresel Gelirler	23849224	32148656,99	%34,80
Kişi Başı Ortalama Belediye Atık Miktarı	0,98	0,98	%0,00
Belediye Sayısı	8	8	%0,00
Çevresel Harcamalar	43872026	43872026	%0,00
Sinop	Değer	Hedef	Potansiyel iyileştirmeler
Çöp Depolama Sahalarında Bertaraf Edilen Belediye Atık Miktarı	60000	73711,69	%22,85
Belediye Çevresel Gelirler	13658251	21804411,59	%59,64
Kişi Başı Ortalama Belediye Atık Miktarı	1,43	1,21	%-15,23
Belediye Sayısı	9	9	%0,00
Çevresel Harcamalar	26841655	26841655	%0,00

Etkinlik skoru 85,4% olan Amasya ilini 100% etkin hale getirmek için bertaraf edilen atık miktarında yapılacak %17,44 artış ve belediye çevresel gelirlerinde 34,80% artış yapılması gerekmektedir. Sinop ili için kişi başı ortalama atık miktarında yapılacak %15,23 azalma, bertaraf edilen atık miktarında meydana gelecek %22,85 ve çevresel gelirlerde yapılacak olan %59,64 artış Sinop ilini etkin hale getirecektir. Batı Marmara bölgesine ait illerin ver kümesi 3.19'da verilmiştir.

Tablo 3.27. Batı Marmara Bölgesine ait illerin verileri

Batı Marmara	Çöp Depolama Sahalarında Bertaraf Edilen Belediye Atık Miktarı	Belediye Çevresel Gelirler (TL)	Kişi Başı Ortalama Belediye Atık Miktarı (Kg/Kişi-Gün)	Belediye Sayısı	Belediye Çevresel Harcamalar(TL)
Tekirdağ	486000	202621198	1,37	12	343305584
Edirne	179000	58840804	1,59	16	88256253
Kırklareli	129000	48714133	1,24	21	53198048
Balıkesir	665000	22421745	1,54	21	437756968
Çanakkale	220000	54025762	1,65	23	94176662

Batı Marmara bölgesinin kapsadığı illerin sayısının 5'tir. Girdi ve çıktı değişkenlerinin sayısının toplamının da 5 olması karar verme birimi sayısı belirlemede kabul edilen karar verme birimi sayısının girdi ve çıktı değişken sayısından fazla olması gerekliliğini sağlamadığından güvenilir sonuç elde edilememiştir. Bu sebeple Batı Marmara bölgesi iller bazında değil bölgesel düzeyde etkin hale gelmesi için yapılması gereken iyileştirmeler analiz edilmiştir. Tablo 3.20'de potansiyel iyileştirmeler verilmiştir.

Tablo 3.28. Batı Marmara Bölgesine ait potansiyel iyileştirmeler

Batı Marmara	Değer	Hedef	Potansiyel iyileştirmeler
Çöp Depolama Sahalarında Bertaraf Edilen Belediye Atık Miktarı	167800	2087535,15	%24,41
Belediye Çevresel Gelirler	386623642	774078191	%100,21
Kişi Başı Ortalama Belediye Atık Miktarı	1,48	1,1	%25,69

Tablo 3.29. (Devam) Batı Marmara Bölgesine ait potansiyel iyileştirmeler

Belediye Sayısı	91	91	%0,00
Çevresel Harcamalar	1016693515	1016693515	%0,00

Etkin olmayan Batı Marmara Bölgesi'nde bertaraf edilen atık miktarlarında yapılacak %24,41 ve çevresel gelirlerde yapılacak %100,21'lik ciddi bir artış yapılmasıyla beraber kişi başı atık miktarında %25,69'lık azalmayla etkin hale gelecektir.

Doğu Marmara bölgesine ait illerin oluşturduğu veri kümesi aşağıda Tablo 3.21'de ve etkinlik skorları Tablo 3.22'de verilmiştir.

Tablo 3.30. Doğu Marmara bölgesine ait illerin veri kümesi

Doğu Marmara	Çöp Depolama Sahalarında Bertaraf Edilen Belediye Atık Miktarı	Belediye Çevresel Gelirler (Tl)	Kişi Başı Ortalama Belediye Atık Miktarı (Kg/Kişi-Gün)	Belediye Sayısı	Belediye Çevresel Harcamalar(Tl)
Bursa	117800	681139402	1,11	18	1328385187
Eskişehir	318000	144815103	1,04	15	228199142
Bilecik	75000	11092091	1,13	11	21508588
Kocaeli	669000	643971385	1	13	825051272
Sakarya	401000	161638446	1,13	17	359736690
Düzce	116000	24395443	1,31	10	42505191
Bolu	119000	31325928	1,54	12	40209776
Yalova	93000	28265445	1,2	14	62164745

Tablo 3.31. Doğu Marmara Bölgesine ait illerin etkinlik skoru

Doğu Marmara	Etkinlik skoru
Bursa	%100
Eskişehir	%100
Bilecik	%100

Tablo 3.32. (Devam) Doğu Marmara Bölgesine ait illerin etkinlik skoru

Kocaeli	%100
Sakarya	%92,8
Düzce	%100
Bolu	%100
Yalova	%70,7

Doğu Marmara bölgesinin kapsadığı iller sayısı 8'dir. Karar verme birimlerinden 6 tanesi etkin bulunmuştur. Doğu Marmara bölgesinde Ek-C'de görüleceği üzere kırmızı alarm veren tek il Yalova'dır. Yalova bölgesini etkin hale getirmek için yapılacak iyileştirmeler Tablo 3.23'de verilmiştir.

Tablo 3.33. Yalova iline ait potansiyel iyileştirmeler

Yalova	Değer	Hedef	Potansiyel iyileştirmeler
Çöp Depolama Sahalarında Bertaraf Edilen Belediye Atık Miktarı	93000	131474,51	%41,37
Belediye Çevresel Gelirler	28265445	39958984,58	%41,37
Kişi Başı Ortalama Belediye Atık Miktarı	1,2	1,2	%0,00
Belediye Sayısı	14	10,28	%-27,29
Çevresel Harcamalar	62164745	62164745	%0,00

Etkinliği %70,7 olan Yalova ilinde bertaraf edilen atık miktarı ve çevresel gelirlerde %41,37 artış ile belediye sayısında yapılacak %27,29 azalma etkin hale gelmesini sağlayacaktır.

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Avrupa Birliğine üye ve aday üye olan ülkeler için zorunlu kılınan bölgeleme sistemi sayesinde bölgelerin gelişmişlik düzeylerini ölçüp her bölgedeki kalkınma düzeyini aynı seviyeye getirerek o bölge halkının refah ve mutluluğu sağlanabilir. Katı atık yönetimi ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Atıkların düzenli toplanmaması, düzenli bertaraf edilememesi ve bertaraf edilen yöntemin doğaya zarar vermeyecek şekilde olması insan sağlığını etkileyen unsurlardır. Ülkemiz de atıkların toplanması ve bertaraf edilmesi belediyelerin sorumluluğundadır. Bu sebepten dolayı hangi belediyenin performansının en iyi olduğu hangi belediyenin verimli çalışmadığını tespit ederek etkin olmayan belediyeleri, etkin olan belediyelere benzeterek etkin hale getirilmeye çalışılmıştır.

Çalışmada düzey 1 seviyesinde yapılan etkinlik analizi sonucunda elde edilen etkin bölgeleri CCR ve BCC modelinde sıralamaya koymak mümkün olmamaktadır. Bu sebeple daha sonradan geliştirilen ve etkin bölgeleri kendi aralarında kıyaslama yapabilmeyi sağlayan süper etkinlik modeli kullanılmıştır. Elde edilen üstünlük sıralamasının güvenilirliğini tespit etmek amacıyla entropi ağırlıklandırılmış Topsis yöntemi kullanılmıştır. Topsis yöntemiyle elde edilen sıralamalar ile süper etkinlik modelinde elde edilen üstünlük sıralaması örtüşmektedir. Buda süper etkinlik modelinde elde edilen sonuçların doğruluğunu göstermektedir.

Çalışmada CCR ve BCC modeli FRONTIER ANALYST paket programında çalıştırılarak paket programın bize sağladığı kırmızı alarm gösteren yani % 90'nın altında olan düzey 1 seviyesindeki Batı Marmara, Batı Karadeniz ve Doğu Marmara bölgelerini düzey 3 seviyesine inerek o bölgelere ait illerin etkinlikleri kendi aralarında hesaplanmıştır. Etkin olmayan illeri etkin hale getirmek için yapılması gereken iyileştirmeler belirlenmiştir. Batı Karadeniz bölgesinde kırmızı alarm veren iller Amasya ve Sinop'tur. 3. Bölümde belirlenen hedef iyileştirmeler yapıldığı takdirde Ek-E'de de görüleceği üzere Batı Karadeniz bölgesinde kırmızı alarm veren yani %90'nın altında etkinlik skoruna sahip hiçbir il kalmamıştır. Doğu Marmara bölgesinde ise belirlenen hedef iyileştirmeler yerine getirildikten sonra Ek-F'de görüleceği üzere iyileştirmeler öncesinde kırmızı alarm veren Yalova ili etkin hale gelmiştir. Doğu Marmara bölgesinde de kırmızı alarm veren il kalmamıştır. İller bazında yapılan bu

İyileştirmeler Düzey 1 seviyesinde de bölgelerin etkinlik skorunu arttırmıştır. Batı Marmara bölgesinin kapsadığı iller sayısı girdi ve çıktı değişkeni sayısı ile eşit olduğundan iller bazında güvenilir sonuç elde edilememektedir. Düzey 1 seviyesinde yapılan etkinlik analizinde etkin olan illeri referans olarak bölgesel baz da yapılması gereken iyileştirmeler belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda etkin olmayan bölgeler iyileştirme yapılarak bölgeler arasındaki gelişmişlik düzeyleri arasındaki fark azalacaktır. Bu da o bölgede yaşayan halkın daha iyi şartlar altında hizmet görmesine ve geniş çerçevede bakıldığında iç göçte azalmaya katkı sağlayabilir.

Çalışmada hangi bölgelere öncelik verilmesi gerektiği tespit edilmiştir. O bölgelerden de hangi illerde iyileştirmeye öncelik vermesi gerektiğinden bahsedilmiştir.. Çalışmada iyileştirme hedefleri verilen değişkenlerin çoğunluğu entropi yöntemindeki öncelik sıralamasında daha önemli olan değişkenlerdir. Entropi yöntemiyle yapılan ağırlıklandırma hesapları sonuçları göz ardı edilmeyip değişkenlere yönelik yeni çalışmalar yapılabilir. Bu çalışma belirlenen iyileştirmelere hedeflerine ulaşabilmek için ne gibi çalışmalar yapılacağı üzerine çalışılıp çalışma daha ileriye taşınabilir.

KAYNAKLAR

Altınsoy U., Türkiye’de Meydana Gelebilecek Depremlere Karşı Afet Yönetim Sistemi Performansının Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 2018, **11**(1), 341-355.

Battal Ü., Avrupa’daki Havaalanı Grup Şirketlerinin Finansal Performanslarının Ölçülmesi: Veri Zarflama Analizi Yöntemi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2020, **13**(1), 171-184.

Bardakçı S., Filiz M., Veri Zarflama Analizi İle Kamu Hastaneleri İçin Etkinlik Ölçümü: Artvin İlinde Örnek Bir Uygulama, *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 2020, **8**(2), 445-460.

Charnes A., *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications*, 3rd ed., Springer Hollanda, Massachusetts, 1997.

Cooper W. S., *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Application: References and DEA-Solver*, 2nd ed., Springer Science, 2007.

Çağlar A., Veri Zarflama Analizi ile Belediyelerin Etkinlik Ölçümü, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 2018, **18**(4), 565-578.

Demirtaş S., Veri Zarflama Analizi ile Kişisel Bilgisayar Donanımlarının Performans Ölçümü, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana, 2003, 205877.

Doğan N., VZA Süper Etkinlik Modelleri İle Etkinlik Ölçümü: Kapadokya’da Faaliyet Gösteren Balon İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2015, **29**(1), 187-203.

Erişir E., Bankacılık Sektöründe Verimlilik Değerlendirmesi; Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkeleri Üzerine Ampirik Çalışmalar, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, İstanbul, 2018, 340305.

Ergülen A., Harmankaya İ., Ünal Z., Türkiye’deki Sağlık Kuruluşlarının İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflamasına Göre Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Analizi, *European Journal of Managerial Research*, 2020, **4**(6), 1-10.

Ergülen A., Bolayır B., Ünal Z., Covid-19 Sürecinde Türkiye’nin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2020, **11**(1), 275-286.

Gerşil M., Palamutçuoğlu T., “Hisseleri Bist’te İşlem Gören Teknoloji Şirketlerinin Finansal Performanslarının Değerlendirilmesinde TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ve Ağırlıklandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *İzmir SMMMÖ Dayanışma Dergisi*, 2016, **124**(1), 57-71.

Gülen K.G., İşletme Performans Ölçüm Teknikleri ve Çimento Sanayi Uygulaması, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul,1994,497627.

Kalkandelen, H., Örgütlerde Yeniden Yapılanma ve Norm Kadro, 3, Anı Yayınları, Ankara,1997.

Karakaya İ., İstanbul İçin Stratejik Kentsel Katı Atık Yönetimi Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008, 251753.

Kayalidere K., Kargın S., Çimento ve Tekstil Sektöründe Etkinlik Çalışması ve Veri Zarflama Analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2004, **6**(1), 196-219.

Kurşun S., Veri Zarflama Analizi ile Performans Değerlendirme: Katılım Bankacılığı Sektöründe Bir Uygulama, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016, 444940.

Küçükşimşek M., 1999–2003 Döneminde Türkiye'deki Ortaöğretim Kurumlarının ÖSS'deki Etkinliklerinin DEA-Malmquist TFP Endeksi ile İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2004, 324546.

Öner B., Türkiye'de İllerin Ekonomik Performanslarının Veri Zarflama Analizi Ve Temel Bileşenler Analizi Yöntemleri İle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, On dokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 2013, 346012.

Özdemir K., Hızlı Verimlilik Değerlendirme (QPA) Yaklaşımı ile Verimlilik Ölçümü ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 2007, 215212.

Perçin S., Çakır S., Demiryollarında Süper Etkinlik Ölçümü: Türkiye Örneği, *Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2012, **27**(1), 29-45.

Sarı Z., Veri Zarflama Analizi Ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2015, 387349.

Şengül Ü., Eslemihan S., Eren M., Türkiye'de İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflamasına Göre Düzey 2 Bölgelerinin Ekonomik Etkinliklerinin VZA Yöntemi İle Belirlenmesi ve Tobit Model Uygulaması, *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 2013, **11**(21), 75-99.

Topçu Y., Çok Ölçütlü Sorun Çözümüne Yönelik Bir Bütünleşik Karar Destek Modeli, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2000, 100788.

Ustasüleyman T., Bankacılık Sektöründe Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi: AHSTOPSIS yöntemi, *Bankacılar Dergisi*, 2003, **69**(2), 33–44.

Wang Y.M., ve Luo Y., Integration of Correlations with Standard Deviationsfor Determining Attribute Weights in Multiple Attribute Decision Making, *Mathematical and Computer Modeling*, 2010, **51**(12),1-12.

Yakut E., İmalat Sanayisinde Firma Etkinliğinin Ölçümü ve Finansal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep, 2008, 219814.

Yılmaz S., Dericioğlu T., Elliott I.A., Özden M.S., *Kalkınma birliklerinden kalkınma ajanlarına yönelirken, 12. Ulusal Bölge Bilimi/Bölge Planlama Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 25-26 Ekim 2007.

Yılmaz V., Uslu A., Veri Zarflama Analizi Kullanılarak Türkiye'deki Devlet Üniversitelerinin Etkinliklerinin Ölçülmesi, *Uluslararası Medeniyet Çalışmaları Dergisi*, 2020, 5(2), 255-271.

Yolalan R., *İşletmelerarası Görelî Etkinlik Ölçümü*, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 2 , Ankara, 1993.





EKLER

EK-A

Efficiency scores			
Summary graph			
Distribution			
Units		Comparison 1	
Unit name	Score	Efficient	Condition
Akdeniz	89,5%		●
Bati Anadolu	96,8%		●
Bati Karadeniz	83,7%		●
Bati Marmara	68,3%		●
Doğu Karadeniz	61,2%		●
Doğu Marmara	65,5%		●
Ege	90,0%		●
Güneydoğu Anadolu	100,0%	✓	●
Kuzeydoğu Anadolu	79,2%		●
Orta Anadolu	78,4%		●
Ortadoğu Anadolu	80,1%		●
İstanbul	100,0%	✓	●

Şekil A.1. Paket Programı CCR Etkinlik Ölçümü Görüntüsü

EK-B

Units		Comparison 1		
Unit name	Score	Efficient	Condition	
Akdeniz	100,0%	✓	●	
Batı Anadolu	100,0%	✓	●	
Batı Karadeniz	89,2%		●	
Batı Marmara	80,4%		●	
Doğu Karadeniz	100,0%	✓	●	
Doğu Marmara	84,1%		●	
Ege	96,3%		●	
Güneydoğu Anadolu	100,0%	✓	●	
Kuzeydoğu Anadolu	100,0%	✓	●	
Orta Anadolu	100,0%	✓	●	
Ortadoğu Anadolu	98,7%		●	
İstanbul	100,0%	✓	●	

Şekil B.1. Paket Programı BCC Etkinlik Ölçümü Görüntüsü

EK-C

Units		Comparison 1		
Unit name	Score	Efficient	Condition	
amasya		85,2%		●
bartn		94,0%		●
karabük		100,0%	✓	●
kastamonu		100,0%	✓	●
samsun		100,0%	✓	●
sinop		81,4%		●
tokat		100,0%	✓	●
zonguldak		97,8%		●
çankırı		100,0%	✓	●
çorum		100,0%	✓	●

Şekil C.1. Batı Karadeniz İller Bazında Etkinlik Ölçümü Görüntüsü



EK-D

Unit name	Units	Comparison 1		
		Score	Efficient	Condition
bilecik		100,0%	✓	●
bolu		100,0%	✓	●
bursa		100,0%	✓	●
düzce		100,0%	✓	●
eskisehir		100,0%	✓	●
kocaeli		100,0%	✓	●
sakarya		92,8%		●
yalova		70,7%		●

Şekil D.1. Doğu Marmara İller Bazında Etkinlik Ölçümü Görüntüsü



EK-E

Unit name	Comparison 1		
	Score	Efficient	Condition
amasya	100,0%	✓	●
bartn	94,0%		●
karabük	100,0%	✓	●
kastamonu	100,0%	✓	●
samsun	100,0%	✓	●
sinop	100,0%	✓	●
tokat	100,0%	✓	●
zonguldak	97,8%		●
çankırı	100,0%	✓	●
çorum	100,0%	✓	●

Şekil E.1. Batı Karadeniz Bölgesi İyileştirme Sonrası Etkinlik Ölçümü Görüntüsü



EK-F

Unit name	Comparison 1		
	Score	Efficient	Condition
bilecik	100,0%	✓	●
bolu	100,0%	✓	●
bursa	100,0%	✓	●
düzce	100,0%	✓	●
eskisehir	100,0%	✓	●
kocaeli	100,0%	✓	●
sakarya	92,8%		●
yalova	100,0%		●

Şekil F.1. Doğu Marmara Bölgesi İyileştirme Sonrası Etkinlik Ölçümü



KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Avcı S., **Şaşmaz E.**, Aladağ Z., İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflaması'na Göre Türkiye'deki 1. Düzey Bölge Belediyelerinin Katı Atık Yönetiminin Değerlendirilmesi, *Veri Bilimleri Dergisi*, 2020, **3**(1), 33-40.



ÖZGEÇMİŞ

2011 yılında öğrenim hayatına başladığı Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden 2015 yılında mezun oldu. 2019 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

