



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETLERİNİN
PERFORMANS ANALİZİ İÇİN BÜTÜNLEŞİK
BİR MODEL ÖNERİSİ

Yusuf Tarık ALTUNBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim - 2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Yusuf Tarık Altunbaş tarafından hazırlanan “Elektrik dağıtım şirketlerinin performans analizi için bütünleşik bir model önerisi” adlı tez çalışması 27/10/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Mehmet Akif YERLİKAYA

.....

Danışman

Doç. Dr. Burak EFE

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Kemal ALAYKIRAN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Havvanur UÇBEYİAY
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Yusuf Tarık ALTUNBAŞ

Tarih:26/11/2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETLERİNİN PERFORMANS ANALİZİ İÇİN BÜTÜNLEŞİK BİR MODEL ÖNERİSİ

Yusuf Tarık ALTUNBAŞ

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Burak EFE

2025, 59 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Burak EFE

Doç. Dr. Mehmet Akif YERLİKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Kemal ALAYKIRAN

Bu çalışma, Türkiye'deki 21 elektrik dağıtım şirketinin verimliliğini çok aşamalı bütünsel bir modelle analiz etmeyi amaçlamaktadır. Geleneksel verimlilik analizlerinden farklı olarak, çalışmada hizmet kalitesi ve sürdürülebilirlik gibi nitel faktörler de modele dahil edilmiştir. Bu doğrultuda, SAIDI (Sistem Ortalama Kesinti Süresi Göstergesi), SAIFI (Sistem Ortalama Kesinti Sıklığı Göstergesi), KKO (Kayıp-Kaçak Oranı), nüfus başına dağıtılan enerji, tüketici yoğunluğu olmak üzere 5 kritik performans göstergesinin önem ağırlıkları, uzman görüşlerine dayalı AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) ile belirlenmiştir. Ardından, bu ağırlıklar kullanılarak EDAS (Ortalama Çözümünden Uzaklığa Dayalı Değerlendirme) yöntemiyle her şirket için bütünsel bir "memnuniyet skoru" hesaplanmıştır. Analizin ikinci aşamasında, personel sayısı ve yatırım harcamaları girdi; enerji tahakkuk miktarı, abone sayısı, trafo sayısı, trafo kapasitesi, hat uzunluğu verileri operasyonel metrikler ve elde edilen memnuniyet skoru ise çıktı olarak kullanılarak VZA (Veri Zarflama Analizi) uygulanmıştır. Analizde her bir dağıtım şirketi bir KVB (Karar Verme Birimi) olarak ele alınmıştır. Şirketlerin verimliliği, girdi odaklı CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes), BCC (Banker, Charnes, Cooper) ve ACWR (Ayarlanmış Koşullu Ağırlık Kısıtlamaları) modelleriyle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. AHP sonuçları, uzmanların en çok SAIDI ve SAIFI göstergelerine önem verdiğini göstermiştir. VZA bulguları, şirketlerin saf teknik verimliliklerinin toplam teknik verimliliklerinden daha yüksek olduğunu, bu durumun sektördeki verimsizliğin kısmen ölçek kaynaklı olduğuna işaret ettiğini ortaya koymuştur. ACWR modelinin uygulanmasıyla, tüm çıktıları dengeli şekilde kullanan şirketlerin daha gerçekçi verimlilik skorlarına ulaştığı ve bu hibrit yaklaşımın, sektörün performansını hem operasyonel hem de kalite odaklı değerlendirmede üstün bir çerçeve sunduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: ACWR, AHP, BCC, CCR, KVB, VZA

ABSTRACT

MS THESIS

AN INTEGRATED MODEL RECOMMENDATION FOR PERFORMANCE ANALYSIS OF ELECTRICITY DISTRIBUTION FIRMS

Yusuf Tarık ALTUNBAŞ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF
SCIENCE IN INDUSTRIAL ENGINEERING**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Burak EFE

2025, 59 Pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. Burak EFE

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Akif YERLİKAYA

Asst. Prof. Dr. Kemal ALAYKIRAN

This study aims to analyze the relative efficiency of 21 electricity distribution companies in Türkiye by using a multi-stage integrated model. Unlike traditional efficiency analyses, qualitative factors such as service quality and sustainability are also incorporated into the model. Accordingly, the importance weights of five critical performance indicators SAIDI (System Average Interruption Duration Index), SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), Loss-Theft Rate, energy distributed per capita, and consumer density were determined through the Analytic Hierarchy Process (AHP) based on expert opinions. Then, using these weights, an integrated “satisfaction score” was calculated for each company with the EDAS (Evaluation Based on Distance from Average Solution) method. In the second stage of the analysis, personnel number and investment expenditures were used as inputs; billed energy amount, number of subscribers, number of transformers, transformer capacity, and line length data as operational metrics, along with the obtained satisfaction score, were used as outputs, and Data Envelopment Analysis (DEA) was applied. Each distribution company was considered as a Decision-Making Unit (DMU) in the analysis. The efficiency of the companies was comparatively examined through input-oriented CCR (Charnes, Cooper, and Rhodes), BCC (Banker, Charnes, and Cooper), and ACWR (Adjusted Conditional Weight Restrictions) models. The AHP results showed that experts attached the greatest importance to SAIDI and SAIFI indicators. The DEA findings revealed that the pure technical efficiencies of the companies were higher than their total technical efficiencies, indicating that inefficiency in the sector is partly scale-related. With the implementation of the ACWR model, it was concluded that companies that used all outputs in a balanced manner achieved more realistic efficiency scores, and that this hybrid approach offers a superior framework for evaluating the sector’s performance from both operational and quality-oriented perspectives.

Keywords: ACWR, AHP, BCC, CCR, DMU, DEA

ÖNSÖZ

Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Performans Analizi İçin Bütünleşik Bir Model Önerisi konulu bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde destek veren, bilgi ve tavsiyeleriyle yol gösteren değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Burak EFE'ye, çalışma esnasında desteğini esirgemeyen sevgili eşime ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Yusuf Tarık ALTUNBAŞ
KONYA-2025



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal	16
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Analitik hiyerarşi prosesi	20
3.2.2. EDAS yöntemi	23
3.2.3. Veri zarflama analizi	26
4. UYGULAMA.....	32
4.1. AHP ile Kriterlerin Ağırlıklandırılması	33
4.1.1. Ana kriterlerin ikili matris karşılaştırması ve ana ağırlıklarının hesaplanması.....	33
4.1.2. Çevresel faktörlerin alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıklarının hesaplanması	34
4.1.3. Sürdürülebilirlik alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıklarının hesaplanması	36
4.1.4. Global küresel ağırlıkların hesaplanması	37
4.2. EDAS Yöntemi ile Memnuniyet Skorlarının Hesaplanması	39
4.3. VZA Yöntemi ile Verimlilik Skorlarının Hesaplanması	42
4.4. Toplam Teknik Verimlilik (CCR Modeli) Sonuçları.....	46
4.5. Saf Teknik Verimlilik (BCC Modeli) Sonuçları.....	47
4.6. ACWR ile Dengeli Performansın Analiz Sonuçları	47
4.7. Tartışma ve Genel Değerlendirme	54
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	55
6. KAYNAKLAR	56

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Elektrik dağıtım şirketlerinin hizmet verdiği bölgeler	5
Şekil 3.1. Memnuniyet değişkeni hiyerarşik yapısı.....	18
Şekil 3.2. EDAS yönteminin gösterimi	23
Şekil 4.1. Çalışmanın uygulama adımları	33
Şekil 4.2. AHP-EDAS yönteminin hiyerarşik yapısı.....	38



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1.	İkili karşılaştırmalar matrisi.....	21
Çizelge 3.2.	Kriterler için karşılaştırma ölçeği	21
Çizelge 3.3.	Rassal endeksler	23
Çizelge 4.1.	Ana kriterler için uzman görüşleri.....	33
Çizelge 4.2.	Ana kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması	34
Çizelge 4.3.	Ana kriterlerin normalizasyon işlemi	34
Çizelge 4.4.	Ana kriterlerin nihai ağırlıkları	34
Çizelge 4.5.	Çevresel faktörlerin alt kriterleri için uzman görüşleri	35
Çizelge 4.6.	Çevresel faktörlerin alt kriterlerinin ağırlıklarının hesaplanması. 35	
Çizelge 4.7.	Çevresel faktörlerin alt kriterlerinin normalizasyon işlemi.....	35
Çizelge 4.8.	Çevresel faktörlerin alt kriterlerinin nihai ağırlıkları	35
Çizelge 4.9.	Sürdürülebilirlik alt kriterleri için uzman görüşleri.....	36
Çizelge 4.10.	Sürdürülebilirlik alt kriterlerinin ağırlıklarının hesaplanması	36
Çizelge 4.11.	Sürdürülebilirlik alt kriterlerinin normalizasyon işlemi	37
Çizelge 4.12.	Sürdürülebilirlik alt kriterlerinin nihai ağırlıkları.....	37
Çizelge 4.13.	Alt kriterlerin global ağırlıkları	38
Çizelge 4.14.	Memnuniyet değişkenini oluşturan değerler	39
Çizelge 4.15.	Alt kriterlerin PDA ve NDA değerlerinin hesaplanması.....	40
Çizelge 4.16.	Normalizasyon adımları ile bütünleşik nihai skorları.....	41
Çizelge 4.17.	VZA yöntemlerinin girdi ve çıktı değerleri.....	42
Çizelge 4.18.	VZA yöntemlerine göre oluşan verimlilik skorları	43
Çizelge 4.19.	Girdi ve çıktıların arasındaki r-kare değerleri	48
Çizelge 4.20.	Tüketici sayısı ve tahakkuk çıktılarının anlamlılık ilişkisi.....	48
Çizelge 4.21.	Tüketici sayısı ve tahakkuk çıktılarının katsayı ilişkisi.....	49
Çizelge 4.22.	Trafo kapasitesi ve tüketici sayısı çıktılarının anlamlılık ilişkisi .	50
Çizelge 4.23.	Trafo kapasitesi ve tüketici sayısı çıktılarının katsayı ilişkisi	50
Çizelge 4.24.	Trafo kapasitesi ve tahakkuk çıktılarının anlamlılık ilişkisi.....	51
Çizelge 4.25.	Trafo kapasitesi ve tahakkuk çıktılarının katsayı ilişkisi.....	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

SİMGELER

km²	Kilometrekare
kwh	Kilovatsaat
mwa	Megavoltamper
mwh	Megavatsaat

KISALTMALAR

ACWR	Ayarlanmış koşullu ağırlık kısıtlamaları
AHP	Analitik hiyerarşi prosesi
BCC	Banker, charnes, cooper
CCR	Charnes, cooper ve rhodes
CR	Tutarlılık oranı
CI	Tutarlılık endeksi
EDAS	Ortalama çözümden uzaklığa dayalı değerlendirme
KKO	Kayıp-kaçak oranı
KVB	Karar verme birimi
NDA	Ortalamaya olan negatif mesafe
PDA	Ortalamaya olan pozitif mesafe
RI	Rassallık endeksi
SAIDI	Sistem ortalama kesinti süresi göstergesi
SAIFI	Sistem ortalama kesinti frekansı göstergesi
VZA	Veri zarflama analizi

1. GİRİŞ

Enerji, çağdaş toplumların ekonomik kalkınmasının ve sosyal refahının temelini oluşturan en önemli kaynaklardan biridir. Bu kaynaklar içinde yer alan elektrik enerjisi, sanayiden ulaşıma, haberleşmeden tarıma ve hatta günlük yaşama kadar her alanda hayati bir rol oynamaktadır. Bu özelliğiyle ülkelerin bağımsızlık gücünü, gelişmişlik seviyesini belirleyen temel özelliklerden biri haline gelmiştir (Güler vd., 2020). Elektrik enerjisinin üretiminden tüketimine uzanan en önemli hizmetlerden biri elektrik dağıtım hizmetleridir. Elektrik dağıtım şirketleri, üretilen enerjiyi tüketiciye ulaştıran kurumlar olarak rutin hayat akışının kesintisiz ve sürdürülebilir olması gayesi ile hizmet etmektedirler (Emre Aysin ve Çalmaşur, 2022).

Bu durum elektrik dağıtım sektörünün performansının ve verimliliğinin sürekli olarak izlenmesini, denetlenmesini ve iyileştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Elektrik dağıtım sektörü, doğal gaz dağıtım sektörüne benzer şekilde çok yüksek yatırım gerektirmesi, aynı bölgede birden fazla şirketin şebeke altyapısı oluşturması gibi ekonomik açıdan makul olmayan nedenlerle tekel olarak görülür yani belirli bir alanda bir şirket hizmet göstermektedir (Hünerli ve Aydın, 2019). Bu yapı, rekabetsizlikten doğacak disiplinsizliğe, rehavete neden olabileceğinden, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı özerk bir kurum olan EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) tarafından denetlenmektedir. Türkiye'de özellikle 2000'li yıllardan sonra hız kazanan özelleştirme ve serbestleşme süreçleri, bu rolü daha da önemli hale getirmiştir.

Enerji piyasalarının serbestleşmesi ve özelleştirilmesiyle birlikte, dünyadaki birçok ülke denetim mekanizmalarını değiştirmiştir. Eskiden şirketler, ne kadar yatırım harcaması yaparlarsa o kadar kar elde edebiliyorken artık bu sistemin yerini, şirketleri daha verimli çalışmaya ve hizmet kalitesini artırmaya teşvik eden, performansa dayalı ödül sistemleri almıştır (Cambini vd., 2014; Estache vd., 2008). Teşvike dayalı modeller, şirketleri maliyetleri düşürmeye ve operasyonel verimliliklerini artırmaya yönlendirmiştir. Bu sayede kaynakların daha etkin kullanılması hedeflenmektedir. Bu düzende, şirketlerin performanslarının adil, şeffaf ve objektif bir şekilde ölçülmesi hedeflenmiş olup düzenleyici kurumların en temel görevlerinden biri haline gelmiştir.

Dünya genelinde deneyimlenen sürecin de gösterdiği gibi performans karşılaştırması, düzenleyici kurumların ileriye dönük plan yapmasında etkili olmuştur. Regülasyon kararlarını daha sağlıklı vermesine olanak sağlamıştır. Bu konuda yapılmış en kapsamlı incelemelerden biri olan (Jamass ve Pollitt, 2000) tarafından hazırlanan

çalışma, farklı ülkelerdeki elektrik dağıtım ve iletim sektörlerinde performans karşılaştırmasının regülasyon aracı olarak nasıl kullanıldığını ve bu sürecin derslerini detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır.

Bunu yapmaktaki amaç, hem şirketlerin finansal istikrarını ve yatırım yapma kapasitesini korurken hem de tüketicilerin adil fiyatlarla kaliteli ve kesintisiz hizmet almasını sağlamaktır (Emre Aysin ve Çalmaşur, 2022). Çünkü elektrik dağıtım şirketlerinin mevcut operasyonlarını yönetmesi ve yeni yatırımlar yapabilmesi için çok yüksek maliyetlere katlanmaktadır. Bu denli yüksek maliyetlerin devlet hazinesine olan yükünü azaltmak ve tüketicinin ekonomik refahını korumak amacıyla performans ölçümleri belirli periyotlarla yapılmaktadır.

Ancak, elektrik dağıtım şirketleri gibi içinde pek çok değişken barındıran özellikle çok sayıda kaynak kullanarak yine çok sayıda farklı hizmeti oluşturan yapıların performansını ölçmek, basit oran-orantı mantığıyla veya birkaç parametre ile mümkün değildir. Bu durumda, literatürde ve dünya genelindeki düzenleyici kurumların analizlerinde kıyaslama temelli ölçüm yöntemleri öne çıkmaktadır. Farklı sektörlerdeki kurumların ne kadar verimli çalıştığını ölçmek için literatürde birçok yöntem geliştirilmiştir. SFA (Stokastik Sınır Analizi) gibi bazı yöntemler istatistiksel hesaplamalarla üretim ya da maliyet ilişkilerini tahmin etmeye dayanmaktadır. VZA (Veri Zarflama Analizi) gibi bazı yöntemler ise bu tür varsayımlara gerek duymadan daha esnek bir değerlendirme imkânı sunmaktadır (Pereira de Souza vd., 2014; Sadjadi ve Omrani, 2008).

Bu yöntemler arasında VZA, çoklu girdi ve çoklu çıktıya sahip dağıtım şirketlerinin verimliliklerini ölçmedeki başarısı nedeniyle uluslararası alanda geniş bir kabul görmüştür (Charnes vd., 1978). VZA, benzer yapıdaki şirketleri ya da kurumları kendi aralarında kıyaslayarak, mevcut kaynaklarıyla en iyi performansı sergileyenleri belirleyip bir referans oluşturur ve diğer şirketlerin bu referansa olan uzaklığını ölçerek iyileştirme oranlarını ortaya koymaktadır.

Bu metodolojinin Brezilya'dan (Campos vd., 2022), Slovenya'ya (Filippini vd., 2004), İran'dan (Sadjadi ve Omrani, 2008) İspanya'ya (Arcos-Vargas vd., 2017) kadar birçok farklı ülkenin elektrik dağıtım sektöründe uygulanmıştır. Bu da yöntemin uluslararası alandaki önemini ve güvenilirliğini kanıtlamaktadır.

Bu tez çalışması, Türkiye'de faaliyet gösteren elektrik dağıtım şirketlerinin verimliliklerin bu yaklaşımlar çerçevesinde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Şirketlerin verimlilik değerlendirmesinde, temel kaynaklar olarak kabul edilen personel sayısı ve

yapılan yatırım tutarları girdi olarak belirlenmiştir. Çalışmada personel sayısı verisinin girdi olarak kullanılma sebebi mevcut işletme giderlerinin büyük çoğunluğunun personel giderlerinden kaynaklı olması, gerçek işletme giderlerine en yakın sonucu verecek olması öngörüsüdür. Bu girdilerin nasıl çıktılara dönüştüğünü anlamak için ise tahakkuk edilen enerji miktarı, hat uzunluğu, trafo sayısı ve kapasitesi ile hizmet verilen tüketici sayısı gibi operasyonel göstergeler çıktı olarak kullanılmıştır.

Ancak farklı ve yenilikçi bakış açısı ile yapılan çalışmalarda, bir dağıtım şirketinin verimliliğinin sadece düşük girdilerle yüksek çıktı oluşturarak ölçülemeyeceğini vurgulamaktadır. Hizmetin kalitesi, sürekliliği ve güvenilirliği de en az maliyetler kadar önemlidir (Giannakis vd., 2005). Sadece somut verilere odaklanan bir verimlilik analizi, şirketleri kaliteyi düşürme pahasına maliyetleri kısımaya teşvik edebilmektedir. Bu da uzun vadede tüketici refahı ve sistem güvenliği için istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle, hizmet kalitesini analize dahil etmek, daha adil ve gerçekçi bir performans değerlendirmesi için kritik hale gelmiştir (Cambini vd., 2014; Çelen ve Yalçın, 2012).

Literatürdeki birçok çalışma, hizmet kalitesini genellikle SAIDI veya SAIFI gibi tekil teknik göstergelerle modele dahil etmiştir (Giannakis vd., 2005). Fakat hizmet kalitesi ve müşteri memnuniyeti, yalnızca kesinti süre ve sıklıklarından ibaret düşünülmemelidir. Aynı zamanda kayıp-kaçak oranları, tüketici yoğunluğu, coğrafi yayılım ve nüfusa oranla sunulan enerji miktarı gibi çok daha fazla boyutu içeren karmaşık ve çok boyutlu bir yapıdır.

Literatürdeki bu boşluğu doldurmak ve daha kapsamlı bir performans ölçüm modeli sunmak amacıyla bu tez çalışmasında, çok aşamalı ve hibrit bir metodoloji önerilmektedir. Bu yaklaşım, benzer metodolojiler kullanan (Çelen ve Yalçın, 2012) gibi çalışmalardan ilham almaktadır; ilgili çalışmada yazarlar, BAHF (Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi) ve TOPSIS (İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıralama Tekniği) yöntemlerini VZA ile birleştirerek hizmet kalitesini modele dahil etmişlerdir.

Bu tezde ise benzer bir mantıkla, ilk olarak bu çalışmaya özgü olarak oluşturulan ve memnuniyet değişkeni olarak adlandırılan bütünleşik bir çıktı değişkeni oluşturulmuştur. Bu değişken, çevresel faktörler (nüfus başına dağıtılan enerji, abone yoğunluğu) ve sürdürülebilirlik (SAIDI, SAIFI, kayıp-kaçak oranı) olmak üzere iki ana kriter ve bu kriterlere bağlı beş alt kriterden oluşmaktadır.

Bu kriterlerin önem düzeylerini, yani ağırlıklarını objektif bir şekilde belirlemek amacıyla, karar verme problemlerinde uzman görüşlerini birleştirmek için AHP yöntemi kullanılmıştır. Alanında uzman üç kişiden (Enerji Piyasası Uzmanı),(Tüketici Hizmetleri

Uzmanı), (Sistem İşletme Uzmanı) alınan görüşler doğrultusunda AHP ile hesaplanan global ağırlıklar, EDAS yöntemine entegre edilerek 21 dağıtım şirketinin her biri için tek bir bütünleşik memnuniyet skoru elde edilmiştir. Bu skor, her bir şirketin kalite ve sürdürülebilirlik performansını temsil eden altıncı bir çıktı değişkeni olarak VZA modeline dahil edilmiştir. VZA modelinde 3 farklı yöntem uygulanmış olup girdi odaklı CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes), BCC (Banker, Charnes, Cooper) ve ACWR (Ayarlanmış Koşullu Ağırlık Kısıtlamaları) modelleri kıyaslanmıştır.

Girdi odaklı VZA'ların kullanılma sebebi düzenleyici kurumların mevcut çıktıları koruyarak veya daha fazlasını oluşturarak girdileri azaltma hedefi vermesi kaynaklıdır. Bu iki modelin sonuçları karşılaştırılarak, verimsizliğin operasyonel yetersizliklerden mi yoksa uygun olmayan operasyon ölçeğinden mi kaynaklandığı tespit edilmiştir. Standart VZA modelleri, bazen yanıltıcı sonuçlar üretebilen bir yapıya sahiptir. Model, bir şirketi verimli gösterebilmek için, o şirketin zayıf olduğu bazı girdi veya çıktıları neredeyse yok sayabilmekte yani sıfıra çok yakın değerler atayabilmektedir. Bu durum gerçek performansı yansıtmayan, adil olmayan bir tablo ortaya çıkarmaktadır. İşte bu sorunun önüne geçmek için çalışmamızda, ağırlıklara belli kurallar getiren ACWR modeli de kullanılmıştır.

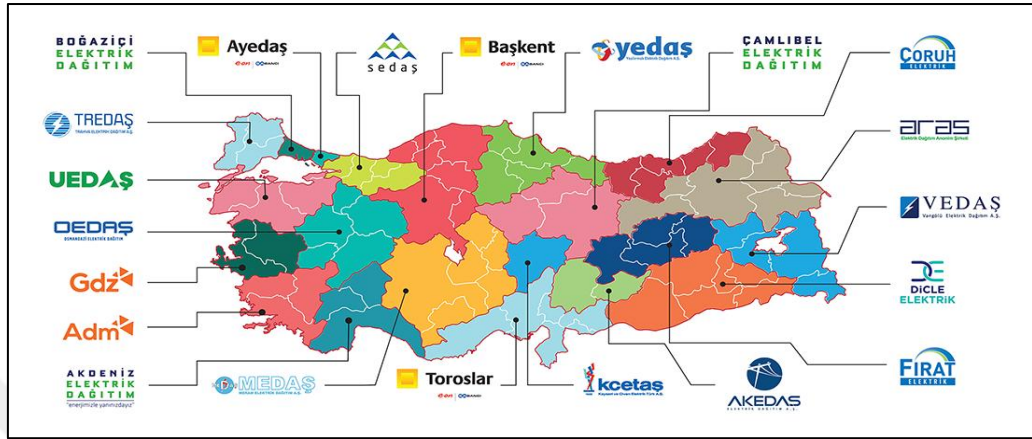
ACWR, düzenleyicinin veya analistin sektöre dair önsel bilgilerini ve makul beklentilerini modele dahil etmesine olanak tanıyarak, sonuçların güvenilirliğini ve modelin daha net tespitler yapma gücünü artırmaktadır (Pereira de Souza vd., 2014). ACWR modelinde 6 çıktı kendi aralarında SPSS programı üzerinden regresyon analizine tabi tutulup birbirileri arasında anlamlı ilişkiler olan çıktılara regresyon katsayıları üzerinden ağırlık verilmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'deki 21 elektrik dağıtım şirketinin performansını, çok yönlü bir bakış açısıyla analiz etmektir. Çalışmada, standart ölçümlere farklı bir bakış açısı kazandırma misyonuyla hizmet kalitesi, sürdürülebilirlik, çevresel faktörler parametrelerini toplu bir şekilde değerlendirerek AHP-EDAS-VZA yöntemlerini birleştiren karma bir yaklaşımla ele alınmaktadır.

Bu analizin temel hedefleri, sektörün en başarılı şirketlerini tespit etmektir. Verimsiz olan şirketleri verimsizlik düzeyini saptamak ve bu verimsizliğin kaynağını anlamaktır. Elde edilecek sonuçlara göre şirketlerin hali hazırda yürüttüğü operasyonların iş yapış biçimini sorgulamasına ve alması gereken aksiyonlara ışık tutacaktır. Ayrıca düzenleyici kurumlara şirketlerin verimliliklerini analiz ederken farklı metodolojilerin kullanılmasının sonuçları ciddi anlamda değiştireceği, literatürde yaygın olan girdi ve

çıktıların yanında daha fazla değişkenin analizlere dahil edilmesinin yapılacak düzenlemelerde daha iyi fikir oluşturmaya bir zemin hazırlayacaktır.

Şekil 1.1’de Türkiye’de yer alan elektrik dağıtım şirketlerinin hizmet verdiği bölgeler gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Elektrik dağıtım şirketlerinin hizmet verdiği bölgeler (Elder, 2025)

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Souza ve ark. (2014) çalışmasında, elektrik dağıtım sektöründeki düzenleyici kurumlar için standart verimlilik analizlerine farklı bir öneri ile yaklaşmıştır. Brezilya'da 60 dağıtım şirketi üzerinde bir analiz yapmıştır. İlk adım olarak, bu şirketleri Kohonen ağları yardımıyla birbirine benzer gruplara ayırmıştır. Akabinde oluşturdukları her bir grup için de ayrıca VZA uygulamıştır. Bu analizde VZA'nın temel problemlerinde olan sıfır ağırlık sorununu engellemek için de ACWR tekniğinden yararlanmıştır. Yapılan bu teknik ile beraber tüm şirketleri tek bir yöntemle değerlendirmeye göre çok daha gerçekçi ve adil verimlilik skorları ürettiğini ortaya koymuştur (Pereira de Souza vd., 2014).

Cambini ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, teşvik edici düzenlemelerin maliyet verimliliği ile hizmet kalitesi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu ilişkiyi test etmek için İtalya'nın en büyük dağıtım şirketinin verilerini kullanmıştır. Çalışmalarında öne çıkan husus, hizmet kalitesini modele iki farklı bakış açısıyla dahil etmeleri olmuştur. İlk yaklaşımda, düzenleyici kurumun verdiği ödül ve cezaları doğrudan işletme maliyetlerine eklemiştir. İkinci yaklaşımda ise, elektrik kesintilerinin halka olan maliyetini hesaba katmıştır. Bu çalışmada, VZA analiziyle aslında maliyetleri azaltmak ve hizmet kalitesini artırmak arasında bir çelişki olmadığını fark etmiştir. Hatta çevresel koşulları daha iyi olan bölgelerdeki şirketler, hem maliyetleri düşürmede hem de hizmet kalitesini yükseltmede daha başarılı çıkmaktadır. Yani yeni düzenlemeler hazırlanırken, bölgeler arasındaki farkları mutlaka dikkate almak gerekmektedir (Cambini vd., 2014).

Patyal ve ark. (2023), Hindistan'daki elektrik dağıtım sektöründe sıkça kullanılan VZA yönteminin önemli bir açığını ele almaktadır. VZA'da şöyle bir sorun var: Verimlilik skoru %100 çıkan, yani tamamen verimli görülen şirketler arasında bir sıralama yapılamamaktadır. Yazarlar bu sorunu çözmek için üç aşamalı, hibrit bir model geliştirmişlerdir. Burada standart VZA'yı, Yorumlayıcı Sıralama Süreci ve TOPSIS gibi Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) teknikleriyle birleştirmişler. Modeli 2015'ten 2019'a kadar 48 dağıtım şirketine uygulayınca, sadece verimli olanlarla verimsiz olanları ayırmakla kalmamışlar; aynı zamanda en iyi performans gösteren şirketleri de kendi aralarında sıralayabilmişlerdir. Bu yöntem, düzenleyici kurumların en başarılı şirketleri belirlemesi için gerçekten işe yarayan bir araç sunmaktadır (Patyal vd., 2023).

Yadava ve ark. (2025) çalışmasında, Hindistan elektrik dağıtım sektöründeki verimsizliğin kökenine inmektedir. Araştırmacılar, hem VZA hem de SFA yöntemlerini bir arada kullanan bir model geliştirdiler. Bu çalışmanın etkili yanı, SFA'yı kullanarak

verimsizliği geçici ve kalıcı olarak sınıflandırabilmesidir. Çalışmanın önemli sonuçlarında biri ise şirketlerin performansını düşüren asıl faktör, yönetim eksikliklerinden ziyade dışarıdan gelen ve öngörülemeyen etkenlerdir. Özellikle sık sık değişen ülke politikaları ve düzenlemelerdeki belirsizlikler, verimsizliğin ana kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Bu sonuç, sektörde iyileşme olması için şirket içi reformlardan önce düzenleyici kurumların daha planlanabilir aksiyonlar alması gerektiğini kanıtlamaktadır (Yadava vd., 2025).

Medeiros ve ark. (2022), Brezilya gibi kocaman ve bölgeler arasında ciddi refah farkları olan bir ülkede, tek bir verimlilik ölçümüne güvenmenin işleri kolayca yanlış gösterebileceğini anlatmaktadır. Sadece klasik VZA yöntemini kullanmakla yetinmemektedir. Çapraz Verimlilik Analizi ve Oran Tabanlı Verimlilik Analizi gibi farklı teknikleri de işin içine katmaktadır. Böylece, bir şirketin verimlilik puanının aslında hangi şirketlerle kıyaslandığına ve hesaplamada hangi ağırlıkların seçildiğine bağlı olarak tamamen değişebileceğini açıkça göstermektedir. En dikkat çekici bulgulardan biri de şu: Standart VZA modeliyle çok verimli görünen bazı şirketler, analiz çerçevesi biraz genişletilince aslında o kadar da iyi durumda çıkmamaktadır. Bu da düzenleyici kurumlar için ciddi bir uyarı niteliğindedir. Çünkü sadece tek bir VZA skoruna değerlendirme yapmak, haksız sonuçlar doğurabilmektedir. Yazarlar, kendi kullandıkları bu alternatif analizlerin, karar vericilerin daha adil ve güvenilir kararlar almasına yardımcı olacağını savunmaktadır (Medeiros vd., 2022).

Filippini ve ark. (2004) çalışmasında, Slovenya'daki elektrik dağıtım sektörünü ele almıştır. 1991 ile 2000 yılları arasındaki dönemi incelemek için SFA yöntemini kullanmıştır. Çalışmanın sonunda iki önemli sonuca ulaşmaktadır. Birincisi, şirketlerin maliyetlerini iyi yönetememesidir. İkincisi ve hatta daha önemlisi, bu şirketlerin ölçeğe göre artan getiriye sahip olması durumudur. Yani şirketler büyüdükçe daha verimli hale gelmektedir, ancak çoğu henüz bu en verimli büyüklüğe ulaşamamıştır. Bu sonuç aslında şöyle yorumlanabilmektedir. Sektörde yer alan küçük şirketlerin birleşerek daha büyük ve etkin firmalar olması esasen düzenleyici kurumun inisiyatifindedir ve teşvik edici aksiyonların alınması gerekmektedir (Filippini vd., 2004).

Estache, Tovar ve Trujillo (2008) çalışmasında, Güney Afrika Güç Havuzu'ndaki 12 ülkenin elektrik sektöründe verimliliği neyin artırdığını araştırmaktadır. 1998-2005 arasını VZA tabanlı Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksiyle inceleyen araştırmacılar, verimlilik artışının arkasında teknolojik gelişmeler ve daha iyi ticari uygulamalar olduğunu söylemektedir. Analizler, bölgedeki şirketlerin verimlilik

anlamında neredeyse birbirinin kopyası gibi olduğunu göstermektedir. Üstelik bu durum, şirketin kamuya mı yoksa özel sektöre mi ait olduğuna bakmaksızın fark etmemektedir. Çalışmanın bir başka önemli bulgusu ise rekabet ortamının yeterince oluşmadığıdır. Yani, düşük verimli şirketler, daha verimli olanların seviyesine çıkmakta pek başarılı olamamaktadır (Estache vd., 2008).

Sadjadi ve Omrani (2008), çalışmalarında VZA yönteminin önemli bir açığını öne çıkarmaktadır. Kısacası, VZA verilerdeki belirsizliklere karşı fazlasıyla hassastır. Yazarlar, standart VZA modellerinin girdi ve çıktılardaki en ufak bir ölçüm hatasından bile ciddi şekilde etkilendiğini söylemektedir. Bu da güvenilir olmayan verimlilik sıralamaları ortaya çıkarmaktadır. İşte tam da bu sorunun önüne geçmek için, sağlam optimizasyon tekniğini VZA ile birleştirdikleri yeni bir model geliştirmektedir. Modeli İran'daki 38 elektrik dağıtım şirketinde test etmiştir ve sonuçlar, veri belirsizliğini de hesaba kattığı için standart VZA'ya göre çok daha tutarlı ve güvenilir verimlilik skorları sunmaktadır (Sadjadi ve Omrani, 2008).

Pérez ve ark. (2009) ise, Peru'da 1993'te başlayan elektrik dağıtım düzenlemelerinin sonuçlarını ele almaktadır. Bunun için VZA ve Malmquist TFFV endeksi gibi yöntemlerle, 14 dağıtım şirketinin 1996-2006 arasındaki performansını incelemektedir. Sonuçlara bakınca, düzenlemelerin gerçekten verimlilik ve üretkenlikte ciddi artış sağladığı net bir şekilde görülmektedir. Özellikle düzenlemeye tabi olan şirketler, verimliliklerini artırmada daha başarılı olmuştur. Bu üretkenlik artışının arkasında ise esas olarak teknolojik değişimler yatmaktadır (Pérez-Reyes ve Tovar, 2009).

Tovar ve ark. (2011), Brezilya elektrik dağıtım sektöründe şirket büyüklüğünün üretkenliğe etkisini SFA yöntemiyle araştırmaktadır. 1998-2005 yıllarını kapsayan bu çalışmadan çıkan sonuç, sektördeki üretkenlik artışının büyük ölçüde teknolojik yeniliklerden geldiğidir. Ama bir yandan da şirketlerin genel olarak mevcut verimlilik kapasitelerinden uzaklaştığı, yani negatif bir korelasyon olduğu ortaya çıkmaktadır. Temel bulgu şu: Şirket büyüklüğü hizmette kilit bir rol oynamaktadır. Teknolojik ilerleme büyük firmalarda daha etkili olmakta, fakat ölçek verimliliği (yani büyüyüp daha verimli olma potansiyeli) küçük firmalarda daha belirgindir (Tovar vd., 2011).

Çelen (2013), Türkiye'deki 21 elektrik dağıtım şirketinin 2002-2009 dönemindeki verimlilik performansını irdelemektedir. Araştırmada iki aşamalı bir yol izlenmiştir. İlk aşamada VZA ile şirketlerin verimlilik skorları hesaplanmaktadır. İkinci aşamada ise, bu skorları etkileyen faktörleri anlamak için bir Tobit (verimlilik skorları gibi belirli bir

aralıkla sınırlı olan değişkenleri analiz eden istatistiksel bir yöntem) modeli kullanılmıştır. Bulgular, müşteri yoğunluğu ve özel mülkiyet gibi etkenler verimliliği olumlu etkilediğini göstermektedir. Sonuç olarak, özelleştirmenin piyasa verimliliğini artırmak için etkili bir strateji olduğu ortaya konulmaktadır (Çelen, 2013).

Arcos-Vargas ve ark. (2017) çalışmasında, İspanya'daki 102 küçük elektrik dağıtım şirketinin 2011 yılındaki verimliliğini VZA yöntemiyle incelemiştir. Çalışmada, konuya düzenleyici bir kurumun gözünden bakılmıştır. Bu bakış açısıyla şirketlerin bütçeleri bir girdi olarak analiz edilirken, dağıttıkları enerji ve sundukları hizmet kalitesi ise çıktı olarak değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, verimsiz çalışan firmaların bütçelerinin düşürülmesiyle sistem genelinde önemli tasarruflar yapılabileceği görülmüştür. Ayrıca, bu tür bir düzenlemenin şirketleri birleşmeye teşvik ederek sektörün genel verimliliğini de artırabileceği belirtilmiştir (Arcos-Vargas vd., 2017).

Petridis ve ark. (2019) çalışmasında, Türkiye'deki elektrik dağıtım şirketlerinin performansını incelemiştir. Bu incelemede, kâr verimliliğini ölçmek için yepyeni bir Ağ VZA modeli geliştirilmiştir. Model iki adımda çalışmaktadır ve işin içine istenmeyen çıktılar, gelirler ve genişleme maliyetleri de girince, standart modellerden ayrılmaktadır. Uygulanan modelle, standart VZA'ya kıyasla şirketler arasındaki farklar daha net ortaya çıkmaktadır. Sonuçta, sadece bir tek şirketin verimli çıkması ortaya daha gerçekçi bir tablo sunmaktadır (Petridis vd., 2019).

Rita ve ark. (2023) tek bir ülkenin verisinin yetersiz kalabileceğini görüp, uluslararası karşılaştırmayı işin içine katmıştır. Portekiz'in ana dağıtım şirketini değerlendirmek için tam 16 Avrupa ülkesinden 65 şirketten veri toplamış ve geniş bir referans grubu kurmuştur. 2017-2019 dönemi için VZA ve SFA yöntemlerini kullanarak yaptıkları analizde, Portekizli şirketin Avrupa'daki benzerleriyle karşılaştırdınca oldukça verimli olduğu ve genelde en iyi %25'lik dilimde yer aldığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca VZA ve SFA gibi birbirinden epey farklı iki yaklaşım neredeyse aynı sonuçları vermiştir. Bu da elde edilen verilerin sağlamlığını artırmış ve Portekiz'deki düzenleyici kurum için güvenilir bir dayanak olmuştur (Rita vd., 2023).

Lins ve ark. (2006), Brezilya elektrik dağıtım sektörünü incelerken düzenleyici kurum ile şirketlerin bakış açısı arasındaki farklara odaklanmıştır. Standart VZA ile belirlenen hedeflerin firmalar için gerçekçi olmayabileceğini savunmuştur ve iki adımlı yeni bir VZA modeli geliştirmiştir. Önce tüm firmaları düzenleyici gözüyle karşılaştırmış, sonra her firmaya kendi gerçekçi hedefini seçme şansı tanımıştır. Bu

yöntem, düzenleme sürecinde daha esnek ve uygulanabilir bir yol sunmuştur (Lins vd., 2007).

Saaty ve Özdemir (2003) ise AHP’de bilinen “sihirli sayı yedi” kavramını ele almaktadır ve bunu insan beyninin kapasitesiyle ilişkilendirmektedir. Yazarlar, karşılaştırılan eleman sayısı yediyi geçtiğinde, karar vericinin tutarlılığının ciddi şekilde azaldığını göstermektedir. Bu yüzden, yöntemin sağlam ve tutarlı sonuçlar verebilmesi için bu sayının 2 ile 7 arasında kalması gerektiğini özellikle vurgulamaktadır (Saaty ve Ozdemir, 2003).

Omrani ve ark. (2024), İran’daki elektrik dağıtım şirketlerinin performansını ölçmek için yenilikçi bir yol izlemektedir. Makine öğrenmesi tekniklerini, çok kriterli karar verme modelleriyle birleştirmektedir. Sadece VZA gibi klasik ölçümlerle yetinmeyip, başka bir verimlilik analizi ve makine öğrenmesine dayalı bir tahmin yöntemi de kullanmaktadır. Sonuçları Bulanık TOPSIS yöntemiyle bir araya getirip, şirketlerin genel performansını daha sağlam ve güvenilir şekilde sıralamaktadır (Omrani vd., 2024).

Hess ve Cullmann (2007), Doğu ve Batı Almanya’daki elektrik şirketlerinin verimliliğiyle ilgili yapılan bir tespitin doğruluğunu araştırmaktadır. VZA ve SFA gibi farklı yöntemlerle yapılan analizler, Doğu Alman şirketlerinin Batı’dakilere göre daha verimli olduğunu açıkça göstermektedir. Bunun ana nedeni olarak da 1990’lardaki Doğu Almanya’daki yenileme yatırımları işaret edilmektedir (Hess ve Cullmann, 2007).

Núñez ve ark. (2020), İspanya’daki elektrik dağıtım sektöründe verimlilik analizlerinde teknolojik farklılıkların mutlaka hesaba katılması gerektiği ortaya konmuştur. Bu amaçla, araştırmacılar önce 236 şirketi benzer teknolojiye sahip gruplara ayırmıştır. Sonrasında da bu gruplar için standart olmayan, farklı bir meta VZA modeli kullanmışlardır. Buradaki asıl yenilik, şirketleri hem kendi teknolojik grupları içinde, hem de sektörün genelinde karşılaştırmaktır. Sonuç olarak, tüm şirketlere tek tip bir verimlilik hedefi koymak yerine, her grup için kendi potansiyeline uygun, farklılaştırılmış hedefler belirlemek gerektiği vurgulanmaktadır (Núñez vd., 2020).

Vesterberg ve ark. (2021), İsveç’teki yerel elektrik dağıtım şirketlerinin teknik verimliliğini incelemiştir. Özellikle küçük ölçekli hizmetin verimlilik puanlarına etkisini araştırmışlardır. İki aşamalı bir VZA yaklaşımı kullanmış ve analiz sonunda şirketler arasında verimlilik açısından ciddi farklar olduğunu görmüşlerdir. Ama küçük şirketlerin yüksek hizmet oranı, beklenenin aksine, operasyonel bir verimsizliğe yol açmamıştır. Ayrıca ülkenin kuzeyinde, büyük ve müşteri yoğunluğu yüksek firmaların daha verimli olduğu tespit edilmiştir (Vesterberg vd., 2021).

Bu ve ark. (2024), araştırmasında Avustralya'daki elektrik dağıtım düzenlemelerinin neden beklenen verimlilik artışını getirmediğini incelemiştir. 2007-2021 verilerini kullanarak yaptıkları analizden çıkan sonuçlara bakılınca kıyaslama uygulamaları, teknolojik gelişmeyi teşvik etmekte ve verimlilik skorlarını yükseltmektedir. Ama işin beklenmedik tarafı, firmaların stratejik davranışları yüzünden genel ortalamada bir iyileşme görülmemiştir. Bu da, düzenleyici kurumların sadece hedefleri değil, aynı zamanda istenmeyen stratejik davranışları da göz önünde bulundurması gerektiğini açıkça göstermektedir (Bu vd., 2024).

Sadjadi ve ark. (2011), İran'daki elektrik dağıtım şirketlerinde hedef belirlerken yaşanan veri belirsizliği sorununa odaklanmıştır. Bunu aşmak için, belirsizliğe rağmen daha güvenilir sonuçlar veren yeni bir model geliştirmişlerdir. Model, sağlam optimizasyon yaklaşımını VZA ile birleştirmekte ve aynı anda birden fazla amacı dikkate almaktadır. Karar vericinin tercihlerini de işin içine katmaktadır. Sonuçlara bakınca, bu model hem veri belirsizliğiyle başa çıkmada hem de karar vericinin önceliklerine uygun olup esnek hedefler belirlemede başarılı olmuştur (Sadjadi vd., 2011).

Trindade ve ark.(2015), proje yönetimi verimliliğini ölçmek için VZA'yı kullanmıştır. Bu kapsamda, Portekiz'de bir elektrik dağıtım şirketinde yürütülen uzaktan kontrol projeleri analiz edilmiştir. Araştırmacılar, girdi odaklı bir BCC modeliyle 25 operasyonel birimin verimliliğini karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, verimsiz şirketlerin kaynaklarını ne kadar azaltmaları gerektiği ortaya konmuş ve en verimli şirketler diğerleri için iyi birer örnek olarak gösterilmiştir (Trindade vd., 2015).

Susanty ve ark. (2022), verimsizliğin asıl nedenlerini ortaya çıkaran iki aşamalı bir model önermiştir. İlk aşamada, Veri Zarflama Analizi ile yedi şirketten dördünün verimli olduğu tespit edilmiştir. Ama çalışmanın esas katkısı, bu sonucun nedenini bulmalarıdır. Yumuşak Sistemler Metodolojisi'ni kullanarak, şebeke kayıpları ve kaçak kullanım gibi temel verimsizlik kaynaklarını tespit etmişler ve bu sorunlara yönelik çözüm önerileri getirmişlerdir (Susanty vd., 2022).

Campos ve ark. (2022), Brezilya'daki elektrik sektörü denetimlerinde kullanılan iki ana verimlilik analiz yöntemini kıyaslamıştır. Şu an kullanılan VZA modelinin bazı zayıf yanları olduğunu, alternatif olarak düşünülen SFA'nın ise kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunduğunu göstermişlerdir. Mesela, SFA aykırı değerlerle daha iyi başa çıkmakta ama hesaplama sorunları riski barındırmaktadır. Sonuçta, tek bir yönteme bağlı kalmak yerine, her iki yaklaşımı birleştiren çoklu bir denetim modeline geçmenin en mantıklı yol olacağını savunmuşlardır (Campos vd., 2022).

Hünerli ve Aydın (2019), Türkiye’deki doğal gaz dağıtım sektörünün verimlilik profilini hem o anki duruma bakarak hem de zaman içinde nasıl değiştiğini izleyerek ortaya koymuştur. VZA ile yapılan değerlendirmede, çoğu şirketin verimsiz çalıştığı ve ölçeğe göre artan getiri sağladığı net şekilde görülmüştür. Yani sektör henüz olgunlaşmamış ve şirketlerin büyüme potansiyeli yüksektir. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksiyle yapılan analiz de sektördeki bu gelişimi doğrulamıştır (Hünerli ve Aydın, 2019).

Özispä ve Arabelen (2021), Türkiye’de liman uzmanlarının sürdürülebilirliğe yaklaşımını incelemiştir. Uzmanlar, sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal yönlerine farklı derecelerde önem vermektedir. AHP ile yapılan önceliklendirme analizinde, uzmanlar çevresel alan için en çok denizin korunmasına öncelik vermiştir. Ekonomik alanda işletme performansı, sosyal alanda ise çalışanların iş sağlığı ve güvenliği öne çıkmıştır. Çalışma, bu öncelikleri temel olarak kullanarak, gelişmekte olan ülke limanlarının sürdürülebilirlik stratejileri için bir çerçeve sunmayı hedeflemiştir (Güler vd., 2020; Özispä ve Arabelen, 2021).

Özmen (2020) ise, bir karar verme yönteminin güvenilirliğini artırmak için verilerdeki belirsizlikleri dikkate alan yeni bir model önermiştir. Bu modeli, OECD ülkelerinin telekomünikasyon sektörünü değerlendirirken kullanmış ve %99.96 gibi çok yüksek bir güvenilirlik oranına ulaşarak yöntemin sağlamlığını göstermiştir. Sonuçlar, modelin belirsizlik altında bile ne kadar tutarlı çalıştığını kanıtlamaktadır (Özmen, 2020).

Güler ve ark. (2020), Türkiye’deki 21 enerji dağıtım şirketinin 2019 performansını VZA’nın farklı modelleriyle çok yönlü olarak analiz etmiştir. Dört farklı modelle şirketleri hem kaynakları azaltma hem çıktıları artırma açısından değerlendirmişler ve şirketler arasında bir etkinlik sıralaması yapmışlardır. En iyi performans gösteren şirketleri daha detaylı sıralamak için “Süper Etkinlik Modeli”ni de kullanmışlardır. Bu yaklaşım sayesinde, her şirketin mevcut büyüklüğü ve stratejik hareketleri dikkate alınarak, elektrik dağıtımında verimliliği artırmaya yönelik özel iyileştirme hedefleri belirlenmesi için bir temel oluşturulmuştur (Güler vd., 2020).

Yetik ve Ünal (2024) çalışmasında, Niğde ili için en uygun sulama yöntemini belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla AHP yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, dört farklı sulama yöntemi (tava, karık, damla ve yağmurlama) su kullanım etkinliği ve sistem maliyeti gibi toplam on kritere göre karşılaştırılmıştır. Uzman görüşlerine göre, su %23,7’lik oranla en önemli kriter olarak öne çıkmıştır. Tüm kriterler birlikte

değerlendirildiğinde, özellikle suyun verimli kullanımı açısından damla sulama en uygun yöntem olarak belirlenmiştir (Yetik ve Ünal, 2024).

Aysin ve Çalmaşur (2022), Türkiye’de özelleştirilen elektrik dağıtım şirketlerinin 2012-2018 arasındaki performansını hem anlık hem de zaman içindeki değişimleriyle ele almıştır. VZA modelleriyle yapılan analizde, çoğu şirketin verimsiz olduğu ortaya çıkmıştır ancak bu durumun bölge zenginliğiyle bir ilgisi yoktur. Diğer yandan, Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksiyle bakıldığında, sektörün zaman içinde kayda değer bir ilerleme gösterdiği görülmektedir (Emre Aysin ve Çalmaşur, 2022).

Aladağ ve ark. (2017) çalışmasında, artan rekabet ortamında özel hastane seçimini etkileyen kriterleri AHP ile incelemiştir. Kocaeli’de ikamet eden 100 katılımcıyla yapılan çalışmada, dört ana kriter (müşteri memnuniyeti, teknik kalite, fiyatlandırma politikası, bilinirlik) ve bunlara bağlı alt kriterler belirlenmiştir. Katılımcılar Kocaeli’deki dört özel hastaneyi ve çeşitli kriterleri ikili karşılaştırmalarla değerlendirmiştir. Sonuçlar, mevcut hastanelere kârlılığını artıracak stratejiler geliştirme ve yeni yatırımcılara pazara girişte yol haritası sunma konusunda önemli bilgiler sağlamıştır (Aladağ vd., 2017).

Kara ve Uslu (2020), Türkiye’deki elektrik dağıtım şirketlerinin verimlilik farklarının nedenlerini araştırmıştır. Öncelikle VZA ile şirketlerin verimlilik puanlarını belirleyip, sonra da bu puanların güvenilirliğini istatistiksel olarak teyit etmişlerdir. Son aşamada ise, etkinlik farklarını açıklayan içsel ve dışsal faktörleri anlamak için regresyon analizi yapmışlardır. Sonuçlara bakınca, yapılan yatırımların ve hizmet alanının büyüklüğünün verimliliği artırdığı görülmüştür. Buna karşılık, yüksek kayıp-kaçak oranları ve artan trafo kapasitesinin ise performansı olumsuz etkilediği görülmüştür (Kara ve Uslu, 2020).

Çelen ve Yalçın (2012), Türkiye’deki elektrik dağıtım şirketlerinin performansını ölçerken hizmet kalitesini de dahil etmenin önemini göstermiştir. Bu amaçla, üç farklı yöntemi birleştiren yeni bir model geliştirmişlerdir. Önce, farklı kalite göstergelerinin hangisinin daha önemli olduğunu belirlemişlerdir. Sonra, bu ağırlıklı göstergelerle tek bir hizmet kalitesi puanı hesaplamışlardır. Son adımda da bu kalite puanını VZA modelinde çıktı olarak kullanıp şirketlerin nihai verimliliklerini ölçmüşlerdir. Bu yaklaşım, hizmet kalitesinin farklı yönlerini hesaba katarak, standart verimlilik analizlerine göre daha genel bir değerlendirme imkânı sağlamıştır (Çelen ve Yalçın, 2012).

Keshavarz Ghorabae ve ark. (2015) çalışmasında, çok kriterli karar verme literatürüne farklı bir bakış açısı getirmiştir. Diğer birçok yöntemle göre EDAS’ın farkı, alternatifleri ideal bir çözüme olan uzaklıklarına göre değil, tüm çözümlerin oluşturduğu

ortalama bir referans noktasına göre sıralamaktadır. Yöntem, özellikle geleneksel analizlerin yetersiz kaldığı çok kriterli envanter sınıflandırması problemi üzerinde test edilmiştir. Yapılan analizler, EDAS'ın bilinen diğer yöntemlerle tutarlı sonuçlar verdiğini ve basit yapısıyla kolayca uygulanabildiğini göstermiştir (Keshavarz Ghorabae vd., 2015).

Joskow (2006) çalışmasında, düzenleyici kurumların elektrik sektörü için aldığı aksiyonların gerçek hayattaki uygulamasının kağıt üzerinde olduğundan çok daha karmaşık olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmaya göre, bir şirkete ne kadar harcama yapacağını söylemek ve onu denetlemek, güvenilir veriler olmadan imkansızdır. Dolayısıyla Joskow, bu altyapı olmadan uygulanan teşvik modellerinin başarısız olmaya mahkum olduğunu net bir şekilde ifade eder (Joskow, 2006).

Giannakis ve ark. (2005) çalışmasında, Şirketleri sürekli maliyetlerini düşürmeye zorlamak, farkında olmadan hizmet kalitesinden (örneğin elektrik kesintilerinin artması gibi) ödün vermelerine yol açabileceğinden bahsetmişlerdir. Yazarlar, bu konuyu incelemek için İngiltere'deki dağıtım şirketlerinin verilerini analiz etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, sadece maliyetlere bakarak verimli olarak görülen bir şirketin, hizmet kalitesi açısından her zaman başarılı olmayabileceğidir. Hatta bir şirketin sadece maliyetlere dayalı verimlilik notu ile hem maliyet hem de kaliteyi içeren notu arasında güçlü bir bağlantı olmadığını görmüşlerdir. Bu nedenle, şirket performansını adil ve gerçekçi bir şekilde ölçmek için, hizmet kalitesini de mutlaka analize dahil etmek gerektiğini savunmuşlardır (Giannakis vd., 2005).

Yukarıda incelenen çalışmalar, bizlere elektrik dağıtım sektöründe performans ölçümü ile ilgili geniş bir yelpaze olduğunu göstermektedir. Fakat bu çalışmaları çoğu performans ölçümü yaparken genellikle operasyonel verilere yani şebeke varlıklarına odaklanmaktadır. Hizmetin ne kadar başarılı olduğu ya da tüketicilerin aldığı hizmetten ne kadar memnun olduğu unsurları modele dahil edildiği durumlarda ise tedarik sürekliliği performansı göstergeleri (SAIDI), (SAIFI) öne çıkmaktadır. Bu durumda ise tüketicilerin deneyimi, şirketlerin hizmet verdiği alanların zorluklarını tam olarak yansıtmakta yetersiz kalabilmektedir.

Bu çalışmada literatürdeki bu boşluğu doldurmak amacıyla daha genel ve adil bir bakış açısı sunulmaktadır. Çalışmanın yeniliği, performansı sadece standart yöntemlerle ve parametrelerle değil bu çalışmaya özgü olarak oluşturulan memnuniyet skoru adıyla 5 farklı çıktının (SAIDI, SAIFI, KKO, nüfus başına dağıtılan enerji, tüketici yoğunluğu) tek bir çıktıya indirgenerek ölçmesidir. Bu sayede hizmet kalitesi, sürdürülebilirlik ve

Çevresel faktörler bir arada değerlendirilme imkanı bulmuştur. Her biri farklı özellikte olan bu kriterlerin önem ağırlıkları uzman görüşlerine dayanan AHP yöntemi ile belirlenmişt akabinde EDAS yöntemiyle her bir elektrik dağıtım şirketi için tek bir skor oluşturulmuştur.

Yapılan bu çalışmanın bir sonraki adımımda ise oluşturduğumuz bu skor, VZA yöntemlerine 6. bir çıktı olarak “Memnuniyet Değişkeni” eklenmiştir. Bu sayede çalışma, şirketlerin temel çıktılarına odaklanmasının yanında bu ıktıları oluştururken yaşadığı sosyal ve bölgesel zorluklara da değinmiştir. Bunun yanında VZA yöntemlerinde karşılaşılan bazı yanıltıcı sonuçları önlemek amacıyla ACWR modeli kullanılmıştır. Bu sayede bir birimin verimli gzkebilmesi için zayıf olduğu bazı çıktılara sıfır değerinde ağırlık atanma sorununun önüne geçilerek daha dengeli bir değerlendirme yapılmıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Türkiye’de enerji piyasasının düzenleyici ve denetleyici otoritesi olan EPDK, elektrik dağıtım şirketlerinin performansını değerlendirme süreçlerinde merkezi bir rol üstlenmektedir. Düzenleyici kurumların, sektörlerde verimliliği artırmak amacıyla teşvik esaslı performans değerlendirme mekanizmaları kullanması, uluslararası alanda kabul görmüş bir yaklaşımdır (Joskow, 2006).

Elektrik dağıtım hizmetlerinin doğal tekel niteliği, bu analizlerin temelini oluşturmaktadır. Çünkü serbest piyasa şartları bu sektörde oluşmadığından, şirketlerin verimliliklerini artırmaya gayret edecek bir rekabet baskısı mevcut değildir (Jamasb ve Pollitt, 2000). Bu eksikliği gidermek amacıyla EPDK gibi düzenleyici kurumlar, teşvik esaslı düzenleme mekanizmaları aracılığıyla bir sanal rekabet ortamı oluşturarak şirketleri verimlilik hedeflerine yönlendirmeyi amaçlamaktadır (Nepal ve Jamasb, 2015).

Ancak bu bakış açısıyla maliyetleri düşürme hedefinin hizmet kalitesini de düşürebileceği şeklinde bir öngörü vardır. Nitekim yapılan çalışmalar, maliyet verimliliği ile hizmet kalitesi arasında her zaman pozitif bir ilişki olmayabileceğini göstermiştir (Giannakis vd., 2005).

Bu bölümde, Türkiye'deki elektrik dağıtım şirketlerinin etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla izlenen araştırma metodolojisi, kullanılan analiz tekniği, veri seti ve değişkenler ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır. Çalışmanın temel amacı, elektrik dağıtım sektöründe faaliyet gösteren karar birimlerinin performansını değerlendirmek olduğundan, analiz yöntemi olarak VZA tercih edilmiştir.

Araştırma, AHP ve EDAS yöntemlerini ardışık olarak kullanarak çok boyutlu bir memnuniyet skoru oluşturma ve bu skoru VZA modeline bir çıktı olarak dahil etme üzerine kurulu karma bir yapıya sahiptir. Bu yapı dağıtım şirketlerinin birçok çıktı parametresini bir arada değerlendirme olanağı sunmaktadır.

3.1. Materyal

Bu çalışmada yer alan veri seti, Türkiye'de faaliyet gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinin 2024 yılına ait kamuya açık verilerinden (TÜİK raporları, EPDK yıllık sektör raporları, Harita Genel Müdürlüğü Resmi Sitesi vb.) derlenmiştir. Analizde her bir dağıtım şirketi bir KVB olarak ele alınmıştır. Veriler yıl sonuna ait gerçekleşmiş verilerden oluşmaktadır. Verimlilik analizi için belirlenen girdi ve çıktılar aşağıda tanımlanmıştır.

Girdiler:

Personel Sayısı: Şirketin ilgili yılın sonunda EPDK'ya bildirdiği kadrolu ve taşeron toplam çalışan sayısını ifade eden ve emek girdisini temsil eden bir değişkendir.

Personel sayısını girdi olarak seçmemizin nedeni şirket için en önemli maliyet kalemlerinden biridir. Şirketlerin minimize etmek istediği kaynakların başında yer almaktadır.

Yatırım Harcaması (TL): Şebeke iyileştirme, teknoloji ve altyapı için yapılan toplam harcamayı temsil eden sermaye girdisidir. 2024 Haziran TÜFE (Tüketici Fiyat Endeksi) bazlıdır ve milyon TL cinsinden ifade edilmektedir.

Yatırım tutarlarını girdi olarak seçmemizin nedeni şirketin çıktı üretmek için tükettiği finansal kaynak olmasıyla birlikte daha az yatırımla daha büyük şebeke kuran veya daha çok tüketiciye hizmet veren şirketlerin verimliliğini ortaya koymaktır.

Çıktılar:

Enerji Tahakkuk Miktarı (MWh): Tüketicilere satılan ve faturalandırılan toplam elektrik enerjisi miktarıdır. Bir başka deyişle dağıtım şebekesinden bağlı tüketicilere tahakkuk ettirilen miktarlardır.

Çıktı olarak değerlendirilme nedeni hem şirketin gelirini tahakkuk üzerinden elde etmesi hem de bir dağıtım şirketinin temel amaçlarından birinin elektriği son tüketiciye ulaştırması yer almaktadır.

Tüketici Sayısı: Şirketin ilgili yılın sonunda EPDK'ya bildirdiği yani hizmet verdiği toplam tüketici sayısıdır.

Çıktı olarak değerlendirilme sebebi dağıtılacak enerjinin kaç farklı lokasyona ulaştırıldığı ve tüketici sayısı arttıkça operasyon yükünün de zorlaşacağı en önemli değerlendirilme sebeplerinden biridir.

Trafo Sayısı: Şebekedeki toplam dağıtım transformatörlerinin adedidir.

Hat Uzunluğu (KM): Şirketin sorumluluğundaki toplam enerji nakil ve dağıtım hattı uzunluğudur.

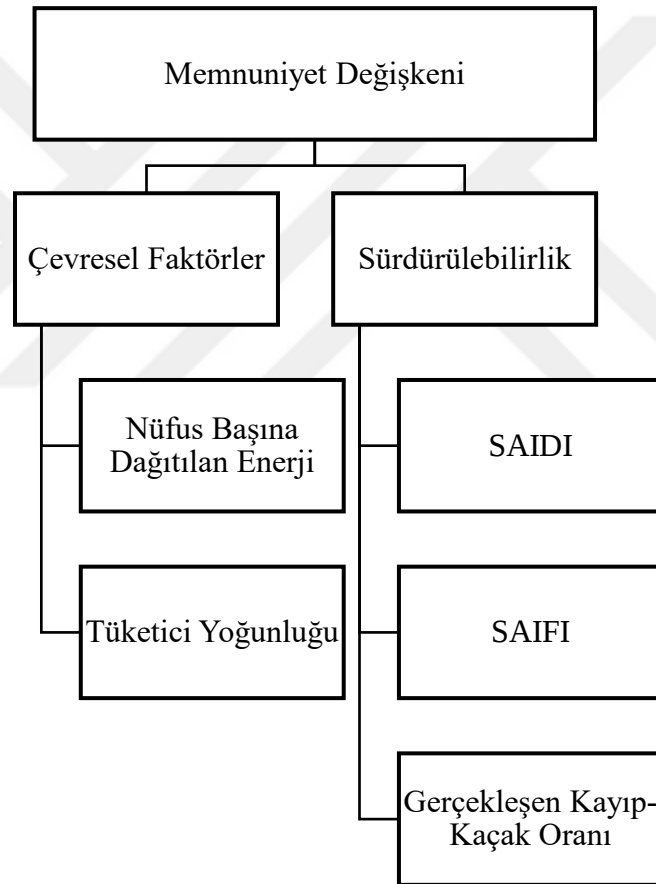
Trafo Kapasitesi (MVA): Şebekedeki transformatörlerin toplam kurulu gücüdür.

Trafo sayısı, hat uzunluğu ve trafo kapasitesi (şebeke varlıkları) literatürde girdi olarak da çıktı olarak da kullanılmıştır. Bizim analizimizde çıktı olarak kullanılma sebeplerinden biri bir dağıtım şirketinin sermaye ve insan kaynağı kullanarak elde edeceği somut varlıkların sonucu şebeke varlıklarıdır. Ayrıca bu değişkenler karşılanabilecek potansiyel talepleri ve coğrafi büyüklükleri de göstermektedir.

Memnuniyet Değişkeni: Aşağıdaki beş alt kriterin AHP ve EDAS yöntemleri ile bütünleşik bir skora dönüştürülmesiyle elde edilen ve hizmet kalitesini temsil eden sentetik bir çıktıdır.

Bu çalışmada, bir dağıtım şirketinin performansını sadece operasyonel büyüklüklerle değil, aynı zamanda hizmet kalitesi ve faaliyet gösterdiği coğrafyanın zorluklarını da dikkate alarak ölçmek amacıyla Memnuniyet Değişkeni adında bütünleşik bir skor geliştirilmiştir.

Bu skor Şekil 3.1’de gösterildiği gibi 2 ana ve 5 alt kriterin hiyerarşik bir şekilde birleştirilmesiyle oluşmaktadır.



Şekil 3.1. Memnuniyet değişkeni hiyerarşik yapısı

1. Ana Kriter: Çevresel Faktörler

Şirketin performansında etkili ancak şirketin kontrolü dışında oluşan çevre ve coğrafi koşulları ifade etmektedir. Örneğin İstanbul'da hizmet veren bir şirket ile Doğu Anadolu'nun dağlık ve geniş bir coğrafyasında hizmet veren bir şirketi aynı kefeye

koymak adil olmamaktadır. Bu kriter, şirketlerin karşılaştığı zorlukları dahil ederek daha farklı bir analiz imkanı sunmaktadır.

Bu ana kriterin alt kriterleri:

Tüketici Yoğunluğu (Tüketici Sayısı/km²):

Şirketin hizmet verdiği bölgenin bir kilometrekaresine düşen ortalama tüketici sayısıdır. Bu, şirketin ne kadar yoğun veya seyrek bir alanda çalıştığını göstermektedir. Örneğin yoğun olan bir bölgede birim hat uzunluğu başına daha fazla aboneye hizmet verilmektedir. Arızalara müdahale daha hızlı, yatırım maliyetleri daha düşüktür. Yoğunluğu düşük bir bölgede ise bir tüketiciye enerji ulaştırmak için kilometrelerce hat döşemek gerekebilmektedir. Coğrafya engebeli, nüfus dağılımıdır. Bu da operasyonel maliyetleri ve arıza riskini artırmaktadır. Dağıtım şirketlerinin hizmet verdiği alanlar arasında ciddi büyüklük farkları vardır. Özetle coğrafi zorluğun bir ölçüsüdür.

Nüfus Başına Dağıtılan Enerji (MWh/Nüfus):

Hizmet verilen bölge için sisteme giren enerji miktarının bölge nüfusuna bölünmesiyle elde edilmektedir. Bu, bölgenin arz-talep ve sanayileşme, kentleşme düzeyinin bir göstergesidir. Örneğin yüksek değer olduğunda bölgede sanayi tesislerinin, ticarethanelerin ve yüksek tüketimli meskenlerin yoğun olduğunu göstermektedir. Düşük değer ise bölgenin daha çok kırsal ve tarımsal bir yapıya sahip olduğunu ifade etmektedir. Özetle hizmet verilen bölgenin sosyo-ekonomik yapısını modele dahil etmektedir.

2. Ana Kriter: Sürdürülebilirlik

Şirketin sağladığı hizmetin kalitesini, güvenilirliğini ifade etmektedir. Yani, Şirket işini ne kadar iyi ve kesintisiz yapıyor sorusuna odaklanmaktadır. Bir hizmetin sürdürülebilir olması, sadece bugüne özel değil, gelecekte de aynı randımanda sunulabilmesidir. Çünkü bir şirketin sadece çok sayıda tüketiciye sahip olması veya çok fazla enerji satması tek başına bir başarı göstergesi değildir. Asıl önemli olan, bu hizmeti ne kadar az kesintiyle, ne kadar az kayıpla ve ne kadar güvenilir bir şekilde sunduğudur. Bu kriter, doğrudan müşteri deneyimini ve şirketin teknik yeterliliğini ölçmektedir.

Bu Ana Kriterin Alt Kriterleri:

SAIDI: Bir müşterinin bir yıl boyunca yaşadığı toplam kesinti süresini ifade etmektedir. Müşteri memnuniyetini en doğrudan etkileyen parametrelerden biridir. Düşük SAIDI, doğal afet gibi dış etmenlere karşın şirketin arızalara hızlı müdahale ettiğini ve şebekesinin dayanıklı olduğunu göstermektedir.

SAIFI: Bir müşterinin bir yıl boyunca ortalama kaç kez elektrik kesintisi yaşadığını, yani kesinti sıklığını ifade etmektedir. Adet/müşteri olarak ölçülür. Şebekenin

genel güvenilirliğini ve istikrarını ölçmektedir. Düşük SAIFI, şebekenin daha az arıza yaptığını ve daha istikrarlı çalıştığını göstermektedir.

KKO: Şebekeye giren enerji ile müşterilere faturalandırılan enerji arasındaki farkın yüzdesel ifadesidir. Hem teknik kayıpları (hatlardan kaynaklanan fiziksel kayıplar) hem de kaçak kullanımı içerir. Bu, şirketin teknik ve idari verimliliğinin göstergesidir.

Yüksek KKO, ya şebekenin çok eski ve verimsiz olduğunu ya da şirketin kaçak kullanımı engellemede başarısız olduğunu gösterir. Düşük KKO ise yenilenmiş ya da sürekli yenilenen bir altyapı ve kayıp kaçakla mücadelede çok iyi performans gösteren operasyonel göstergelerinden biridir.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada, memnuniyet değişkeni oluşturan kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için AHP, bu ağırlıkları kullanarak şirketler için tek bir memnuniyet skoru üreten (6. çıktı) EDAS ve son olarak verimliliği farklı bakış açılarıyla ölçen VZA yöntemleri kullanılmıştır.

3.2.1. Analitik hiyerarşi prosesi

AHP, bir karar verirken elimizdeki seçenekleri farklı açılardan değerlendirmemizi sağlayan bir tekniktir. Özellikle bu özellikler birbiriyle çeliştiğinde hangisinin bizim için ne kadar önemli olduğunu belirleyip en uygun seçeneği bulmamıza yardımcı olur. Bu yöntem, bir problemi ana hedef, kriterler, alt kriterler ve alternatifler şeklinde hiyerarşik bir yapıya ayırmaktadır. AHP'nin temelinde, karar vericilerin öznel yargılarını ve deneyimlerini, ikili karşılaştırmalar yoluyla sayısal değerlere dönüştürerek analiz sürecine dahil etmesidir. Bu sayede hem somut hem de soyut faktörler aynı model içinde değerlendirilebilmektedir (Aladağ vd., 2017).

Bu çalışmada AHP'nin kullanılma amacı, memnuniyet değişkenini oluşturan 5 alt kriterin (SAIDI, SAIFI, KKO, nüfus başına dağıtılan enerji, tüketici yoğunluğu) eşit derecede önemli olmadığını varsayarak, bu kriterlere uzman görüşleri doğrultusunda objektif ağırlıklar oluşturmaktadır. Bu sayede, VZA analizinde kullanılacak olan memnuniyet skorunun daha gerçekçi ve anlamlı olması sağlanmaktadır. AHP uygulama adımları aşağıda sırasıyla gösterilmiştir (Aladağ vd., 2017; Saaty, 2008):

Adım 1: İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Uzmanlardan, 5 alt kriteri birbiriyle ikili olarak karşılaştırmaları ve Saaty'nin 1-9 önem ölçeğine göre değerlendirmeleri istenmektedir. n adet kriter için n x n boyutunda bir A matrisi oluşturulmaktadır.

$$A = a_{ij} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.1)$$

Burada a_{ij} i kriterinin j kriterine göre önemini göstermektedir. $a_{ii} = 1$ ve $a_{ji} = 1/a_{ij}$ özellikleri sağlanmaktadır.

Çizelge 3.1. İkili karşılaştırmalar matrisi

	Kriter 1	Kriter 2	...	Kriter n
Kriter 1	w_1/w_1	w_1/w_2	...	w_1/w_n
Kriter 2	w_2/w_1	w_2/w_2	...	w_2/w_n
...	...	...	...	...
Kriter n	w_n/w_1	w_n/w_2	...	w_n/w_n

Çizelge 3.2. Kriterler için karşılaştırma ölçeği

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunmaktadır.
3	Orta Derecede Önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettirmektedir.
5	Kuvvetli Derecede Önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli derecede tercih ettirmektedir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önem	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve uygulamada baskınlığı rahatlıkla görülmektedir.
9	Mutlak Derecede Önem	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar büyük güvenilirliğe sahiptir.
2, 4, 6, 8	Ara Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerdir.

Adım 2: Uzman Görüşlerinin Birleştirilmesi

Bu çalışmada 3 uzmanın (Enerji Piyasası Uzmanı, Tüketici Hizmetleri Uzmanı, Sistem İşletme Uzmanı) görüşü alınmıştır. Her bir uzmanın oluşturduğu matrisler, Geometrik Ortalama Yöntemi kullanılarak tek bir birleşik matris haline getirilmiştir. Geometrik ortalama, matrisin karşılıklılık özelliğini koruduğu için tercih edilmektedir. K uzman için birleşik matrisin her bir elemanı a_{ij} aşağıdaki denklemle hesaplanması gösterilmektedir:

$$a_{ij} = (a_{ij}^1 * a_{ij}^2 * \dots * a_{ij}^k)^{\frac{1}{k}} \quad (3.2)$$

Adım 3: Normalizasyon ve Özvektörün (Ağırlık Vektörü) Hesaplanması

Birleşik matrisin her bir sütunundaki elemanlar toplanmaktadır. Ardından, matrisin her bir elemanı bulunduğu sütun toplamına bölünerek normalize matris (N) elde edilmektedir.

$$N_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \right) \quad (3.3)$$

Normalize matrisin her bir satırındaki elemanların aritmetik ortalaması alınarak, o satıra karşılık gelen kriterin önem ağırlığını (w) veren öncelik vektörü (özvektör) hesaplanmaktadır.

$$w_i = \left(\sum_{j=1}^n \frac{N_{ij}}{n} \right) \quad (3.4)$$

Adım 4: Tutarlılığın Ölçülmesi

Uzman yargılarının tutarlı olup olmadığını kontrol etmek için Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanmaktadır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, karşılaştırmaların kabul edilebilir düzeyde tutarlı olduğunu göstermektedir. İlk olarak en büyük öz değer (λ_{max}) hesaplanmaktadır:

$$\lambda_{max} = \left(\frac{1}{n} \right) * \frac{\sum_{i=1}^n (A * w)_i}{w_i} \quad (3.5)$$

Ardından Tutarlılık Endeksi (CI) hesaplanmaktadır:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.6)$$

Son olarak, n değerine bağlı olarak belirlenen Çizelge 3.3'te gösterilen Rassallık Endeksi (RI) kullanılarak Tutarlılık Oranı (CR) bulunmaktadır:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.7)$$

Çizelge 3.3. Rassal endeksler

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Eğer $CR \leq 0,10$ ise, hesaplanan ağırlıklar (w) analizde kullanılabilmektedir.

3.2.2. EDAS yöntemi

Bu çalışmada, alternatiflerin değerlendirilmesi ve tek bir skor oluşturulması için EDAS yöntemi kullanılmıştır.

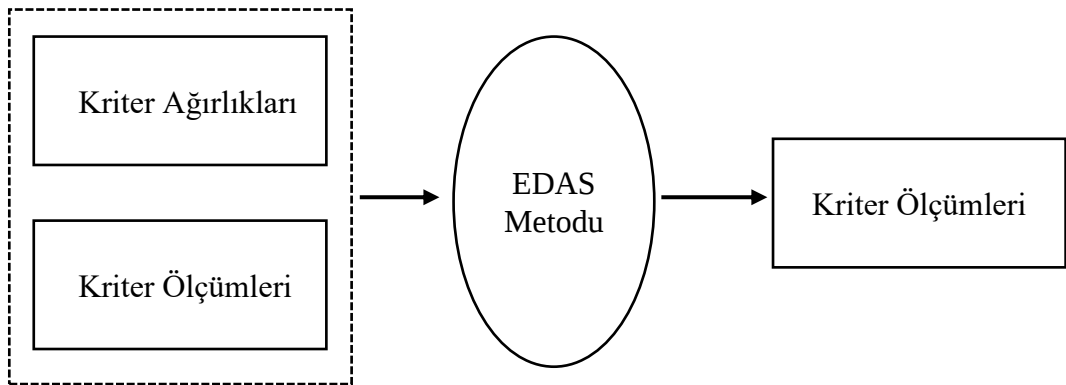
Keshavarz Ghorabae ve ark. (2015) tarafından geliştirilen bu yöntem, ÇKKV’de etkili bir çözüm sunmaktadır (Keshavarz Ghorabae vd., 2015). ÇKKV literatüründe yaygın olarak kullanılan TOPSIS ve VIKOR gibi yöntemler, alternatifleri en iyi ve en kötü olarak tanımlanan referans noktalarına göre değerlendirmektedir.

EDAS ise bu yaklaşımlardan farklı olarak, tüm alternatiflerin performans değerlerinden hesaplanan "ortalama çözüm" noktasını baz almaktadır. Bu sayede, en iyi ve en kötü çözümlerin hesaplanmasına gerek kalmadan daha basit bir hesaplama altyapısı sunmaktadır.

Yöntemin temel mantığında bir alternatifin ortalama çözümden pozitif yönde sapmasının (Ortalamadan Pozitif Uzaklık - PDA) istenen bir durum, negatif yönde sapmasının (Ortalamadan Negatif Uzaklık - NDA) ise istenmeyen bir durum olduğu varsayımına dayanmaktadır.

Dolayısıyla, daha yüksek PDA ve daha düşük NDA değerlerine sahip bir alternatif, diğerlerine göre daha üstün kabul edilmektedir.

Keshavarz Ghorabae vd. (2015) tarafından tanımlanan EDAS yönteminin uygulama adımları aşağıda belirtilmiştir (Keshavarz Ghorabae vd., 2015).



Şekil 3.2. EDAS yönteminin gösterimi

AHP ile elde edilen kriter ağırlıkları, şirketlerin performansını tek bir skora dönüştürmek için kullanılmaktadır. Şekil 3.2’de EDAS yönteminin akışı belirtilmiştir. Bu çalışmada EDAS yönteminin seçilme nedeni, karar verme problemindeki tüm alternatiflerin ortalama bir çözüme göre değerlendirilmesidir. Bu yaklaşım, en iyi veya en kötü çözüme olan uzaklığa dayanan TOPSIS gibi yöntemlere göre daha istikrarlı bir referans noktası sunmaktadır. Özellikle birbirine yakın performans gösteren alternatifleri ayırt etmede etkilidir (Özmen, 2020). EDAS yönteminin adımları aşağıda gösterilmiştir (Keshavarz Ghorabae vd., 2015).

Adım 1: Metodolojinin ilk aşamasında, m adet alternatifin n adet kritere göre performans değerlerini içeren (m * n) boyutlu karar matrisi (X) kurulmaktadır.

$$X = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & X_{2m} \\ X_{m1} & X_{m2} & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

Bu matriste X_{ij} elemanı i . alternatifin j . kritere göre elde ettiği performansı göstermektedir.

Adım 2: Her bir kriter için tüm alternatiflerin performans değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama çözüm vektörü (AV_j) hesaplanmaktadır.

$$AV = [AV_j]_{1 \times n} \quad (3.9)$$

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^m X_{ij}}{m} \quad (3.10)$$

Adım 3: Her bir alternatifin performansının ortalama çözümden sapma düzeyleri, kriterin fayda ya da maliyet yönlü olmasına göre pozitif (PDA) ve negatif (NDA) uzaklıklar olarak hesaplanmaktadır.

$$PDA = [PDA_{ij}]_{m \times n} \quad (3.11)$$

$$NDA = [NDA_{ij}]_{m \times n} \quad (3.12)$$

Eğer j . kriter fayda kriteri ise:

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_i} \quad (3.13)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_j} \quad (3.14)$$

Eğer j . kriter maliyet yönlü ise:

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_i} \quad (3.15)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_i} \quad (3.16)$$

Adım 4: Her alternatif için hesaplanan PDA ve NDA matrislerindeki değerler, ilgili kriterin önem derecesini yansıtan ağırlık w_j ile çarpılarak toplanır. Bu işlemle her alternatif için ağırlıklı pozitif SP_i ve ağırlıklı negatif SN_i skorlar elde edilmektedir.

$$SP_i = \sum_{j=1}^n w_j \times PDA_{ij} \quad (3.17)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^n w_j \times NDA_{ij} \quad (3.18)$$

w_j , j . kritere ait kriter ağırlığını ifade etmektedir.

Adım 5: Alternatifler arasında adil bir karşılaştırma yapabilmek amacıyla, hesaplanan SP_i ve SN_i skorları, kendi setleri içindeki en yüksek değere bölünerek $[0, 1]$ aralığında normalize edilmektedir.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max_i(SP_i)} \quad (3.19)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max_i(SN_i)} \quad (3.20)$$

Adım 6: Her bir alternatifin nihai performansını temsil eden değerlendirme skoru AS_i normalize edilmiş pozitif ve negatif skorların ortalaması alınarak bulunmaktadır.

$$AS_i = \frac{1}{2} \times (NSP_i + NSN_i) \quad (3.21)$$

Adım 7: Son adımda, alternatifler hesaplanan AS_i skorlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanmaktadır. En yüksek değerlendirme skoruna sahip olan alternatif, en iyi seçenek olarak belirlenmektedir.

3.2.3. Veri zarflama analizi

Performans ölçümü, organizasyonların belirlenen hedeflere ulaşma derecesini tespit etmek için kritik bir yönetim aracıdır. Özellikle enerji gibi stratejik sektörlerde, kaynakların ne kadar etkin kullanıldığını belirlemek, hem sektörel verimlilik hem de ulusal ekonomi açısından büyük önem taşımaktadır.

VZA, ilk olarak (Charnes vd., 1978) tarafından geliştirilen, literatüre kazandırılan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir.

Bu yöntem, benzer girdileri kullanarak benzer çıktılar üreten ve KVB olarak adlandırılan homojen birimlerin etkinliklerini ölçmek için tasarlanmıştır (Güler vd., 2020). VZA, her bir KVB için en uygun girdi ve çıktı ağırlıklarını belirleyerek bir etkinlik skoru hesaplar ve bu skoru, sektörün ya da piyasanın en iyisi olarak kabul edilen referans sınırına göre konumlandırmaktadır.

VZA, esnek yapısı sayesinde çok farklı alanlarda performans ve verimlilik ölçümü için kullanılmaktadır. Başlangıçta kamu hizmetleri, eğitim ve sağlık gibi kâr amacı gütmeyen sektörlerde popülerlik kazanan yöntem, günümüzde bankacılık, imalat, otomotiv, tarım, turizm ve enerji gibi birçok farklı sektörde de yaygın olarak uygulanmaktadır (Emre Aysin ve Çalmaşur, 2022).

Bu yöntemin elektrik dağıtım şirketlerinin etkinliğini ölçmek için tercih edilmesinin nedenleri şunlardır:

Çoklu Girdi ve Çıktı Kullanımı: VZA, aynı anda birden çok girdi ve çıktıyı analiz etme yeteneğine sahiptir. Elektrik dağıtım süreci, personel sayısı, hat uzunluğu gibi çok sayıda girdi ile abone sayısı, dağıtılan enerji miktarı gibi çok sayıda çıktıyı içeren karmaşık bir yapıya sahip olduğundan, bu özellik VZA'yı ideal bir araç haline getirmektedir (Hünerli ve Aydın, 2019).

Farklı Ölçü Birimleriyle Çalışabilme: Analize dahil edilen girdi ve çıktıların farklı ölçü birimlerine (örn. kişi, km, kWh, TL) sahip olması VZA için bir sorun teşkil etmez. Yöntem, bu değişkenleri standartlaştırma ihtiyacı duymadan analize dahil edebilmektedir.

Fonksiyonel Bağımlılık Gerektirmemesi: Parametrik yöntemlerin aksine VZA, girdiler ve çıktılar arasında belirli bir matematiksel veya istatistiksel fonksiyonel ilişki varsaymaz. Bu durum, analizi varsayımların getireceği kısıtlardan kurtararak daha esnek hale getirmektedir (Kara ve Uslu, 2020).

Etkinsiz Kaynakları Belirleme: VZA, sadece bir etkinlik skoru sunmakla kalmaz, aynı zamanda etkin olmayan birimlerin, etkin sınıra ulaşabilmesi için hangi girdilerini ne kadar azaltması veya hangi çıktıları ne kadar artırması gerektiğini gösteren hedef değerler sunmaktadır. Bu sayede düzenleyici kurumlar ve operasyon görevlileri için somut iyileştirme hedefleri belirlenmesine olanak tanımaktadır.

Girdi Odaklı CCR Modeli (Toplam Teknik Verimlilik)

Bu model, mevcut çıktı seviyelerini üretebilmek için girdilerin ne oranda azaltılabileceğini araştırır ve ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında çalışmaktadır. Bu girdilerdeki oransal bir artışın (veya azalışın) çıktılarda aynı oranda bir artışa (veya azalışa) yol açtığı anlamına gelir. Modelin doğrusal programlama formülasyonu aşağıdadır (Charnes vd., 1978):

$$\text{Min } Q \quad (3.22)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \times x_{ij} \leq Q \times x_{i0} \quad (i = 1, \dots, m) \quad (3.23)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \times y_{rj} \geq y_{r0} \quad (r = 1, \dots, s) \quad (3.24)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3.25)$$

Q : Verimlilik skoru

x_{i0} ve y_{r0} : Değerlendirilen KVB'nin girdi ve çıktı değerleri

x_{ij} ve y_{rj} : j KVB'sinin girdi ve çıktı değerleri

λ_j : ise j KVB'sinin ağırlığıdır.

Burada Eşitlik (3.22)'de yer alan Q verimlilik skoru girdi ya da girdilerin potansiyel olarak ne kadar azaltılabileceğini gösteren indistir. Analize edilen KVB tam verimli olursa $Q = 1$ 'dir yani %100 verimlidir ve girdi ya da girdiler daha fazla azaltılamaz yorumu yapılmaktadır. Eğer $Q = 0,75$ çıksaydı bu KVB aynı çıktıyı %25 daha az girdi kullanarak da oluşturabilirdi anlamı çıkmaktadır.

Eşitlik (3.23)'te eşitliğin sol tarafı, analizde yer alan tüm KVB'lerin belirli λ ağırlıklarıyla (oluşan sanal şirkete yaptığı katkı) birleştirilen sanal bir referans şirketin (KVB) kullandığı girdi miktarıdır. Bu referans şirket verimlilik sınırını ifade eder. Eşitliğin sağ tarafı, analiz edilen şirketin girdilerinin Q skoru ile azaltılmış halidir. Bir başka deyişle sanal KVB'nin kullanmış olduğu girdi miktarı analiz ettiğimiz KVB'nin

girdilerinin Q skoru ile azaltılmış halinden daha az ya da eşit olmalıdır. Kısaca hedef girdileri olabildiğince azaltmaktır.

Eşitlik (3.24)'te yer alan eşitliğin sol tarafı, analizde yer alan tüm KVB'lerin belirli λ ağırlıklarıyla birleştirilen sanal bir referans şirketin (KVB) kullandığı çıktı miktarıdır. Eşitliğin sağ tarafı, analiz edilen şirketin çıktı miktarıdır. Yani referans şirketin ortaya koyduğu çıktı analiz ettiğimiz KVB'nin çıktısına eşit ve daha fazla olmalıdır. Kısaca hedef girdileri azaltırken çıktılarından taviz vermemektir.

Eşitlik (3.25)'te ağırlıkların negatif değerler alamayacağını belirtir. Bu kısıtlama sayesinde, referans birimi oluştururken bir KVB'nin eksi miktarda ağırlık almak gibi anlamsız, gerçek dışı bir durumun önüne geçilmektedir.

Girdi Odaklı BCC Modeli (Saf Teknik Verimlilik)

Bu model, CCR modeline Eşitlik (3.29)'u ekleyerek ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında çalışır. Yani bir KVB'nin verimlilik skorunu hesaplarken onun büyüklüğünü de dikkate alır. Bu sayede verimsizliği, yönetsel yetersizlik (saf teknik verimsizlik) ve ölçek (büyüklük) verimsizliği olarak ikiye ayırır. Uygulama adımları aşağıda gösterilmiştir (Banker vd., 1984):

$$\text{Min } \emptyset \quad (3.26)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \times x_{ij} \leq \emptyset \times x_{i0} \quad (i = 1, \dots, m) \quad (3.27)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \times y_{rj} \geq y_{r0} \quad (r = 1, \dots, s) \quad (3.28)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3.29)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3.30)$$

Q : Verimlilik skoru

x_{i0} ve y_{r0} : Değerlendirilen KVB'nin girdi ve çıktı değerleri

x_{ij} ve y_{rj} : j KVB'sinin girdi ve çıktı değerleri

λ_j : ise j KVB'sinin ağırlığıdır.

Burada Eşitlik (3.26)'da yer alan $\emptyset$ verimlilik skoru girdi ya da girdilerin potansiyel olarak ne kadar azaltılabileceğini gösteren indistir. Analiz edilen KVB tam verimli olursa $\emptyset = 1$ 'dir yani %100 verimlidir ve girdi ya da girdiler daha fazla

azaltılamaz yorumu yapılmaktadır. Eğer $\emptyset = 0,85$ çıksaydı bu KVB aynı çıktıyı %15 daha az girdi kullanarak da oluşturabilirdi anlamı çıkmaktadır.

Eşitlik (3.27)'de eşitliğin sol tarafı, analizde yer alan tüm KVB'lerin belirli λ ağırlıklarıyla (oluşan sanal şirkete yaptığı katkı) birleştirilen sanal bir referans şirketin (KVB) kullandığı girdi miktarıdır. Bu referans şirket verimlilik sınırını ifade etmektedir. Eşitliğin sağ tarafı, analiz edilen şirketin girdilerinin $\emptyset$ skoru ile azaltılmış halidir. Bir başka deyişle sanal KVB'nin kullanmış olduğu girdi miktarı analiz ettiğimiz KVB'nin girdilerinin $\emptyset$ skoru ile azaltılmış halinden daha az ya da eşit olmalıdır.

Eşitlik (3.28)'de yer alan eşitliğin sol tarafı, analizde yer alan tüm KVB'lerin belirli λ ağırlıklarıyla birleştirilen sanal bir referans şirketin (KVB) kullandığı çıktı miktarıdır. Eşitliğin sağ tarafı, analiz edilen şirketin çıktı miktarıdır. Yani referans şirketin ortaya koyduğu çıktı analiz ettiğimiz KVB'nin çıktısına eşit ve daha fazla olmalıdır.

Eşitlik (3.29)'da yer alan kısıt, oluşturulan sanal ağırlığın, referans alınan gerçek ağırlıkların tam bir ortalaması veya ara bir versiyonu olmasını zorunlu kılarak aslında kendine benzer büyüklükteki şirketlerle kıyaslamasına olanak sağlamaktadır.

Eşitlik (3.30)'da ağırlıkların negatif değerler alamayacağını belirtir. Bu kısıtlama sayesinde, referans birimi oluştururken bir KVB'nin eksi miktarda ağırlık almak gibi anlamsız, gerçek dışı bir durumun önüne geçilmektedir.

ACWR Modeli:

Standart VZA modelleri, bir KVB'yi etkin göstermek için bazı girdi ya da çıktılara sıfır veya çok düşük ağırlıklar atayabilmektedir. Örneğin, bir şirket sadece tüketici sayısı çıktısında çok iyi olduğu için diğer tüm çıktıları (hat uzunluğu, memnuniyet skoru vb.) göz ardı edilerek %100 verimli bulunabilmektedir. Bu durum, analizin gerçekçiliğini zayıflatmaktadır. Bu sorunu aşmak için VZA literatüründe çeşitli ağırlık kısıtlama teknikleri geliştirilmiştir. Bu modelde, ağırlıkların her bir KVB'nin girdi ve çıktı değerlerine bağlı olarak belirlendiği 'Koşullu Ağırlık Kısıtları' yaklaşımı benimsenmiştir (Pedraja-Chaparro vd., 1997). Bu yaklaşımın uygulanmasında ise, etkili gözlemlere dayalı olarak kısıtların ayarlandığı ve ACWR olarak isimlendirilen model, (Pereira de Souza vd., 2014) tarafından sunulan adımlar takip edilerek kullanılmıştır.

ACWR modelinin kullanılma nedeni, bu sorunu aşmak ve tüm girdi ya da çıktıların analizde anlamlı bir rol oynamasını sağlamaktır. Bu çalışmada, çıktılar arasında regresyon ilişkine bakılarak girdi ya da çıktı ağırlıklarının alabileceği değerlere ağırlık katsayıları getirilmektedir. Modelin doğrusal programlama denklemleri gösterilmektedir (Pereira de Souza vd., 2014):

$$\text{Max } \varphi = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (3.31)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (3.32)$$

$$\sum_{i=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \text{her } j = 1, \dots, n \text{ için} \quad (3.33)$$

$$\frac{v_j}{v_k} \leq \frac{x_{kj}}{x_{ij}} \quad (3.34)$$

$$\frac{u_r}{u_s} \leq \frac{y_{sj}}{y_{rj}} \quad (3.35)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (3.36)$$

φ : Verimliliği ölçülen KVB₀ için hesaplanan verimlilik skorudur. Bu değer, amaç fonksiyonunun maksimize edilmesiyle elde edilen sonuçtur.

j : KVB temsil eden indistir ($j = 1, 2, \dots, n$).

i : Girdileri temsil eden indistir ($i = 1, 2, \dots, m$).

r : Çıktıları temsil eden indistir ($r = 1, 2, \dots, s$).

n : Analize dahil edilen toplam Karar Verme Birimi sayısı.

m : Analizde kullanılan toplam girdi sayısıdır.

s : Analizde kullanılan toplam çıktı sayısıdır.

0 (alt indis): Verimlilik skorunun o an için hesaplandığı spesifik Karar Verme Birimini (KVB₀) ifade etmektedir.

Model, her bir KVB için bir kez ($j = 0$ olarak ayarlanarak) çalıştırılır.

x_{ij} : j'inci KVB'nin kullandığı i'inci girdinin gözlemlenen miktarıdır.

y_{ij} : j'inci KVB'nin ürettiği r'inci çıktının gözlemlenen miktarıdır.

x_{i0} : Verimliliği ölçülen KVB₀'ın kullandığı i'inci girdi miktarıdır.

y_{r0} : Verimliliği ölçülen KVB₀'ın ürettiği r'inci çıktı miktarıdır.

v_i : i'inci girdiye model tarafından atanan ağırlıktır. Bu ağırlık, o girdinin verimlilik hesaplamasındaki önemini temsil eder ve model tarafından her bir KVB₀ için optimal olarak belirlenmektedir.

u_r : r'inci çıktıya model tarafından atanan ağırlıktır. Bu da çıktının önemini göstermektedir.

k : ACWR girdi kısıtında, i girdisi ile karşılaştırılan bir başka girdiyi temsil eden indistir.

s : ACWR çıktı kısıtında, r çıktısı ile karşılaştırılan bir başka çıktıyı temsil eden indistir.

Eşitlik (3.31)'de yer alan kısıt analiz edilen KVB'nin bütün çıktılarının ağırlıklı toplamını maksimize etmektedir.

Eşitlik (3.32)'de yer alan kısıt girdilerin ağırlıklı toplamını 1'e sabitleyerek amaç fonksiyonundaki ağırlıklı çıktı toplamını doğrudan verimlilik skoruna eşitlemektedir ($\text{Çıktı/Girdi}=\text{Çıktı}/1$).

Eşitlik (3.33)'te tüm KVB'lerin ağırlıklı çıktı toplamını, ağırlıklı girdilerin toplamından küçültmekte veya ona eşitlemektedir. Yani hiçbir KVB %100'den fazla verimli olamamaktadır.

Eşitlik (3.34) ve Eşitlik (3.35)'te yer alan kısıtlar iki farklı girdi ve iki farklı çıktının arasındaki üst orandır.

Eşitlik (3.36)'da yer alan bir girdi veya çıktının eksi önemi çıkmasını engellemektedir.

4.UYGULAMA

Bu bölümde, önceki bölümde anlatılan metodoloji izlenerek Türkiye'deki 21 elektrik dağıtım şirketinin verimlilik analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular yorumlanmıştır. İlk olarak AHP yöntemi ile 3 farklı uzman görüşü alınarak kriterlerin önem ağırlıkları tek bir geometrik matrise indirgenmiştir.

1. uzman Sistem İşletme uzman mühendisidir. Sistemin kesintisiz ve sürekli enerji akışını yönetmekle sorumludur.

2. uzman Tüketici Hizmetleri uzman mühendisidir. Yeni bağlantı talepleri, tüketici bazlı tahakkuk eden enerji ve EPDK mevzuatlarının şirket işleyişine uygunluğunu kontrol etmekle sorumludur.

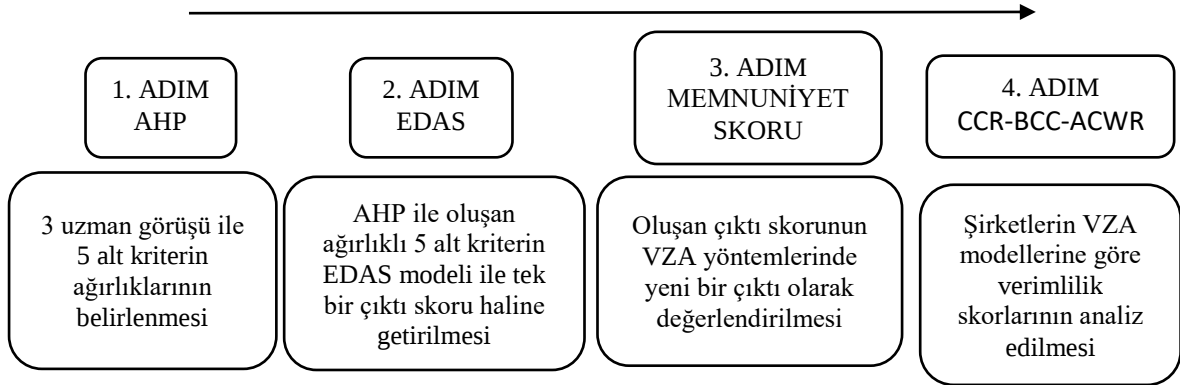
3. uzman ise Enerji Piyasası uzman mühendisidir. Şirketin yıl içi, yıl sonu nakit akışı, olası gelir ve giderlerini üst yönetime raporlamakla sorumludur.

AHP yönteminin seçilme sebebi kriterleri ikili olarak karşılaştırma imkanı vererek karar verme sürecini sezgisel hale getirmesidir. Ayrıca karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını da matematiksel olarak sınamasıdır.

AHP ile hesaplanan global ağırlıklar, şirketlerin performansını tek bir skora dönüştürmek için kullanılan EDAS yöntemine entegre edilerek 21 dağıtım şirketinin her biri için tek bir bütünsel memnuniyet skoru elde edilmiştir. EDAS yönteminin seçilme nedeni, karar verme problemindeki tüm alternatiflerin ortalama bir çözüme göre değerlendirilmesidir. Bu en iyi ve en kötü çözümlerin hesaplanmasına gerek kalmadan daha basit bir hesaplama sunmaktadır. En iyi ve en kötü noktalar veri setindeki tek bir aykırı değerden bile aşırı derecede etkilenebileceğinden ortalama çözüm noktası daha güvenilir ve istikrarlı sonuçlar göstermektedir.

Şekil 4.1'e göre çalışmada yer alan adım ve uygulamalar sırasıyla belirtilmiştir. 1. adımda, farklı müdürlüklerde uzun yıllar hizmet eden uzman görüşleri ile çevresel faktörler ve sürdürülebilirlik alt kriterleri ağırlıklandırılmıştır. Ardından 2. adımda ağırlıklandırılan alt kriterler, çok kriterli karar verme yöntemlerinden EDAS yöntemi ile bütünsel tek bir skora dönüştürülmüştür. 3. adımda bu skor, VZA modellerine 6. çıktı olarak dahil edilerek. 4. adımda şirketlerin verimlilik skorları 3 ayrı VZA modelinde analiz edilmiştir. Bu skor, her bir şirketin çok boyutlu kalite ve sürdürülebilirlik performansını temsil eden altıncı bir çıktı değişkeni olarak VZA modeline dahil edilmiştir. VZA yönteminin seçilme nedeni pek çok farklı birimdeki girdi ve çıktıyı aynı

anda kullanarak bütüncül bir kıyaslama imkanı sunması ve bunu yaparken adil ve anlamlı sonuçlar üretmesidir.



Şekil 4.1. Çalışmanın uygulama adımları

4.1. AHP ile Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Analizin ilk aşamasında, enerji sektöründe tecrübeli üç uzmanın (Enerji Piyasası Uzmanı, Tüketici Hizmetleri Uzmanı, Sistem İşletme Uzmanı) görüşleri alınarak memnuniyet değişkenini oluşturan SAIDI, SAIFI, KKO, nüfus başına dağıtılan enerji, tüketici yoğunluğu alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bu matrisler geometrik ortalama ile tek bir sentetik matriste birleştirilmiştir. Çizelge 4.1’de uzmanların görüşleri ikili karşılaştırma matrisleri şeklinde belirtilmiştir.

4.1.1. Ana kriterlerin ikili matris karşılaştırması ve ana ağırlıklarının hesaplanması

Çizelge 4.1. Ana kriterler için uzman görüşleri

		Çevresel Faktörler	Sürdürülebilirlik
Uzman Görüşü-1	Çevresel Faktörler	1	1/7
	Sürdürülebilirlik	7	1
Uzman Görüşü-2	Çevresel Faktörler	1	1/9
	Sürdürülebilirlik	9	1
Uzman Görüşü-3	Çevresel Faktörler	1	1/9
	Sürdürülebilirlik	9	1

Çizelge 3.1'e göre ana kriterler arasında karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve Çizelge 3.2'de yer alan önem derecelerine göre uzmanlar bu kriterler arasında değerlendirmelerini yapmıştır.

Çizelge 4.2. Ana kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması

Geometrik Ortalama Matrisi	Çevresel Faktörler	Sürdürülebilirlik
Çevresel Faktörler	1,00	0,1208
Sürdürülebilirlik	8,28	1,00

3 farklı uzman görüşünün oluşturduğu ikili matrisler Eşitlik (3.2)' ye göre hesaplanarak Çizelge 4.2'de geometrik ortalama matrisine çevrilmiştir.

Çizelge 4.3. Ana kriterlerin normalizasyon işlemi

Normalize Matris	Çevresel Faktörler	Sürdürülebilirlik
Çevresel Faktörler	0,11	0,11
Sürdürülebilirlik	0,89	0,89

Ana kriterler Eşitlik (3.3)'e göre normalize edilir ve Çizelge 4.3'te gösterildiği gibi ağırlıkları hesaplanmaktadır.

Çizelge 4.4. Ana kriterlerin nihai ağırlıkları

Özvektör Matrisi	Yerel Ağırlık
Çevresel Faktörler	0,11
Sürdürülebilirlik	0,89

Ana kriterler Eşitlik (3.4)'e göre hesaplanarak Çizelge 4.4'te gösterildiği gibi nihai ağırlıkları belirlenmektedir.

4.1.2. Çevresel faktörlerin alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıklarının hesaplanması

Çevresel faktörlerin alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıklarının hesaplanması aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.5. Çevresel faktörlerin alt kriterleri için uzman görüşleri

		Nüfus Başına Dağıtılan Enerji	Tüketici Yoğunluğu
Uzman Görüşü-1	Nüfus Başına Dağıtılan Enerji	1	9
	Tüketici Yoğunluğu	1/9	1
Uzman Görüşü-2	Nüfus Başına Dağıtılan Enerji	1	7
	Tüketici Yoğunluğu	1/7	1
Uzman Görüşü-3	Nüfus Başına Dağıtılan Enerji	1	5
	Tüketici Yoğunluğu	1/5	1

Çizelge 3.1'e göre çevresel kriterlerin alt kriterleri arasında karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve Çizelge 3.2'de yer alan önem derecelerine göre uzmanlar bu kriterler arasında değerlendirmelerini yapmıştır. Çizelge 4.5'te değerlendirmeler gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Çevresel faktörlerin alt kriterlerinin ağırlıklarının hesaplanması

Geometrik Ortalama Matrisi	Nüfus Başına Dağıtılan Enerji	Tüketici Yoğunluğu
Nüfus Başına Dağıtılan Enerji	1	6,80
Tüketici Yoğunluğu	0,15	1

3 farklı uzman görüşü alınarak ile oluşan ikili matrisler Eşitlik (3.2)'ye göre hesaplanarak Çizelge 4.6'da geometrik ortalama matrisine çevrilmiştir.

Çizelge 4.7. Çevresel faktörlerin alt kriterlerinin normalizasyon işlemi

Normalize Matris	Nüfus Başına Dağıtılan Enerji	Tüketici Yoğunluğu
Nüfus Başına Dağıtılan Enerji	0,872	0,872
Tüketici Yoğunluğu	0,128	0,128

Çevresel faktörlerin alt kriterleri Eşitlik (3.3)'e göre normalize edilir ve Çizelge 4.7'de gösterildiği gibi ağırlıkları hesaplanır.

Çizelge 4.8. Çevresel faktörlerin alt kriterlerinin nihai ağırlıkları

Özvektör Matrisi	Yerel Ağırlık
Nüfus Başına Dağıtılan Enerji	0,872
Tüketici Yoğunluğu	0,128

Çevresel faktörlerin alt kriterleri Eşitlik (3.4)'e göre hesaplanır ve Çizelge 4.8'de gösterildiği gibi önem ağırlıkları belli olur.

4.1.3. Sürdürülebilirlik alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıklarının hesaplanması

Çizelge 4.9. Sürdürülebilirlik alt kriterleri için uzman görüşleri

		SAIDI	SAIFI	KKO
Uzman Görüşü-1	SAIDI	1	6	7
	SAIFI	1/6	1	3
	KKO	1//7	1/3	1
Uzman Görüşü-2	SAIDI	1	7	5
	SAIFI	1/7	1	5
	KKO	1/5	1/5	1
Uzman Görüşü-3	SAIDI	1	1	9
	SAIFI	1	1	6
	KKO	1/9	1/6	1

Çizelge 3.1'e göre sürdürülebilirlik alt kriterleri arasında karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve Çizelge 3.2'de yer alan önem derecelerine göre uzmanlar bu kriterler arasında değerlendirmelerini yapmıştır. Çizelge 4.9'da değerlendirmeler gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Sürdürülebilirlik alt kriterlerinin ağırlıklarının hesaplanması

Geometrik Ortalama Matrisi	SAIDI	SAIFI	KKO
SAIDI	1,00	3,47	6,80
SAIFI	0,28	1,00	4,48
KKO	0,14	0,22	1,00

3 farklı uzman görüşünün oluşturduğu ikili matrisler Eşitlik (3.2)'ye göre hesaplanarak Çizelge 4.10'da geometrik ortalama matrisine çevrilmiştir.

Çizelge 4.11. Sürdürülebilirlik alt kriterlerinin normalizasyon işlemi

Normalize Matris	SAIDI	SAIFI	KKO
SAIDI	0,70	0,75	0,56
SAIFI	0,20	0,21	0,36
KKO	0,10	0,04	0,08

Sürdürülebilirlik alt kriterleri Eşitlik (3.3)'e göre normalize edilir ve Çizelge 4.11'de gösterildiği gibi alt kriterlerin ağırlıkları hesaplanır.

Çizelge 4.12. Sürdürülebilirlik alt kriterlerinin nihai ağırlıkları

Özvektör Matris	Yerel Ağırlık
SAIDI	0,67
SAIFI	0,26
KKO	0,07

Çizelge 4.12'de sürdürülebilirlik alt kriterlerinin nihai ağırlıkları Eşitlik (3.4)'e göre hesaplanmaktadır. Yapılan tutarlılık analizi sonucunda Eşitlik (3.5)'e göre en büyük özdeğer hesaplanmıştır. Ardından Eşitlik (3.6)'ya göre Tutarlılık Endeksi hesaplanmıştır. Son olarak Çizelge 3.3'te yer alan kriter sayılarına bağlı değişen Rassal Endeks değerleri incelenerek Eşitlik (3.7)'de gösterildiği gibi Tutarlılık Endeksine bölünerek, Tutarlılık Oranı (CR) 0,066 olarak hesaplanmış ve 0.10'dan küçük olduğu için uzman yargılarının tutarlı olduğu kabul edilmiştir.

Bu çalışmada ikili karşılaştırma matrisleri için tutarlılık analizi uygularken, 2×2 boyutundaki matrisleri bu değerlendirme kapsamına alınmamıştır. Bunun nedeni literatürde 2×2 pozitif karşılaştırma matrislerinin yapısı gereği her durumda tutarlı kabul edilmesidir. Buna karşılık, 3×3 ve daha büyük boyutlu matrislerde tutarlılığın bozulma ihtimali bulunduğundan, bu boyuttaki matrislerde tutarlılık analizi yapılmıştır.

4.1.4. Global küresel ağırlıkların hesaplanması

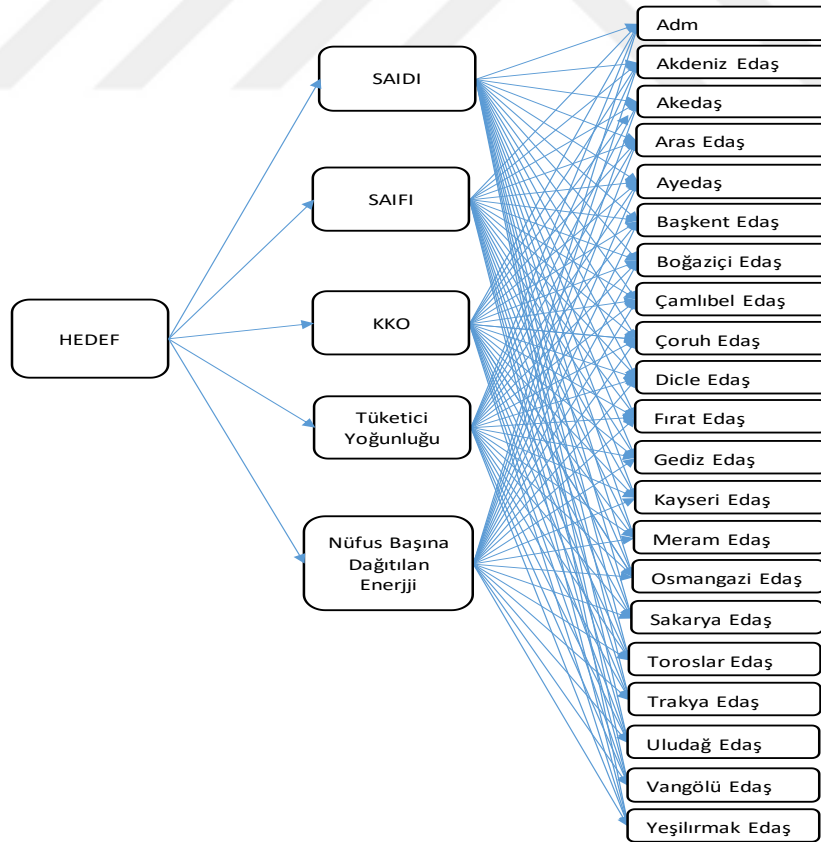
Ana ve alt kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında global küresel ağırlıklar belirlenmiştir. Bu ağırlıklar bir sonraki uygulama olan EDAS yönteminde SP ve SN değerlerinin hesaplanmasında dahil olacaktır. AHP analizi sonucunda elde edilen önem ağırlıkları, kriterlerin dağıtım şirketlerinin genel performansı üzerindeki etkisini

yansıtmaktadır. Örneğin, Çizelge 4.13'te gösterildiği gibi analiz sonucunda en yüksek ağırlığı 0,5920 ile SAIDI oranı alırken, onu 0,2314 ile SAIFI takip etmiştir. Ardından nüfus başına dağıtılan enerji 0,0940 ile 3.sırayı alırken KKO 0,0688 ile 4.sırayı, son olarak 0,0138 ile Tüketici yoğunluğu 5.sırada yer almaktadır. Bu durum, uzmanların sürdürülebilirlik ve teknik kalite göstergelerini, çevresel faktörlere kıyasla daha önemli bulunduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.13. Alt kriterlerin global ağırlıkları

Nüfus Başına Dağıtılan Enerji	0,0940
Tüketici Yoğunluğu	0,0138
SAIDI	0,5920
SAIFI	0,2314
KKO	0,0688

Şekil 4.2'de AHP-EDAS yönteminin hiyerarşik yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.2. AHP-EDAS yönteminin hiyerarşik yapısı

4.2. EDAS Yöntemi ile Memnuniyet Skorlarının Hesaplanması

Çizelge 4.14. Memnuniyet Değişkenini oluşturan değerler

Şirketler	Yüzölçümü (km ²)	Bölge Nüfusu	Bölgeye Giren Enerji (MWh)	SAIDI	SAIFI	KKO (%)
Adm	32.904	3.309.181	11.204.212	871,2	16,9	5,51
Akdeniz	36.298	3.444.338	12.431.956	1.223,0	15,1	8,06
Akedaş	21.857	1.745.142	4.422.580	1.473,4	37,3	3,63
Aras	70.457	2.140.232	3.112.659	1.450,3	15,7	14,53
Ayedaş	1.898	5.658.755	14.008.522	314,9	6,7	4,36
Başkent	60.852	7.773.069	17.881.148	938,7	15,5	5,05
Boğaziçi	3.563	10.042.847	29.124.608	790,4	9,9	6,17
Çamlıbel	51.896	1.662.842	2.874.394	837,5	10,5	7,21
Çoruh	29.496	1.937.066	4.042.637	1.501,6	22,4	6,35
Dicle	60.395	6.529.147	17.909.859	3.605,3	54,4	37,62
Fırat	37.228	1.724.320	3.310.583	1.243,1	26,7	8,82
Gediz	25.230	5.968.595	17.923.660	882,9	12,3	5,41
Kayseri	19.970	1.452.458	3.053.008	307,5	7	5,92
Meram	76.478	3.967.495	12.684.092	517,4	9,3	5,71
Osmangazi	49.344	2.846.706	7.737.250	951,2	24,9	6,98
Sakarya	19.026	3.979.494	11.242.665	1.266,1	27,6	5,73
Toroslar	46.906	8.708.111	22.062.765	2.004,7	22	9,09
Trakya	18.794	1.987.440	8.410.117	515,2	11,7	4,91
Uludağ	36.011	5.391.562	14.849.800	557,4	10,4	5,02
Vangölü	45.028	2.152.387	3.394.917	4.998,6	122,7	25,04
Yeşilırmak	39.412	3.243.757	6.102.547	937,7	12,6	6,18

Çizelge 4.14’de yer alan verilere bakıldığında Türkiye’nin en büyük yüzölçümüne hizmet eden şirketi toplam alana oranla %9,8 ile Meram Edaş olurken %9,03 ile Aras Edaş 2. Sırada, Dicle Edaş %7,74 ile 3.sırada yer almaktadır.

Ayrıca Türkiye’nin en fazla bölge nüfusuna sahip dağıtım şirketi toplam nüfusa oranla %11,72 ile Boğaziçi Edaş olurken %10,17 ile Toroslar Edaş 2. Sırada, %9,07 ile Başkent Edaş 3.sırada yer almaktadır.

Bölgeye Giren Enerji (fatura edilen tahakkuk miktarı ile teknik ve teknik olmayan kayıp enerji miktarı dahil) sıralamasında ise toplam bölgeye giren enerji miktarına oranla %12,79 ile Boğaziçi Edaş 1. Sırada yer alırken %9,69 ile Toroslar Edaş 2. Sırada, Gediz Edaş 7,87% ile 3.sırada yer almaktadır.

SAIDI performansına bakıldığında Türkiye’nin en az SAIDI değerlerine sahip şirketler sırasıyla Kayseri Edaş, Ayedaş ve Trakya Edaş olurken SAIFI sıralamasında Ayedaş, Kayseri Edaş ve Meram Edaş en iyi performans gösteren şirketler olarak karşımıza çıkmaktadır.

KKO değerlerini incelediğimizde ise Akedaş, Ayedaş ve Trakya Edaş en az KKO değerlerine sahip şirketlerdir. Görüldüğü üzere şirketlerin performansını etkileyen pek çok parametrede en iyi performansı gösteren şirketler değişkenlik göstermekte olup yapacağımız analizde tüm parametreler bir arada değerlendirilerek bütüncül bir verimlilik skoru hesaplanacaktır.

Çizelge 4.15'i oluşturmak için EDAS yönteminin ilk adımı olan Eşitlik (3.8) için Çizelge 3.1 kullanılmıştır. Eşitlik (3.9) ve Eşitlik (3.10)'a göre Çizelge 3.1'te yer alan her bir kriter için aritmetik ortalama alınarak ortalama çözüm vektörü oluşturulmuştur. Oluşan çözüm vektörleri her bir kriter için Çizelge 4.15'te belirtilmiştir. Ardından her bir alternatifin performansının ortalama çözümden sapma düzeyleri, kriterin fayda ya da maliyet yönlü olmasına göre pozitif ve negatif uzaklıklar olarak hesaplanmıştır. Bu adımda alt kriterlerden nüfus başına dağıtılan enerji ve tüketici yoğunluğu fayda kriterleri olduğundan Eşitlik (3.13), Eşitlik (3.14); SAIDI, SAIFI ve KKO maliyet kriterleri olduğundan Eşitlik (3.15), Eşitlik (3.16)'ya göre hesaplanmıştır.

Çizelge 4.15. Alt kriterlerin PDA ve NDA değerlerinin hesaplanması

Şirketler	Nüfus Başına Dağıtılan Enerji		Tüketici Yoğunluğu		SAIDI		SAIFI		KKO	
	PDA _{ij}	NDA _{ij}	PDA _{ij}	NDA _{ij}	PDA _{ij}	NDA _{ij}	PDA _{ij}	NDA _{ij}	PDA _{ij}	NDA _{ij}
Adm	0,32	0	0	0,66	0,33	0	0,28	0	0,38	0
Akdeniz	0,40	0	0	0,67	0,06	0	0,35	0	0,10	0
Akedaş	0	0,01	0	0,84	0	0,14	0	0,59	0,59	0
Aras	0	0,43	0	0,92	0	0,12	0,33	0	0	0,63
Ayedaş	0	0,04	7,02	0	0,76	0	0,71	0	0,51	0
Başkent	0	0,10	0	0,63	0,27	0	0,34	0	0,43	0
Boğaziçi	0,13	0	6,41	0	0,39	0	0,58	0	0,31	0
Çamlıbel	0	0,33	0	0,90	0,35	0	0,55	0	0,19	0
Çoruh	0	0,19	0	0,74	0	0,16	0,04	0	0,29	0
Dicle	0,07	0	0	0,82	0	1,78	0	1,32	0	3,22
Fırat	0	0,25	0	0,86	0,04	0	0	0,14	0,01	0
Gediz	0,17	0	0	0,26	0,32	0	0,47	0	0,39	0
Kayseri	0	0,18	0	0,75	0,76	0	0,70	0	0,34	0
Meram	0,24	0	0	0,85	0,60	0	0,60	0	0,36	0
Osmangazi	0,06	0	0	0,80	0,27	0	0	0,06	0,22	0
Sakarya	0,10	0	0	0,44	0,02	0	0	0,18	0,36	0
Toroslar	0	0,01	0	0,55	0	0,55	0,06	0	0	0,02
Trakya	0,65	0	0	0,66	0,60	0	0,50	0	0,45	0
Uludağ	0,07	0	0	0,5	0,57	0	0,56	0	0,44	0
Vangölü	0	0,39	0	0,91	0	2,86	0	4,24	0	1,81
Yeşilirmak	0	0,27	0	0,70	0,28	0	0,46	0	0,31	0
AV _(m*n)	2,5695		208,5384		1294,6714		23,4095		8,9189	

PDA değerleri için örneğin Ayedaş'ın abone yoğunluğu ortalamasının üstündedir. NDA değerleri için örneğin, Dicle Edaş'ın SAIDI ve SAIFI değerleri ortalamanın çok altındadır. Yani Çizelge 4.15'te her şirketin güçlü ve zayıf yönleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.16. Normalizasyon adımları ile bütünleşik nihai skorları

Şirketler	SP_i	SN_i	NSP_i	NSN_i	AS_i
Adm	0,31	0	0,42	1,00	0,71
Akdeniz	0,16	0	0,21	1,00	0,60
Akedaş	0,04	0,22	0,05	0,92	0,48
Aras	0,08	0,16	0,10	0,95	0,52
Ayedaş	0,75	0	1,00	1,00	0,99
Başkent	0,27	0,01	0,36	1,00	0,68
Boğaziçi	0,49	0	0,65	1,00	0,82
Çamlıbel	0,35	0,03	0,47	0,99	0,72
Çoruh	0,03	0,11	0,04	0,96	0,50
Dicle	0,01	1,58	0,01	0,44	0,22
Fırat	0,02	0,06	0,03	0,98	0,50
Gediz	0,34	0	0,46	1,00	0,72
Kayseri	0,64	0,02	0,85	0,99	0,92
Meram	0,54	0	0,73	1,00	0,86
Osmangazi	0,18	0,01	0,24	0,99	0,61
Sakarya	0,05	0,04	0,06	0,99	0,52
Toroslar	0,01	0,33	0,02	0,88	0,45
Trakya	0,56	0	0,76	1,00	0,87
Uludağ	0,50	0	0,67	1,00	0,83
Vangölü	0	2,84	0	0	0
Yeşilırmak	0,29	0,03	0,39	0,99	0,69
$\max_i(SP_i)$ $\max_i(SN_i)$	0,75	2,84			

Pozitif ve negatif uzaklıklar belirlendikten AHP yöntemi ile elde edilen alt kriterlerin ağırlıkları Eşitlik (3.17)'ye göre hesaplanarak pozitif uzaklıkların ağırlıklı toplamı hesaplanmaktadır. Çizelge 4.16'da yer alan SP_i bu işlemin sonucudur. Negatif uzaklıkların ağırlıklı toplamı ise Eşitlik (3.18)'e göre hesaplanmaktadır. Çizelge 4.16'da yer alan SN_i ise bu işlemin sonucunda oluşmuştur. Ardından SP_i ve SN_i skorları Eşitlik (3.19) ve Eşitlik (3.20)'ye göre kendi setleri içindeki en yüksek değere bölünerek [0, 1]

aralığında normalize edilmiştir. Son olarak Eşitlik (3.21)'e göre normalize edilmiş pozitif ve negatif skorların ortalaması alınarak Çizelge 4.16'da yer alan memnuniyet skorları (AS_i) bulunur. AS_i skorları, şunu ifade etmektedir: Tüm bu beş kritere genel olarak bakıldığında, şirketlerin genel performans sıralaması bu şekildedir. Örneğin; Ayedaş, fayda kriterleri değerleri çok güçlü ve maliyet kriterleri değerleri çok düşük olduğu için 0,99 puan almaktadır. Öte yandan, Dicle Edaş'ın maliyet kriterleri çok yüksek olması nedeniyle genel başarı puanı 0,22'de kalmaktadır.

4.3. VZA Yöntemi ile Verimlilik Skorlarının Hesaplanması

Çizelge 4.17. VZA yöntemlerinin girdi ve çıktı değerleri

Şirketler	Persone Sayısı	Cari Yatırım Tutarları (Milyon TL)	Enerji Tahakkuk Miktarı (MWh)	Tüketici Sayısı	Hat Uzunlu ğu	Trafo Sayısı	Trafo Kapasite si	Mem nuniy et Değiş keni
Adm	2.487	1.739,8	10.586.860	2.356.862	80.210	25.549	11.111	0,71
Akdeniz	2.847	3.271,9	11.429.940	2.522.766	74.834	21.899	10.333	0,60
Akedaş	2.643	3.424,0	4.262.040	740.939	30.083	14.834	4.883	0,48
Aras	2.236	2.103,5	2.660.390	1.197.239	61.645	15.985	3.919	0,52
Ayedaş	2.665	1.488,1	13.397.750	3.174.361	34.913	8.448	10.353	0,99
Başkent	6.156	4.163,8	16.978.150	4.656.421	141.402	37.707	19.790	0,68
Boğaziçi	4.925	4.017,1	27.327.620	5.506.776	56.558	16.537	20.449	0,82
Çamlıbel	1.633	1.684,5	2.667.150	1.111.805	51.231	14.292	3.549	0,72
Çoruh	2.242	1.132,7	3.785.930	1.603.884	64.950	13.507	5.205	0,50
Dicle	7.446	4.584,9	11.172.170	2.318.031	88.932	73.791	16.726	0,22
Fırat	2.100	1.152,8	3.018.590	1.105.543	50.839	14.514	4.017	0,50
Gediz	3.484	2.330,6	16.953.990	3.900.687	92.341	37.467	18.220	0,72
Kayseri	943	1.130,6	2.872.270	870.023	30.824	9.659	3.264	0,92
Meram	2.334	5.077,5	11.960.127	2.464.872	131.210	69.953	15.858	0,86
Osmangazi	2.782	1.403,1	7.197.190	2.081.016	54.173	31.848	9.351	0,61
Sakarya	2.633	2.372,3	10.598.460	2.228.654	69.576	20.186	10.109	0,52
Toroslar	6.827	4.186,7	20.057.260	4.425.873	157.468	52.573	22.493	0,45
Trakya	1.225	763,3	7.997.180	1.330.800	31.146	13.183	6.634	0,87
Uludağ	3.206	2.653,1	14.104.340	3.733.362	55.047	29.640	13.001	0,83
Vangölü	2.035	2.110,0	2.544.830	857.806	46.263	13.748	3.343	0
Yeşilirmak	2.628	1.675,0	5.725.410	2.505.080	87.752	21.398	5.980	0,69

EDAS yöntemi ile dağıtım şirketlerinin memnuniyet skorlarını elde ettikten sonra 6. çıktı olarak Çizelge 4.17'de girdi ve çıktı değerleri belirtilmiştir.

LINGO isimli optimizasyon modellerinin oluşturulmasını sağlayan bir programda VZA yöntemlerinin sonuçları Çizelge 4.18'de 21 elektrik dağıtım şirketi için gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. VZA yöntemlerine göre oluşan verimlilik skorları

Şirketler	CCR	BCC	ACWR
Adm	%100	%100	%100
Akdeniz	%79,45	%79,71	%71,83
Akedaş	%31,18	%41,75	%30,80
Aras	%73,19	%77,91	%73,85
Ayedaş	%100	%100	%78,56
Başkent	%75,17	%100	%71,88
Boğaziçi	%97,62	%100	%87,48
Çamlıbel	%86,80	%89,07	%86,80
Çoruh	%100	%100	%100
Dicle	%78,35	%100	%78,35
Fırat	%86,17	%87,50	%86,38
Gediz	%100	%100	%96,27
Kayseri	%98,33	%100	%100
Meram	%100	%100	%100
Osmangazi	%100	%100	%100
Sakarya	%80,42	%80,65	%78,66
Toroslar	%81,13	%100	%80,27
Trakya	%100	%100	%100
Uludağ	%100	%100	%73,13
Vangölü	%57,81	%65,89	%57,82
Yeşilırmak	%100	%100	%100
Ortalama	%87,08	%91,55	%82,59

Verimlilik skorlarının nasıl oluştuğunu daha iyi anlamak için ilk olarak CCR modelinin kısıtları örneğin Dicle Edaş için açık formda yazılmıştır:

Amaç fonksiyonu:

Min Q

1.Girdi:

$$7446Q-2487\lambda_{01}-2847\lambda_{02}-2643\lambda_{03}-2236\lambda_{04}-2665\lambda_{05}-6156\lambda_{06}-4925\lambda_{07}-1633\lambda_{08}-2242\lambda_{09}-7446\lambda_{10}-2100\lambda_{11}-3484\lambda_{12}-943\lambda_{13}-2334\lambda_{14}-2782\lambda_{15}-2633\lambda_{16}-6827\lambda_{17}-1225\lambda_{18}-3206\lambda_{19}-2035\lambda_{20}-2628\lambda_{21}\geq 0$$

2.Girdi:

$$4585Q-1740\lambda_{01}-3272\lambda_{02}-3424\lambda_{03}-2104\lambda_{04}-1489\lambda_{05}-4164\lambda_{06}-4018\lambda_{07}-1685\lambda_{08}-1133\lambda_{09}-4585\lambda_{10}-1153\lambda_{11}-2331\lambda_{12}-1131\lambda_{13}-5078\lambda_{14}-1404\lambda_{15}-2373\lambda_{16}-4187\lambda_{17}-764\lambda_{18}-2654\lambda_{19}-2110\lambda_{20}-1675\lambda_{21}\geq 0$$

1.Çıktı:

$$10586860\lambda_{01}+11429940\lambda_{02}+4262040\lambda_{03}+2660390\lambda_{04}+13397750\lambda_{05}+16978150\lambda_{06}+27327620\lambda_{07}+2667150\lambda_{08}+3785930\lambda_{09}+11172170\lambda_{10}+3018590\lambda_{11}+16953990\lambda_{12}+2872270\lambda_{13}+11960128\lambda_{14}+7197190\lambda_{15}+10598460\lambda_{16}+20057260\lambda_{17}+7997180\lambda_{18}+14104340\lambda_{19}+2544830\lambda_{20}+5725410\lambda_{21}\geq 11172170$$

2.Çıktı:

$$2356862\lambda_{01}+2522766\lambda_{02}+740939\lambda_{03}+1197239\lambda_{04}+3174361\lambda_{05}+4656421\lambda_{06}+5506776\lambda_{07}+1111805\lambda_{08}+1603884\lambda_{09}+2318031\lambda_{10}+1105543\lambda_{11}+3900687\lambda_{12}+870023\lambda_{13}+2464872\lambda_{14}+2081016\lambda_{15}+2228654\lambda_{16}+4425873\lambda_{17}+1330800\lambda_{18}+3733362\lambda_{19}+857806\lambda_{20}+2505080\lambda_{21} \geq 2318031$$

3.Çıktı:

$$80210\lambda_{01}+74834\lambda_{02}+30083\lambda_{03}+61645\lambda_{04}+34913\lambda_{05}+141402\lambda_{06}+56558\lambda_{07}+51231\lambda_{08}+64950\lambda_{09}+88932\lambda_{10}+50839\lambda_{11}+92341\lambda_{12}+30824\lambda_{13}+131210\lambda_{14}+54173\lambda_{15}+69576\lambda_{16}+157468\lambda_{17}+31146\lambda_{18}+55047\lambda_{19}+46263\lambda_{20}+87752\lambda_{21} \geq 88932$$

4.Çıktı:

$$25549\lambda_{01}+21899\lambda_{02}+14834\lambda_{03}+15985\lambda_{04}+8448\lambda_{05}+37707\lambda_{06}+16537\lambda_{07}+14292\lambda_{08}+13507\lambda_{09}+73971\lambda_{10}+14514\lambda_{11}+37467\lambda_{12}+9659\lambda_{13}+69953\lambda_{14}+31848\lambda_{15}+20186\lambda_{16}+52573\lambda_{17}+13183\lambda_{18}+29640\lambda_{19}+13748\lambda_{20}+21938\lambda_{21} \geq 73971$$

5.Çıktı:

$$11111\lambda_{01}+10333\lambda_{02}+4883\lambda_{03}+3919\lambda_{04}+10353\lambda_{05}+19790\lambda_{06}+20449\lambda_{07}+3549\lambda_{08}+5205\lambda_{09}+16726\lambda_{10}+4017\lambda_{11}+18220\lambda_{12}+3264\lambda_{13}+15858\lambda_{14}+9351\lambda_{15}+10109\lambda_{16}+22493\lambda_{17}+6634\lambda_{18}+13001\lambda_{19}+3343\lambda_{20}+5980\lambda_{21} \geq 16726$$

6.Çıktı:

Çizelge 4.16'da EDAS yöntemi ile oluşan memnuniyet skorları:

$$0,71\lambda_{01}+0,60\lambda_{02}+0,48\lambda_{03}+0,52\lambda_{04}+0,99\lambda_{05}+0,68\lambda_{06}+0,82\lambda_{07}+0,72\lambda_{08}+0,50\lambda_{09}+0,22\lambda_{10}+0,50\lambda_{11}+0,72\lambda_{12}+0,92\lambda_{13}+0,86\lambda_{14}+0,61\lambda_{15}+0,52\lambda_{16}+0,45\lambda_{17}+0,87\lambda_{18}+0,83\lambda_{19}+0\lambda_{20}+0,69\lambda_{21} \geq 0,22$$

$$\lambda_{01} \geq 0, \lambda_{02} \geq 0, \lambda_{03} \geq 0, \lambda_{04} \geq 0, \lambda_{05} \geq 0, \lambda_{06} \geq 0, \lambda_{07} \geq 0, \lambda_{08} \geq 0, \lambda_{09} \geq 0, \lambda_{10} \geq 0, \lambda_{11} \geq 0, \lambda_{12} \geq 0, \lambda_{13} \geq 0, \lambda_{14} \geq 0, \lambda_{15} \geq 0, \lambda_{16} \geq 0, \lambda_{17} \geq 0, \lambda_{18} \geq 0, \lambda_{19} \geq 0, \lambda_{20} \geq 0, \lambda_{21} \geq 0, Q \geq 0$$

BCC modelinin CCR modelinden farkı Eşitlik (3.29) kısıtıdır. Geri kalan tüm kısıtlar aynıdır. Eklenen kısıtın açık formu:

$$\lambda_{01}+\lambda_{02}+\lambda_{03}+\lambda_{04}+\lambda_{05}+\lambda_{06}+\lambda_{07}+\lambda_{08}+\lambda_{09}+\lambda_{10}+\lambda_{11}+\lambda_{12}+\lambda_{13}+\lambda_{14}+\lambda_{15}+\lambda_{16}+\lambda_{17}+\lambda_{18}+\lambda_{19}+\lambda_{20}+\lambda_{21}=1$$

ACWR modelinin kısıtları örneğin ADM için açık formda yazılmıştır:

Eşitlik (3.31)'e göre amaç fonksiyonu;

$$\text{Max } 10586860U_{01}+2356862U_{02}+80210U_{03}+25549U_{04}+11111U_{05}+0,71U_{06}$$

Eşitlik (3.32)'ye göre

$$2487V_{02}+1740V_{01}=1$$

Eşitlik (3.33)'e göre yazılan kısıt;

$$\begin{aligned}
 &10586860U_01+2356862U_02+80210U_03+25549U_04+11111U_05+0,71U_06 \\
 &2487V_02-1740V_01 \leq 0 \\
 &11429940U_01+2522766U_02+74834U_03+21899U_04+10333U_05+0,60U_06- \\
 &2847V_02-3272V_01 \leq 0 \\
 &4262040U_01+740939U_02+30083U_03+14834U_04+4883U_05+0,48U_06 \\
 &2643V_02-3424V_01 \leq 0 \\
 &2660390U_01+1197239U_02+61645U_03+15985U_04+3919U_05+0,52U_06- \\
 &2236V_02-2104V_01 \leq 0 \\
 &13397750U_01+3174361U_02+34913U_03+8448U_04+10353U_05+0,99U_06- \\
 &2665V_02-1489V_01 \leq 0 \\
 &16978150U_01+4656421U_02+141402U_03+37707U_04+19790U_05+0,68U_06- \\
 &6156V_02-4164V_01 \leq 0 \\
 &27327620U_01+5506776U_02+56558U_03+16537U_04+20449U_05+0,82U_06- \\
 &4925V_02-4018V_01 \leq 0 \\
 &2667150U_01+1111805U_02+51231U_03+14292U_04+3549U_05+0,79U_06- \\
 &1633V_02-1685V_01 \leq 0 \\
 &3785930U_01+1603884U_02+64950U_03+13507U_04+5205U_05+0,5U_06- \\
 &2242V_02-1133V_01 \leq 0 \\
 &11172170U_01+2318031U_02+88932U_03+73971U_04+16726U_05+0,22U_06- \\
 &7446V_02-4585V_01 \leq 0 \\
 &3018590U_01+1105543U_02+50839U_03+14514U_04+4017U_05+0,50U_06- \\
 &2100V_02-1153V_01 \leq 0 \\
 &16953990U_01+3900687U_02+92341U_03+37467U_04+18220U_05+0,72U_06- \\
 &3484V_02-2331V_01 \leq 0 \\
 &2872270U_01+870023U_02+30824U_03+9659U_04+3264U_05+0,92U_06-943V_02- \\
 &1131V_01 \leq 0 \\
 &11960127U_01+2464872U_02+131210U_03+69953U_04+15858U_05+0,86U_06- \\
 &2334V_02-5078V_01 \leq 0 \\
 &7197190U_01+2081016U_02+54173U_03+31848U_04+9351U_05+0,61U_06- \\
 &2782V_02-1404V_01 \leq 0 \\
 &10598460U_01+2228654U_02+69576U_03+20186U_04+10109U_05+0,52U_06- \\
 &2633V_02-2373V_01 \leq 0
 \end{aligned}$$

$$20057260U01+4425873U02+157468U03+52573U04+22493U05+0,45U06-6827V02-4187V01 \leq 0$$

$$7997180U01+1330800U02+31146U03+13183U04+6634U05+0,87U06-1225V02-764V01 \leq 0$$

$$14104340U01+3733362U02+55047U03+29640U04+13001U05+0,83U06-3206V02-2654V01 \leq 0$$

$$2544830U01+857806U02+46263U03+13748U04+3343U05+0U06-2035V02-2110V01 \leq 0$$

$$5725410U01+2505080U02+87752U03+21938U04+5980U05+0,69U06-2628V02-1675V01 \leq 0$$

Eşitlik (3.35) için çıktılar arasında yapılan regresyon analizine göre oluşturulmuştur:

$$2356862U02-2064438U01 \leq 0$$

$$11111U05-9428U02 \leq 0$$

$$11111U05-10587U01 \leq 0$$

4.4. Toplam Teknik Verimlilik (CCR Modeli) Sonuçları

Bu çalışmada, Türkiye'de faaliyet gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinin verimliliği, AHP-EDAS-VZA karma metodolojisi kullanılarak analiz edilmiştir. Analizin temel amacı, geleneksel girdi-çıktı parametrelerinin yanı sıra çevresel faktörler ve sürdürülebilirlik göstergelerini de içeren yani hem hizmet kalitesini hem de beşeri etmenleri dahil ederek bir memnuniyet değişkeni oluşturmak ve modele dahil ederek daha kapsamlı bir verimlilik değerlendirmesi yapmaktır. Bu bölümde, girdi odaklı CCR, BCC ve ağırlık kısıtlı ACWR modellerinden elde edilen sonuçlar, yorumlanmış ve tartışılmıştır.

Analiz sonuçları, kullanılan VZA modeline göre verimli ve verimsiz şirketlerin farklılaştığını göstermektedir. Bu durum, verimsizliğin kaynağının (iş yapış şekli, ölçeksel ya da dengesiz performans) neden olduğunu anlamak açısından önemli sonuçlar göstermektedir.

Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında toplam teknik verimliliği ölçen CCR modeli sonuçlarına göre Adm, Ayedaş, Çoruh Edaş, Gediz Edaş, Meram Edaş, Osmangazi Edaş, Trakya Edaş, Uludağ Edaş Ve Yeşilirmak Edaş %100 verimlilik skoruna ulaşarak sektörün en iyi operasyonlarını temsil eden referans kümesini

oluşturmuşlardır. Bu şirketler, sahip oldukları girdi bileşimiyle ölçek ve yönetim becerilerini en etkin şekilde birleştirerek maksimum çıktıyı elde etmeyi başarmışlardır.

Diğer 13 şirket ise farklı düzeylerde verimsizlik sergilemektedir. Özellikle Akedaş (%31,18), Vangölü Edaş (%57,81) en düşük skorlara sahip şirketler olarak dikkat çekmektedir. Bu durum, adı geçen şirketlerin mevcut çıktı seviyelerini koruyarak girdilerini sırasıyla yaklaşık %68,82, %42,19 oranında azaltma potansiyeline sahip olduklarını göstermektedir. Sektör genelindeki ortalama CCR verimlilik skoru %87,08 olarak hesaplanmıştır. Bu, sektörün genel olarak girdilerini %12,92 oranında daha verimli kullanma potansiyeli olduğunu ortaya koymaktadır.

4.5. Saf Teknik Verimlilik (BCC Modeli) Sonuçları

Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında çalışan BCC modeli, verimsizliğin yönetsel kaynaklı olup olmadığını ortaya koyar. BCC analizi sonucunda verimli şirket sayısı 9'dan 14'e yükselmiştir. CCR modelinde verimsiz bulunan Başkent Edaş, Boğaziçi Edaş, Dicle Edaş, Fırat Edaş, Toroslar Edaş ve Uludağ Edaş'ın BCC modelinde %100 verimlilik skoruna ulaşması, bu şirketlerin yönetsel olarak başarılı olduklarını ancak uygun olmayan ölçekte faaliyet gösterdiklerini göstermektedir.

Örneğin, Başkent Edaş, 6.156 personel sayısı ve 4163,8 milyon TL yatırım tutarı gibi yüksek girdi seviyelerine rağmen, bu girdileri kendi ölçeği dahilinde etkin bir şekilde yönetmektedir. Ancak CCR modelindeki %75,17'lik skoru, şirketin ölçeğinin optimum olmadığını ifade etmektedir.

BCC modelinde verimli şirket sayısındaki bu artış, sektördeki toplam verimsizliğin önemli bir bölümünün yönetsel beceriksizlikten ziyade ölçek verimsizliğinden kaynaklandığını doğrulamaktadır. Ortalama BCC skoru %91,55'e yükselmiş, bu da şirketlerin yönetim anlamında potansiyellerinin daha yüksek olduğunu göstermiştir.

4.6. ACWR ile Dengeli Performansın Analiz Sonuçları

Standart VZA modelleri, bir şirketi verimli gösterebilmek için bazı girdi veya çıktılara stratejik olarak sifıra yakın ağırlıklar atayabilmektedir. Bu durum, şirketin sadece birkaç alandaki oluşturduğu yenilikler ya da geçmişten gelen verilerle verimli kabul edilmesine yol açabilirken, zayıf olduğu alanlar göz ardı edilerek tespiti güçleştirebilir. Bu yanıltıcı durumu ortadan kaldırmak ve daha adil, dengeli bir

değerlendirme yapmak amacıyla ACWR modeli kullanılmıştır. Çıktılara ağırlık atanırken SPSS programı üzerinden regresyon analizlerine tabi tutulmuştur. Her bir çıktı Çizelge 4.19’da gösterildiği gibi kendi aralarında analiz edilmiştir.

Çizelge 4.19. Girdi ve çıktıların arasındaki R^2 değerleri

		R^2 Değerleri
Tüketici Sayısı	Enerji Tahakkuk Miktarı	0,908
Tüketici Sayısı	Hat Uzunluğu	0,324
Tüketici Sayısı	Trafo Sayısı	0,132
Tüketici Sayısı	Trafo Kapasitesi	0,809
Tüketici Sayısı	Memnuniyet Değişkeni	0,032
Enerji Tahakkuk Miktarı	Hat Uzunluğu	0,244
Enerji Tahakkuk Miktarı	Trafo Sayısı	0,151
Enerji Tahakkuk Miktarı	Trafo Kapasitesi	0,858
Enerji Tahakkuk Miktarı	Memnuniyet Değişkeni	0,030
Hat Uzunluğu	Trafo Sayısı	0,557
Hat Uzunluğu	Trafo Kapasitesi	0,524
Hat Uzunluğu	Memnuniyet Değişkeni	0,068
Trafo Sayısı	Trafo Kapasitesi	0,457
Trafo Sayısı	Memnuniyet Değişkeni	0,118
Personel Sayısı	Yatırım Tutarları	0,523

Çizelge 4.19’da gösterildiği gibi analize dahil edilen tüm girdi ve çıktı değişkenleri arasında ikili regresyon analizi yapılarak aralarındaki ilişkinin anlamlılığı incelenmiştir. Bu analizlerde, değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü ölçen R^2 değerleri dikkate alınmıştır. R^2 değerinin yüksek olması (genellikle 0,80 ve üzeri kabul edilir), bir değişkendeki değişimin diğer değişken tarafından ne kadar iyi açıklandığını gösterir ve bu da iki değişken arasında anlamlı bir ilişki olduğuna işaret etmektedir. Bu yöntem, (Pereira de Souza vd., 2014) tarafından da benzer bir yaklaşımla kullanılmıştır.

Çıktılar arasında yapılan regresyon analizleri sonucunda, R^2 değeri 0,80’i aşan üç adet güçlü ilişki tespit edilmiştir. Bu ilişkiler ve R^2 değerleri aşağıda özetlenmiştir:

Çizelge 4.20. Tüketici sayısı ve tahakkuk çıktılarının anlamlılık ilişkisi

Model Özeti									
Model	R	R^2	Ayarlanmış R^2	Tahminin standart hatası	Değişim istatistikleri				
					R^2 değişimi	F değişimi	df1	df2	Sig. F değişimi
1	,953 ^a	,908	,903	426576,84714	,908	188,034	1	19	<,001
a. Yordayıcılar: (Sabit), Enerji Tahakkuk Miktarı									

İlk olarak tüketici sayısı (bağımlı değişken) ile enerji tahakkuk miktarı (bağımsız değişken) arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu amaçla yapılan basit doğrusal regresyon analizi sonuçları aşağıda detaylı bir şekilde yorumlanmıştır. Analiz sonucunda

oluşturulan regresyon modelinin anlamlılığını değerlendirmek için Çizelge 4.19 incelenmiştir.

R^2 Değeri: R^2 değeri 0,908 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuca göre, tüketici sayısındaki değişimin %90,8'i, enerji tahakkuk miktarı tarafından açıklanmaktadır. Bu oran, modelin açıklama gücünün oldukça yüksek olduğunu ve bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni tahmin ederken çok başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

ANOVA Sonucu: Modelin bir bütün olarak istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığını gösteren F-testi sonucuna bakıldığında, F değeri 188,034 ve anlamlılık (Sig. F değişimi) değeri $p < 0,001$ olarak bulunmuştur. p değerinin 0,05'ten küçük olması, Çizelge 4.20'de gösterildiği gibi kurulan regresyon modelinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve değişkenler arasındaki ilişkinin tesadüfen olmadığını kanıtlamaktadır.

Çizelge 4.21. Tüketici sayısı ve tahakkuk çıktılarının katsayı ilişkisi

Katsayılar ^a					
Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	Sig.
		B	Std. Hata	Beta	
1	(Sabit)	488034,406	168496,172		,009
	Enerji_Tahakkuk_Miktarı	,195	,014	,953	<,001
a. Bağımlı Değişken: Tüketici_Sayısı					

Çizelge 4.21 iki değişken arasındaki ilişkinin matematiksel modelini ve bağımsız değişkenin etkisinin istatistiksel anlamlılığını göstermektedir. Çizelge 4.21'e göre regresyon denklemi şu şekilde oluşturulmuştur:

$$\text{Tüketici sayısı} = 488034,406 + 0,195 * (\text{Enerji Tahakkuk Miktarı})$$

Bu denklemin yorumu şu şekildedir:

Sabit: Sabit terimin (B = 488034,406) istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p = 0,009 < 0,05$) görülmektedir. Bu değer, tahakkuk edilen enerji miktarı sıfır olduğunda, modelin tahmin ettiği teorik tüketici sayısını ifade etmektedir.

Bağımsız Değişkenin Katsayısı (B): Enerji tahakkuk miktarı değişkeninin katsayısıdır. Bu katsayı 0,195 olarak bulunmuştur ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($t = 13,713$, $p < 0,001$). Bu katsayı, tahakkuk eden enerji miktarındaki her 1 MWh'lik artışın, tüketici sayısında ortalama 0,195 birimlik bir artışa yol açtığını göstermektedir.

"Tüketici sayısının sanal katkısı, enerji tahakkuk miktarının sanal katkısının 0,195 katını geçemez." Bu kısıt, bu regresyon analizi bulgularıyla doğrudan ilişkilidir. Yani bir

şirketin sadece çok geniş bir coğrafyada düşük tüketimli çok sayıda tüketiciye hizmet vererek (düşük tahakkuk miktarına rağmen) verimlilik skorunu yükseltmesini engellemektedir. Tüketici sayısının önemini, enerji tahakkuk miktarıyla dengelemektedir.

Çizelge 4.22. Trafo kapasitesi ve tüketici sayısı çıktılarının anlamlılık ilişkisi

Model Özeti									
Model	R	R ²	Ayarlanmış R ²	Tahminin standart hatası	Change Statistics				
					R ² değişimi	F değişimi	df1	df2	Sig. F değişimi
1	,899 ^a	,809	,799	2829,86566	,809	80,445	1	19	<,001
a. Yordayıcılar: (Sabit), Tüketici_Sayısı									

Ardından trafo kapasitesi (bağımlı değişken) ile tüketici sayısı (bağımsız değişken) arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu amaçla yapılan basit doğrusal regresyon analizi sonuçları aşağıda detaylı bir şekilde yorumlanmıştır. Analiz sonucunda oluşturulan regresyon modelinin anlamlılığını değerlendirmek için Çizelge 4.22’de gösterildiği gibi model özeti tablosu incelenmiştir.

R² Değeri: Modelin açıklama gücünü gösteren R² değeri 0,809 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgu, trafo kapasitesindeki değişimin %80,9’unun, hizmet verdikleri tüketici sayısındaki değişim ile açıklanabildiğini ortaya koymaktadır. Bu yüksek oran, modelin açıklama gücünün oldukça iyi olduğunu ve bu iki değişken arasında güçlü bir doğrusal ilişki bulunduğunu ortaya koymaktadır.

ANOVA Sonucu: Kurulan modelin istatistiksel olarak bir bütün halinde anlamlı olup olmadığını test eden F-testi sonucunda F değeri 80,445 ve anlamlılık düzeyi (Sig. F değişimi) $p < 0,001$ olarak bulunmuştur. Anlamlılık değerinin 0,05’ten küçük olması, trafo kapasitesi ile tüketici sayısı arasında kurulan bu doğrusal modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve elde edilen bu ilişkinin tesadüfen olmadığını kanıtlamaktadır.

Çizelge 4.23. Trafo kapasitesi ve tüketici sayısı çıktılarının katsayı ilişkisi

Katsayılar ^a					
Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Sabit)	426,816	1272,789		,335
	Tüketici Sayısı	,004	,000	,899	,741
a. Bağımlı Değişken: Trafo_Kapasitesi					

Çizelge 4.23’e göre regresyon denklemi şu şekilde oluşturulmuştur:

$$\text{Trafo kapasitesi} = 426,816 + 0,004 * (\text{Tüketici Sayısı})$$

Bu denklemin yorumu şu şekildedir:

Sabit: Modeldeki sabit terim ($B = 426,816$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0,741 > 0,05$). Bu durum, hiç tüketici yokken, modelin öngördüğü trafo kapasitesinin mantıken sıfırdan farksız olduğu anlamına gelmektedir.

Bağımsız Değişkenin Katsayısı (B): Analizin temel bulgusu, tüketici sayısı değişkenine ait katsayıdır. Bu katsayı 0,004 olarak bulunmuştur ve istatistiksel olarak çok yüksek düzeyde anlamlıdır ($t = 8,969$, $p < 0,001$). Bu katsayı, tüketici sayısındaki her 1 birimlik artışın, trafo kapasitesinde ortalama 0,004 birimlik (MVA) bir artışla ilişkili olduğunu göstermektedir.

"Trafo kapasitesinin sanal katkısı, tüketici sayısının sanal katkısının 0,004 katını geçemez." Bu kısıttan hareketle bir şirketin, hizmet verdiği tüketici sayısı ile orantısız şekilde, gereğinden fazla trafo kapasitesi kurarak (yani atıl yatırım yaparak) verimlilik skorunu etkilemesini engeller.

Çizelge 4.24. Trafo kapasitesi ve tahakkuk çıktılarının anlamlılık ilişkisi

Model Özeti									
Model	R	R ²	Ayarlanmış R ²	Tahminin standart hatası	Change Statistics				
					R ² değişimi	F değişimi	df1	df2	Sig. F değişimi
1	,926 ^a	,858	,850	2441,48471	,858	114,600	1	19	<,001
a. Yordayıcılar: (Sabit), Enerji Tahakkuk Miktarı									

Son olarak, trafo kapasitesi (bağımlı değişken) ile enerji tahakkuk miktarı (bağımsız değişken) arasındaki ilişkiyi analiz edilmiştir. Bu doğrultuda, basit doğrusal regresyon analizi uygulanmış ve sonuçlar detaylı şekilde incelenmiştir. Kurulan modelin anlamlılığını değerlendirmek için Çizelge 4.24 incelenmiştir.

Elde edilen R² değeri 0,858 olmuştur. Yani tahakkuk edilen enerji miktarı, trafo kapasitesindeki değişimin %85,8'ini açıklamaktadır. Modelin açıklama gücü oldukça yüksektir. Bağımsız değişken, bağımlı değişkenin tahmininde son derece başarılıdır.

ANOVA sonuçlarına göre, modelin genel olarak anlamlı olup olmadığını F-testiyle sınanmıştır. F değeri 114,600 ve anlamlılık düzeyi $p < 0,001$ olarak bulunmuştur. Anlamlılık değerinin 0,05'in altında olması, trafo kapasitesi ile tahakkuk edilen enerji miktarı arasında kurulan ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve elde edilen güçlü ilişkinin tesadüf olmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.25. Trafo kapasitesi ve tahakkuk çıktılarının katsayı ilişkisi

Katsayılar ^a					
Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t
		B	Std. Hata	Beta	
1	(Sabit)	1803,655	964,377		1,870
	Enerji Tahakkuk Miktarı	,001	,000	,926	10,705
a. Bağımlı Değişken: Trafo_Kapasitesi					

Çizelge 4.25'e göre regresyon denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\text{Trafo kapasitesi} = 1803,655 + 0,001 * (\text{Enerji Tahakkuk Miktarı})$$

Bu denklemin yorumlayacak olursak:

Sabit: Sabit terimin ($B = 1803,655$) istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p = 0,077 > 0,05$) görülmektedir. Yani, satılan enerji miktarı sıfır olduğunda, modelin öngördüğü trafo kapasitesinin teorik olarak sıfırdan farksız olduğu anlamına gelmektedir.

Bağımsız Değişkenin Katsayısı (B): Analize göre, enerji tahakkuk miktarı değişkenine ait katsayıdır. Bu katsayı 0,001 olarak bulunmuştur ve istatistiksel olarak çok yüksek düzeyde anlamlıdır ($t = 10,705$, $p < 0,001$). Bu katsayı, satılan enerji miktarındaki her 1 birimlik artışın, trafo kapasitesinde ortalama 0,001 birimlik bir artışla ilişkili olduğunu göstermektedir.

"Trafo kapasitesinin sanal katkısı, satılan enerjinin sanal katkısının 0,001 katını geçemez." Bir şirketin, sattığı enerji miktarıyla orantısız şekilde fazlaca trafo kapasitesi kurarak (yani atıl bir yatırım yaparak) verimlilik skorunu etkilemesini engellemektedir. Bu sayede, altyapı yatırımı olan trafo kapasitesi ile bu altyapının ne kadar verimli kullanıldığını gösteren satılan enerji arasında dengeli bir ilişki kurulması sağlanmış olmaktadır.

Bu kısıtlar altında yapılan ACWR analizi, sonuçlarda belirgin değişikliklere yol açmıştır. Tam verimli şirket sayısı 6'ya düşmüştür: Adm, Çoruh Edaş, Kayseri Edaş, Meram Edaş, Trakya Edaş ve Yeşilirmak Edaş. Bu 6 şirket, sadece belirli çıktılarda değil, tüm çıktı değişkenleri arasında iyi bir performans sergilemiştir. Kaynaklarını etkin kullanarak verimliliklerini göstermişlerdir.

Ayedaş, Başkent Edaş, Boğaziçi Edaş ve Gediz Edaş gibi CCR ya da BCC modellerinde %100 verimli bulunan bu şirketler, ACWR modelinde sırasıyla %78,56, %71,88, %87,48 ve %96,27 skorları alarak verimsiz olarak değerlendirilmiştir. Bu durum, kısıtların etkisinin oldukça göstermektedir.

Başkent Edaş ve Ayedaş: BCC modelinde %100 verimli olan bu şirketlerin skorları, ACWR modeliyle sırasıyla %71,88 ve %78,56'ya düşmüştür. Başkent EDAŞ, 6.156 personel ile sektördeki en yüksek istihdam sağlayan şirketlerden biridir. Kısıtsız BCC modeli bu girdiye rağmen şirketin 4.656.421 adet tüketici sayısına hizmet vermesini temel alarak onu etkin bulmuştur. Ancak, tüketici sayısının ağırlığını enerji miktarına göre sınırlayan kısıt eklendiğinde, model artık bu yolu kullanamamıştır. Bu yeni bakış açısıyla Başkent Edaş'ın girdilerine karşın çıktıları, referans şirketlerin gerisinde kalmış ve skoru daha gerçekçi bir seviyeye inmiştir.

Dicle Edaş'a baktığımızda BCC modelinde %100 verimli olurken ACWR'de %78,35'e gerilemiştir. 7.446 personel ve 4.584 milyon TL yatırım tutarı ile her iki girdi kaleminde de sektörün en yüksek değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Kısıtsız model, bu girdileri verimli göstermek için yine sektördeki en fazla trafo sayısı 73.791 veya hat uzunluğu 88.932 km gibi çıktıları ağırlık vermiştir. Ancak ACWR kısıtları, modeli enerji tahakkuk miktarına incelemeye çevirmiştir. Bu durumda, yüksek girdilere karşın tahakkuk edilen enerji miktarı çıktısı 11.172.170 MWh, sektördeki en iyi uygulamalara kıyasla verimsiz olduğundan dolayı skor ciddi oranda düşmüştür.

Boğaziçi Edaş'a baktığımızda BCC'de %100 verimli olan şirket, ACWR'de %87,48'e gerilemiştir. 4.925 personel ve 4.017 milyon TL yatırım tutarı gibi yüksek girdilere sahiptir. Kısıtsız modelde 5.506.776 gibi yüksek abone sayısı ile verimli görünmüştür. Kısıtlar analize dahil edildiğinde, model şirketin sektördeki en yüksek enerji tahakkuk miktarına (27.327.620 MWh) sahip olduğunu dikkate alsa dahi, bu çıktıyı üretmek için kullandığı personel ve yatırım girdilerinin referans şirketlere göre daha fazla olduğunu tespit etmiş ve verimlilik skorunu aşağı çekmiştir.

Etkin Şirketler: ACWR modelinin getirdiği sıkı koşullara rağmen Adm, Çoruh Edaş, Kayseri Edaş, Meram Edaş, Osmangazi Edaş, Trakya Edaş Ve Yeşilırmak Edaş %100'lük verimlilik skorlarını korumuştur. Bu şirketler, girdi ve çıktı yapıları açısından dengeli bir performansa sahip olup, sektör için referans noktaları olarak kabul edilebilirler. Örneğin, Osmangazi Edaş, 2.081.016 aboneye 7.197.190 MWh enerji tahakkuk ederken, bunu görece makul 2.782 personel ve 31.848 trafo sayısı ile başarmaktadır. Bu yapı, onun en kısıtlı modelde bile etkin kalmasını sağlamıştır.

4.7. Tartışma ve Genel Değerlendirme

Sonuçlar incelendiğinde, elektrik dağıtım şirketlerinin verimliliklerini sadece bir yöntem üzerinde yorumlamak düzenleyici kurumları ve şirket yöneticilerini yanıltabileceği ortaya çıkmaktadır. Üç farklı VZA yönteminin sonuçları, verimlilik anlayışını değiştirmektedir. CCR modeli genel bir çerçeve sunarken, BCC modeli operasyon yönetimiyle birlikte ölçek sorunlarını birbirinden ayırmaktadır. Sektördeki verimsizliğin önemli bir bölümü ölçekle ilişkilidir. Bu durum, birleşme, büyüme veya operasyonel küçülme gibi köklü stratejik kararların ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Ancak bu çalışmanın özgün yanı, ACWR modelinin ÇKKV ile uygulanmasıyla fark yaratmaktadır. Çıktılar arasında uygulanan ağırlık katsayıları ile verimlilik skorları ciddi bir şekilde değişiklik göstermektedir. Skorların değişimine bakacak olursak, tek bir çıktıda sektörün en iyisi olmak da tek bir girdide sektörün en iyisi olmak da tek başına verimli olmak için yeterli değildir. Gerçekten verimli şirketler, hem hizmet kalitesinden ödün vermeyen hem girdilerini muhafazakar kullanan hem de tüm çıktılarda öne çıkabilen şirketlerdir. Nitekim Dicle Edaş örneği de bunun için çok iyi bir göstergedir. Standart modellerde dengesiz performans gizlenebilirken, ağırlık katsayılı modeller bu eksikliği net bir şekilde ortaya çıkarmaktadır.

Sonuç olarak, bu tezde kullanılan karma metodoloji, düzenleyici kurumlar ve şirket yöneticileri için gelecek planlamasına ışık tutmaktadır. Verimsiz şirketler, ACWR modelinde verimli görünen şirketlerin yapılarını inceleyerek hangi alanlarda gelişebileceklerini görebilmektedir. Düzenleyici kurumlar ise, tüketicilerin refahını korumak, israf harcamalarını engellemek, verimli şirketleri ödüllendirmek ve gelecekte yapacakları tarife regülasyonları için daha gerçekçi ve adil bir yaklaşım sergileyebileceklerdir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın hem metodolojik hem de uygulamalı çıktıları, benzer konularda yürütülecek ileri araştırmalar için sağlam bir temel oluşturmaktadır. Bu çalışmada tek bir yıl için analiz yapılmıştır. Oysa Malmquist TFV Endeksi gibi yöntemlerle yıllar içinde verimlilik değişimi incelenerek reformların etkisi gözlemlenebilmektedir. Referans birimlerin belirlenmesinin ardından etkinlik skorlarını etkileyen dışsal faktörler (örneğin demografik yapı, bölgesel gayri safi yurt içi hasıla, iklim koşulları) regresyon analizi ile test edilebilmektedir. Bu durum, düzenleyici kurumların alacağı kararlara daha bilimsel temelde yaklaşılmasına katkı sağlamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Mekânsal Verimlilik Haritalaması yapılabilmektedir. Her bir dağıtım bölgesinin verimlilik skorları harita üzerinde gösterilerek görsel analiz yapılabilmektedir. Bu sayede düzenleyici kurumlar, coğrafi olarak hangi alanlarda yatırım veya değişiklik gerektiğini daha net görebilmektedir. Stokastik Sınır Analizi ile karşılaştırmalı çalışmalar yapılabilmektedir. VZA'nın yapısı, veri hatalarına duyarlıdır. Gelecek çalışmalarda SFA gibi parametrik yöntemlerle sonuçların karşılaştırılması, sonuçların güvenilirliğini test etmede faydalı olabilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Aladağ, Z., Avcı, S., Çelik, B., ve Alkan, A. (2017). Özel hastane seçim kriterlerinin analitik hiyerarşi prosesi ile değerlendirilmesi ve Kocaeli İli uygulaması. *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2017)*, 180-188.
- Arcos-Vargas, A., Núñez-Hernández, F., ve Villa-Caro, G. (2017). A DEA analysis of electricity distribution in Spain: An industrial policy recommendation. *Energy Policy*, 102, 583-592. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.01.004>
- Banker, R. D., Charnes, Abraham, ve Cooper W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Bu, L. L., Kopsakangas-Savolainen, M., Xie, B. C., Li, H. Z., Liu, Y. M., ve Yin, S. P. (2024). Has benchmarking improved the performance of the Australian electricity distribution utilities? A meta-frontier model. *Utilities Policy*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2024.101734>
- Cambini, C., Croce, A., ve Fumagalli, E. (2014). Output-based incentive regulation in electricity distribution: Evidence from Italy. *Energy Economics*, 45, 205-216. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.07.002>
- Campos, M. S., Costa, M. A., Gontijo, T. S., ve Lopes-Ahn, A. L. (2022). Robust stochastic frontier analysis applied to the Brazilian electricity distribution benchmarking method. *Decision Analytics Journal*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100051>
- Charnes, A., Cooper, W. W., ve Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Çelen, A. (2013). Efficiency and productivity (TFP) of the Turkish electricity distribution companies: An application of two-stage (DEA&Tobit) analysis. *Energy Policy*, 63, 300-310. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.034>
- Çelen, A., ve Yalçın, N. (2012). Performance assessment of Turkish electricity distribution utilities: An application of combined FAHP/TOPSIS/DEA methodology to incorporate quality of service. *Utilities Policy*, 23, 59-71. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2012.05.003>
- Elder. (2025). *Dağıtım Şirketleri*. <https://www.elder.org.tr/icerik/kurumsal/dernek-profil>
- Emre Aysin, M., ve Çalmaşur, G. (2022). Türkiye elektrik dağıtım şirketlerinin etkinlik ve verimlilik analizi. *Verimlilik Dergisi*, 3, 427-440. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.968983>
- Estache, A., Tovar, B., ve Trujillo, L. (2008). How efficient are African electricity companies? Evidence from the Southern African countries. *Energy Policy*, 36(6), 1969-1979. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.02.011>

- Filippini, M., Hrovatin, N., ve Zorič, J. (2004). Efficiency and regulation of the Slovenian electricity distribution companies. *Energy Policy*, 32(3), 335-344. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00295-1](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00295-1)
- Giannakis, D., Jamasb, T., ve Pollitt, M. (2005). Benchmarking and incentive regulation of quality of service: An application to the UK electricity distribution networks. *Energy Policy*, 33(17), 2256-2271. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.04.021>
- Güler, E., Yerel Kandemir, S., ve Açıkkalp, E. (2020). Türkiye’deki enerji dağıtım şirketlerinin etkinliklerinin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 66-79. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.683652>
- Hess, B., ve Cullmann, A. (2007). Efficiency analysis of East and West German electricity distribution companies - Do the “Ossis” really beat the “Wessis”? *Utilities Policy*, 15(3), 206-214. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2007.03.002>
- Hünerli, Ö. C., ve Aydın, C. (2019). Türkiye’de faaliyet gösteren doğal gaz dağıtım firmalarının veri zarflama analizi yöntemiyle etkinliğinin araştırılması. *Journal of Yasar University*, 14(Special Issue), 133-146.
- Jamasb, T., ve Pollitt, M. (2000). *Benchmarking and regulation of electricity transmission and distribution utilities: Lessons from international experience*. Department of Applied Economics, University of Cambridge.
- Joskow, P. L. (2006). *Incentive regulation in theory and practice: Electricity distribution and transmission networks* (Working Paper No. CWPE 0607 and EPRG 0511). University of Cambridge, Electricity Policy Research Group.
- Kara, O., ve Uslu, M. (2020). Elektrik dağıtım şirketlerinin etkinliği: Bootstrap tahminli iki aşamalı DEA analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 189–206.
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., ve Turskis, Z. (2015). Multi-Criteria Inventory Classification Using a New Method of Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS). *Informatica (Netherlands)*, 26(3), 435-451. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2015.57>
- Lins, M. P. E., Sollero, M. K. V., Calôba, G. M., ve da Silva, A. C. M. (2007). Integrating the regulatory and utility firm perspectives, when measuring the efficiency of electricity distribution. *European Journal of Operational Research*, 181(3), 1413-1424. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.10.072>
- Medeiros, G. O. S., Marangon-Lima, L. M., de Queiroz, A. R., Marangon-Lima, J. W., dos Santos, L. C. B., Barbosa, M. A., ve Alvares, J. E. (2022). Efficiency analysis for performance evaluation of electric distribution companies. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107430>
- Nepal, R., ve Jamasb, T. (2015). Incentive regulation and utility benchmarking for electricity network security. *Competition and Regulation in Network Industries*, 16(1), 2-22.

- Núñez, F., Arcos-Vargas, A., ve Villa, G. (2020). Efficiency benchmarking and remuneration of Spanish electricity distribution companies. *Utilities Policy*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101127>
- Omranı, H., Emrouznejad, A., Teplova, T., ve Amini, M. (2024). Efficiency evaluation of electricity distribution companies: Integrating data envelopment analysis and machine learning for a holistic analysis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.108636>
- Özispá, N., ve Arabelen, G. (2021). Limanların sürdürülebilirlik stratejilerinin AHP Yaklaşımı ile önceliklendirilmesi. İçinde *Journal of Yasar University* (C. 16).
- Özmen, M. (2020). Oecd ülkelerinin telekomünikasyon sektörü açısından SMAA-EDAS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.611987>
- Patyal, V. S., Kumar, R., Lamba, K., ve Maheshwari, S. (2023). Performance evaluation of Indian electricity distribution companies: An integrated DEA-IRP-TOPSIS approach. *Energy Economics*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106796>
- Pedraja-Chaparro, F., Salinas-Jimenez, J., ve Smith, P. (1997). On the role of weight restrictions in data envelopment analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 8(2), 215-230.
- Pereira de Souza, M. V., Souza, R. C., Pessanha, J. F. M., da Costa Oliveira, C. H., ve Diallo, M. (2014). An application of data envelopment analysis to evaluate the efficiency level of the operational cost of Brazilian electricity distribution utilities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 48(3), 169-174. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2014.03.002>
- Pérez-Reyes, R., ve Tovar, B. (2009). Measuring efficiency and productivity change (PTF) in the Peruvian electricity distribution companies after reforms. *Energy Policy*, 37(6), 2249-2261. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.01.037>
- Petridis, K., Ünsal, M. G., Dey, P. K., ve Örkücü, H. H. (2019). A novel network data envelopment analysis model for performance measurement of Turkish electric distribution companies. *Energy*, 174, 985-998. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.051>
- Rita, R., Marques, V., Bárbara, D., Chaves, I., Macedo, P., Moutinho, V., ve Pereira, M. (2023). Crossing non-parametric and parametric techniques for measuring the efficiency: Evidence from 65 European electricity distribution system operators. *Energy*, 283. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128511>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T. L., ve Ozdemir, M. S. (2003). Why the magic number seven plus or minus two. İçinde *MATHEMATICAL coMPuTEa MODELLING Mathematical and Computer Modelling* (C. 38). www.elsevier.com/locate/mcm

- Sadjadi, S. J., ve Omrani, H. (2008). Data envelopment analysis with uncertain data: An application for Iranian electricity distribution companies. *Energy Policy*, 36(11), 4247-4254. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.004>
- Sadjadi, S. J., Omrani, H., Makui, A., ve Shahanaghi, K. (2011). An interactive robust data envelopment analysis model for determining alternative targets in Iranian electricity distribution companies. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9830-9839. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.02.047>
- Susanty, A., Purwanggono, B., ve Faruq, C. Al. (2022). Electricity distribution efficiency analysis using data envelopment analysis (DEA) and soft system methodology. *Procedia Computer Science*, 203, 342-349. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.043>
- Tovar, B., Javier Ramos-Real, F., ve de Almeida, E. F. (2011). Firm size and productivity. Evidence from the electricity distribution industry in Brazil. *Energy Policy*, 39(2), 826-833. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.001>
- Trindade, D., Barroso, A. P., ve Machado, V. H. (2015). Project management efficiency of a Portuguese electricity distribution utility using data envelopment analysis. *Procedia Computer Science*, 64, 674-682. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.583>
- Vesterberg, M., Zhou, W., ve Lundgren, T. (2021). Wind of change: Small-scale electricity production and distribution-grid efficiency in Sweden. *Utilities Policy*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2021.101175>
- Yadava, A. K., Chakraborty, S., ve Gupta, S. (2025). Benchmarking the performance of Indian electricity distribution companies: The applications of multi-stage robust DEA and SFA models. *Energy Economics*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108396>
- Yetik, A. K., ve Ünal, Z. (2024). Analitik hiyerarşi süreci (AHP) ile sulama sistemi seçimi: Niğde ili örneği. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(5), 2190-2204. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1440234>