



T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE MAKİNE ÖĞRENMESİ  
ENTEGRASYONU İLE ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNDE BİLGİ  
TEKNOLOJİLERİ YATIRIM PROJELERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

HÜSEYİN KALIN

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şanlıurfa  
2025



T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE MAKİNE ÖĞRENMESİ  
ENTEGRASYONU İLE ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNDE BİLGİ  
TEKNOLOJİLERİ YATIRIM PROJELERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

HÜSEYİN KALIN

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
Tez Danışmanı: Prof. Dr. GENÇAY SARIŞIK

Şanlıurfa  
2025

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin süresince ve tez çalışmalarım boyunca beni her zaman destekleyen, yönlendiren, bilgi ve tecrübeleriyle akademik gelişimime katkı sağlayan değerli danışmanım Prof. Dr. Gencay Sarıışık'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte her zaman yanımda olan, sabrı, anlayışı ve desteğiyle en büyük motivasyon kaynağım olan sevgili eşime gönülden teşekkür ederim. Ayrıca, varlıklarıyla hayatıma neşe ve anlam katan sevgili çocuklarıma da teşekkür ederim. Varlıkları, bu yolculuğu daha anlamlı ve değerli kıldı.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	iv
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Araştırmanın Gereççesi .....	2
1.2. Araştırmanın Amacı .....	4
1.3. Araştırmanın Katkıları .....	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	7
3. GEREÇ VE YÖNTEM .....	18
3.1. Teknik Analiz ve Uygulanabilirlik Değerlendirmesi .....	18
3.2. Ekonomik, Ticari ve Sosyal Analiz Teknikleri .....	18
3.3. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) .....	19
3.3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemi .....	23
3.3.2. Promethee Yöntemi .....	25
3.3.3. VIKOR Yöntemi .....	27
3.3.3.1. VIKOR Yönteminin Avantajları ve Sınırlılıkları .....	29
3.3.3.1.1. VIKOR Yönteminin Uygulama Alanları .....	30
3.3.4. Enerji Sektöründe Teknolojik Yatırımlar ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi .....	32
3.3.4.1. Enerji Sektöründe Teknolojik Yatırımlar .....	34
3.3.4.2. Yatırım Kararlarında Çok Kriterli Değerlendirme İhtiyacı .....	34
3.3.4.3. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemlerinin Temelleri .....	35
3.4. Karar Verme ve Analiz Tekniklerinin Kavramsal Altyapısı .....	35
3.5. XGBoost ile Özellik Önemliliği ve Spearman Korelasyon Analizi .....	36
3.6. Veri Seti ve Uzman Görüşlerine Dayalı Değerlendirme .....	37
3.6.1. Kriter Skorlarının Belirlenmesi .....	37
3.6.2. Uzman Profili ve Seçim Kriterleri .....	37
3.6.3. Uzman Görüşlerinin Güvenilirliği .....	38
4. BULGULAR .....	40
4.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile Proje Değerlendirmesi ve Bulgular .....	41
4.1.1. Değerlendirmede Kullanılan Kriterler .....	41
4.1.2. Projelerin Kriterlere Göre Performans Değerlendirmesi .....	42
4.1.3. AHP Karşılaştırma Matrisi ve Kriterlerin Göreceli Önemi .....	43
4.1.4. Normalize Değerler, Ağırlıklar ve Tutarlılık Analizi .....	44
4.1.5. Projelerin Genel Performans Skorları ve Önceliklendirilmesi .....	46
4.1.6. AHP Sıralama .....	48
4.2. PROMETHEE Yöntemiyle Proje Değerlendirme Bulguları .....	51
4.2.1. Kriter Ağırlıkları ve Etki Düzeyleri .....	51
4.2.2. Proje Performanslarının Normalizasyonu ve Ön Analizi .....	52
4.2.3. Pozitif Tercih Akışı (Q <sup>+</sup> ) Analizi .....	53
4.2.4. Net Akış (Φ) Analizi ve Nihai Sıralama .....	53
4.2.5. PROMETHEE Bulgularının Yorumu .....	55
4.3. VIKOR Yöntemi ile Proje Değerlendirme ve Sıralaması .....	55
4.3.1. Proje Bazlı Kriter Değerlendirmesi .....	56
4.3.2. Kriter Bazında Genel Durumun Değerlendirilmesi .....	61
4.3.3. VIKOR Açısından Kritik Gözlemler ve Sıralama .....	61
4.4. XGBoost ile Kriter Önemlilik Analizi Bulguları .....	63
4.5. Yöntemler Arası Spearman R <sup>2</sup> Korelasyon Analizi ve Karşılaştırmalı Değerlendirme .....	70
4.6. Yöntemler Arası Entegrasyon .....	72
4.7. Yöntemler Arası Farklılıklar .....	73
4.7.1. Temel Nedenler? .....	73

4.7.2. Hangi Kriter Hangi Yöntemde Öne Çıkıyor .....	74
5. TARTIŞMA .....	77
6. SONUÇLAR .....	79
7. ÖNERİLER .....	82
KAYNAKLAR .....	84
ÖZGEÇMİŞ .....	89



## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE MAKİNE ÖĞRENMESİ ENTEGRASYONU İLE ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNDE BİLGİ TEKNOLOJİLERİ YATIRIM PROJELERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

HÜSEYİN KALIN

HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışman: Prof. Dr. GENÇAY SARIŞIK

Yıl: 2025, Sayfa : 87

Bu tez çalışmasının temel amacı, Türkiye’de elektrik dağıtım sektöründe faaliyet gösteren büyük ölçekli bir kurumun bilgi teknolojileri (BT) yatırımları kapsamında, sınırlı kaynaklarla hangi projelere öncelik verilmesi gerektiğini nesnel ve çok kriterli bir karar verme çerçevesinde analiz etmektir. Yaklaşık 9000 çalışana sahip kurumun teknoloji departmanı tarafından önerilen yedi proje alternatifi—Alacak Yönetim Sistemi, Yatırım Yönetim Sistemi, Filo Yönetim Sistemi, Abone Yönetim Sistemi, Kesinti Yönetim Sistemi, Talep Takip Sistemi ve Envanter Yönetim Sistemi—kurumun stratejik hedefleri ve operasyonel ihtiyaçları doğrultusunda çok kriterli bir değerlendirme sürecine tabi tutulmuştur. Analiz sürecinde, karar kriterlerinin ağırlıklandırılmasında Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılmış, proje alternatiflerinin sıralanmasında ise AHP, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri uygulanmıştır. Kriterler; proje zaman planı, devlet desteği, yatırım bütçesi, müşteri memnuniyeti, tahakkuk, tahsilat ve kayıp-kaçak oranı olmak üzere yedi başlık altında toplanmıştır. AHP yöntemiyle yapılan analizde, en yüksek ağırlıkların tahsilat (0,3488), kayıp-kaçak (0,2505) ve tahakkuk (0,2127) kriterlerine verildiği belirlenmiştir. Bu durum, kurumun yatırım kararlarında finansal verimlilik ve operasyonel kontrol unsurlarına öncelik verdiğini ortaya koymaktadır. AHP, PROMETHEE ve VIKOR analizleri sonucunda projeler arasında sıralama farklılıkları görülse de genel eğilimler benzerlik göstermiştir. Tüm yöntemlerde Proje 1 (Alacak Yönetim Sistemi) en yüksek önceliğe sahip proje olarak belirlenmiştir. Bu proje, özellikle tahsilat verimliliğini artırma ve mali süreçleri iyileştirme potansiyeliyle dikkat çekmektedir. Proje 5 (Kesinti Yönetim Sistemi) ve Proje 4 (Abone Yönetim Sistemi) de sıralamada üst sıralarda yer alarak yatırım yapılabilir projeler arasında değerlendirilmiştir. Çalışmada ayrıca, çok kriterli karar verme yöntemleri ile elde edilen değerlendirme sonuçlarının XGBoost algoritması kullanılarak modellenmesi sağlanmış ve farklı kriterlerin proje önceliklendirmedeki belirleyiciliği detaylı biçimde analiz edilmiştir. Bu yaklaşım, geleneksel yöntemlerin sabit ağırlıklandırma yapılarının ötesine geçilerek, makine öğrenmesi temelli dinamik kriter önemliliklerinin ortaya konmasına olanak tanımaktadır. Çalışmanın sonuçları, çok kriterli karar verme yöntemlerinin kurumsal proje yönetimi ve yatırım planlamasında etkili bir araç olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, birden fazla yöntemin entegre biçimde uygulanması, sıralama sonuçlarını daha güvenilir hale getirmekte ve karar vericilere daha dengeli bir bakış açısı sunmaktadır. Bu bağlamda, BT yatırımlarında yalnızca teknik ve mali göstergelerin değil, stratejik uyum ve operasyonel katkı gibi çok boyutlu kriterlerin birlikte ele alınması, kurum performansına uzun vadede olumlu yansımalar sağlayacaktır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Çok Kriterli Karar Verme, Promethee, AHP, Vikor, XGBoost, Makine Öğrenmesi, Proje Seçimi, Teknoloji Projelerinin Önceliklendirilmesi

## ABSTRACT

### MASTER THESIS

# PRIORITIZATION OF INFORMATION TECHNOLOGY INVESTMENT PROJECTS IN THE ELECTRICITY DISTRIBUTION SECTOR THROUGH THE INTEGRATION OF MULTI-CRITERIA DECISION MAKING AND MACHINE LEARNING

HÜSEYİN KALIN

HARRAN UNIVERSITY  
INSTITUTE OF GRADUATE EDUCATION  
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Thesis Supervisor: Prof. Dr. GENÇAY SARIİŞİK

Year: 2025, Page : 87

The primary objective of this thesis is to analyze, within a multi-criteria decision-making framework, which projects should be prioritized under limited resources in the scope of information technology (IT) investments of a large-scale institution operating in the electricity distribution sector in Turkey. Seven project alternatives proposed by the institution's technology department—Receivables Management System, Investment Management System, Fleet Management System, Subscriber Management System, Outage Management System, Demand Tracking System, and Inventory Management System—were evaluated according to the institution's strategic goals and operational needs through a multi-criteria assessment process. In the analysis, the Analytic Hierarchy Process (AHP) was employed to weight the decision criteria, while the AHP, PROMETHEE and VIKOR methods were applied to rank the project alternatives. The criteria were grouped under seven categories: project timeline, government support, investment budget, customer satisfaction, billing, collection, and loss-theft rate. The AHP results revealed that the highest weights were assigned to collection (0.3488), loss-theft (0.2505), and billing (0.2127), indicating that the institution prioritizes financial efficiency and operational control factors in its investment decisions. Although some ranking differences appeared between the AHP, PROMETHEE and VIKOR analyses, general tendencies were consistent across methods. Project 1 (Receivables Management System) was identified as the highest-priority project in all methods, notably due to its potential to enhance collection efficiency and improve financial processes. Project 5 (Outage Management System) and Project 4 (Subscriber Management System) also ranked among the top projects suitable for investment. Additionally, the study incorporates the modeling of evaluation results obtained from multi-criteria decision-making methods using the XGBoost algorithm, enabling a detailed analysis of the determinant influence of various criteria on project prioritization. This approach transcends the fixed weighting structures of traditional methods by facilitating the identification of dynamic criterion importances grounded in machine learning techniques. The findings demonstrate that multi-criteria decision-making methods can serve as effective tools in corporate project management and investment planning. Moreover, the integrated application of multiple methods increases the reliability of ranking results and provides decision-makers with a more balanced perspective. In this context, addressing multi-dimensional criteria—including not only technical and financial indicators but also strategic alignment and operational contribution—in IT investments is expected to yield positive long-term impacts on institutional performance.

**KEYWORDS:** Multi-Criteria Decision Making, AHP, PROMETHEE, VIKOR, XGBoost, Machine Learning, Project Selection, Prioritization of Technology Projects

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Çok Kriterli Karar Verme Süreci (ÇKKV) – Akış Diyagramı .....	23
Şekil 4.1.	Projelerin AHP Skorlarına Göre Önceliklendirilmesi .....	50
Şekil 4.2.	XGBoost ile AHP Verilerine Göre Özellik Önemliliği .....	64
Şekil 4.3.	XGBoost ile AHP Skoruna Göre Özellik Önemliliği .....	65
Şekil 4.4.	XGBoost ile PROMETHEE $\Phi$ (Net Akış) Üzerinden Kriter Etki Analizi .....	67
Şekil 4.5.	XGBoost ile VIKOR Toplam Skor Üzerinden Kriter Etki Analizi .....	69
Şekil 4.6.	Yöntemler arasında spearman R2 korelasyon matrisi .....	71



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	ÇKKV Yöntemlerinin Karşılaştırılması	32
Çizelge 3.2.	Enerji Sektöründeki Teknolojik Yatırımların Temel Alanları	34
Çizelge 4.1.	Saaty Önem Skalası	43
Çizelge 4.2.	Normalize Değerler ve AHP Kriter Ağırlıkları	44
Çizelge 4.3.	Tutarlılık Kontrolü (Consistency Ratio)	45
Çizelge 4.4.	Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile Hesaplanan Kriter Ağırlıkları	45
Çizelge 4.5.	Projelerin AHP Yöntemine Göre Değerlendirme Matrisi	47
Çizelge 4.6.	AHP Yöntemi ile Proje Alternatiflerinin Kriterler Doğrultusunda Değerlendirilmesi	48
Çizelge 4.7.	AHP Yöntemi ile Proje Alternatiflerinin Kriterler Doğrultusunda Değerlendirilmesi	49
Çizelge 4.8.	PROMETHEE Kriterler ve Ağırlıklar	51
Çizelge 4.9.	Kriter Ağırlıklarıyla Etkileşim	52
Çizelge 4.10.	PROMETHEE Karşılaştırma Matrisi (Normalize Edilmiş Tercih Akışları)	53
Çizelge 4.11.	Net Akış ( $\Phi = Q^+ - Q^-$ ) ve Proje Sıralaması	54
Çizelge 4.12.	VIKOR Kriterler ve Ağırlıklar	56
Çizelge 4.13.	Proje Alternatifleri için VIKOR Yöntemi Girdileri ve Kriter Limitleri	59
Çizelge 4.14.	Proje Alternatiflerinin Kriter Bazlı Skorları ve Toplam Değerlendirme Sonuçları	60
Çizelge 4.15.	VIKOR Yöntemi ile Projelerin Toplam Sapma (S), Maksimum Sapma (R) ve Kompromis Sıralama Değerleri (Q) ve Sıralamaları	60
Çizelge 4.16.	Genel VIKOR Sıralaması	63
Çizelge 4.17.	Metodolojik Varsayımlardan Kaynaklı Farklılıklar	75

## 1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerin hız kazandığı günümüzde, şirketlerin rekabet gücünü artırmak ve sürdürülebilirliğini sağlamak için teknoloji projelerine yatırım yapmaları kaçınılmaz hale gelmiştir. Dijitalleşme, yapay zekâ, büyük veri, siber güvenlik ve bulut bilişim gibi alanlarda yaşanan dönüşüm, iş süreçlerinin yeniden tasarlanmasını zorunlu kılarken, bilgi teknolojilerine (BT) yapılan yatırımları da stratejik bir öncelik haline getirmiştir. Ancak teknoloji projelerine yatırım kararları, yüksek maliyet, teknik belirsizlik ve kaynak kısıtları gibi faktörlerden ötürü karmaşık bir yapı arz etmektedir. Bu karmaşıklık, şirketleri yalnızca finansal değil, aynı zamanda teknik, stratejik ve operasyonel kriterleri de göz önünde bulundurmaya zorunda bırakmaktadır.

Günümüzde çok kriterli karar verme süreçlerinde makine öğrenmesi algoritmalarının kullanımı, özellikle karmaşık ve yüksek boyutlu veri setlerinde kriterlerin etkisini daha doğru ve dinamik biçimde ortaya koyabilmektedir. Bu sayede, klasik yöntemlerin sunduğu sabit kriter ağırlıklandırmalarının ötesine geçilerek, karar süreçlerinde daha esnek ve veri odaklı modeller geliştirilebilmektedir.

Teknoloji yatırımlarının stratejik önemi, günümüzde yalnızca işletmelerin verimliliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda rekabet avantajı sağlamada belirleyici unsur haline gelmiştir (Yıldız ve Kurt 2020). Literatürde, bilgi teknolojileri yatırımlarının başarıyla planlanmasının, kurumların uzun vadeli performanslarıyla doğrudan ilişkili olduğu vurgulanmaktadır (Bozdağ & Demir, 2022). Şimşek ve Tanrıverdi (2021), özellikle yatırım öncesi yapılan değerlendirme ve analizlerin, kaynakların etkin kullanımı açısından hayati rol oynadığını belirtmiştir. Acar ve Atılğan'a (2021) göre, yatırım projeleri yalnızca finansal getirileri değil, sosyal ve stratejik etkileri açısından da analiz edilmelidir. Bu bağlamda, karar verme sürecinin sistematik hale getirilmesi ihtiyacı, çok kriterli karar verme yöntemlerinin önemini artırmaktadır.

BT yatırımları, değişen gereksinimlere dinamik şekilde uyum sağlamak adına düzenli olarak değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmelerde karşılaşılan alternatiflerin çeşitliliği, hangi projelere öncelik verileceği konusunu karar vericiler açısından zorlu hale getirmektedir. Bu nedenle, şirketlerin teknoloji yönetimi bağlamında karşılaştığı en önemli problemlerden biri, doğru projeyi seçme ve kaynak tahsisini en verimli şekilde gerçekleştirme sorunudur. Bu gibi durumlar, çok sayıda alternatifin ve çok

sayıda karar kriterinin yer aldığı çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemleri olarak tanımlanabilir.

Bu bağlamda, ÇKKV yöntemleri, karar vericilere çok boyutlu, sayısal ve objektif bir değerlendirme zemini sunarak önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu yöntemler arasında öne çıkan ve yaygın olarak kullanılan tekniklerden biri de Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)'dir. Saaty (1980) tarafından geliştirilen AHP, karmaşık karar problemlerini hiyerarşik yapılar aracılığıyla basitleştirerek, karar vericinin sezgisel yargılarını matematiksel modele dönüştürmesini sağlar. AHP yöntemi, kriterler ve alternatifler arasındaki göreceli öncelikleri belirlemek amacıyla ikili karşılaştırmalara dayalı bir değerlendirme süreci sunar. Bu yönüyle, hem nicel hem nitel bilgilerin birlikte kullanılmasına imkân tanır ve teknolojik yatırım kararlarında stratejik bir araç olarak işlev görür.

AHP, özellikle teknoloji yatırımı gibi çok boyutlu ve dinamik karar alanlarında, kriterlerin ağırlıklandırılması ve projelerin bu ağırlıklar doğrultusunda sıralanması açısından son derece işlevseldir. Kullanımı kolay ve esnek yapısıyla AHP, bireysel ve kurumsal düzeyde karar verme süreçlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir (Ghorbani ve arkadaşları, 2021; Kabir & Sadiq, 2020). Ayrıca, karar sürecine katılan uzmanların bilgilerini sistematik biçimde entegre etmesi, AHP'nin grup kararlarına da uygun hale gelmesini sağlar.

Bu çalışmada, yatırım yapılacak teknoloji projelerinin seçimi süreci, AHP yöntemi kullanılarak ele alınacaktır. Öncelikle karar verme probleminin hiyerarşik yapısı kurulacak, ardından uzman görüşlerine dayalı ikili karşılaştırmalarla kriter ağırlıkları belirlenecek ve son aşamada alternatif projelerin öncelik sıralaması gerçekleştirilecektir. Bu sayede, teknoloji yatırımlarının değerlendirilmesi daha sistematik, nesnel ve tekrarlanabilir hale getirilecektir.

Bu yaklaşım, hem literatürdeki metodolojik tartışmalara katkı sunmayı hem de uygulayıcılar için pratik bir karar destek modeli geliştirmeyi hedeflemektedir. Teknoloji odaklı yatırımların verimliliğini artırmak, kaynak israfını azaltmak ve stratejik uyumu sağlamak açısından AHP tabanlı bu modelin, karar vericilere değerli bir perspektif sunması beklenmektedir.

## **1.1. Araştırmanın Gereçesi**

Elektrik dağıtım sektöründe çok sayıda operasyonel ve finansal değişkenin

etkisiyle karmaşıklaşan karar ortamında, makine öğrenmesi temelli analizler, kriterler arası ilişki ve varyansları daha iyi modelleyerek yatırım önceliklendirme doğruluğunu artırmaktadır. Bu durum, belirsizliklerin ve veri varyasyonlarının yüksek olduğu ortamlar için özellikle kritik bir avantaj sağlamaktadır.

Günümüz küresel rekabet ortamında işletmelerin sürdürülebilir bir şekilde varlıklarını devam ettirebilmeleri ve pazar paylarını artırabilmeleri, yalnızca üretim süreçlerini optimize etmeleriyle değil, aynı zamanda teknolojiye dayalı stratejik kararlar alabilmeleriyle mümkün hale gelmektedir. Bilgi teknolojilerinde (BT) yaşanan baş döndürücü gelişmeler, geleneksel sektörleri de dönüşüme zorlamakta; özellikle altyapı yoğun sektörlerde dijitalleşme, rekabet avantajı elde etmenin temel unsurlarından biri haline gelmektedir. Bu bağlamda, enerji dağıtım sektörü gibi teknik ve operasyonel karmaşıklığın yüksek olduğu sektörlerde, BT yatırımları sadece kurumsal verimliliği değil, hizmet kalitesini, müşteri memnuniyetini ve arz güvenliğini doğrudan etkileyen bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Ancak teknoloji projelerine yatırım kararları, çok boyutlu değerlendirmeler gerektiren, yüksek maliyetli ve çoğunlukla belirsizlik içeren karar süreçleridir. Bu yatırımların geri dönüş süresi uzun olabilir ve maliyet-fayda oranı kısa vadede öngörülebilir olmayabilir. Bu nedenle, hangi BT projelerinin öncelikli olarak hayata geçirileceği, sınırlı kaynakların hangi projelere tahsis edileceği gibi stratejik kararlar; sadece finansal değil, teknik yeterlilik, organizasyonel uyum, risk düzeyi, uzun vadeli katkı gibi çok sayıda kriterin birlikte değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu da yatırım kararlarının, klasik tek boyutlu yaklaşımlarla değil, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleriyle ele alınmasını zorunlu hale getirmektedir.

Türkiye’de enerji sektörü, özellikle son yıllarda artan dijitalleşme ve yerli üretim politikaları doğrultusunda önemli bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Enerji arzının güvenli, sürdürülebilir ve verimli bir şekilde sağlanabilmesi için dijital altyapıların geliştirilmesi, veri yönetiminin iyileştirilmesi ve operasyonel süreçlerin otomatize edilmesi kritik önem taşımaktadır. Elektrik dağıtım şirketleri ise bu dönüşüm sürecinin sahadaki en temel aktörlerindedir. Bu nedenle, bu şirketlerin BT yatırımlarını rasyonel biçimde planlamaları, yalnızca firma ölçeğinde değil, ülke ekonomisi ve kamu hizmeti kalitesi açısından da stratejik sonuçlar doğurmaktadır.

Bu çalışmanın gerekçesi, söz konusu stratejik yatırım kararlarının bilimsel temellere dayalı olarak analiz edilmesini ve BT projeleri arasında rasyonel bir tercih yapılmasını sağlayacak karar destek sistemlerine duyulan ihtiyacı karşılamaktır.

Özellikle elektrik dağıtım sektörü gibi yatırım riskinin ve teknik belirsizliklerin yüksek olduğu alanlarda, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) gibi yapılandırılmış ÇKKV yaklaşımlarına olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın temel gerekçesi; sektöre özgü karar kriterlerini dikkate alan, uzman görüşlerine dayanan, sistematik ve objektif bir BT proje değerlendirme modeli geliştirmektir.

## 1.2. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, elektrik dağıtım sektöründe faaliyet gösteren bir şirketin bilgi teknolojilerine yönelik yıllık yatırım planlaması çerçevesinde, alternatif BT projeleri arasından en uygun olanının seçilmesine imkân tanıyacak bilimsel bir karar modeli geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda, sektörel uzmanlık ve karar verici deneyimleri doğrultusunda belirlenen kriterler ışığında, AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci), PROMETHEE ve Vikor yöntemleri kullanılarak projelerin önceliklendirilmesi ve rasyonel kaynak tahsisinin sağlanması hedeflenmektedir.

Yatırım yapılacak BT projeleri yalnızca finansal verimlilik temelinde değil; aynı zamanda stratejik uyum, teknik uygulanabilirlik, uzun vadeli fayda üretme kapasitesi, risk seviyesi ve sürdürülebilirlik gibi çok boyutlu kriterlerle değerlendirilmelidir. Bu kapsamda çalışmada şu alt amaçlara ulaşılması öngörülmektedir:

Elektrik dağıtım sektöründe BT projelerinin yatırım kararlarını etkileyen temel kriterlerin belirlenmesi,

Bu kriterlerin uzman görüşlerine dayanarak ağırlıklandırılması ve projelerin bu kriterler doğrultusunda karşılaştırmalı analizinin yapılması,

AHP yöntemiyle karar vericilere nesnel, tutarlı ve tekrar edilebilir bir yatırım değerlendirme süreci sunulması,

Literatürde eksikliği hissedilen, sektöre özgü ÇKKV tabanlı karar destek modellerine katkı sağlanması,

Yatırım süreçlerinin planlama aşamasında karar vericilere stratejik bir rehberlik sunularak kamu kaynaklarının ve firma sermayesinin daha verimli kullanılmasının sağlanması.

Bu doğrultuda geliştirilen model, yatırım kararlarının sezgisel veya kurumsal alışkanlıklara dayalı biçimde değil; bilimsel temellere dayalı, şeffaf ve hesap verebilir bir biçimde gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Böylece, elektrik dağıtım sektöründe dijitalleşmeye dayalı yatırımların hem mikro hem makro düzeyde daha etkili yönetilmesine katkı sunulacaktır.

Çalışmada ayrıca, çok kriterli karar verme yöntemleriyle elde edilen değerlendirme sonuçlarının makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak modellenmesi ve karşılaştırılması hedeflenmektedir. Bu yaklaşım, proje önceliklendirme sürecinde kriter önemliliklerinin daha kapsamlı anlaşılmasını ve yöntemler arası uyumluluğun analiz edilmesini sağlamaktadır.

### 1.3. Araştırmanın Katkıları

Bu çalışma, hem teorik hem de uygulamalı düzeyde çok yönlü katkılar sunmayı hedeflemektedir. İlk olarak, araştırma AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci), PROMETHEE ve Vikor yöntemlerinin, BT yatırım kararlarının değerlendirilmesinde uygulanabilirliğini test ederek, çok kriterli karar verme (ÇKKV) literatürüne özgün bir örnek sunmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın metodolojik katkıları şu şekilde özetlenebilir:

Elektrik dağıtım sektörüne özel BT yatırım değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi ve bu kriterlerin sistematik biçimde yapılandırılması,

AHP yöntemi kullanılarak, çok boyutlu yatırım kararlarının bütüncül ve sayısal bir yaklaşımla ele alınması,

Alternatif projeler arasında önceliklendirme yapılmasını sağlayacak, uygulanabilirliği yüksek ve tekrar edilebilir bir karar destek modeli geliştirilmesi,

Geliştirilen modelin, yalnızca örnek teşkil eden kurumla sınırlı kalmayıp, benzer sektör ve işletmelerde de kullanılabilir bir yapıya sahip olması.

Uygulamalı katkılar açısından ise; bu tez, elektrik dağıtım alanında faaliyet gösteren şirketlerin teknoloji yatırımlarına dair karar alma süreçlerini optimize etmelerine destek olmaktadır. Karar vericilerin sezgisel yargılarından ziyade ölçülebilir kriterlere dayalı kararlar almalarını sağlayan bu yaklaşım, yatırım

kaynaklarının etkin kullanımını, hizmet kalitesinin artırılmasını ve rekabet gücünün yükseltilmesini doğrudan desteklemektedir.

Bununla birlikte, çalışma kamu politikası açısından da önemli çıktılar sunma potansiyeline sahiptir. Enerji alanında BT yatırımlarının etkin planlanması, Türkiye'nin dijitalleşme hedefleri ve sürdürülebilir kalkınma vizyonu ile doğrudan örtüşmektedir. Yerli teknoloji kullanımının artırılması, dışa bağımlılığın azaltılması ve sektörel verimliliğin artırılması gibi stratejik hedeflere ulaşılmasında, bu çalışmada geliştirilen modelin uygulanabilirliği yüksek bir araç olacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, bu tez çalışması hem bilimsel literatüre katkı sağlayacak hem de uygulayıcılar için karar verme süreçlerini destekleyecek pratik bir model sunarak, sektörel ve ulusal düzeyde değer yaratma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, bu araştırma, makine öğrenmesi algoritmalarının çok kriterli karar verme süreçlerine entegrasyonu, yatırım kararlarında daha yüksek doğruluk ve esneklik sağlanabileceğini göstermektedir. Bu sayede, dinamik ve değişken veri yapıları altında daha sağlam karar destek modellerinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV), farklı kriterlere dayalı karar süreçlerini iyileştiren önemli bir araçtır. Birçok çalışma, bu yöntemlerin çeşitli alanlarda nasıl kullanıldığını incelemiştir. Bu çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Urfalıoğlu ve Genç (2013) tarafından yürütülen çalışmada, Türkiye'nin ekonomik performansı Avrupa Birliği (AB) ülkeleriyle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu analizde, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden ELECTRE, TOPSIS ve PROMETHEE teknikleri kullanılmıştır. Değerlendirmede kullanılan kriterler arasında kişi başına düşen gayrisafi yurt içi hasıla (GSYİH), ekonomik büyüme oranı, ihracat ve ithalat hacmi, istihdam oranı ile enflasyon yer almıştır. Elde edilen sonuçlara göre Türkiye, genel olarak AB ülkeleri arasında orta sıralarda konumlanmış, bazı ülkelere daha yüksek performans sergilemiştir. Çalışma, ÇKKV yöntemlerinin ekonomik veri analizinde etkili ve karşılaştırmalı değerlendirme yapabilmek açısından faydalı bir araç olduğunu ortaya koymuştur.

Yapıcı ve çalışma arkadaşları (2020), artan sağlık hizmeti taleplerine yönelik olarak medikal depo yer seçimi konusunu incelemiştir. Araştırma kapsamında Kırıkkale iline bağlı dört ilçe (Yahşihan, Keskin, Delice ve Sulakyurt) değerlendirilmiş ve karar sürecinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Ulaşım maliyeti, nüfus yoğunluğu ve sağlık tesislerine yakınlık gibi faktörler dikkate alınarak yapılan analiz sonucunda, Yahşihan ilçesi en uygun yerleşim noktası olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın amacı, sağlık ürünlerinin erişilebilirliğini artırırken, lojistik maliyetleri de en aza indirmek olmuştur. Medikal depo alanındaki bu uygulama, konuyla ilgili literatürdeki öncül çalışmalardan biri olma niteliği taşımaktadır.

Karabıçak ve arkadaşları (2016) tarafından yürütülen çalışmada ise, Bilecik-Adapazarı karayolu projesi kapsamında en uygun şantiye alanının belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla Bulanık AHP ve TOPSIS yöntemleri entegre edilerek karar süreci modellenmiştir. Üç temel ve dokuz alt kriter çerçevesinde yapılan analizler, Pamukova'nın şantiye kurulumu için en uygun bölge olduğunu ortaya koymuştur. Kararın şekillenmesinde, proje sahasına olan yakınlık, kaynaklara erişim ve yerleşim bölgelerine ulaşım kolaylığı gibi ölçütler etkili olmuştur. Elde edilen bulgular, şantiye planlaması süreçlerinde karar vericilere metodolojik bir yol haritası sunmaktadır.

Karaatlı ve çalışma arkadaşları (2015), Makina Kimya Endüstrisi Kurumu'nun (MKEK) 2008–2012 yılları arasındaki performansını Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleriyle analiz etmişlerdir. Değerlendirmeye alınan kriterler arasında satış hacmi, üretim miktarı, stok düzeyi, tedarik oranı, giderler, kârlılık, yatırım harcamaları ve çalışan sayısı yer almıştır. Öncelikle AHP yöntemiyle kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, ardından COPRAS yöntemiyle kurumun yıllık performans düzeyleri hesaplanmıştır. Analiz sonuçları, kurumun zaman içinde artan iş hacmine paralel olarak performansında da olumlu bir gelişme yaşandığını ve en yüksek performans düzeyine 2012 yılında ulaşıldığını göstermiştir.

Aynı çalışmada Türkiye'deki şehirlerin yaşam kalitesi, sağlık hizmetleri, güvenlik düzeyi, ekonomik göstergeler, eğitim altyapısı, kent yaşamı ve kültürel-sosyal imkânlar gibi çeşitli kriterler temel alınarak değerlendirilmiştir. SAW, TOPSIS ve Gri İlişkisel Analiz yöntemleri kullanılarak yapılan sıralamalarda, Ankara, Antalya ve Eskişehir illeri genellikle üst sıralarda yer almış; Muş, Bitlis ve Hakkâri ise alt sıralarda konumlanmıştır. Bu bulgular, şehirlerin yaşanabilirlik düzeyleri açısından ciddi farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur (Karaatlı vd., 2015).

Uslu ve arkadaşları (2019) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise Ankara'da faaliyet gösteren ve 235 çalışana sahip bir yazılım firması üzerinden bulut hizmet sağlayıcılarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Alanında uzman beş kişinin görüşlerine dayanılarak Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, potansiyel bulut hizmet sağlayıcıları hem literatür taraması hem de uzman görüşleri aracılığıyla tespit edilmiştir. Değerlendirme sürecinde TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri uygulanmış ve sonuçlar, Google Drive'ın firma için en uygun bulut hizmet alternatifi olduğunu ortaya koymuştur.

Uludağ ve Genç (2016) yaptığı çalışmada, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Bulanık AHS ile elde edilen kriter ağırlıklarının farklı karar verme yaklaşımlarıyla birlikte kullanılması durumunda nihai sonuca etkisinin olup olmadığı incelenmiştir. Dört farklı mobil telefon markasının hizmet kalitesi; "AHS+TOPSIS", "Bulanık AHS+TOPSIS", "AHS+VIKOR" ve "Bulanık AHS+VIKOR" kombinasyonlarıyla analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, kriter ağırlıklarının hangi yöntemle hesaplandığının, TOPSIS ve VIKOR uygulamalarında nihai kararı değiştirmedigini ortaya koymuştur (Uludağ & Doğan, 2016).

Sarimehmet ve arkadaşları (2019) yaptığı çalışmada Kırıkkale ilinde gerçekleştirilen bu çalışmada, her biri üç farklı güzergâha sahip dört toplu taşıma hattı değerlendirmeye alınmıştır. Güzergâhların etkinliği, uzman görüşleri ve literatür ışığında belirlenen kriterler doğrultusunda, AHP yöntemiyle kriter ağırlıkları hesaplanarak ve TOPSIS yöntemiyle sıralama yapılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, istasyonlar ile ilgili bölgeler arasındaki en uygun güzergâhların belirlenmesine katkı sağlamıştır (Sarimehmet vd., 2019).

Gönen ve Soyer (2020) yaptıkları çalışmanın temel amacı, proje karmaşıklığını ölçmeye yönelik yeni bir model geliştirerek, proje yönetim süreçlerinin iyileştirilmesine katkı sunmaktır. Geliştirilen model, dijital bankacılık alanında uygulamaya konulmuş ve iki farklı projede detaylı analiz gerçekleştirilmiştir. Karmaşıklık düzeyleri ile bu karmaşıklığa yol açan faktörler, uzman görüşleri yardımıyla değerlendirilmiş ve kriterler arası bağımlılıkların dikkate alındığı Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, dijital bankacılık projelerinde karmaşıklığın temel nedenleri arasında yönetsel ve çevresel unsurların öne çıktığını göstermiştir (Gönen & Soyer, 2020).

Özbek (2014) bu çalışmada, bir sivil toplum kuruluşunda yönetici pozisyonuna en uygun adayın belirlenmesi konusu ele alınmıştır. Gönüllülüğe dayalı yapısı nedeniyle doğru yönetici seçimi bu tür kurumlar için kritik bir öneme sahiptir. Değerlendirme sürecinde, hem nicel hem de nitel verileri kapsayabilecek şekilde Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) yöntemi kullanılmıştır. Adayların değerlendirilmesinde literatür ve yönetim kurulu üyelerinin görüşleri doğrultusunda oluşturulan 12 kriter kullanılmış, yedi aday bu kriterlere göre karşılaştırılmıştır. Sonuçta, en uygun aday belirlenmiştir (Özbek, 2014).

Özdemir ve Tüysüz (2017) yaptığı çalışmada, özel okul yatırımı yapmak isteyen girişimciler için en uygun şehirlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda literatür ve uzman görüşleri çerçevesinde dokuz ana kriter seçilmiş, kriterlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle hesaplanmıştır. Türkiye genelindeki şehirler, Millî Eğitim Bakanlığı, TÜİK ve diğer kurumlardan alınan verilere dayalı olarak Gri İlişkisel Analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, Isparta yatırım açısından en uygun şehir olarak öne çıkarken, Ardahan listenin en alt sıralarında yer almıştır (Özdemir & Tüysüz, 2017).

Karaaslan ve Aydın (2020) tarafından yapılan araştırmada, Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri kullanılarak Türkiye’de en uygun yenilenebilir enerji kaynağının

belirlenmesi hedeflenmiştir. Uzman görüşlerine dayanılarak dört ana ve on yedi alt kriter belirlenmiş, kriter ağırlıkları AHS ile hesaplanmıştır. Alternatif enerji kaynakları ise COPRAS ve MULTIMOORA yöntemleriyle sıralanmıştır. Bulgular, hidroelektrik enerjisinin her iki yöntemde de en uygun seçenek olduğunu göstermektedir.

Ersöz ve Kabak (2010) tarafından yapılan literatür taramasında, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin savunma sanayinde hangi sıklıkla ve nasıl kullanıldığı incelenmiştir. 1995 sonrası yayınlar üzerinden yapılan analizde, en sık kullanılan yöntemlerin AHP ve Hedef Programlama olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bağımlı faktörleri dikkate alabilen ANP yönteminin son yıllarda daha fazla tercih edildiği ortaya konulmuştur.

Supçiller ve Deligöz (2018) tarafından yapılan çalışmada Denizli’de faaliyet gösteren bir tekstil firmasında gerçekleştirilen bu çalışmada, uygun tedarikçi seçimi sorunu ele alınmıştır. Literatür taraması ve uzman görüşlerine dayalı olarak belirlenen kriterlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemiyle hesaplanmıştır. Tedarikçilerin değerlendirilmesinde AHP, TOPSIS, VIKOR, SAW, Gri İlişkisel Analiz (GİA), MOORA, ELECTRE II ve M-TOPSIS gibi sekiz farklı çok kriterli karar verme yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sıralamaların farklılık göstermesi üzerine Borda ve Copeland uzlaşma yöntemleri kullanılmış ve her iki yöntemde göre de “Tedarikçi 1” en uygun aday olarak belirlenmiştir (Supçiller & Deligöz, 2018).

Tunca ve arkadaşlarının (2016) yaptığı çalışmada, OPEC üyesi 12 ülkenin performansları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla OPEC’in resmi verileri kullanılarak 11 kriter tanımlanmış, kriter ağırlıkları Entropi yöntemiyle hesaplanmıştır. Ardından MAUT yöntemi ile ülkeler performans açısından sıralanmış; İran en yüksek performansa sahip ülke olarak öne çıkarken, Katar ve Suudi Arabistan onu takip etmiştir.

Ayçin ve Çakın (2019), Entropi ve MABAC yöntemlerini kullanarak Avrupa İnovasyon Karnesi’nden seçilen 10 kriter doğrultusunda 36 ülkenin inovasyon performansını analiz etmiştir. Yapılan sıralama sonucunda İsviçre, İsveç ve Danimarka en yüksek inovasyon performansını sergilerken; Ukrayna, Romanya ve Makedonya listenin en alt sıralarında yer almıştır.

Dilmen ve Çetinyokuş (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada,

Ankara'ya ikinci bir havalimanının gerekliliği analiz edilmiştir. Bu bağlamda uzman görüşlerine dayalı olarak belirlenen 11 kriterin ağırlıkları belirlenmiş ve AHP, TOPSIS ve ELECTRE yöntemleriyle analiz yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, mevcut durumda yeni bir havalimanı inşa edilmesine gerek olmadığını; Esenboğa Havalimanı'nın geliştirilmesinin yeterli olacağını ortaya koymuştur.

Mutlu ve Sarı (2017) tarafından yapılan Madencilik sektörü üzerine yapılan derleme niteliğindeki çalışmada, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin sektördeki kullanım alanları incelenmiştir. Literatür taraması, bu yöntemlerin özellikle ekipman seçimi ve tesis yeri belirleme gibi karar süreçlerinde yaygın olarak kullanıldığını göstermiştir. En sık karşılaşılan yöntemler ise AHP ve TOPSIS olmuştur (Mutlu & Sarı, 2017).

Küçükcal ve çalışma arkadaşları (2021), Türkiye'deki şehirlerin yaşam kalitesini değerlendirmek amacıyla Gri İlişkisel Analiz (GİA), MOORA ve PROMETHEE gibi Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerini kullanmıştır. TUİK verileri temel alınarak belirlenen 41 kriter doğrultusunda yapılan analizlerde yöntem sonuçları karşılaştırılmıştır. Regresyon analizi ile desteklenen bu karşılaştırmalar neticesinde İstanbul, Yalova, Ankara, Antalya, Karabük ve Zonguldak en yüksek puanı alırken; Ağrı, Iğdır, Muş, Şanlıurfa ve Hakkâri en düşük performansı sergilemiştir. Çalışmada farklı yöntemlerin farklı sıralamalar üretebileceği, bu nedenle şehirlerin sınıflandırılmasının daha sağlıklı olabileceği vurgulanmıştır.

Gökçen ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan araştırmada, bir belediyenin stratejik planındaki hedeflerin önceliklendirilmesi amacıyla Tip-2 Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Önceliklendirme süreci için matematiksel bir model geliştirilmiş; sosyal ve çevresel duyarlılığın arttığı, ancak yüksek bütçeli bazı hedeflerin düşük öncelikli olduğu belirlenmiştir. Dijitalleşmenin ön plana çıktığı analizlerde en yüksek önceliğe sahip müdürlük olarak Bilgi İşlem Müdürlüğü öne çıkmıştır.

Uner'in (2019) çalışmasında, otomotiv sektöründeki Bilgi Teknolojileri projeleri Knapsack modeli ve artırılmış skor yaklaşımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Fayda maksimizasyonu amacıyla projelere çok kriterli skorlar atanmış ve tam sayı programlama uygulanmıştır. Bulgular, projelerin sıralamasının önemli olduğu durumlarda artırılmış skor yaklaşımının; skorların kendisinin kritik olduğu durumlarda ise çok kriterli skor bazlı seçimlerin daha uygun olduğunu ortaya

koymuştur.

Durmaz (2022), savunma sanayi alanında yürütülen sürekli iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesine yönelik AHP, Bulanık AHP (FAHP), TOPSIS ve Bulanık TOPSIS (FTOPSIS) yöntemlerini bir arada kullanmıştır. Farklı yöntemlerin sıralama sonuçları arasında uyum sağlamak amacıyla Copeland uzlaşma yöntemi uygulanmış ve AHP yönteminin diğerlerine göre daha yüksek korelasyon sunduğu belirlenmiştir.

Türkmen (2022), AR-GE faaliyetleri yürüten ve gelir elde etmeyi amaçlayan firmalar için proje seçimi modeli geliştirmiştir. Bu kapsamda 39 kriter belirlenmiş, kriterlerin ağırlıkları ANP yöntemiyle hesaplanmıştır. Proje performansları ise TOPSIS, net bugünkü değer, karar ağacı analizi ve bulanık risk değerlendirme yöntemleriyle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre her projenin genel başarımları ölçülmüş ve hedef programlama ile senaryo analizleri yapılmıştır.

Konuşkan (2014) tarafından yapılan çalışmada, piyasadaki güncel akıllı telefon modelleri 12 farklı kriter çerçevesinde değerlendirilmiştir. Entropi yöntemiyle kriter ağırlıkları hesaplanmış, uzman görüşleriyle nesnel değerlendirme yapılmış ve MAUT yöntemiyle en yüksek faydayı sağlayan model olarak Nokia Lumia 1020 belirlenmiştir.

Ömürbek ve Aksoy (2016), Türkiye’de faaliyet gösteren bir petrol şirketinin 2002–2014 yılları arasındaki performansını değerlendirmiştir. AHP ve Entropi yöntemleri ile kriter ağırlıkları belirlenmiş, TOPSIS ve ELECTRE II yöntemleriyle yıllar bazında performans sıralaması yapılmıştır. Çalışmada, 2011 yılı şirketin en yüksek performans gösterdiği yıl olarak öne çıkmıştır.

Çalışkan ve Eren (2016), 2010–2014 döneminde Türkiye’de faaliyet gösteren 17 bankanın finansal performansını değerlendirmiştir. Çalışmada 10 finansal rasyo kriter olarak seçilmiş, ilk olarak tüm kriterlere eşit ağırlık verilerek PROMETHEE yöntemiyle bankalar sıralanmış, ardından AHP yöntemiyle belirlenen ağırlıklar doğrultusunda yeniden değerlendirme yapılmıştır. Her iki analiz sonucunda da Ziraat Bankası en yüksek performansı sergileyen banka olmuştur.

Yıldırım ve Yeşilyurt’un (2014) çalışması, Kalkınma Ajansları tarafından proje seçiminde kullanılan kriterleri analiz etmiş ve bu kriterlerle uyumlu en uygun projenin belirlenmesini amaçlamıştır. AHP ve Bulanık AHP (BAHP) yöntemleriyle

yürütülen analizde 5 ana ve 19 alt kriter ele alınmış, bazı kriterlerin ağırlıklarının sifıra yakın olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, proje değerlendirmelerinde kriterlerin yeniden gözden geçirilmesi gereğini ortaya koymuştur.

Kaplan ve Arıkan (2012), Hava İkmal Bakım Merkezleri'nde yapılacak tezgah yatırımlarının önceliklendirilmesi amacıyla Bulanık AHP tabanlı bir karar modeli oluşturmuştur. 15 alt kriterin değerlendirildiği modelde 6 farklı tezgah analiz edilmiş, geometrik ortalama yöntemi kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda “Tezgah 1” en uygun seçenek olarak öne çıkmıştır.

Çakır (2018), bir belediye için kullanılacak Elektronik Belge Yönetim Sistemi (EBYS) alternatiflerinin değerlendirilmesini konu almıştır. Uzman görüşleriyle belirlenen 11 kriterin ağırlıkları SWARA yöntemiyle hesaplanmış, ardından EDAS yöntemiyle 5 farklı yazılım sıralanmıştır. Sonuçlar, “EBYS2” adlı yazılımın en uygun alternatif olduğunu göstermiştir.

Atıcı ve Ulucan (2009), Türkiye'deki hidroelektrik ve rüzgar enerji santrali projelerini değerlendirmiştir. Hidroelektrik projeler 6 kriterle ELECTRE yöntemiyle, rüzgâr projeleri ise 5 kriterle PROMETHEE yöntemiyle analiz edilmiştir. Her iki enerji türü için projeler ayrı ayrı sıralanarak karşılaştırmalı sonuçlara ulaşılmıştır.

Göral (2015), çevrimiçi müşteri yorumlarına dayalı olarak otel seçimini destekleyecek bir model geliştirmiştir. TripAdvisor'daki yorumlardan türetilen 6 kriter kullanılarak 9 otel, AHP ve TOPSIS yöntemleriyle değerlendirilmiş ve en yüksek memnuniyet düzeyine sahip otel olarak Konya'daki “C kodlu otel” belirlenmiştir.

Uygurtürk ve Korkmaz (2012), Borsa İstanbul'da işlem gören 13 ana metal sanayi firmasının 2006–2010 dönemindeki finansal performanslarını TOPSIS yöntemiyle analiz etmiştir. 8 kriterle yapılan analiz sonucunda elde edilen sıralamalar, bazı firmaların dönem boyunca istikrarlı performans sergilediğini ortaya koymuştur.

Yıldız ve Kurt (2020), Toksan Otomotiv A.Ş.'nin Ar-Ge projelerini önceliklendirmek amacıyla Bulanık TOPSIS (FTOPSIS) yöntemini kullanmıştır. 23 kriterle yapılan analiz sonucunda, önceki değerlendirme sonuçlarıyla uyumlu bir sıralama elde edilmiş ve bu doğrultuda proje portföyü oluşturulmuştur.

Hamurcu ve Eren (2018), İstanbul'da yürütülen metro projelerini değerlendirmiştir. FTOPSIS yöntemi kullanılarak 6 kriter doğrultusunda 10 projenin sıralaması yapılmış, grup karar verme yaklaşımıyla en uygun önceliklendirme listesi elde edilmiştir.

Kahraman ve arkadaşları (2009), Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması sürecinde AHP yöntemini kullanarak güneş, rüzgâr, jeotermal ve hidroelektrik enerji seçeneklerini karşılaştırmışlardır. Araştırmada karar kriterleri çevresel etki, yatırım maliyeti, enerji verimliliği ve sosyal fayda olarak belirlenmiş, AHP yöntemi sayesinde kriterler arası ağırlıklandırma başarıyla gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, karar vericilerin stratejik önceliklerine göre enerji türü seçiminde yönlendirici olmuştur.

Aydin ve çalışma arkadaşları (2017), Türkiye'de organize sanayi bölgelerinde enerji verimliliğine yönelik teknolojik yatırımların önceliklendirilmesinde AHP ve TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Öncelikle AHP ile kriter ağırlıkları belirlenmiş, ardından bu ağırlıklar TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin sıralanmasında kullanılmıştır. Bu hibrit yaklaşım, karar verme sürecini daha sağlam temellere dayandırmış ve uygulamacılara pratik bir model sunmuştur.

Pohekar ve Ramachandran (2004) ise enerji planlamasında çok kriterli karar verme yöntemlerinin sistematik bir derlemesini yapmış ve AHP ile TOPSIS'in özellikle gelişmekte olan ülkelerde esnek yapıları sayesinde yaygın biçimde tercih edildiğini vurgulamıştır. Bu yöntemlerin, enerji kaynaklarının sınırlı olduğu alanlarda kaynak tahsisini optimize etme açısından stratejik önem taşıdığı belirtilmiştir.

Georgiou ve çalışma arkadaşları (2012), Yunanistan'daki yenilenebilir enerji yatırımlarını değerlendirirken AHP ile belirledikleri kriter ağırlıklarını TOPSIS modeliyle entegre ederek alternatif projeleri sıralamışlardır. Bu çalışmada teknik uygunluk, çevresel sürdürülebilirlik, maliyet ve yatırım süresi gibi kriterler göz önünde bulundurulmuştur.

Bu örnekler göstermektedir ki AHP, karar kriterlerinin önceliklendirilmesinde; TOPSIS ise alternatiflerin ideal çözüme olan yakınlıklarına göre sıralanmasında oldukça etkin yöntemlerdir. Özellikle hibrit yaklaşımlar, enerji sektöründeki karmaşık yatırım kararlarında karar vericilere daha tutarlı sonuçlar sunmaktadır.

Afgan ve çalışma arkadaşları (2000), enerji sistemlerinde karar alma süreçlerini değerlendirdikleri çalışmalarında, AHP ve PROMETHEE yöntemlerinin çok boyutlu yapıları sayesinde enerji planlamasında önemli katkılar sağladığını ifade etmişlerdir. Yazarlar, enerji projelerinin sürdürülebilirlik, maliyet, emisyon miktarı ve sosyal kabul gibi birçok ölçütü aynı anda içermesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Wang ve çalışma arkadaşları (2009), Çin enerji sektöründe alternatif enerji teknolojilerinin değerlendirilmesinde TOPSIS yöntemini kullanmışlar ve bu yöntemin karar vericilere nesnel bir sıralama sunduğunu göstermişlerdir. Çalışmalarında güneş, rüzgar ve hidroelektrik yatırımları kıyaslanmış, karar kriterleri ise enerji verimliliği, ilk yatırım maliyeti ve çevresel etkiler gibi başlıklardan oluşmuştur.

Doukas ve çalışma arkadaşları (2007), Avrupa'daki yenilenebilir enerji projelerinin seçimi sürecinde AHP ve fuzzy entegrasyonlu yöntemler kullanarak karar modelleri geliştirmiştir. Bu modeller sayesinde enerji yatırımcılarının belirsizlik altında daha sağlam stratejiler geliştirebildiği gösterilmiştir.

Kabir ve çalışma arkadaşları (2014), enerji projelerinin risk değerlendirmesi için VIKOR yöntemini kullanmış ve bu yöntemin özellikle kriterler arası çelişkilerin çözümünde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Yazarlar, enerji yatırımlarının sadece finansal değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal sonuçlarının da göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgulamıştır.

Wang ve arkadaşları (2025), Scientific Reports dergisinde yayımladıkları çalışmalarında, niteliksel ve niceliksel verileri içeren çok boyutlu karar çerçevesi geliştirmiştir. Önerilen modelde, XGBoost algoritması ile geçmiş verilere dayalı kriter önem dereceleri çıkarılmış, buna bağlı olarak kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Ayrıca kısıtlı parametrik yaklaşım kullanılarak belirsizliği yansıtan dilsel değişkenlerin üyelik fonksiyonları oluşturulmuş ve karar matrisinin bilimsel temellere dayandırılması sağlanmıştır. Banka kredi sıralaması üzerine uygulanan vaka çalışması, modelin esnek ve kararlı sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu çalışma, makine öğrenmesi temelli kriter önemlilik analizinin MCDM süreçlerine entegrasyonunda önemli bir örnek teşkil etmektedir.

Yuniwati (2016), tedarikçi seçiminde TOPSIS ve AHP-TOPSIS yöntemlerini karşılaştırmış ve sonuçların istatistiksel korelasyonunu Spearman ve Kendall's tau b

yöntemleriyle test etmiştir. Araştırma, iki yöntemin sıralama sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulunmadığını göstermiştir. Bu durum, farklı MCDM yöntemlerinin sıralama sonuçlarının aynı olmama ihtimaline dikkat çekmekte, karar verme süreçlerinde yöntem seçiminin kritik olduğunu vurgulamaktadır.

Debbarma ve arkadaşları (2017), alternatif yakıt kombinasyonlarının performans ve emisyon dengesi açısından değerlendirilmesinde PROMETHEE II ve VIKOR yöntemlerini kullanmıştır. Hidrojen-biyoyakıt çift yakıtlı sistemlerde performans-emisyon optimizasyonu için çok kriterli karar verme yaklaşımlarının uygulanabilirliğini göstermişlerdir. Bu çalışma, enerji sektöründe MCDM yöntemlerinin çevresel ve teknik karar süreçlerine entegrasyonuna örnek oluşturmaktadır.

Vakilipour ve arkadaşları (2021), farklı mekansal seviyelerde yaşam kalitesini ölçmek için TOPSIS, VIKOR, SAW ve ELECTRE yöntemlerini karşılaştırmıştır. Sonuçlar, yöntemlerin birbirleriyle yüksek korelasyona sahip olduğunu ve özellikle küçük ölçekli analizlerde yöntemler arası benzerliğin arttığını ortaya koymuştur. Ayrıca, SAW yönteminin kararlılık açısından diğer yöntemlere göre üstün olduğu belirtilmiştir.

Polatgil ve Güler (2024) ise üniversite sıralamalarında farklı kriter ağırlıklandırma ve MCDM yöntemlerini birleştiren hibrit bir model önererek, Ensemble Copeland yöntemini geliştirmiştir. Türkiye'deki 20 vakıf üniversitesinin öğrenci memnuniyet verileri üzerinde test edilen bu model, farklı MCDM yöntemlerinden elde edilen sonuçların konsolide edilmesi yoluyla karar kalitesini artırmayı hedeflemektedir.

Literatürde iş analizi çalışmalarının büyük oranda kuramsal temellere dayandığı; kavramsal çerçeve, uygulama yöntemleri ve işlevsel amaçlar etrafında şekillendiği görülmektedir. Özellikle ERP sistemleri ve iş zekâsı uygulamaları bağlamında iş analizine yönelik somut uygulama örnekleri dikkat çekerken, sektörel bazlı ampirik çalışmaların sayıca sınırlı olduğu gözlemlenmiştir. Perakende, lojistik, bankacılık, hizmet ve askeri sektörlerde gerçekleştirilen çalışmaların oldukça az sayıda olması, literatürde bu alandaki uygulama boşluğuna işaret etmektedir. Dolayısıyla, iş analizinin sektörel ihtiyaçlara göre yeniden yapılandırılması ve saha temelli araştırmalarla desteklenmesi gerekliliği öne çıkmaktadır. Bu boşluk, araştırmacılara farklı sektörlerdeki iş analizlerinin etkinliğini değerlendirebilecek

kapsamlı çalışmalar yapmaları için önemli bir fırsat sunmaktadır.

Ayrıca, literatürdeki yayınların yıllara göre dağılımı incelendiğinde, 2014–2020 döneminde kayda değer bir artış yaşandığı, ancak 2021 ve sonrasında bu eğilimin azaldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, dijitalleşme ve kurumsal dönüşüm süreçlerinin yoğunlaştığı yıllarda iş analizine olan akademik ilginin arttığını, ancak pandemi sonrası dönemde bu ilginin görece olarak azaldığını göstermektedir. Kaynak türleri açısından ise, %91 oranında dergi makalelerine dayanan çalışmaların ağırlıkta olması, araştırmaların akademik geçerlilik ve güncellik açısından güçlü temellere dayandığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, tez ve doktora çalışmaları gibi diğer kaynak türlerinin daha sınırlı düzeyde kullanılması, konuyla ilgili derinlemesine akademik analizlerin halen gelişmekte olduğunu da göstermektedir. Bu çerçevede, mevcut çalışma; iş analizinin sektörel düzeyde uygulamalı bir örneğini sunarak literatürdeki hem yöntemsel hem de sektörel boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmalar göstermektedir ki, enerji sektöründeki teknolojik yatırımların değerlendirilmesinde ÇKKV yöntemleri, sistematik ve çok boyutlu analiz yapabilme kabiliyetiyle karar sürecine önemli katkılar sunmaktadır. Ayrıca bu yöntemlerin farklı yapısal özellikleri, karar vericilere esnek ve duruma özgü değerlendirme imkânı sağlamaktadır.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Teknik Analiz ve Uygulanabilirlik Değerlendirmesi

Bir yatırım projesinin teknik anlamda uygulanabilir olup olmadığını ortaya koyan teknik analiz, karar verme sürecinin temel bileşenlerinden biridir. Teknik analiz, projeye ilişkin ürün özellikleri, altyapı ihtiyacı, üretim kapasiteleri, üretim süreci, teknoloji seçimi (patent, know-how, lisans) ve yerli/yabancı donanım tercihlerini kapsayan çok yönlü bir değerlendirmeyi içerir. Bu analizde şu kriterler ön plana çıkmaktadır:

- Ürünün teknik ve fonksiyonel özellikleri
- Optimum üretim kapasitesinin belirlenmesi
- Yer seçimi, lojistik ve altyapı yeterliliği
- Seçilen teknolojinin yerel koşullara uygunluğu
- Patent, know-how, lisans ihtiyacı ve münhasırlık durumu
- Yerli/yabancı makine ve donanım kullanımı
- Hammadde ve yan girdi temin olanakları
- Yatırım uygulama (montaj ve inşaat) takvimi
- Üretim süreci ve teknolojik alternatiflerin kıyaslanması

Bu analizler, sadece projenin teknik uygunluğunu değil, aynı zamanda uygulanabilirliğini ve sürdürülebilirliğini de teminat altına alır. Doğru yapılmış bir teknik analiz, riskleri azaltır, maliyetleri kontrol altına alır ve projelerin başarı oranını artırır.

#### 3.2. Ekonomik, Ticari ve Sosyal Analiz Teknikleri

Teknoloji yatırımlarının karar süreci, yalnızca teknik değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal analizlerle de desteklenmelidir. Bu bağlamda en çok kullanılan yöntem "Fayda-Maliyet Analizi" (FMA) olup, bir projenin zaman içindeki tüm gelir

ve giderlerinin bugünkü değerleriyle hesaplanmasına dayanır. Kullanılan temel finansal analiz yöntemleri şunlardır:

**-Net Bugünkü Değer (NBD):** Tüm nakit giriş ve çıkışları belirli bir iskonto oranı ile bugünkü değere indirgenerek yatırımın ekonomik avantajı belirlenmiştir.

**-İç Karlılık Oranı (İKO):** Projenin kârlılığını ifade eden bu oran, yatırımın kabul edilip edilmeyeceğine ilişkin karar sürecinde önemli bir kriter olarak kullanılmıştır.

**-Fayda-Maliyet Oranı (F/M):** Projenin toplam faydalarının, maliyetlerine oranı hesaplanarak yatırımın etkinliği ölçülmüştür.

**Geri Ödeme Süresi:** Yatırımın başlangıç maliyetinin ne kadar sürede geri kazanılabileceği hesaplanmıştır.

Bu analizlerde "indirgeme tekniği" kullanılmakta olup, iskonto oranına göre yıllık nakit akımlarının bugünkü değerleri hesaplanarak projelerin ekonomik uygulanabilirliği değerlendirilir. Enflasyon ortamında bu analizlerin fiyat artışlarını da kapsayacak şekilde yapılması, risklerin daha doğru tahmin edilmesini sağlar. Ek olarak, duyarlılık analizi, basit karlılık oranı ve basit geri ödeme süreleri gibi yöntemler de destekleyici analizler olarak kullanılmaktadır.

### 3.3. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)

Modern dünyada, seçeneklerin fazlalığı ve karar alma süreçlerinin karmaşıklığı bir araya geldiğinde, bu sorunları çözmek amacıyla çeşitli Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımları geliştirilmiş ve zamanla birçok farklı yöntem ortaya çıkmıştır. ÇKKV, karar vericilerin birden fazla alternatifi, belirlenen en az iki kriter doğrultusunda değerlendirmesine olanak tanıyan bir süreçtir. Bu yöntemler, karmaşık problemlerde, alternatiflerin ve kriterlerin çokluğunun üstesinden gelinmesine yardımcı olur. ÇKKV yöntemlerinde amaç, kriterler ve alternatifler doğru bir şekilde belirlenmeli ve her bir alternatif, bu kriterler doğrultusunda değerlendirilmelidir. Her karar verme süreci, net hedeflerin belirlenmesi ve alternatiflerin doğru bir şekilde tanımlanmasıyla başlar. Bu çerçevede, karar vericiler, belirli bir hedefe ulaşmayı amaçlar ve bu hedefe ulaşma sürecinde farklı alternatifleri değerlendirir. ÇKKV süreçlerinde hedef, bir kişi, grup veya kurum tarafından gerçekleştirilmek istenen sonuç veya durumdur ve genellikle bireysel ya

da kurumsal hedeflerle bağlantılıdır. Örneğin, bir şirketin amacı kârlılığı artırmakken, bir öğrenci için amaç başarıyla mezun olmaktır. Kriterler ise karar verme sürecinde alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan ölçütlerdir ve iyi bir kriter açık, anlaşılır, ölçülebilir ve karar sürecini destekleyecek nitelikte olmalıdır. Örneğin, bir ürünü satın alırken fiyat, kalite ve dayanıklılık kriterler olarak kullanılabilir. Karar verme sürecinde değerlendirilen seçenekler ise alternatiflerdir; her alternatifin kriterlere göre nasıl performans gösterdiği, kararın doğruluğunu etkiler. Karar verici, belirli bir amaca ulaşmayı sağlamak için bu alternatifleri dikkatli bir şekilde analiz etmelidir. ÇKKV problemleri genellikle üç ana kategoride sınıflandırılır: Seçme Problemi (Choice), en iyi alternatifin seçilmesi veya en iyi alternatifler kümesinin bulunması, Sıralama Problemi (Ranking), alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıralanması ve Sınıflandırma Problemi (Classification), alternatiflerin belirlenmiş sınıflara yerleştirilmesidir. Bu tür problemlerin çözülmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemler, her biri farklı durumlar için en uygun çözümleri sağlar.

ÇKKV yöntemleri, karar vericilerin farklı ölçütler altında daha rasyonel, sistematik ve analitik kararlar alabilmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Literatürde çok sayıda ÇKKV yöntemi bulunmaktadır ve bunlar genellikle iki ana grupta incelenir: Klasik (deterministik) yöntemler ve bulanık (fuzzy) yöntemler. Klasik yöntemler arasında en yaygın kullanılanlardan bazıları; AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality), VIKOR ve PROMETHEE gibi yöntemlerdir. Bu yöntemlerin her biri, karar probleminin doğasına ve veri tipine göre avantajlar ve sınırlılıklar sunar. Örneğin, AHP yöntemi, karar vericilerin sezgisel yargılarını kullanmasına olanak tanırken, TOPSIS yöntemi ideal çözüme yakınlık temelinde karar verir. Buna karşılık, bulanık ÇKKV yöntemleri, karar vericilerin belirsizlik altındaki değerlendirmelerini daha gerçekçi şekilde modelleyebilmek amacıyla bulanık mantığı kullanır. Özellikle insan yargısının kesinlikten uzak olduğu sosyal bilimler, sağlık yönetimi ve stratejik planlama gibi alanlarda bulanık AHP, bulanık TOPSIS gibi teknikler sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca günümüzde, bu yöntemlerin entegre yaklaşımlarla birleştirilmesi (örneğin AHP-TOPSIS veya DEMATEL-TOPSIS gibi) karmaşık problemlerde daha etkili ve hassas çözümler sunmaktadır. ÇKKV uygulamaları, kamu politikalarından enerji planlamasına, tedarik zinciri yönetiminden eğitim politikalarına kadar geniş bir yelpazeye sahiptir. Bu yönüyle ÇKKV, sadece bir karar verme aracı değil; aynı zamanda stratejik yönetim ve analitik düşünme için temel bir yöntem olarak değerlendirilmelidir.

Bu diyagram, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) sürecini adım adım ve sistematik biçimde göstererek, karar vericilerin karmaşık problemleri nasıl yapılandırarak çözebileceklerini ortaya koyar.

#### Problemin Tanımlanması:

İlk adım, karar verilmesi gereken konunun veya sorunun net bir şekilde tanımlanmasıdır. Bu aşamada kararın amacı, kapsamı ve sınırları belirlenir. Örneğin, “en uygun tedarikçi seçimi” gibi.

#### Kriterlerin Belirlenmesi:

Kararın hangi ölçütler dikkate alınarak verileceği bu aşamada belirlenir. Kriterler, kararın doğruluğunu ve etkinliğini doğrudan etkiler. Örneğin: maliyet, kalite, teslimat süresi, müşteri memnuniyeti.

#### Alternatiflerin Tanımlanması:

Değerlendirilecek seçenekler ya da adaylar belirlenir. Bu alternatifler, belirlenen kriterlere göre daha sonra karşılaştırılacaktır.

#### Yöntem Seçimi:

Bu aşamada, probleme ve verinin doğasına en uygun ÇKKV yöntemi seçilir. Örneğin; kriterler arası önem derecesi biliniyorsa AHP tercih edilebilir, alternatifler ideal çözüme ne kadar yakınsa TOPSIS uygun olabilir.

#### Değerlendirme:

Alternatifler, belirlenen kriterlere göre seçilen yöntemle değerlendirilir. Burada sayısal analiz, normalize değerler, ağırlıklandırmalar ve puanlama işlemleri yapılır.

#### Karar Verme:

Son adımda, elde edilen sonuçlara göre en uygun alternatif seçilir ya da sıralama yapılır. Bu, karar vericinin hedeflerine en çok yaklaşan seçenektir.

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), birden fazla kriteri göz önünde bulundurarak en iyi çözümü bulmaya yönelik yöntemlerdir. Bu tür yöntemler, karar vericilerin çeşitli alternatifleri değerlendirerek, belirli bir hedefe ulaşmak için doğru kararları almalarına yardımcı olur. ÇKKV'nin temel amacı, alternatiflerin çeşitli kriterler açısından karşılaştırılması ve uygun olanın seçilmesidir.

ÇKKV yöntemlerinin farklı türleri bulunmaktadır. Aşağıda, yaygın olarak kullanılan bazı ÇKKV yöntemlerini ve bunların formüllerini açıklıyorum:

Bu modelde, her kriterin karar üzerindeki etkisi bir ağırlıkla temsil edilir. Alternatifler, her bir kriter için belirli bir performansa sahiptir. Toplam performans, her kriterin performansına o kriterin ağırlığının çarpılmasıyla hesaplanır.

$S_i$  = Alternatif i'nin toplam puanı

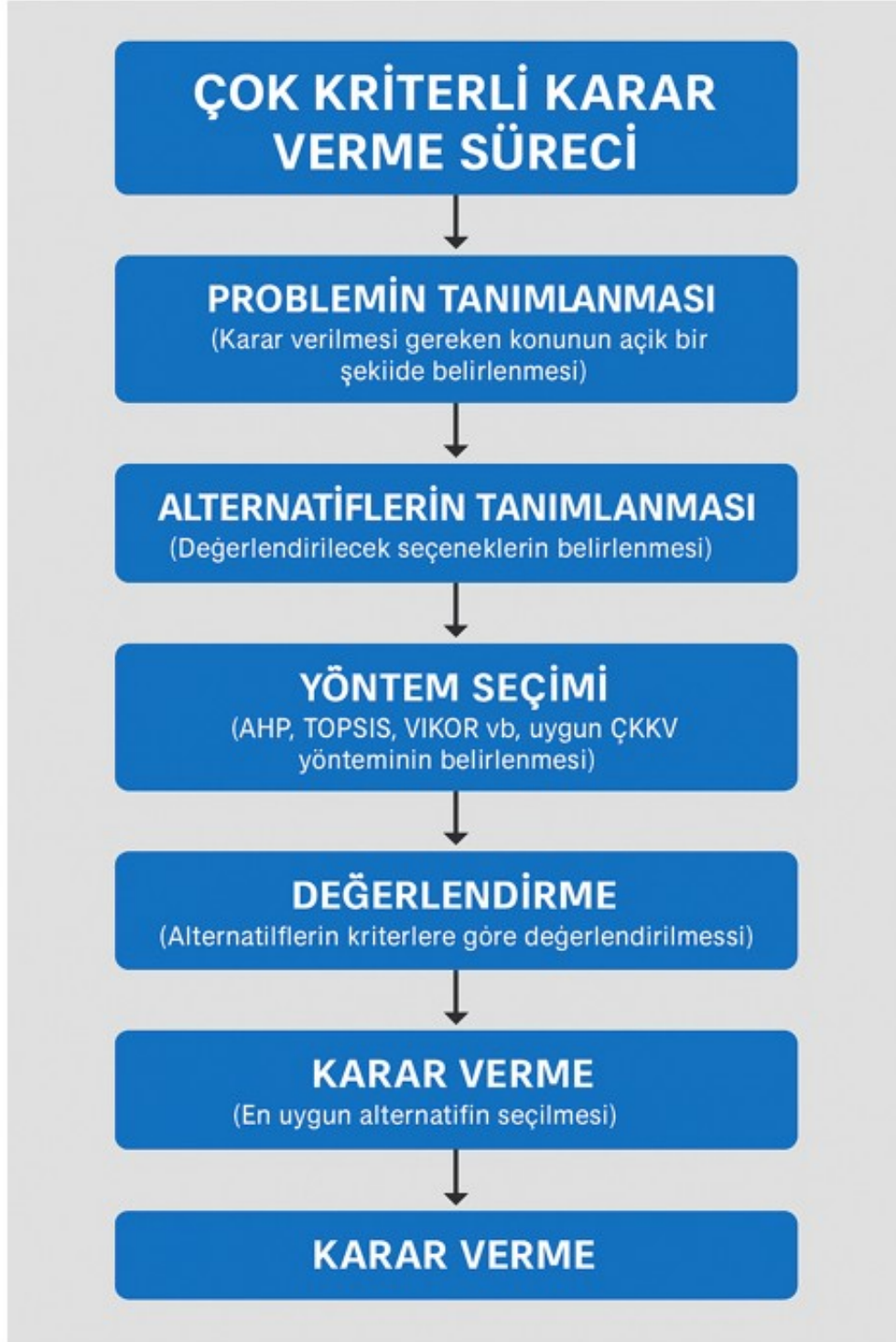
$w_j$  = Kriter j'nin ağırlığı

$x_{ij}$  = Alternatif i'nin kriter j'deki performansı

$n$  = Kriter sayısı

Formül:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot x_{ij} \quad S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot x_{ij} \quad (3.1)$$



Şekil 3.1. Çok Kriterli Karar Verme Süreci (ÇKKV) – Akış Diyagramı

### 3.3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), karmaşık karar verme problemlerinde, çok sayıda alternatifin çok sayıda kriterle karşılaştırılması için kullanılan güçlü bir yöntemdir. Bu yöntem, karar vericilerin subjektif değerlendirmeleri ile nicel verileri

birleştirerek, en uygun çözümü belirlemelerine yardımcı olur. AHP, özellikle çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinde yaygın olarak kullanılır ve yapısal bir karar destek aracıdır.

AHP yöntemi dört ana adımdan oluşur. İlk adımda, karar problemi, üst düzey hedef, kriterler ve alternatiflerden oluşan bir hiyerarşi yapısına dönüştürülür. Bu yapının üst seviyesinde karar hedefi, orta seviyede kriterler ve alt seviyede alternatifler bulunur. İkinci adımda, kriterler ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılır. Karar vericiler, her iki kriterin birbirine göre önem derecelerini veya alternatiflerin performanslarını belirtir. Bu karşılaştırmalar genellikle 1-9 ölçeği ile yapılır. Bu ölçek, karar vericinin bir kriterin diğerine göre ne kadar önemli olduğunu belirlemesine olanak tanır. Örneğin, "1" eşit derecede önemli olduğunu, "3" ise bir kriterin diğerine biraz daha önemli olduğunu gösterir.

İkinci adımda oluşturulan karşılaştırmalar, bir karar matrisine dönüştürülür. Bu matris, her kriterin veya alternatifin diğerlerine göre göreceli önemlerini gösterir. Karar matrisinin normalize edilmesi gerekir. Normalize etme işlemi, her sütunun toplamının 1'e eşit olmasını sağlar ve ağırlıkların hesaplanmasında kullanılır. Ağırlıkların hesaplanması için, her satırın ortalaması alınarak, kriterlerin veya alternatiflerin ağırlıkları hesaplanır. Ağırlık hesaplaması için kullanılan formül şu şekildedir:

Burada,  $w_i$  alternatif  $i$ 'nin ağırlığı,  $l_i$  matrisin öz değeri,  $n$  ise kriter sayısıdır.

Bu adımda, karar matrisinin öz vektörünü hesaplamak için matrisin öz değerleri kullanılır. Öz vektör, kriterlerin veya alternatiflerin göreceli ağırlıklarını temsil eder. Bu hesaplama, karar vericilerin belirlediği kriterlerin önem derecelerini sayısal bir biçime dönüştürür.

Sonraki adımda, tutarlılığın sağlanması için konsistans oranı (CR) kontrol edilir. AHP'de tutarlılığın sağlanması önemlidir çünkü karar verici, kriterler arasındaki karşılaştırmaların mantıklı ve tutarlı olmalıdır. Eğer konsistans oranı  $CR < 0.1$ 'den küçükse, karşılaştırmalar tutarlıdır ve sonuçlar güvenilirdir. Eğer  $CR > 0.1$  değeri 0.1'i aşarsa, karşılaştırmaların yeniden gözden geçirilmesi gerekebilir.

Konsistans oranı (CR), aşağıdaki formüllerle hesaplanır:

Burada, CI (Consistency Index), tutarsızlık indeksini temsil eder ve şu şekilde hesaplanır:

$$\lambda_{\max} = \text{Karar matrisinin en büyük öz değeri}$$

$$n = \text{Kriter sayısı}$$

**RI (Random Consistency Index)**, rastgele tutarlılık indeksidir ve kriter sayısına göre belirlenen sabit bir değerdir.

Alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında, her alternatifin belirli kriterler altındaki performansına dayalı olarak değerlendirme yapılır. Karar matrisinde her alternatifin, her kriterdeki performansı belirtilir ve her alternatifin toplam puanı hesaplanır. Bu toplam puanlar, her alternatifin genel performansını yansıtarak sıralama yapmaya olanak tanır. Alternatiflerin toplam puanı şu şekilde hesaplanabilir:

Burada,  $S_i$  alternatif  $i$ 'nin toplam puanı,  $w_j$  kriter  $j$ 'nin ağırlığı,  $x_{ij}$  alternatif  $i$ 'nin kriter  $j$ 'deki performansı,  $n$  ise kriter sayısıdır.

Sonuç olarak, alternatiflerin sıralanması yapılır ve en yüksek puanı alan alternatif, en uygun çözüm olarak kabul edilir. Bu sonuç, karar vericinin belirlediği hedeflere en uygun olan alternatifi temsil eder.

AHP yönteminin sonunda, alternatiflerin sıralanması yapılır ve en yüksek puanı alan alternatif, en uygun çözüm olarak kabul edilir. Bu sonuç, karar vericinin belirlediği hedeflere en uygun olan alternatifi temsil eder.

### 3.3.2. Promethee Yöntemi

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinde sıklıkla kullanılan etkili bir yöntemdir. İlk olarak 1982 yılında Jean-Pierre Brans tarafından geliştirilen bu yöntem, 1985 yılında Brans ve Philippe Vincke tarafından daha da geliştirilmiştir. Günümüzde PROMETHEE yöntemi; enerji yönetimi, finans, çevre planlaması, lojistik ve proje seçimi gibi pek çok farklı alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Urfalıoğlu ve Genç, 2013).

Bu yöntemin temel amacı, belirlenen alternatifleri birden fazla kriter doğrultusunda karşılaştırmak ve karar vericilere mantıklı bir sıralama sunmaktır. PROMETHEE yöntemi, hem nicel hem de nitel kriterleri değerlendirebilme esnekliğine sahip olması nedeniyle çok çeşitli karar problemlerine uyarlanabilir. Diğer ÇKKV yöntemlerinden ayıran en temel özelliği, her bir kriter için ayrı bir tercih fonksiyonunun tanımlanmasıdır. Böylece, her kriter kendi içerisinde değerlendirilir ve genel sıralama buna göre oluşturulur.

PROMETHEE, sonlu sayıda alternatifin değerlendirilmesine imkân tanır ve iki farklı sıralama yapısı sunar: PROMETHEE I, alternatifler arasında kısmi sıralama yaparken, PROMETHEE II tam sıralama oluşturur. Bu yapı, karar vericilerin daha detaylı ve anlamlı analizler gerçekleştirmesini sağlar. Ayrıca, tüm parametrelerin açık şekilde belirlenmesi, yöntemin kullanımını daha şeffaf ve anlaşılır hale getirir.

PROMETHEE yöntemi genel olarak şu adımlarla uygulanır:

**1. Alternatiflerin Tanımlanması:** Değerlendirmeye alınacak karar seçenekleri belirlenir.

**2. Kriterlerin ve Ağırlıklarının Belirlenmesi:** Karar sürecinde dikkate alınacak kriterler tanımlanır ve her birinin önemi doğrultusunda ağırlıkları belirlenir. Ağırlıklar  $w_j$  ile ifade edilir ve genellikle şu şartı sağlar:

**3. Tercih Fonksiyonlarının Seçilmesi:** Her kriter için uygun tercih fonksiyonu  $P_j(a,b)$  atanır. Bu fonksiyon, alternatif aaa'nın alternatif bbb'ye göre kriter jjj açısından ne kadar tercih edildiğini ölçer. Genellikle kullanılan tercih fonksiyonu türleri şunlardır: Usual, U-şekilli, V-şekilli, Seviye, Gaussian ve Linear. Tercih fonksiyonu genelde şu şekilde tanımlanır:

Burada,  $d_j(a,b)=f_j(a)-f_j(b)$  fark fonksiyonudur ve  $f_j$  kriter değerini temsil eder.

**4. Üstünlük Akışlarının Hesaplanması:** Her alternatif için pozitif ve negatif akışlar hesaplanır.

Pozitif akış ( $\phi^+$ ), bir alternatifin diğerlerine göre üstünlüğünü ifade eder:

Negatif akış ( $\phi^-$ ), diğer alternatiflerin bu alternatife göre üstünlüğünü

gösterir:

Burada  $\pi(a,b)$ , alternatif a'nın alternatif b'ye karşı toplam tercih derecesidir ve şu şekilde hesaplanır:

Net akış ( $\phi$ ), PROMETHEE II sıralaması için kullanılır ve alternatifin genel üstünlüğünü verir:

**5. Sıralama ve Değerlendirme:** PROMETHEE I yöntemi ile  $\phi^+$  ve  $\phi^-$  akışlarına göre kısmi sıralama yapılırken, PROMETHEE II yöntemi ile net akışlara göre tam sıralama yapılır. Karar verici, bu sıralamayı kullanarak en uygun alternatifi belirler.

PROMETHEE'nin en büyük avantajları arasında; hesaplamalarının esnek oluşu, karar vericinin tercihlerine göre kolayca uyarlanabilirliği ve alternatifler arasındaki karşılaştırmaların şeffaf şekilde yapılabilmesi yer alır. Bu nedenle özellikle karmaşık, çok kriterli yapıdaki problemlerde tercih edilen etkili bir yöntemdir.

### 3.3.3. VIKOR Yöntemi

Günümüzde karar verme süreçleri, farklı ve çoğu zaman birbiriyle çelişen kriterlerin aynı anda değerlendirilmesini gerektirmektedir. Özellikle mühendislik, ekonomi, yönetim ve çevre bilimleri gibi disiplinlerde, karar vericilerin sadece teknik değil; ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları da göz önünde bulundurması beklenmektedir. Bu bağlamda, **Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)** yöntemleri, çeşitli alternatifleri birden fazla kritere göre değerlendirme ve en uygun seçeneği belirleme konusunda etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan **VIKOR**, karar vericiler arasında uzlaşmayı ön planda tutarak, çelişkili kriterler karşısında tatmin edici bir çözüm sunmayı hedeflemektedir.

**VIKOR (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi**, ilk olarak S. Opricovic tarafından 1998 yılında önerilmiş ve 2004 yılında Opricovic ve Tzeng tarafından daha ayrıntılı olarak geliştirilmiştir. Yöntem, özellikle "uzlaşma çözümü" kavramı etrafında şekillenmekte olup, ideal çözüme mümkün olduğunca yakın ancak tüm kriterler arasında kabul edilebilir bir denge sağlayan alternatifleri seçmeye yöneliktir. VIKOR yöntemi, optimal çözüm bulmaktan ziyade, tüm kriterler açısından en az pişmanlık duyulacak, "uygulanabilir en iyi çözüme

ulaşmayı amaçlamaktadır.

VIKOR yöntemi, birbiriyle çelişen kriterlerin bulunduğu çok kriterli karar problemlerinde, karar vericilerin nihai bir çözüme ulaşmasını sağlayan etkili bir araçtır. Yöntem, alternatifleri sıralamakla kalmaz, aynı zamanda alternatifler arasında uzlaşık bir çözüm elde etmeyi amaçlar (Yılmaz & Yakut, 2021). Bu yönüyle, yalnızca en iyi alternatifi seçmek yerine, karar vericiler için birden fazla kritere göre kompromis (uzlaşma) çözüm önerileri sunması, VIKOR'un en güçlü yanlarından biri olarak değerlendirilmektedir. VIKOR, birden çok kriterin değerlendirildiği karar verme problemlerinde alternatifler arasından uzlaşık bir sıralama yapma ve uzlaşık çözüme ulaşma hedefiyle çalışır. Tekniğin temelinde, ideal çözüme yakınlık ölçümüne dayalı matematiksel hesaplamalar yer almaktadır (Aslan et al., 2023).

VIKOR yönteminde karar süreci şu temel aşamalardan oluşur: ilk olarak alternatifler ve kriterlerden oluşan karar matrisi hazırlanır. Bu matris normalize edilir ve her kriter için ideal (en iyi) ve anti-ideal (en kötü) değerler belirlenir. Sonrasında her alternatif için üç temel ölçüt hesaplanır:  $S_i$  (toplam uzaklık),  $R_i$  (maksimum kriter uzaklığı) ve  $Q_i$  (VIKOR endeksi). Alternatifler  $Q_i$  değerine göre sıralanır ve belirli kabul edilebilirlik koşulları sağlandığında, en uygun alternatif önerilir.

VIKOR yöntemi, karar verme sürecinde özellikle karar vericiler arasında uzlaşık arayan grup kararları için uygun bir modeldir. Diğer ÇKKV yöntemlerinden farklı olarak, hem grup faydasını (S ölçütü) hem de bireysel memnuniyetsizliği (R ölçütü) dikkate alarak karar verir. Bu yönüyle hem TOPSIS gibi ideal çözüm yaklaşımına dayalı yöntemlerden hem de AHP gibi kıyaslama esaslı yöntemlerden ayrılmaktadır.

Yöntemin kullanılabilmesi için gerekli koşullar:

- Uzlaşmaya uygun olmalı,
- En iyi çözüme en yakın olan çözümü kabul etmekte Karar verici gönüllü olmalı,
- Karar verici açısından fayda ve kriter fonksiyonları arasındaki ilişki doğrusal olmalı,
- Belirtilen her kritere göre alternatifler değerlendirilmeli,

-Karar verici tarafından yapılacak tercihler belirleyeceği ağırlıklarla ifade edilebilir olmalı,

-Karar verici sürece interaktif olarak katılarak başlamasa da, VIKOR yönteminde karar verici son çözümü onaylamakla mükelleftir. Karar vericinin söz konusu son çözüme bireysel tercihleri de eklenir. (Vural ve ark., 2020)

### 3.3.3.1. VIKOR Yönteminin Avantajları ve Sınırlılıkları

VIKOR yönteminin bazı belirgin avantajları bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde özetlenebilir:

**Uzlaşmacı Yaklaşım:** Yöntem, ideal çözüme değil, tüm tarafların kabul edebileceği bir çözüme odaklanır. Bu da onu özellikle grup kararları için uygun hale getirir.

**Hem Toplu Hem Bireysel Değerlendirme:** VIKOR, hem tüm kriterlere göre genel bir başarı düzeyi ( $S_i$ ), hem de en kötü kriterdeki performans ( $R_i$ ) ölçütünü kullanarak çok yönlü bir değerlendirme yapar.

**Esneklik:** Farklı karar problemleri ve sektörler için rahatlıkla uyarlanabilir.

**Alternatifleri Sıralama:** Sadece en iyi alternatifi değil, tüm alternatiflerin görece sıralamasını sağlar.

Bununla birlikte, yöntemin bazı sınırlılıkları da mevcuttur:

**Ağırlıkların Belirlenmesi:** Kriter ağırlıkları karar vericinin görüşüne dayandığından, sübjektifliğe açık olabilir.

**Hesaplama Karmaşıklığı:** Alternatif ve kriter sayısının artması, hesaplamaları karmaşık hale getirebilir.

**Kabul Edilebilirlik Koşulları:**  $Q_i$  endeksine göre yapılan sıralamada bazı durumlarda istikrarlı sonuçlar alınamayabilir ve ek karar kurallarına ihtiyaç duyulabilir.

### 3.3.3.1.1. VIKOR Yönteminin Uygulama Alanları

VIKOR yöntemi, birçok alanda uygulanabilirliği kanıtlanmış bir yöntemdir. Bu yöntem; akademik çalışmalarda, özel sektör projelerinde ve kamu politikalarının analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Başlıca uygulama alanları şunlardır:

#### **Karar Matrisi Oluşturma**

İlk adımda, mmm adet alternatif ve n adet kriterden oluşan karar matrisi oluşturulur. Her bir hücre  $f_{ij}$ , i. alternatifin j. kriterdeki performans değerini temsil eder.

#### **En İyi ve En Kötü Değerlerin Belirlenmesi**

Her bir kriter için en iyi (ideal) ve en kötü (anti-ideal) değerler belirlenir.

Yararlı (fayda) kriterleri için:

#### **Maliyet kriterleri için (tersi):**

Normalleştirme ve Ağırlıklandırma

Alternatiflerin ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanırken, her kriterin görece önemi (ağırlığı)  $w_j$  ile çarpılır. Daha sonra, her alternatif için iki temel değer hesaplanır:

#### **Toplam memnuniyetsizlik değeri ( $S_i$ ):**

#### **Maksimum memnuniyetsizlik değeri ( $R_i$ ):**

Burada,  $S_i$  tüm kriterlere göre ortalama sapmayı,  $R_i$  ise en çok memnuniyetsizlik duyulan kriterdeki sapmayı temsil eder.

#### **VIKOR Endeksinin ( $Q_i$ ) Hesaplanması**

Son adımda, uzlaşma çözümünü belirleyen VIKOR skoru ( $Q$  indeksi) hesaplanır. Bu,  $S_i$  ve  $R_i$  değerlerine dayanır ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

Burada;

### **Alternatiflerin Sıralanması ve Karar Kuralları**

Alternatifler, Q değerlerine göre sıralanır. En düşük Q değerine sahip alternatif en uygun çözüm olarak kabul edilir. Ancak, bir alternatifin kesin olarak en iyi çözüm olduğunun söylenebilmesi için şu iki koşul sağlanmalıdır:

#### **Koşul 1 – Kabul edilebilir avantaj:**

En iyi alternatif ile ikinci en iyi alternatif arasındaki fark, belirli bir eşik değerden büyük olmalıdır:

#### **Koşul 2 – Kabul edilebilir istikrar:**

En iyi alternatif, hem S sıralamasında hem de R sıralamasında da üst sıralarda yer almalıdır.

Eğer bu iki koşul sağlanmazsa, birden fazla alternatif “kompromis çözüm” olarak kabul edilir.

Sonuç olarak VIKOR yöntemi, çok kriterli karar verme süreçlerinde karar vericilere sistematik, uzlaşmacı ve dengeli bir çözüm önerisi sunmaktadır. Diğer yöntemlere kıyasla, karar vericiler arasındaki görüş ayrılıklarını dengeleyen, hem toplu hem de bireysel kriterlere duyarlı bir yapıya sahiptir. Bu özelliğiyle, karmaşık karar problemleri karşısında uygulanabilir ve güvenilir bir yaklaşım sunmaktadır.

Her ne kadar kriter ağırlıklarının belirlenmesi gibi subjektif unsurlar içerse de, bu yöntemin çok çeşitli alanlarda başarıyla uygulanabilmesi, onu literatürde önemli bir yere taşımaktadır. Gelecekte karar destek sistemleriyle entegrasyonunun artması ve yapay zekâ tabanlı uygulamalarda yer alması, VIKOR yönteminin etkisini daha da artıracaktır.

**Çizelge 3.1. ÇKKV Yöntemlerinin Karşılaştırılması**

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar
AHP	Kriterlerin ağırlıklarını netleştirir.	Karmaşık ve zaman alıcı olabilir.
VIKOR	Uzlaşma sağlamak için etkili.	Kararlar arasındaki farklar çok küçükse, belirsizlik yaratabilir.
PROMETHEE	Çok sayıda alternatifle uyumludur.	Karmaşık hesaplamalar gerektirir.

Bu yöntemler, enerji sektöründeki yatırım kararlarını daha sağlıklı ve objektif bir şekilde almayı mümkün kılar. ÇKKV yöntemleri sayesinde, karar alıcılar yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal faktörleri de göz önünde bulundurur.

Bu başlıklar, enerji sektöründe teknolojik yatırımların değerlendirilmesinde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinin temellerini kapsamlı bir şekilde açıklamak için bir temel oluşturur.

### 3.3.4. Enerji Sektöründe Teknolojik Yatırımlar ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Enerji sektörü, küresel ölçekte ekonomik büyümenin ve toplumsal refahın temel unsurlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Artan enerji talebi, çevresel sürdürülebilirlik baskıları ve kaynak verimliliği gibi unsurlar, enerji firmalarını daha stratejik kararlar almaya yönlendirmiştir. Bu bağlamda, enerji üretim, dağıtım ve tüketim süreçlerinde teknolojik yatırımların önemi giderek artmaktadır. Akıllı şebekeler, yenilenebilir enerji sistemleri, enerji depolama teknolojileri ve dijitalleşme uygulamaları bu yatırımlar arasında öne çıkmaktadır.

Bununla birlikte, söz konusu yatırımların gerçekleştirilmesi sürecinde firmalar çok sayıda kriteri göz önünde bulundurmak zorundadır. Bu kriterler yalnızca ekonomik değil; çevresel, teknik ve stratejik boyutları da içermektedir. Dolayısıyla yatırım kararları genellikle karmaşık, çok boyutlu ve belirsizlik içeren bir yapıya sahiptir. Bu noktada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, karar vericilere sistematik bir çözüm yolu sunmaktadır.

Bu bölümde, enerji sektöründe teknolojik yatırım kararlarının alınmasında kullanılan çok kriterli karar verme yaklaşımları incelenecek ve ilgili literatür çerçevesinde değerlendirmelerde bulunulacaktır. Ayrıca yöntemlerin temel mantığı, kullanım alanları ve enerji sektörüne uygunlukları ele alınarak, bu çalışmanın uygulama bölümüne temel oluşturacak kuramsal bir altyapı sağlanacaktır.

Enerji sektörü, ülkelerin ekonomik kalkınmasında ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesinde kritik rol oynayan stratejik bir alandır. Bu sektör, sürekli gelişen teknoloji ile birlikte hem üretim hem de dağıtım süreçlerinde önemli dönüşümler yaşamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, akıllı şebekeler, enerji depolama sistemleri ve dijitalleşme gibi faktörler, enerji firmalarının teknolojik yatırım kararlarını daha karmaşık hale getirmiştir. Bu nedenle, enerji sektöründeki firmaların yatırım kararlarında birden fazla kriterin dikkate alınması gerekmektedir.

Teknolojik yatırımlar; maliyet, verimlilik, sürdürülebilirlik, çevresel etki, uygulanabilirlik ve risk gibi birçok farklı boyutta değerlendirilmek zorundadır. Bu bağlamda Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, yatırım seçeneklerinin çok boyutlu olarak analiz edilmesini sağlayarak karar vericilere sistematik ve rasyonel bir değerlendirme süreci sunmaktadır. ÇKKV yöntemleri, karar sürecinde yer alan farklı paydaşların bakış açılarını bir araya getirme ve nesnel kriterler doğrultusunda en uygun seçeneği belirleme açısından oldukça etkilidir.

Enerji sektöründe sıklıkla kullanılan ÇKKV yöntemleri arasında Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Analitik Ağ Süreci (ANP), TOPSIS, VIKOR, ELECTRE ve PROMETHEE gibi yöntemler yer almaktadır. Bu yöntemler, alternatif yatırım projeleri arasında kıyaslama yapmayı, kriterlerin önem derecelerine göre ağırlıklandırılmasını ve bu doğrultuda en uygun yatırım seçeneğinin belirlenmesini mümkün kılmaktadır. Örneğin, bir enerji firması yeni bir güneş enerjisi santrali yatırımı planlarken, bu yatırımın ekonomik geri dönüş süresi, çevresel etkisi, teknolojik uygulanabilirliği ve sosyal kabul düzeyi gibi birçok kriteri dikkate almak zorundadır. Bu tür çok boyutlu değerlendirmeler, ÇKKV yöntemlerinin sistematik yapısı sayesinde daha sağlıklı sonuçlar vermektedir.

Bu tez kapsamında, enerji sektöründeki teknolojik yatırımların değerlendirilmesi sürecinde kullanılacak uygun ÇKKV yöntemleri belirlenerek, bu yöntemlerin uygulanabilirliği vaka analizi ile ortaya konacaktır. Böylece karar vericilerin teknoloji odaklı yatırımlarda daha etkin ve nesnel kararlar alabilmesine

katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

### 3.3.4.1. Enerji Sektöründe Teknolojik Yatırımlar

Enerji sektörü, küresel ekonomik kalkınmanın itici gücü olarak stratejik öneme sahip bir alandır. Artan enerji talebi, sürdürülebilirlik hedefleri ve enerji arz güvenliği gibi unsurlar, sektörde sürekli teknolojik yenilik ve yatırım gerekliliğini doğurmaktadır. Bu bağlamda enerji üretiminden iletime, dağıtımdan tüketim yönetimine kadar birçok alanda teknolojik yatırımlar kaçınılmaz hale gelmiştir.

Özellikle yenilenebilir enerji teknolojileri (güneş, rüzgar, biyokütle vb.), akıllı şebekeler (smart grids), enerji depolama sistemleri, dijital izleme araçları ve verimlilik odaklı otomasyon sistemleri gibi inovatif çözümler, enerji altyapısının dönüşümünde kritik rol oynamaktadır. Bu yatırımlar, sadece teknik verimlilik sağlamakla kalmaz; aynı zamanda çevresel etkilerin azaltılması, maliyet optimizasyonu ve regülasyonlara uyum açısından da önem arz eder. Ancak enerji yatırımları, yüksek sermaye gereksinimi, uzun geri dönüş süresi ve çeşitli risk faktörleri nedeniyle karmaşık karar süreçlerini beraberinde getirir.

**Çizelge 3.2.** Enerji Sektöründeki Teknolojik Yatırımların Temel Alanları

Teknoloji Alanı	Açıklama
Yenilenebilir Enerji	Güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve biyokütle gibi enerji kaynakları.
Akıllı Şebekeler	Elektrik şebekelerinin dijitalleşmesi ve uzaktan yönetim.
Enerji Depolama Teknolojileri	Lityum-ion batarya ve diğer enerji depolama çözümleri.
Enerji Verimliliği	Mevcut enerji altyapılarının daha verimli hale getirilmesi.

### 3.3.4.2. Yatırım Kararlarında Çok Kriterli Değerlendirme İhtiyacı

Enerji sektörü yatırımları, çok boyutlu karar kriterlerinin bir arada değerlendirilmesini gerektirir. Yatırım kararları yalnızca ekonomik kârlılık ekseninde değil; teknik uygunluk, çevresel sürdürülebilirlik, sosyal kabul edilebilirlik, yasal mevzuata uyum, enerji arz güvenliği gibi birçok faktörle birlikte ele alınmalıdır. Bu

nedenle klasik finansal analiz yöntemleri (örneğin Net Bugünkü Değer, Geri Ödeme Süresi gibi) bu tür yatırımlarda karar vericilerin ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalabilmektedir.

Özellikle enerji sektöründe farklı paydaşların beklentileri (kamu otoritesi, özel sektör, çevreci gruplar, tüketiciler) arasında denge kurmak gerekebilir. Bu durum, tek kriterli değerlendirmelerin ötesinde, çok kriterli bir karar yapısına olan ihtiyacı ortaya koyar. Bu bağlamda, yatırım projelerinin sistematik ve objektif bir yaklaşımla analiz edilmesi ve alternatifler arasında sağlıklı bir önceliklendirme yapılması için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanımı büyük önem taşımaktadır.

### 3.3.4.3. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemlerinin Temelleri

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), birden fazla ve genellikle çelişen kriterin eş zamanlı olarak değerlendirilmesini esas alan analitik karar verme yaklaşımıdır. ÇKKV yöntemleri, karar vericinin tercihlerine göre alternatifleri sıralama, sınıflandırma veya en iyi alternatifi seçme amacına hizmet eder. Bu yöntemler, hem sayısal hem de sözel verilerle çalışabilir; bu da onları enerji yatırımları gibi karmaşık yapıları problemler için uygun hale getirir.

ÇKKV yöntemleri genel olarak iki ana başlık altında sınıflandırılır: tamsayılı alternatiflerin değerlendirildiği yöntemler (örneğin AHP, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE vb.) ve sonsuz sayıdaki alternatiflere yönelik matematiksel optimizasyon temelli yöntemler (örneğin hedef programlama, çok amaçlı optimizasyon teknikleri). Bu çalışmada odaklanılan AHP ve TOPSIS gibi yöntemler, özellikle enerji yatırımları bağlamında kullanışlılığıyla öne çıkmaktadır. Bu yöntemler sayesinde yatırım seçenekleri, önceden belirlenmiş kriter ağırlıkları doğrultusunda objektif biçimde analiz edilip sıralanabilmekte, böylece karar verme sürecinde sistematik bir yapı oluşturulmaktadır.

## 3.4. Karar Verme ve Analiz Tekniklerinin Kavramsal Altyapısı

Teknoloji tabanlı yatırımlar, dijital dönüşüm ve inovasyonun hız kazandığı günümüz dünyasında, şirketlerin rekabet avantajı sağlayabilmeleri için kritik bir unsur haline gelmiştir. Ancak bu yatırımlar sadece teknolojik ekipman veya yazılım alımıyla sınırlı kalmayıp, beraberinde kapsamlı bir karar verme süreci de getirmektedir. Bu süreç, teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları olan çok yönlü analizleri zorunlu kılmaktadır. Proje bazlı teknoloji seçimlerinde şirketlerin;

maliyet, performans, güvenlik, esneklik, ölçeklenebilirlik, uygulanabilirlik ve uyumluluk gibi çok sayıda kriteri bir arada değerlendirmesi gerekmektedir.

Bu çerçevede, çok kriterli karar verme (Multi-Criteria Decision Making, ÇKKM) teknikleri, şirketlere sistematik bir karar alma altyapısı sunarak karmaşık alternatifler arasından en uygun seçimi yapma fırsatı sağlamaktadır. Bu yöntemler sayesinde, alternatiflerin avantaj ve dezavantajları sayısal temelli olarak analiz edilebilmekte; karar alıcılara daha bilinçli, şeffaf ve izlenebilir karar süreçleri sunulmaktadır. Teknoloji yatırımlarının sadece ekonomik getiri değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik, sektörel uyumluluk ve yerel bilimsel kapasiteye katkı gibi unsurlar da dikkate alınmalıdır.

### 3.5. XGBoost ile Özellik Önemliliği ve Spearman Korelasyon Analizi

Bu çalışmada, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri (AHP, PROMETHEE, VIKOR) ile elde edilen proje değerlendirme skorlarının, XGBoost algoritması kullanılarak modellenmesi amaçlanmıştır. XGBoost (Extreme Gradient Boosting), karar ağaçları tabanlı gradyan artırma yöntemi olup, yüksek tahmin doğruluğu, hesaplama verimliliği ve aşırı öğrenmeyi engelleme yetenekleriyle son yıllarda popülerlik kazanmıştır (Chen & Guestrin, 2016). Modelleme sürecinde, her bir kriterin model performansına katkısını nicel olarak ölçmek için “özellik önemliliği” (feature importance) analizleri yapılmıştır. Bu analiz, hangi kriterlerin karar modelleri tarafından daha belirleyici olarak kullanıldığını ortaya koyarak, karar vericilere kriter önceliklendirmede ek bilgi sağlamaktadır.

Özellik önemliliği, XGBoost'ta genellikle üç temel metrik üzerinden değerlendirilir: “Gain” (bilgi kazancı), “Cover” (kapsam) ve “Frequency” (kullanım sıklığı). Bu çalışmada, kriterlerin modeldeki etkileri Gain metriği kullanılarak değerlendirilmiştir. Gain, belirli bir kriterin karar ağacında ayırım yaparken sağladığı bilgi artışını ifade eder ve yüksek Gain değeri, ilgili kriterin hedef değişkenin tahmininde daha etkili olduğunu gösterir. Böylelikle, çok kriterli karar verme süreçlerinde hangi kriterlerin ağırlıklandırmada daha kritik olduğunu XGBoost tabanlı yaklaşımla nesnel biçimde analiz etmek mümkün olmuştur.

Ayrıca, farklı ÇKKV yöntemleri tarafından oluşturulan proje sıralamalarının uyum düzeyini değerlendirmek amacıyla Spearman korelasyon katsayılarının karesi ( $R^2$ ) hesaplanmıştır. Spearman korelasyon, sıralama temelli bir ilişki ölçütü olup, yöntemlerin sıralama sonuçları arasındaki monotonik ilişkiyi ortaya koyar. Elde

edilen  $R^2$  değerleri, yöntemlerin karar çıktılarındaki benzerlik derecesini nicel olarak ifade ederek, yöntemler arası tutarlılık ve uyumun analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu analiz, çok kriterli karar verme modellerinin birlikte ve hibrit şekilde kullanımının gerekliliğini ve potansiyel faydalarını desteklemektedir.

Sonuç olarak, XGBoost ile özellik önemliliği analizi ve Spearman korelasyon testi, çok kriterli karar verme yöntemlerinin değerlendirilmesinde ve karşılaştırılmasında hem derinlemesine bilgi sağlamakta hem de karar süreçlerinin sayısal temellere dayanarak şeffaf ve güvenilir hale gelmesine katkıda bulunmaktadır.

### 3.6. Veri Seti ve Uzman Görüşlerine Dayalı Değerlendirme

Bu çalışmada alternatif BT projelerine ilişkin kriter puanları ve kriter ağırlıkları, uzman görüşleri yoluyla elde edilmiştir. Kriterlerin belirlenmesi sürecinde literatür taraması ve sektörel öncelikler esas alınmakla birlikte, bu kriterlerin ağırlıklandırılması ve projelerin değerlendirilmesinde kurumsal tecrübe sahibi uzmanların niteliksel değerlendirmelerine başvurulmuştur.

#### 3.6.1. Kriter Skorlarının Belirlenmesi

Proje alternatiflerine ait kriter puanları, ilgili kriterlere ilişkin uzman değerlendirmeleriyle oluşturulmuştur. Bu kapsamda her bir proje için yedi ana kriter (zaman planı, devlet desteği, yatırım bütçesi, müşteri memnuniyeti, tahakkuk, tahsilat, kayıp-kaçak oranı) bazında 1–9 arasında değişen puanlamalar yapılmıştır. Uzmanlardan her proje için ilgili kriterin düzeyini değerlendirmeleri istenmiş, örneğin "tahakkuk oranının yüksekliği" veya "müşteri memnuniyeti potansiyeli" gibi parametreler doğrultusunda sayısal puanlamalar yapılmıştır.

#### 3.6.2. Uzman Profili ve Seçim Kriterleri

Veri toplama sürecinde toplamda 7 uzman ile çalışılmıştır. Uzmanların seçiminde aşağıdaki kriterler esas alınmıştır:

-En az 10 yıl kamu veya özel sektörde enerji, BT, ERP veya yatırım yönetimi alanında çalışmış olmak,

-Elektrik dağıtım sektöründe proje yöneticiliği veya stratejik planlama görevlerinde bulunmuş olmak,

-Karar destek sistemleri, teknoloji yatırımları veya performans değerlendirme gibi konularda bilgi sahibi olmak.

-Proje önceliklendirme komitesi uzman meslek dağılımı şu şekildedir:

-Proje Yönetim Direktörü,

-Yatırım Müdürü,

-Proje Yönetim Müdürü,

-Müşteri Operasyonları GMY,

-Şebeke Operasyonları GMY,

-Yatırım Operasyonları GMY,

-Regülasyon Direktörü

### 3.6.3. Uzman Görüşlerinin Güvenilirliği

Uzman görüşlerinin güvenilirliğini artırmak amacıyla aşağıdaki adımlar uygulanmıştır:

-Görüşme formu tekilleştirilmiş, her uzmana aynı yapı sunulmuştur.

-Tüm uzmanlardan bağımsız ve bireysel puanlama alınmış, grup etkisi minimize edilmiştir.

-AHP yöntemi ile yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanmış ve tüm değerlerin  $CR < 0.10$  düzeyinde olduğu tespit edilmiştir (bkz. Çizelge 4.3).

Bu yaklaşımlar doğrultusunda, uzman değerlendirmelerinin hem güvenilir hem de sektörel gerçekliği yansıtan sonuçlar doğurduğu söylenebilir. Ayrıca AHP

yöntemi, uzman yargılarındaki olası tutarsızlıkları kontrol etme imkânı tanıdığı için metodolojik açıdan uygun bir araç olarak tercih edilmiştir.



#### 4. BULGULAR

Bu çalışmanın temel amacı, yaklaşık 9000 çalışana sahip olan büyük bir şirketin teknoloji departmanı kapsamında, bir yıllık yatırım sürecinde değerlendirilecek olan proje alternatifleri arasından, kurumun stratejik hedefleriyle en uyumlu projeyi etkin ve nesnel bir biçimde seçilmesine katkı sağlamaktır. Proje alternatiflerinin belirlenmesi sürecinde, şirket bünyesinde görev yapan uzman personelden oluşan iş havuzu esas alınmıştır. Bu iş havuzu, şirketin mevcut içsel kuralları, süreçleri ve önceliklendirme kriterleri doğrultusunda yapılandırılarak, değerlendirme için uygun aday projelerin tespit edilmesini sağlamıştır.

Değerlendirmeye alınan proje alternatifleri arasında, Alacak Yönetim Sistemi, Yatırım Yönetim Sistemi, Filo Yönetim Sistemi, Abone Yönetim Sistemi, Kesinti Yönetim Sistemi, Talep Takip Sistemi ve Envanter Yönetim Sistemi yer almaktadır. Bu projeler, kurumun operasyonel ihtiyaçları ve stratejik öncelikleri göz önünde bulundurularak seçilmiş ve farklı iş süreçlerini iyileştirmeyi hedefleyen çok yönlü çözümler sunmaktadır.

Projelerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler ise, şirketin kısa ve orta vadeli stratejik planları çerçevesinde belirlenmiş mevcut değerlendirme prosedürlerinden türetilmiştir. Bu kriterler arasında Proje Zaman Planı, Destekleme Durumu, Yatırım Miktarı, Müşteri Memnuniyeti, Tahakkuk, Tahsilat ve Kayıp-Kaçak gibi önemli performans ve finansal göstergeler bulunmaktadır. Bu çok boyutlu kriter seti, projelerin hem teknik hem de finansal açıdan kapsamlı bir şekilde analiz edilmesini mümkün kılmıştır.

Çalışmada, söz konusu çok kriterli karar verme (ÇKKV) probleminin etkin çözümü için analitik ve sistematik yöntemler kullanılmıştır. Öncelikle, kriterlerin göreceli önem derecelerinin belirlenmesi amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi uygulanmıştır. Bu sayede, karar vericilerin uzman görüşlerine dayalı olarak kriter ağırlıkları objektif biçimde elde edilmiştir. Ardından, belirlenen ağırlıklar doğrultusunda proje alternatiflerinin sıralanması için AHP, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. Bu iki farklı ÇKKV yöntemi, projelerin performansını çok boyutlu ve karşılaştırmalı bir şekilde ortaya koyarak, karar alma sürecine farklı perspektifler kazandırmıştır.

Sonuç olarak, bütüncül ve çok yönlü bir değerlendirme süreci işletilerek, proje alternatiflerinin güçlü ve zayıf yönleri belirlenmiş ve karar vericilere rasyonel,

şeffaf ve stratejik uyuma dayalı bir seçim desteği sunulmuştur. Bu yaklaşım, şirketin yatırım kararlarının etkinliğini artırmakla kalmayıp, kaynakların daha verimli kullanılmasını ve stratejik hedeflere daha hızlı ulaşılmasını sağlamıştır.

#### 4.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile Proje Değerlendirmesi ve Bulgular

Bu çalışmada, projelerin değerlendirilmesinde karar destek yöntemi olarak Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılmıştır. AHP yöntemi, çok kriterli karar problemlerinde kriterlerin göreceli önemlerinin sayısal ağırlıklar ile belirlenmesi ve alternatiflerin bu ağırlıklar doğrultusunda değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda, projelerin performansını etkileyen yedi temel kriter belirlenmiş ve karar vericiler tarafından karşılaştırma matrisi oluşturularak kriter ağırlıkları hesaplanmıştır.

##### 4.1.1. Değerlendirmede Kullanılan Kriterler

Projelerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler ve bu kriterlerin açıklamaları aşağıda verilmiştir:

**Proje Zaman Planı:** Projenin tamamlanması için öngörülen süreyi temsil eder. Örneğin, belirli bir proje için bu süre 180 gün olabilir. Bu kriter, proje planlamasının ve zaman yönetiminin etkinliğini yansıtır.

**Destek Durumu (Devlet Desteği):** Proje bütçesinin ne kadarının devlet tarafından karşılandığını gösterir. Örneğin, %80 devlet desteği 0,8 değeri ile değerlendirilir.

**Yatırım Miktarı - Bütçe:** Projeye ayrılan toplam finansal kaynağı ifade eder. Örnek olarak, proje bütçesi 1.800 milyon TL olabilir.

**Müşteri Memnuniyeti:** Projenin müşteri memnuniyetine yapacağı beklenen yüzdesel olumlu etkiyi gösterir. Örneğin, %70 artış 0,7 olarak değerlendirilir.

**Tahakkuk:** Projenin tahakkuk süreçlerine (operasyonel verimlilik ve kayıt doğruluğu) olan katkısını ifade eder.

**Tahsilat:** Projenin gelir tahsilat süreçlerine sağladığı olumlu etkidir. Örneğin, %90 tahsilat artışı 0,9 değerindedir.

**Kayıp Kaçak:** Projenin sistemdeki kayıp ve kaçak oranlarını azaltmaya yönelik etkisini belirtir. %10 iyileştirme 0,1 ile değerlendirilir.

#### 4.1.2. Projelerin Kriterlere Göre Performans Değerlendirmesi

Her proje için kriterler bazında elde edilen performans değerleri aşağıda özetlenmiştir:

**Proje 1 – Alacak Yönetim Sistemi:** Orta seviyede müşteri memnuniyeti (0,7), yüksek tahsilat oranı (0,9) ve düşük kayıp-kaçak oranı (0,1) ile genel anlamda olumlu performans göstermektedir. Ancak yatırım miktarının düşük (90 birim) ve devlet desteğinin sınırlı (0,15) olması, finansal kaynakların kısıtlı olduğunu işaret etmektedir.

**Proje 2 – Yatırım Yönetim Sistemi:** Kayıp-kaçak alanında en yüksek puana (0,9) sahip olmakla birlikte, müşteri memnuniyeti (0,1) çok düşük düzeydedir. Devlet desteği (0,2) ve yatırım miktarı (210 birim) ise dengeli bir profil çizmektedir.

**Proje 3 – Filo Yönetim Sistemi:** Yatırım miktarı açısından en yüksek değerlerden biri (1800 birim) ve yüksek devlet desteği (0,65) ile dikkat çekmektedir. Ancak tahakkuk (0,3), tahsilat (0,1) ve müşteri memnuniyeti (0,6) gibi yüksek ağırlıklı kriterlerde düşük performans göstermesi, yüksek bütçe ayrılmasına rağmen etkinlik sorunu olduğunu düşündürmektedir.

**Proje 4 – Abone Yönetim Sistemi:** Tahakkuk (0,9) ve müşteri memnuniyeti (0,7) kriterlerinde güçlü bir performans sergilemektedir. Kayıp-kaçak oranı (0,7) ise nispeten düşüktür. Yatırım ve devlet desteği orta seviyededir.

**Proje 5 – Kesinti Yönetim Sistemi:** Tahakkuk (0,9), müşteri memnuniyeti (0,9) ve kayıp-kaçak (0,8) gibi en yüksek ağırlıklı kriterlerde başarılıdır. Yatırım miktarı (700 birim) ve devlet desteği (0,9) da yüksektir. Bu proje, bütünsel olarak en başarılı ve dengeli performans gösteren proje olarak öne çıkmaktadır.

**Proje 6 – Talep Takip Sistemi:** Tahakkuk, tahsilat ve kayıp-kaçak kriterlerinde sıfır puan alarak en düşük performansı göstermiştir. Müşteri memnuniyeti (0,1) ve devlet desteği (0,05) de çok düşük seviyededir. Yatırım miktarı yüksek (1200 birim) olmasına rağmen verimsiz bir çıktı ortaya koymaktadır.

**Proje 7 – Envanter Yönetim Sistemi:** Devlet desteği (0,8) ve kayıp-kaçak (0,9) kriterlerinde güçlüdür. Ancak tahakkuk (0,1) ve tahsilat (0,3) gibi kritik kriterlerde düşük performans göstermektedir. Proje genelinde dengeli bir başarıdan ziyade bazı kritik alanlarda geliştirilmesi gereken noktalar bulunmaktadır.

#### 4.1.3. AHP Karşılaştırma Matrisi ve Kriterlerin Göreceli Önemi

Hiyerarşik yapıdaki alternatifler kriterler temelinde birbirleriyle Saaty önem skalasına göre kıyaslanır ve ağırlıklar hesaplanmış olur. Saaty'nin önem skalası Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Daha sonra bu değerlerle oluşturulan matrislerin tutarlılık indeksi hesaplanır. Bu tutarlılık indeksinin 0,1'den düşük olması istenir. Eğer yüksek bir değer bulunursa matris tutarlı değildir, yani karar verici tutarlı kararlar vermemiş demektir ve işlemler tekrarlanmalıdır. Proses: Önemli bazı kararlar tek bir aşamada sonuçlandırılmaz. Kararlar belli aşamalardan geçerek verilebilir. Çok kriterli karar problemleri detaylı bir araştırma, öğrenme, tartışma ve kişinin önceliklerini gözden geçirme sürecini kapsar. Bu süreçlerin değerlendirilmesi belli bir zaman alabilir. AHP, bu sürece yardım etmek ve süreci kısaltmak için kullanılmaktadır (Uyar 2001).

**Çizelge 4.1.** Saaty Önem Skalası

Önem Değerleri	Tanım
1	Her iki faktör eşit derecede önemli
3	1.faktör 2.faktörden daha önemli
5	1.faktör 2.faktörden çok önemli
7	1.faktör 2.faktöre göre çok fazla önemli
9	1.faktör 2.faktöre göre mutlak üstün
2,4,6,8	Ara değerler

Karar vericilerin kıyaslamaları sonucunda oluşturulan AHP karşılaştırma matrisi Çizelge 4.2'de sunulmaktadır. Bu matris, her kriterin diğer kriterlere göre ne oranda daha önemli veya önemsiz olduğunu göstermektedir.

Tablodan çıkarılan önemli bulgular şunlardır:

Tahsilat, diğer tüm kriterlere kıyasla en yüksek önem puanına sahiptir (sıra toplamı 38), özellikle yatırım miktarı, müşteri memnuniyeti ve tahakkuk karşısında yüksek değerlerle ön plana çıkmaktadır.

Tahakkuk (28,5) ve Kayıp Kaçak (34,5) kriterleri de karar vericiler tarafından oldukça önemli kabul edilmektedir.

Destek Durumu (Devlet Desteği) orta önemde değerlendirilirken,

Proje Zaman Planı, Yatırım Miktarı ve Müşteri Memnuniyeti kriterleri en düşük önem puanlarına sahiptir.

#### 4.1.4. Normalize Değerler, Ağırlıklar ve Tutarlılık Analizi

Karşılaştırma matrisi normalize edilerek her kriter için ağırlıklar hesaplanmıştır. Aşağıdaki tabloda normalize edilmiş değerler ve kriter ağırlıkları (W) verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Normalize Değerler ve AHP Kriter Ağırlıkları

Kriter	Proje Zaman Planı	Devlet Desteği	Yatırım Miktarı	Müşteri Memnuniyeti	Tahakkuk	Tahsilat	Kayıp Kaçak	Ağırlık (W)
Proje Zaman Planı	0,026	0,01	0,012	0,016	0,023	0,045	0,025	0,022
Destek Durumu	0,132	0,05	0,071	0,188	0,07	0,05	0,032	0,085
Yatırım Miktarı	0,079	0,025	0,035	0,01	0,03	0,05	0,032	0,037
Müşteri Memnuniyeti	0,053	0,008	0,106	0,031	0,03	0,05	0,025	0,043
Tahakkuk	0,237	0,151	0,247	0,22	0,211	0,201	0,222	0,213
Tahsilat	0,237	0,403	0,282	0,251	0,423	0,402	0,444	0,349
Kayıp Kaçak	0,237	0,352	0,247	0,283	0,211	0,201	0,222	0,25

Normalize edilen değerler ve ortalamaları esas alınarak hesaplanan ağırlıklar, yukarıdaki Çizelge 4.2'de belirtilen ağırlıklarla uyumludur. Bu da analizde tutarlılığın sağlandığını gösterir.

Ayrıca, analizde tutarlılık indeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR) hesaplanmıştır:

**Çizelge 4.3.** Tutarlılık Kontrolü (Consistency Ratio)

Parametre	Değer
$\lambda_{max}$ (Landamax)	7,7218
CI (Tutarlılık İndeksi)	0,1203
CR (Tutarlılık Oranı)	0,0911 □

CR değeri 0,10'un altında (0,0911) olduğu için karşılaştırmaların tutarlı olduğu kabul edilmiştir. Bu sonuç, karar vericilerin kıyaslamalarının mantıklı ve güvenilir olduğunu doğrulamaktadır.

Karar vericiler tarafından yapılan karşılaştırmalar sonucunda, her kriter için göreceli önem ağırlıkları AHP yöntemiyle belirlenmiştir. Aşağıdaki tabloda kriterler ve bunların ağırlıkları görülmektedir:

**Çizelge 4.4.** Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile Hesaplanan Kriter Ağırlıkları

Kriter	Ağırlık
Proje Zaman Planı	0,0224 (en düşük)
Devlet Desteği	0,0848
Yatırım Miktarı - Bütçe	0,0374
Müşteri Memnuniyeti	0,0433
Tahakkuk	0,2127
Tahsilat	0,3488 (en yüksek)
Kayıp Kaçak	0,2505

Bu sonuçlar göstermektedir ki, Tahsilat (0,3488) kriteri, projelerin değerlendirilmesinde en yüksek öneme sahiptir. Bunu sırasıyla Kayıp Kaçak (0,2505) ve Tahakkuk (0,2127) kriterleri takip etmektedir. Buna karşılık, klasik proje yönetim kriterlerinden olan Proje Zaman Planı (0,0224) ve Müşteri Memnuniyeti

(0,0433) en düşük önceliğe sahiptir.

#### 4.1.5. Projelerin Genel Performans Skorları ve Önceliklendirilmesi

AHP kriter ağırlıkları ve projelerin kriter bazlı performans değerleri dikkate alınarak, her proje için genel skorlar hesaplanmıştır. Şekil 4.1’de, projelerin AHP skorlarına göre önceliklendirilmesi görselleştirilmiştir.

En yüksek önceliğe sahip proje, 0,7942 AHP skoru ile Proje 5 (Kesinti Yönetim Sistemi) olmuştur. Bu sonuç, söz konusu projenin kriter ağırlıkları çerçevesinde en yüksek toplam faydayı sağladığını göstermektedir.

İkinci sırada, 0,7358 skoru ile Proje 2 (Yatırım Yönetim Sistemi) yer almakta olup, bu proje de öncelikli yatırım seçenekleri arasında değerlendirilmektedir.

Orta öncelik grubunda yer alan projeler; 0,6853 skoru ile Proje 4 (Abone Yönetim Sistemi), 0,5557 skoru ile Proje 1 (Alacak Yönetim Sistemi) ve 0,5206 skoru ile Proje 7 (Envanter Yönetim Sistemi) şeklinde sıralanmaktadır.

Daha düşük öncelikli projeler arasında, 0,3931 skoru ile Proje 3 (Filo Yönetim Sistemi) ve yalnızca 0,0401 skoru ile Proje 6 (Talep Takip Sistemi) yer almaktadır. Özellikle Proje 6’nın düşük skoru, değerlendirme kriterlerine göre yetersiz kaldığını ya da bazı veri eksiklikleri içerdiğini işaret edebilir; bu nedenle detaylı kontrol önerilmektedir.

Bu önceliklendirme, sınırlı kaynaklarla gerçekleştirilecek yatırımların etkin planlamasına katkı sağlamakta ve karar vericilere stratejik yol haritası sunmaktadır.

Çizelge 4.5. Projelerin AHP Yöntemine Göre Değerlendirme Matrisi

Proje Adı	Proje Zaman Planı(Min)	Destek Durumu (Max)	Yatırım Miktarı (Min)	Müşteri Memnuniyeti (Max)	Tahakkuk (Max)	Tahsilat (Max)	Kayıp Kaçak (Min)
<b>Ağırlıklar (AHP)</b>	0,0224	0,0848	0,0374	0,0433	0,2127	0,3488	0,2505
Proje1 – Alacak Yön. Sistemi	180	0,15	90	0,7	0,5	0,9	0,1
Proje2 – Yatırım Yön. Sistemi	330	0,2	210	0,1	0,7	0,7	0,9
Proje3 – Filo Yön. Sistemi	270	0,65	1800	0,6	0,3	0,1	0,5
Proje4 – Abone Yön. Sistemi	200	0,3	460	0,7	0,9	0,5	0,7
Proje5 – Kesinti Yön. Sistemi	360	0,9	700	0,9	0,9	0,5	0,8
Proje6 – Talep Takip Sistemi	90	0,05	1200	0,1	0	0	0
Proje7 – Envanter Yön. Sistemi	300	0,8	580	0,5	0,1	0,3	0,9

Bu çalışmada, teknoloji yatırımı projeleri Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile değerlendirilmiş ve projelerin önceliklendirilmesinde yedi farklı kriter esas alınmıştır. Kriter ağırlıkları AHP yöntemiyle hesaplanmış olup, en yüksek ağırlıklar sırasıyla tahsilat (%34,88), kayıp-kaçak oranı (%25,05) ve tahakkuk (%21,27) kriterlerine atanmıştır. Bu durum, karar vericilerin özellikle gelirle ilişkili finansal performans göstergelerine öncelik verdiğini ortaya koymaktadır. Diğer yandan, proje zaman planı (%2,24) ve yatırım miktarı (%3,74) gibi kriterler daha düşük ağırlıklara sahip olup, sıralama üzerindeki etkileri sınırlı kalmıştır. Kriterlerin yönelimi dikkate alındığında; proje zaman planı, yatırım bütçesi ve kayıp-kaçak oranı minimize edilmesi gereken ölçütler olarak tanımlanırken; destek durumu, müşteri memnuniyeti, tahakkuk ve tahsilat ise maksimize edilmesi gereken kriterler olarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda projeler arasında yapılan karşılaştırmada, özellikle tahsilat ve tahakkuk oranları yüksek, kayıp-kaçak oranı düşük olan projeler öne çıkmıştır. Örneğin, Kesinti Yönetim Sistemi Projesi birçok kriterde yüksek performans sergileyerek en öncelikli yatırım alternatifi olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, Talep Takip Sistemi Projesi düşük kriter puanları nedeniyle en alt sırada yer almıştır. Elde edilen bulgular, çok kriterli karar verme yaklaşımı ile teknoloji yatırımı projelerinin objektif biçimde sıralanabileceğini ve kaynakların daha etkin şekilde tahsis edilebileceğini göstermektedir.

#### 4.1.6. AHP Sıralama

AHP analizine göre, projeler arasında en yüksek önceliğe sahip alternatif “Proje1 – Alacak Yönetim Sistemi” (0,2117) olarak belirlenmiştir; bu proje, tüm kriterlerde dengeli ve tutarlı bir performans göstermiştir. Bunu, devlet desteği ve tahakkuk kriterlerindeki güçlü katkılarıyla “Proje5 – Kesinti Yönetim Sistemi” (0,1628) ve kayıp-kaçak yönetimindeki yüksek skoruyla “Proje6 – Talep Takip Sistemi” (0,1553) takip etmektedir. “Proje4 – Abone Yönetim Sistemi” (0,1446) ve “Proje2 – Yatırım Yönetim Sistemi” (0,1387) orta sıralarda yer alırken, kriter ağırlıklarının çoğunda düşük değerler elde eden “Proje3 – Filo Yönetim Sistemi” (0,0951) ve “Proje7 – Envanter Yönetim Sistemi” (0,0918) son sıralarda konumlanmıştır. Bu sonuçlar, şirketin stratejik önceliklerine ve operasyonel etkinlik hedeflerine uygun olarak proje önceliklendirmesi yapılmasına imkân tanımaktadır.

**Çizelge 4.6.** AHP Yöntemi ile Proje Alternatiflerinin Kriterler Doğrultusunda Değerlendirilmesi

Sıra	Proje	Proje Zaman Planı	Destek Durumu	Yatırım Miktarı	Müşteri Memnuniyeti	Tahakkuk	Tahsilat	Kayıp Kaçak	AHP Skoru
1	Proje1 - Alacak Yönetim Sistemi	0.00360	0.00417	0.00067	0.00847	0.03128	0.09618	0.06729	<b>0.21165</b>
2	Proje5 - Kesinti Yönetim Sistemi	0.00180	0.02502	0.00519	0.01084	0.05242	0.05707	0.01050	<b>0.16284</b>
3	Proje6 - Talep Takip Sistemi	0.00721	0.00139	0.00894	0.00120	0.00382	0.00626	0.12650	<b>0.15532</b>
4	Proje4 - Abone Yönetim Sistemi	0.00324	0.00834	0.00342	0.00845	0.05242	0.05707	0.01163	0.14457
5	Proje2 - Yatırım Yönetim Sistemi	0.00197	0.00556	0.00156	0.00120	0.04186	0.07697	0.00959	0.13872
6	Proje3 - Filo Yönetim Sistemi	0.00240	0.01807	0.01334	0.00720	0.02079	0.01790	0.01538	0.09508
7	Proje7 - Envanter Yönetim Sistemi	0.00216	0.02224	0.00430	0.00601	0.01015	0.03739	0.00958	0.09183

AHP yöntemiyle yapılan değerlendirme sonucunda, projeler arasında en yüksek önceliğe sahip olan proje Proje1 - Alacak Yönetim Sistemi olmuştur. Bu proje 0,21’lik AHP skoru ile stratejik açıdan diğer projelerin önüne geçmektedir. Onu Proje2 - Yatırım Yönetim Sistemi ve Proje3 - Filo Yönetim Sistemi 0,16’lık skorlarla takip etmektedir. Kesinti Yönetim Sistemi ve Abone Yönetim Sistemi projeleri eşit skorlarla orta düzey önceliğe sahip alternatiflerdir. En düşük öncelikli projeler ise 0,10 ve 0,09’luk skorlarıyla sırasıyla Talep Takip Sistemi ve Envanter Yönetim Sistemi olmuştur. Bu dağılım, karar vericilere sınırlı kaynakların hangi

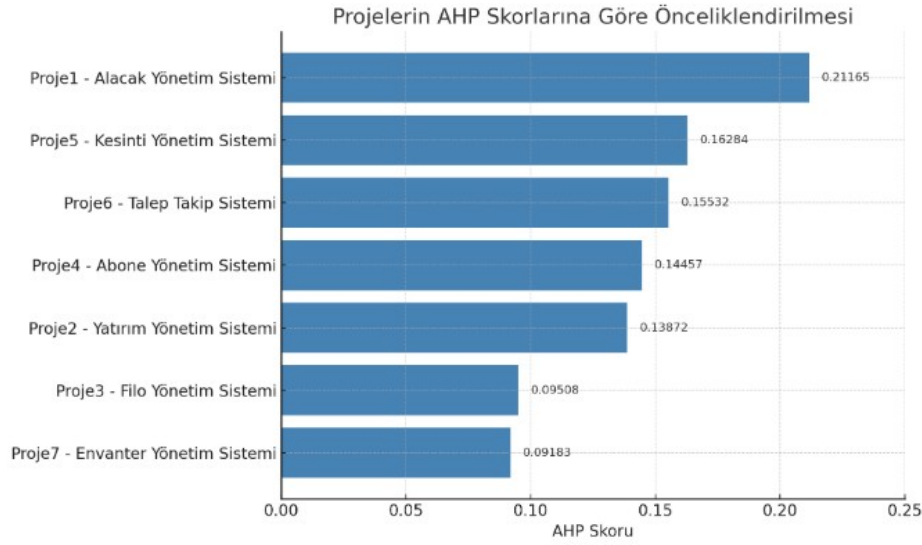
projelere öncelikli olarak tahsis edilmesi gerektiği konusunda yol göstermektedir.

**Çizelge 4.7.** AHP Yöntemi ile Proje Alternatiflerinin Kriterler Doğrultusunda Değerlendirilmesi

Proje	AHP Skoru
Proje1 - Alacak Yönetim Sistemi	0.21165
Proje5 - Kesinti Yönetim Sistemi	0.16284
Proje6 - Talep Takip Sistemi	0.15532
Proje4 - Abone Yönetim Sistemi	0.14457
Proje2 - Yatırım Yönetim Sistemi	0.13872
Proje3 - Filo Yönetim Sistemi	0.09508
Proje7 - Envanter Yönetim Sistemi	0.09183

**-Alacak Yönetim Sistemi (Proje1)**, kriterler doğrultusunda en yüksek puanı alarak en öncelikli yatırım projesi olarak öne çıkmıştır.

**-Envanter Yönetim Sistemi (Proje7)**, kriterlerde çok düşük performans gösterdiğinden son sırada yer almıştır.



**Şekil 4.1.** Projelerin AHP Skorlarına Göre Önceliklendirilmesi

Yapılan AHP analizi sonuçları, projelerin başarı ve önceliklendirilmesinde finansal performansın (özellikle tahsilat) ve operasyonel verimlilik unsurlarının (tahakkuk ve kayıp-kaçak oranları) kritik rol oynadığını ortaya koymuştur. Bu durum, klasik proje yönetimi göstergeleri olan zaman planı, yatırım miktarı ve müşteri memnuniyetinden farklı olarak, karar vericilerin önceliklendirme sürecinde teknik ve finansal sürdürülebilirlik faktörlerine daha fazla ağırlık verdiklerini göstermektedir.

Bununla birlikte, bazı projelerde yüksek bütçe ve devlet desteğine rağmen operasyonel çıktılarda düşük performans gözlenmesi, kaynak kullanımının etkinliğinin artırılması gerektiğine işaret etmektedir. Ayrıca, müşteri memnuniyeti gibi daha düşük ağırlıkla değerlendirilmiş olsa da, bazı projelerde (örneğin Proje 2) bu kriterin çok düşük olması, hizmet kalitesinin geliştirilmesi açısından önemli bir uyarı olarak değerlendirilebilir.

Bu kapsamda, projelerin önceliklendirilmesi ve kaynak tahsisi kararlarının, elde edilen AHP ağırlıklarına ve proje performans analizlerine göre yapılması, kurumsal hedeflere ulaşmada daha başarılı sonuçlar doğuracaktır.

## 4.2. PROMETHEE Yöntemiyle Proje Değerlendirme Bulguları

Bu bölümde, yedi farklı proje alternatifinin çok kriterli karar verme tekniklerinden PROMETHEE yöntemiyle değerlendirilmesine ilişkin bulgular sunulmaktadır. PROMETHEE yöntemi, kriterlerin ağırlıkları ve min/max yönelimleri dikkate alınarak projeler arası karşılaştırma yapılmasını ve nihai bir sıralama elde edilmesini sağlamaktadır.

### 4.2.1. Kriter Ağırlıkları ve Etki Düzeyleri

Çalışmada kullanılan toplam yedi kriterin, karar verme sürecindeki önem derecelerini gösteren ağırlıkları ve bu kriterlerin min (minimizasyon) veya max (maksimizasyon) yönünde optimize edilip edilmediği aşağıdaki tabloda sunulmaktadır:

**Çizelge 4.8.** PROMETHEE Kriterler ve Ağırlıklar

Kriter	Ağırlık	Min/Max
Proje Zaman Planı	0,022	Min
Destek Durumu (Devlet Desteği)	0,085	Max
Yatırım Miktarı - Bütçe	0,037	Min
Müşteri Memnuniyeti	0,043	Max
Tahakkuk	0,213	Max
Tahsilat	0,349	Max
Kayıp Kaçak	0,251	Min

Ağırlık değerlerine göre en önemli kriterlerin sırasıyla **Tahsilat (0,349)**, **Kayıp Kaçak (0,251)** ve **Tahakkuk (0,213)** olduğu görülmektedir. Bu durum, karar vericiler açısından projelerin değerlendirilmesinde özellikle bu üç kriterin belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, Proje Zaman Planı (0,022) en düşük ağırlık değerine sahip olup, projelerin genel değerlendirmesine etkisinin sınırlı olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.9. Kriter Ağırlıklarıyla Etkileşim

Kriter	Ağırlık	Etkisi
Proje Zaman Planı	0,022	Düşük (Min)
Destek Durumu	0,085	Orta-düşük (Max)
Yatırım Bütçesi	0,037	Düşük (Min)
Müşteri Memnuniyeti	0,043	Düşük (Max)
Tahakkuk	0,213	Yüksek (Max)
Tahsilat	0,349	Çok yüksek (Max)
Kayıp Kaçak	0,251	Yüksek (Min)

#### 4.2.2. Proje Performanslarının Normalizasyonu ve Ön Analizi

Projelerin kriterlere göre normalize edilmiş performansları [0,1] aralığına dönüştürülerek karşılaştırılabilir hâle getirilmiştir. Bu süreçte, maksimuma göre optimize edilen kriterlerde daha yüksek değerler tercih edilirken; minimuma göre optimize edilen kriterlerde düşük değerler tercih edilmiştir.

Bu değerlendirme sonucunda yapılan ön analizler şu şekildedir:

**-Proje1 – Alacak Yönetim Sistemi:** Tahsilat (1), Kayıp Kaçak (0,89), Yatırım Bütçesi (1) gibi ağırlığı yüksek kriterlerde güçlü performans sergilemiştir.

**-Proje4 – Abone Yönetim Sistemi:** Tahakkuk (1) ve diğer kriterlerde dengeli bir performans göstermiştir.

**-Proje5 – Kesinti Yönetim Sistemi:** Müşteri Memnuniyeti ve Tahakkuk kriterlerinde yüksek performans gösterse de, Kayıp Kaçak ve Zaman Planı kriterlerinde zayıftır.

**-Proje6 – Talep Takip Sistemi:** Yalnızca Zaman Planı ve Kayıp Kaçak kriterlerinde iyidir; diğer tüm kriterlerde zayıf performans göstermektedir.

**-Proje2 – Yatırım Yönetim Sistemi:** Tahakkuk ve Tahsilat değerleri iyidir;

fakat memnuniyet ve kayıp-kaçakta başarısızdır.

**-Proje3 – Filo Yönetim Sistemi:** Destek ve memnuniyet orta düzeyde; ancak tahsilat ve yatırım kriterlerinde zayıftır.

**-Proje7 – Envanter Yönetim Sistemi:** Destek durumu iyi olsa da, tahakkuk ve tahsilat gibi yüksek ağırlıklı kriterlerde düşük performans sergilemiştir.

#### 4.2.3. Pozitif Tercih Akışı ( $Q^+$ ) Analizi

Analiz sonucunda, Proje1 (0,4486) en yüksek pozitif tercih akışına sahiptir. Bu sonuç, Proje1'in diğer projelere kıyasla çok daha fazla tercih edilen bir proje olduğunu göstermektedir. Proje5 (0,2788) ve Proje4 (0,2456) sırasıyla ikinci ve üçüncü sıradadır.

**Çizelge 4.10.** PROMETHEE Karşılaştırma Matrisi (Normalize Edilmiş Tercih Akışları)

Proje Adı	$Q^+$ (Pozitif Akış)	$Q^-$ (Negatif Akış)	$\Phi$ (Net Akış)	Sıralama
Proje1 - Alacak Yönetim Sistemi	0,4486	0,082	<b>0,3666</b>	<b>1.</b>
Proje5 - Kesinti Yönetim Sistemi	0,2788	0,1431	<b>0,1357</b>	<b>2.</b>
Proje4 - Abone Yönetim Sistemi	0,2456	0,1383	<b>0,1073</b>	<b>3.</b>
Proje2 - Yatırım Yönetim Sistemi	0,2277	0,2058	<b>0,0219</b>	4.
Proje3 - Filo Yönetim Sistemi	0,1305	0,3111	<b>-0,1806</b>	5.
Proje6 - Talep Takip Sistemi	0,1983	0,4133	<b>-0,2150</b>	6.
Proje7 - Envanter Yönetim Sistemi	0,0959	0,3318	<b>-0,2359</b>	7.

#### 4.2.4. Net Akış ( $\Phi$ ) Analizi ve Nihai Sıralama

PROMETHEE yönteminin temel çıktılarından biri olan net akış ( $\Phi = Q^+ - Q^-$ ) değeri, her bir projenin genel tercih edilirliliğini yansıtmaktadır. Net akış değeri pozitif olan projeler daha tercih edilebilir, negatif olan projeler ise daha az tercih edilen alternatiflerdir. Bu kapsamda yapılan analiz sonucunda, projelere ait net akış değerleri ve sıralamaları aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

Çizelge 4.11. Net Akış ( $\Phi = Q^+ - Q^-$ ) ve Proje Sıralaması

Proje Adı	Q <sup>+</sup> (Pozitif Akış)	Q <sup>-</sup> (Negatif Akış)	$\Phi$ (Net Akış)	Sıralama
Proje1 - Alacak Yönetim Sistemi	0,4486	0,0820	<b>0,3666</b>	<b>1.</b>
Proje5 - Kesinti Yönetim Sistemi	0,2788	0,1431	<b>0,1357</b>	<b>2.</b>
Proje4 - Abone Yönetim Sistemi	0,2456	0,1383	<b>0,1073</b>	<b>3.</b>
Proje2 - Yatırım Yönetim Sistemi	0,2277	0,2058	<b>0,0219</b>	4.
Proje3 - Filo Yönetim Sistemi	0,1305	0,3111	<b>-0,1806</b>	5.
Proje6 - Talep Takip Sistemi	0,1983	0,4133	<b>-0,2150</b>	6.
Proje7 - Envanter Yönetim Sistemi	0,0959	0,3318	<b>-0,2359</b>	7.

Yukarıdaki net akış değerleri dikkate alındığında, **Proje1 - Alacak Yönetim Sistemi** tüm kriterlere göre en üstün proje olarak belirlenmiştir. Bu proje hem en yüksek pozitif akışa sahip ( $Q^+ = 0,4486$ ) hem de en düşük negatif akış değerine sahiptir ( $Q^- = 0,0820$ ), bu da onun diğer projelere karşı hem güçlü hem de istikrarlı bir üstünlük sağladığını göstermektedir.

**Proje5 - Kesinti Yönetim Sistemi ve Proje4 - Abone Yönetim Sistemi** sırasıyla ikinci ve üçüncü sırada yer almakta olup, bu projeler de yüksek pozitif akış ve düşük negatif akış değerleriyle dikkat çekmektedir. Özellikle Proje5, müşteri memnuniyeti ve tahakkuk gibi kriterlerde yüksek performans göstererek sıralamada üst konuma yükselmiştir.

Diğer yandan, Proje2 pozitif bir net akış değerine sahip olmakla birlikte sıralamada orta düzeyde kalmıştır. Bu, bazı kriterlerde iyi performans göstermesine

rağmen özellikle yüksek ağırlıklı kriterlerdeki eksikliklerinden kaynaklanmaktadır.

**Proje3, Proje6 ve Proje7** ise negatif net akışa sahip olup, bu projelerin kriterlerin çoğunda ya düşük performans gösterdiği ya da yüksek ağırlıklı kriterlerde yeterli başarı sağlayamadığı görülmektedir. Özellikle Proje6 - Talep Takip Sistemi, en yüksek negatif akış değeriyle en düşük sıralamaya sahip projedir ve bu durum, projenin tercih edilme olasılığının son derece düşük olduğunu ortaya koymaktadır.

#### 4.2.5. PROMETHEE Bulgularının Yorumu

Bu analizden elde edilen bulgular çerçevesinde aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

Kriterlerin ağırlıklarının etkisi büyüktür. Tahsilat (%34,9), kayıp-kaçak (%25,1) ve tahakkuk (%21,3) kriterleri toplam ağırlığın yaklaşık %81'ini oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu üç kriterdeki performans, proje sıralamasını büyük ölçüde belirlemiştir.

**Proje1**, bu üç kriterin ikisinde (%100 tahsilat, %89 kayıp-kaçak) mükemmel performans göstermekte ve tahakkuk değerinde de ortalamanın üzerindedir. Bu, proje için çok güçlü bir avantaj yaratmıştır.

**Proje5**, müşteri memnuniyeti ve tahakkukta tam puan almasına rağmen, kayıp-kaçakta zayıf kalmıştır. Yine de genel performansı dengelidir ve ikinci sırayı hak etmektedir.

**Proje4**, dengeli yapısı ve tahakkukta gösterdiği yüksek performansla sıralamada ilk üçte yer almayı başarmıştır.

Negatif net akışa sahip projeler, tercih edilme olasılığı düşük, yeniden değerlendirme veya iyileştirme gerektiren projelerdir. Bu projelerin öncelikli olmaması gerektiği, karar vericiler için önemli bir bulgudur.

**PROMETHEE yöntemi**, çok kriterli karar verme sürecinde projelerin objektif biçimde kıyaslanmasını sağlayarak karar vericilerin daha isabetli seçimler yapmasına katkıda bulunmuştur.

#### 4.3. VIKOR Yöntemi ile Proje Değerlendirme ve Sıralaması

Bu çalışmada yedi adet kriter üzerinden projelerin performansları VIKOR yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Kriterlerin bazıları minimize edilmesi gereken (min), bazıları ise maksimize edilmesi gereken (max) hedefler içermektedir. Ayrıca, her kriterin karar sürecine olan etkisini yansıtan ağırlıklar belirlenmiştir. Aşağıda kriterlerin yönü ve ağırlıkları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** VIKOR Kriterler ve Ağırlıklar

Kriter	Yön	Ağırlık
Proje Zaman Planı	Min	0,022
Destek Durumu (devlet desteği)	Max	0,085
Yatırım Miktarı – Bütçe	Min	0,037
Müşteri Memnuniyeti	Max	0,043
Tahakkuk	Max	0,213
Tahsilat	Max	0,349
Kayıp Kaçak	Min	0,251

Tablodan da görülebileceği üzere, tahsilat (%34,9), kayıp-kaçak (%25,1) ve tahakkuk (%21,3) kriterleri karar verme sürecinde en yüksek ağırlıklara sahip olup, projenin başarısının değerlendirilmesinde en kritik unsurlar olarak öne çıkmaktadır.

#### 4.3.1. Proje Bazlı Kriter Değerlendirmesi

Projeler, söz konusu kriterler doğrultusunda detaylı biçimde incelenmiş ve her proje için performans değerlendirilmesi aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

##### **Proje1 – Alacak Yönetim Sistemi:**

-En düşük yatırım maliyeti (90 bin TL) ve yüksek tahsilat oranı (0.9).

-Kayıp-kaçak oranı (0.1) oldukça düşük olup avantaj sağlamaktadır.

-Proje zaman planı (180 gün) da diğer projelere kıyasla kısa ve avantajlıdır.

-Tahsilat ve kayıp-kaçak gibi yüksek ağırlıklı kriterlerdeki üstün performansı nedeniyle VIKOR analizinde en başarılı adaylardan biri olarak ortaya çıkmaktadır.

#### **Proje4 – Abone Yönetim Sistemi:**

-Tahakkuk (0.9) ve müşteri memnuniyeti (0.7) alanlarında yüksek performans göstermektedir.

-Yatırım bütçesi orta seviyede (460 bin TL), kayıp-kaçak ise nispeten yüksek (0.7) olarak ölçülmüştür.

-Genel olarak dengeli bir performans sunmakta ve VIKOR sıralamasında muhtemelen ilk üçte yer almaktadır.

#### **Proje5 – Kesinti Yönetim Sistemi:**

-Müşteri memnuniyeti (0.9) ve tahakkuk (0.9) çok yüksek olmasına rağmen, proje zaman planı (360 gün) ve kayıp-kaçak (0.8) oranları oldukça yüksektir.

-Bu durum, VIKOR yöntemi kapsamında maksimum sapma (R) değerini yükselterek sıralamada orta pozisyonlara gerilemesine neden olmaktadır.

#### **Proje6 – Talep Takip Sistemi:**

-Yalnızca proje zaman planı (90 gün) avantajlı iken, diğer tüm kriterlerde (tahakkuk, tahsilat, kayıp-kaçak, müşteri memnuniyeti ve destek durumu) çok düşük ya da sıfıra yakın değerler göstermektedir.

-Bu durum, VIKOR skorunun en kötü seviyede olmasına ve projenin sıralamada en alt basamakta yer almasına yol açmaktadır.

#### **Proje2 – Yatırım Yönetim Sistemi:**

-Tahsilat ve tahakkuk kriterlerinde orta seviyede performans sergilemekle birlikte, müşteri memnuniyeti ve proje zaman planı açısından oldukça düşük puanlar almaktadır.

-Bu nedenle VIKOR analizinde orta-üst seviyede bir sıralama elde etmektedir.

**Proje3 – Filo Yönetim Sistemi:**

-Devlet desteği (0.65) yüksek olsa da, yatırım bütçesinin çok yüksek olması (1800 bin TL) ve tahsilatın çok düşük (0.1) olması projenin genel performansını olumsuz etkilemiştir.

-Kayıp-kaçak oranı da yüksek seviyededir (0.5), bu da cezalandırıcı etki yaratmaktadır. Bu nedenlerle proje alt sıralarda yer almaktadır.

**Proje7 – Envanter Yönetim Sistemi:**

-Tahakkuk (0.1) ve tahsilat (0.3) çok düşük, kayıp-kaçak ise yüksek (0.9) değerlere sahiptir.

-Devlet desteği ve yatırım bütçesi orta seviyededir ancak performans dengesizliği VIKOR analizinde son sıralara düşmesine neden olmaktadır.

Çizelge 4.13. Proje Alternatifleri için VIKOR Yöntemi Girdileri ve Kriter Limitleri

Proje Adı	Proje Zaman Planı	Destek Durumu (devlet desteği)	Yatırım Miktarı – Bütçe (bin TL)	Müşteri Memnuniyeti	Tahakkuk	Tahsilat	Kayıp Kaçak
Proje1 - Alacak Yönetim Sistemi	180	0,15	90	0,7	0,5	0,9	0,1
Proje2 - Yatırım Yönetim Sistemi	330	0,2	210	0,1	0,7	0,7	0,9
Proje3 - Filo Yönetim Sistemi	270	0,65	1800	0,6	0,3	0,1	0,5
Proje4 - Abone Yönetim Sistemi	200	0,3	460	0,7	0,9	0,5	0,7
Proje5 - Kesinti Yönetim Sistemi	360	0,9	700	0,9	0,9	0,5	0,8
Proje6 - Talep Takip Sistemi	90	0,05	1200	0,1	0	0	0
Proje7 - Envanter Yönetim Sistemi	300	0,8	580	0,5	0,1	0,3	0,9
<b>İdeal (En iyi)</b>	90	0,9	90	0,9	0,9	0,9	0
<b>Anti-İdeal (En kötü)</b>	360	0,05	1800	0,1	0	0	0,9

Proje7 – Envanter Yönetim Sistemi, kriterler bazında en yüksek toplam skora (0,7319) ulaşarak ilk sırada yer almıştır. Özellikle tahakkuk, tahsilat ve kayıp-kaçak kriterlerinde yüksek katkı sağlaması bu sonucu doğurmuştur. Proje6 ve Proje3 de yüksek tahakkuk ve tahsilat katkıları sayesinde üst sıralarda yer almıştır. En düşük toplam skoru (0,2155) alan Proje1 – Alacak Yönetim Sistemi, bu haliyle en düşük önceliğe sahip proje olarak değerlendirilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Proje Alternatiflerinin Kriter Bazlı Skorları ve Toplam Değerlendirme Sonuçları

Sıra	Proje	PZP	Destek	Yatırım	Memnuniyet	Tahakkuk	Tahsilat	Kayıp Kaçak	Toplam Skor
1	Proje7 – Envanter Yönetim Sistemi	0.0174	0.0100	0.0107	0.0217	0.1891	0.2326	0.2505	<b>0.7319</b>
2	Proje6 – Talep Takip Sistemi	0.0000	0.0848	0.0243	0.0433	0.2127	0.3488	0.0000	<b>0.7140</b>
3	Proje3 – Filo Yönetim Sistemi	0.0149	0.0249	0.0374	0.0163	0.1418	0.3101	0.1392	<b>0.6846</b>
4	Proje2 – Yatırım Yönetim Sistemi	0.0199	0.0698	0.0026	0.0433	0.0473	0.0775	0.2505	0.5110
5	Proje4 – Abone Yönetim Sistemi	0.0091	0.0598	0.0081	0.0108	0.0000	0.1550	0.1948	0.4378
6	Proje5 – Kesinti Yönetim Sistemi	0.0224	0.0000	0.0134	0.0000	0.0000	0.1550	0.2226	0.4134
7	Proje1 – Alacak Yönetim Sistemi	0.0075	0.0748	0.0000	0.0108	0.0945	0.0000	0.0278	0.2155

VIKOR yöntemine göre en uygun proje Proje1 – Alacak Yönetim Sistemi olup, hem toplam fark (S<sub>j</sub>) hem de maksimum fark (R<sub>j</sub>) açısından en düşük değerlere sahiptir ve Q<sub>j</sub> skoru 0'dır. Bu, söz konusu projenin ideal çözüme en yakın alternatif olduğunu göstermektedir. Onu Proje4 – Abone Yönetim Sistemi ve Proje5 – Kesinti Yönetim Sistemi takip etmektedir.

En düşük sıralarda yer alan Proje6 – Talep Takip Sistemi, Q<sub>j</sub> değeri en yüksek proje olup ideal çözüme en uzak alternatif olarak değerlendirilmektedir. Bu sonuçlar, karar vericilere hangi projelerin stratejik olarak önceliklendirilmesi gerektiği konusunda önemli bir temel sunmaktadır.

**Çizelge 4.15.** VIKOR Yöntemi ile Projelerin Toplam Sapma (S), Maksimum Sapma (R) ve Kompromis Sıralama Değerleri (Q) ve Sıralamaları

Sıra	Proje	S <sub>j</sub>	R <sub>j</sub>	Q <sub>j</sub>
1	Proje1 – Alacak Yönetim Sistemi	0.2155	0.0945	<b>0.0000</b>
2	Proje4 – Abone Yönetim Sistemi	0.4378	0.1948	<b>0.4123</b>
3	Proje5 – Kesinti Yönetim Sistemi	0.4134	0.2226	<b>0.4435</b>
4	Proje2 – Yatırım Yönetim Sistemi	0.5110	0.2505	0.5927
5	Proje7 – Envanter Yönetim Sistemi	0.7319	0.2505	0.8066
6	Proje3 – Filo Yönetim Sistemi	0.6846	0.3101	0.8780
7	Proje6 – Talep Takip Sistemi	0.7140	0.3488	0.9827

#### 4.3.2. Kriter Bazında Genel Durumun Değerlendirilmesi

**-Proje Zaman Planı (Minimize Edilecek):** En iyi değer 90 gün ile Proje6'ya ait olup en kısa süreli proje olarak öne çıkmaktadır. En kötü değer ise 360 gün ile Proje5'e aittir. Proje1 ve Proje6 bu kriterde avantajlı konumdadır.

**-Destek Durumu (Maksimize Edilecek):**Proje5 ve Proje7, sırasıyla 0.9 ve 0.8 ile devlet desteği açısından en yüksek seviyede bulunurken, Proje6 çok düşük (0.05) destek oranıyla dezavantajlıdır.

**-Yatırım Miktarı – Bütçe (Minimize Edilecek):** Proje1 en düşük yatırım bütçesi (90 bin TL) ile ekonomik açıdan avantajlıdır. Proje3 ise en yüksek bütçeye (1800 bin TL) sahiptir.

**-Müşteri Memnuniyeti (Maksimize Edilecek):**Proje5 en yüksek müşteri memnuniyeti (0.9) değerini alırken, Proje2 ve Proje6 (0.1) en düşük memnuniyet seviyesine sahiptir.

**-Tahakkuk (Maksimize Edilecek):**Proje4 ve Proje5, 0.9 ile tahakkuk kriterinde üstün performans gösterirken, Proje6 hiç tahakkuk sağlamamıştır (0).

**-Tahsilat (Maksimize Edilecek):**Proje1 yüksek tahsilat oranı (0.9) ile dikkat çekerken, Proje6 bu kriterde sıfır değer almıştır.

**-Kayıp Kaçak (Minimize Edilecek):** En iyi değer Proje6'ya (0) ait olup kayıp-kaçakta en düşük orana sahiptir. Proje2 ve Proje7 ise yüksek kayıp-kaçak oranları (0.9) ile en kötü durumdadır.

#### 4.3.3. VIKOR Açısından Kritik Gözlemler ve Sıralama

VIKOR yöntemiyle projelerin performansları değerlendirilirken, toplam sapma (S), maksimum sapma (R) ve nihai karar indeksi (Q) hesaplanmıştır. Genel değerlendirme aşağıda özetlenmiştir:

**Proje1 – Alacak Yönetim Sistemi:** Çoğu kriterde dengeli ve yüksek performans göstermiştir. Özellikle zaman planı, yatırım bütçesi, tahsilat ve kayıp-kaçakta avantajlıdır. Devlet desteği düşük olmasına rağmen ağırlığı az olduğundan karar üzerindeki etkisi sınırlıdır. Bu projeye VIKOR sıralamasında birinci sırada yer verilmiştir.

**Proje4 – Abone Yönetim Sistemi:** Tahakkuk ve müşteri memnuniyetinde güçlüdür. Yatırım bütçesi orta, kayıp-kaçak biraz yüksek olsa da genel denge korunduğu için üst sıralarda yer alır.

**Proje5 – Kesinti Yönetim Sistemi:** Bazı kritik kriterlerde (müşteri memnuniyeti, devlet desteği, tahakkuk) en iyi performansı gösterir. Ancak proje zaman planı ve kayıp-kaçak yüksek olduğundan maksimum sapma değerleri artmakta ve nihai Q indeksi orta sıralarda kalmaktadır.

**Proje6 – Talep Takip Sistemi:** Sadece zaman planı ve kayıp-kaçak kriterlerinde avantajlıdır; diğer tüm alanlarda zayıf performans sergilemektedir. Bu nedenle VIKOR analizinde en kötü skorla sonuncu sıradadır.

**Proje2 – Yatırım Yönetim Sistemi:** Orta seviyelerde performans gösterirken kayıp-kaçak yüksek ve müşteri memnuniyeti düşük olduğundan orta sıralarda kalmıştır.

**Proje3 – Filo Yönetim Sistemi:** En yüksek yatırım bütçesine sahip olması ve düşük tahsilat oranı sebebiyle alt sıralarda yer almaktadır.

**Proje7 – Envanter Yönetim Sistemi:** Dengesiz ve düşük performans gösterdiği kriterler nedeniyle VIKOR’da alt sıralarda yer almıştır.

Çizelge 4.16. Genel VIKOR Sıralaması

Sıra	Proje Adı	Durum
1	Proje1 – Alacak Yönetim Sistemi	Dengeli, çoğu kriterde çok güçlü
2	Proje4 – Abone Yönetim Sistemi	Güçlü kriterler, az zayıf yön
3	Proje5 – Kesinti Yönetim Sistemi	Bazı kriterlerde çok iyi, ancak sapması yüksek
4	Proje2 – Yatırım Yönetim Sistemi	Orta kararlar, yüksek kayıp-kaçak
5	Proje7 – Envanter Yönetim Sistemi	Dengesiz performans
6	Proje3 – Filo Yönetim Sistemi	Kötü bütçe ve tahsilat
7	Proje6 – Talep Takip Sistemi	Pek çok kriterde en kötü

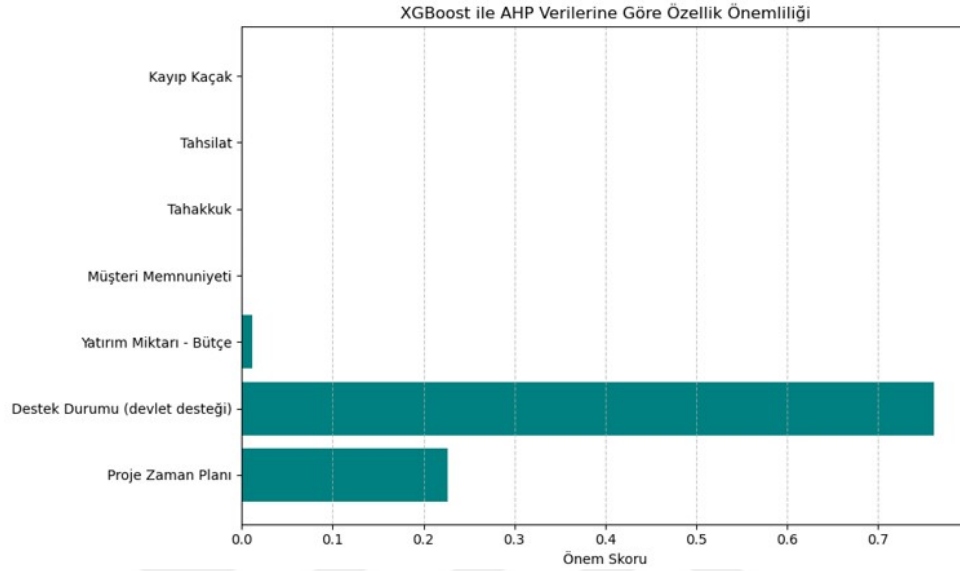
VIKOR yöntemi ile yapılan analizde, Proje1 – Alacak Yönetim Sistemi, yüksek tahsilat oranı, düşük kayıp-kaçak oranı, ekonomik yatırım maliyeti ve uygun zaman planı ile en dengeli ve başarılı proje olarak belirlenmiştir. Proje4 ve Proje5 ise belirli kriterlerde güçlü performans sergilemiş ve sıralamada üst pozisyonlarda yer almıştır. Öte yandan Proje6 ve Proje7, birçok kritikte yetersiz performans göstermeleri nedeniyle son sıralarda yer almaktadır.

Bu sonuçlar, VIKOR yönteminin çok kriterli karar verme problemlerinde farklı kriterlerin ağırlıklarını ve proje performanslarındaki dengeyi dikkate alarak güvenilir sıralamalar oluşturduğunu göstermektedir. Karar vericiler için bu analiz, hangi projelerin hem kritik kriterlerde üstün hem de genel olarak dengeli olduğunu objektif biçimde ortaya koymaktadır.

#### 4.4. XGBoost ile Kriter Önemlilik Analizi Bulguları

Bu bölümde, çok kriterli karar verme yöntemleri (AHP, PROMETHEE ve VIKOR) ile elde edilen proje değerlendirme sonuçlarının, XGBoost algoritması ile analiz edilmesi sonucu ortaya çıkan kriter önemlilik skorları ayrıntılı olarak sunulmaktadır. Bu analiz ile, makine öğrenmesi tabanlı modelin, karar destek

sürecine hangi kriterler aracılığıyla daha fazla katkı sağladığı ve AHP sürecindeki skorları açıklamada hangi değişkenlerin belirleyici olduğu detaylı biçimde değerlendirilmiştir.



**Şekil 4.2.** XGBoost ile AHP Verilerine Göre Özellik Önemliliği

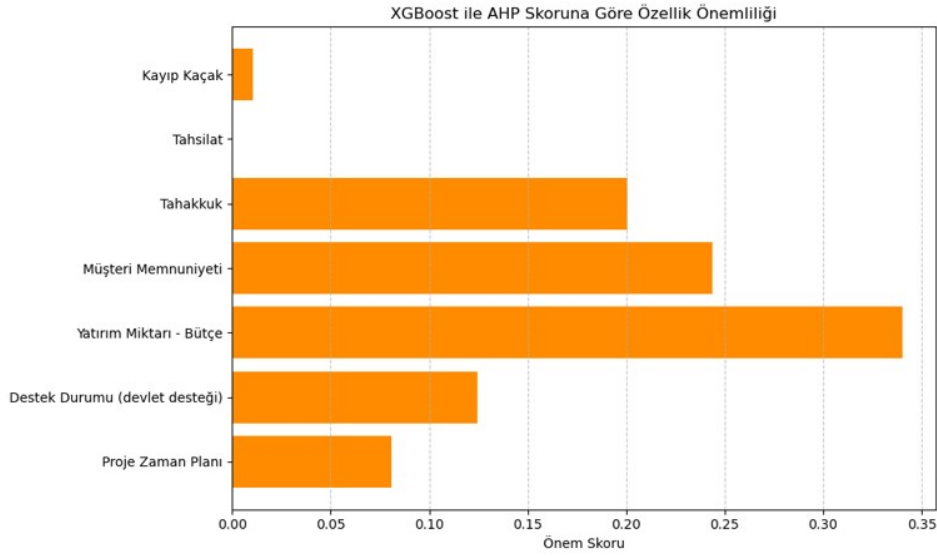
Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere, XGBoost modeli öğrenme sürecinde en yüksek önemi “Destek Durumu (devlet desteği)” kriterine atfetmiş ve yaklaşık 0.75’lik bir önem skoru belirlemiştir. Bu sonuç, devlet desteğinin AHP sürecinde belirlenen skorları tahmin etmede açık ara baskın rol oynadığını göstermektedir. Karar vericiler açısından bakıldığında, bu durum; devlet desteğinin proje önceliklendirme süreçlerinde güçlü bir belirleyici olduğunu ve karar destek modellerinde kritik bir girdi olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

İkinci sırada yer alan “Proje Zaman Planı (PZP)” kriteri, yaklaşık 0.25’lik skoruyla belirgin bir katkı sunmakta; ancak devlet desteğine göre çok daha düşük bir ağırlığa sahiptir. Bu, projelerin planlama süreçlerinin de önemli bir rol oynadığını; fakat nihai karar üzerinde belirleyici ana unsurun yine destek durumu olduğunu göstermektedir.

Diğer kriterler olan “Tahakkuk”, “Tahsilat”, “Kayıp Kaçak”, “Müşteri Memnuniyeti” ve “Yatırım Miktarı - Bütçe”, model tarafından çok düşük önemlilik skorları ile değerlendirilmiştir. Bu sonuç, söz konusu kriterlerin AHP puanlarının açıklanmasında sınırlı bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Özellikle “Tahsilat” ve “Kayıp Kaçak” kriterlerinin AHP yönteminde yüksek ağırlıklara sahip olmasına

rağmen XGBoost modelinde düşük skor alması; modelin bu değişkenlerde düşük varyans veya zayıf korelasyon algılamasından kaynaklanabilir.

Sonuç olarak, XGBoost analizinde elde edilen çıktılar; karar destek sürecine daha objektif bir bakış açısı sunmakta ve AHP yöntemiyle yapılan değerlendirmelerin hangi kriterler üzerinden tahmin edilebilir olduğunu net biçimde ortaya koymaktadır. Böylece, karar vericiler model çıktılarını dikkate alarak; projelerin önceliklendirilmesinde devlet desteği ve zaman planının daha güçlü etkiye sahip olduğunu, diğer kriterlerin ise tamamlayıcı rol üstlendiğini görebilmektedir.



**Şekil 4.3.** XGBoost ile AHP Skoruna Göre Özellik Önemliliği

Bu görselde, çok kriterli karar verme yöntemleri (AHP, PROMETHEE ve VIKOR) ile elde edilen proje değerlendirme skorlarının, XGBoost algoritması yardımıyla analiz edilmesi sonucu ortaya çıkan kriter önemlilik skorları ayrıntılı olarak sunulmaktadır. Amaç, AHP yöntemiyle hesaplanan proje skorlarının tahmin edilmesi sürecinde, makine öğrenmesi modelinin hangi kriterleri daha belirleyici bulduğunu ortaya koymak ve karar destek sürecine etkilerini değerlendirmektir.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere, XGBoost modeli tarafından en yüksek önemlilik skoruna sahip kriter “Yatırım Miktarı – Bütçe” olarak belirlenmiş ve yaklaşık 0.33’lük bir değere ulaşmıştır. Bu durum, karar vericiler açısından yatırım büyüklüğünün projelerin nihai skorlarının belirlenmesinde en güçlü etkiye sahip kriter olduğunu göstermektedir. Yüksek yatırım miktarına sahip projeler, modelin tahmin sürecinde daha fazla ağırlık kazanmakta ve AHP skorlarını anlamlı ölçüde

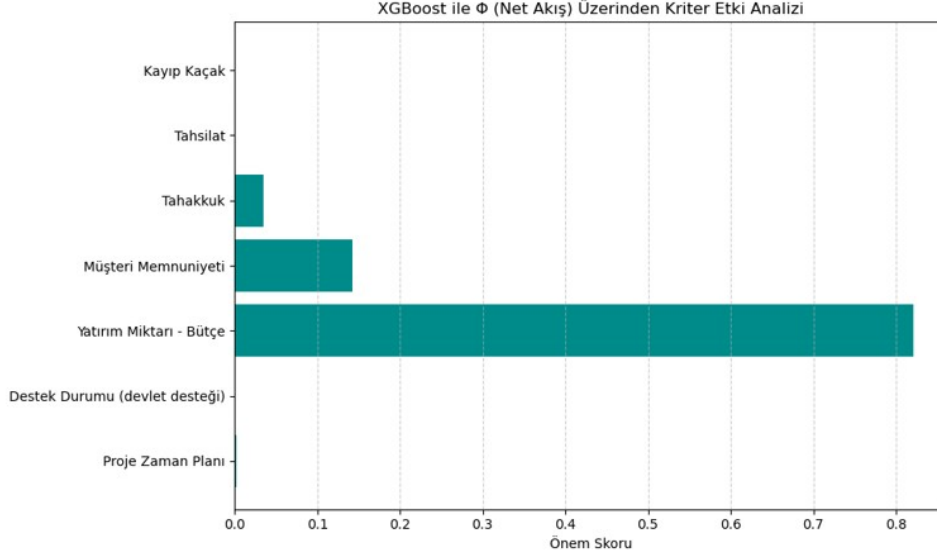
etkilemektedir.

İkinci sırada yer alan “Müşteri Memnuniyeti” kriteri (~0.27), özellikle müşteri odaklı projelerin de güçlü bir şekilde dikkate alındığını ve karar destek sürecine stratejik bir katkı sağladığını göstermektedir. Bu, sadece finansal değil, aynı zamanda paydaş memnuniyetine dayalı kriterlerin de projelerin önceliklendirilmesinde belirleyici bir rol üstlendiğini göstermektedir.

“Tahakkuk” (~0.20) ve “Destek Durumu (devlet desteği)” (~0.12) kriterleri ise model tarafından orta düzeyde önem atfedilen unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, finansal ve operasyonel doğrulama süreçleri ile devlet desteklerinin de belirleyici katkı sunduğunu, ancak yatırım büyüklüğü ve müşteri memnuniyeti kadar baskın olmadığını göstermektedir.

Diğer yandan “Proje Zaman Planı”, “Tahsilat” ve özellikle “Kayıp Kaçak” kriterleri düşük önem skorlarıyla temsil edilmiştir. Bu bulgu, modelin AHP skorlarını tahmin ederken operasyonel nitelikteki bu kriterleri daha sınırlı bir katkı unsuru olarak değerlendirdiğini göstermektedir. Özellikle “Kayıp Kaçak” ve “Tahsilat” gibi günlük işleyişi etkileyen ancak stratejik ölçekte daha düşük varyansa sahip kriterlerin, makine öğrenmesi modeli açısından açıklayıcılığının düşük olduğu anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, bu analiz; stratejik ve yatırım odaklı kriterlerin, AHP temelli proje değerlendirme skorlarının tahmin edilmesinde en yüksek katkıyı sağladığını ortaya koymakta, operasyonel kriterlerin ise daha tamamlayıcı ve sınırlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Böylece karar destek süreci; yatırım büyüklüğü, müşteri memnuniyeti ve devlet desteği gibi yüksek etkili unsurlar üzerine odaklanarak daha sağlam temellere dayandırılabilir.



**Şekil 4.4.** XGBoost ile PROMETHEE  $\Phi$  (Net Akış) Üzerinden Kriter Etki Analizi

Bu görselde, çok kriterli karar verme yöntemlerinden PROMETHEE ile elde edilen  $\Phi$  (net akış) skorlarının, XGBoost algoritması yardımıyla modellenmesi sonucu ortaya çıkan kriter önemlilik skorları detaylı olarak ele alınmaktadır. Amaç, projelerin PROMETHEE yöntemiyle yapılan sıralamalarının, makine öğrenmesi modeli tarafından hangi kriterler aracılığıyla en iyi şekilde tahmin edildiğini ortaya koymak ve karar destek sürecine olan etkilerini daha net şekilde değerlendirmektir.

Şekil 4.4'te görüldüğü üzere, XGBoost modeli, açık ara en yüksek önemlilik skorunu (~0.82) “Yatırım Miktarı – Bütçe” kriterine atfetmiştir. Bu durum, yatırım düzeyinin projelerin PROMETHEE sıralamalarında belirleyici ve baskın bir faktör olduğunu net şekilde ortaya koymaktadır. Karar vericiler açısından bakıldığında, projelerin sahip olduğu bütçenin, projelerin net akış skorlarını ve dolayısıyla nihai sıralamasını en güçlü şekilde etkileyen unsur olduğu anlaşılmaktadır.

İkinci sırada gelen “Müşteri Memnuniyeti” kriteri model tarafından orta düzeyde önem ile değerlendirilmiş ve yaklaşık olarak projelerin net akış skorlarını tahmin etmede anlamlı bir katkı sunduğu görülmüştür. Bu bulgu, yatırım düzeyinin yanı sıra, müşteri odaklı yaklaşımın da karar destek sürecinde dikkate alınması gereken tamamlayıcı bir faktör olduğunu göstermektedir.

“Tahakkuk” kriteri ise görece düşük ancak kayda değer bir önem skoruna sahiptir; bu da projenin finansal ve operasyonel gerçekleştirmelerinin PROMETHEE skorlarını açıklamada sınırlı fakat göz ardı edilemeyecek bir katkı sunduğunu göstermektedir.

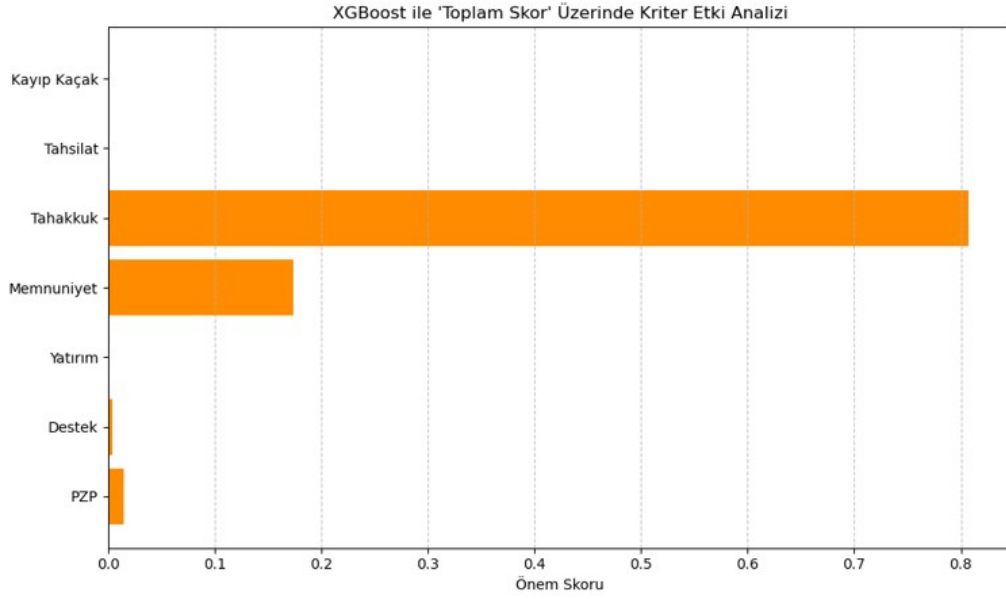
Diğer yandan “Tahsilat”, “Kayıp Kaçak”, “Destek Durumu (devlet desteği)” ve “Proje Zaman Planı” gibi kriterler, model tarafından düşük önem skorları ile değerlendirilmiştir. Bu durum, söz konusu kriterlerin projelerin net akış skorları üzerinde belirgin bir fark yaratmadığını, dolayısıyla projeler arasındaki sıralamada ayırt edici bir rol oynamadığını göstermektedir.

Bu bulguların arka planında, özellikle “Yatırım Miktarı” kriterinin PROMETHEE karar matrisinde projeler arasında yüksek varyansa sahip olması (örneğin, Proje1: 1.00, Proje3: 0.00) modelin bu kriteri daha etkili bir şekilde öğrenmesini sağlamıştır. Dolayısıyla model, bu değişkeni projeler arasındaki farkı en iyi açıklayan ve net akış skorlarına en çok katkı sunan kriter olarak değerlendirmiştir.

Sonuç olarak, XGBoost analizinde elde edilen çıktılar; yatırım büyüklüğünün PROMETHEE yöntemiyle yapılan sıralamaları belirlemede temel ve kritik bir faktör olduğunu, müşteri memnuniyeti ve tahakkuk gibi kriterlerin ise tamamlayıcı ve destekleyici rol oynadığını göstermektedir. Böylece karar destek süreci, özellikle yatırım miktarı gibi stratejik nitelikteki değişkenlere odaklanarak daha güçlü ve isabetli bir şekilde yürütülebilir.

Şekil 4.4 – XGBoost ile PROMETHEE  $\Phi$  (Net Akış) Üzerinden Kriter Etki Analizi.

Bu görsel, PROMETHEE skorlarını tahmin etmede modelin en belirleyici bulduğu kriterlerin, özellikle yatırım miktarı ve müşteri memnuniyeti olduğunu göstermektedir.



**Şekil 4.5.** XGBoost ile VIKOR Toplam Skor Üzerinden Kriter Etki Analizi

Bu görselde, çok kriterli karar verme yöntemlerinden VIKOR ile elde edilen toplam skorların, XGBoost algoritması yardımıyla analiz edilmesi sonucu ortaya çıkan kriter önemlilik skorları ayrıntılı olarak sunulmaktadır. Amaç, projelerin VIKOR yöntemiyle yapılan genel performans değerlendirmelerinin, makine öğrenmesi modeli tarafından hangi kriterler üzerinden açıklandığını ortaya koymak ve karar destek sürecine etkilerini derinlemesine değerlendirmektir.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere, XGBoost modeli en yüksek önemlilik skorunu (~0.80) “Tahakkuk” kriterine atfetmiştir. Bu bulgu, projelerin VIKOR toplam skorlarının tahmin edilmesinde en belirleyici faktörün tahakkuk süreçleri olduğunu göstermektedir. Tahakkuk, projelerin mali ve operasyonel gerçekleştirmelerini yansıttığı için model tarafından güçlü bir ayırt edici unsur olarak değerlendirilmiştir. Özellikle Proje7, Proje6 ve Proje3’ün yüksek tahakkuk ve tahsilat değerlerine sahip olması, modelin bu kriterlere daha fazla ağırlık vermesine neden olmuştur.

İkinci sırada gelen “Müşteri Memnuniyeti” kriteri ve ardından gelen “Tahsilat” kriteri, ikincil düzeyde katkı sunarak projelerin toplam VIKOR skorlarının açıklanmasında anlamlı ancak tahakkuka göre daha düşük bir rol üstlenmiştir. Bu durum, müşteri odaklılık ve tahsilat süreçlerinin de proje performansını etkileyen destekleyici unsurlar olduğunu göstermektedir.

Buna karşılık, “Yatırım Miktarı – Bütçe”, “Destek Durumu (devlet desteği)”,

“Proje Zaman Planı (PZP)” ve “Kayıp Kaçak” kriterleri, model tarafından düşük önemlilik skorlarıyla değerlendirilmiş ve toplam skorun açıklanmasında sınırlı katkı sağlayan girdiler olarak kalmıştır. Bu bulgu, VIKOR yönteminde proje performansının özellikle tahakkuk gibi gerçekleştirme odaklı ve müşteri memnuniyeti gibi sonuç odaklı kriterlere daha duyarlı olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, bu analiz; projelerin VIKOR toplam skorlarının tahmin edilmesinde tahakkuk süreçlerinin kritik rol oynadığını, müşteri memnuniyeti ve tahsilatın ise tamamlayıcı katkı sunduğunu ortaya koymaktadır. Böylece karar destek süreci, özellikle projelerin finansal ve operasyonel gerçekleştirme performanslarına odaklanarak daha doğru ve etkili şekilde yürütülebilir.

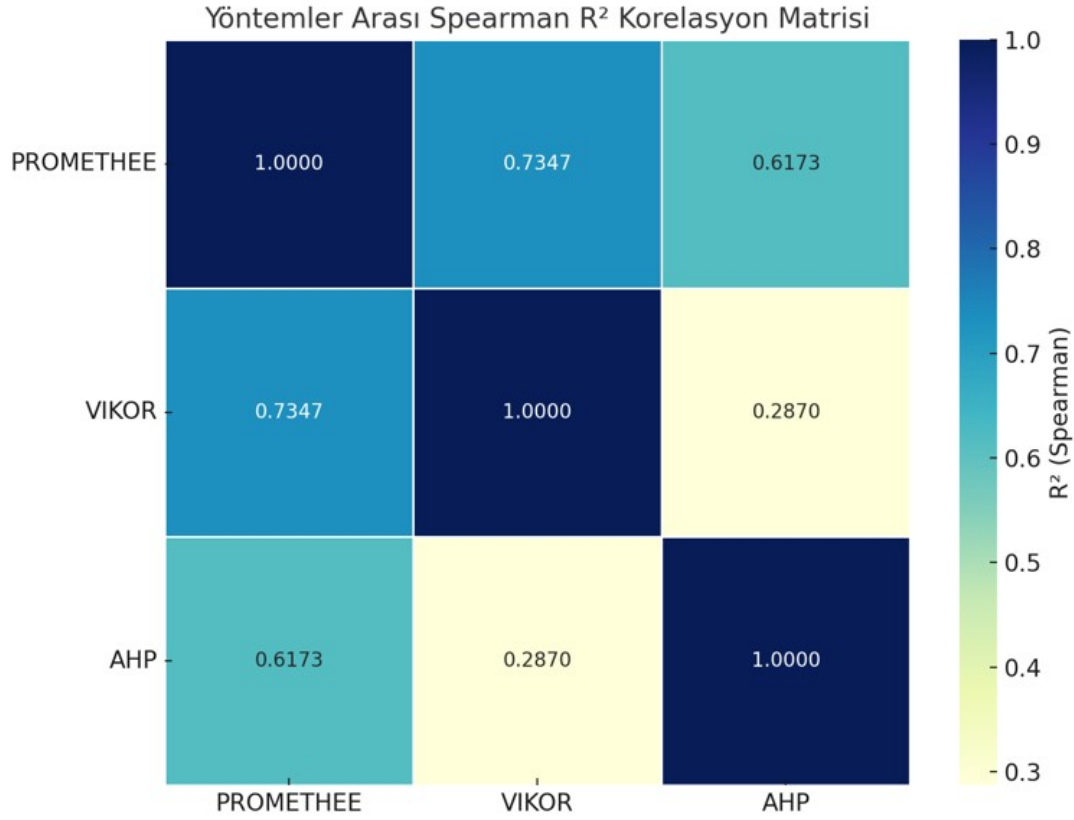
Ayrıca, tüm şekillerden elde edilen bulgular bir arada değerlendirildiğinde, XGBoost algoritmasının AHP, PROMETHEE ve VIKOR gibi yöntemlerle hesaplanan proje skorlarını başarıyla modelleyebildiği görülmektedir. Her yöntemde farklı kriterlerin öne çıkması (AHP’de “Destek Durumu”, PROMETHEE’de “Yatırım Miktarı”, VIKOR’da ise “Tahakkuk”) karar destek süreçlerinde farklı bakış açıları sunmaktadır. Bu durum, makine öğrenmesi modelleri ile çok kriterli karar verme yöntemlerinin birlikte değerlendirilmesinin; proje önceliklendirme ve seçim süreçlerine daha kapsamlı, dengeli ve derinlikli bir yaklaşım kazandırabileceğini göstermektedir.

Şekil 4.52 – XGBoost ile VIKOR Toplam Skor Üzerinden Kriter Etki Analizi.

Bu görsel, VIKOR toplam skorlarının tahmin edilmesinde modelin en belirleyici bulunduğu kriterin “Tahakkuk” olduğunu; müşteri memnuniyeti ve tahsilat gibi kriterlerin ise tamamlayıcı katkı sunduğunu göstermektedir.

#### **4.5. Yöntemler Arası Spearman R<sup>2</sup> Korelasyon Analizi ve Karşılaştırmalı Değerlendirme**

PROMETHEE, VIKOR ve AHP çok kriterli karar verme yöntemlerinin proje sıralamalarındaki uyum düzeyleri, Spearman korelasyon katsayılarının karesi (R<sup>2</sup>) ve buna ek olarak p-değerleri üzerinden ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Bu analiz, yöntemlerin benzer karar çıktıları üretme derecelerini sadece korelasyon gücü açısından değil, aynı zamanda istatistiksel anlamlılık açısından da değerlendirerek, yöntemsel farklılıkların uygulamadaki etkilerini daha kapsamlı bir biçimde ortaya koymayı hedeflemektedir.



**Şekil 4.6.** Yöntemler arasında spearman R2 korelasyon matrisi

Yukarıdaki şekilde, üç yöntemin sıralama sonuçları arasındaki Spearman R<sup>2</sup> korelasyon matrisi heatmap olarak sunulmaktadır. Bu heatmap, her bir yöntem çiftinin sıralama benzerliğini hem renk yoğunluğu hem de sayısal değerlerle görsel olarak ifade etmektedir. Ayrıca tabloda, her bir korelasyon katsayısının karşılık gelen p-değeri de belirtilmiştir. Böylece, gözlemlenen korelasyonların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı net bir şekilde görülebilmektedir.

Heatmap analizine göre:

-PROMETHEE ile VIKOR arasında orta-yüksek seviyede ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon ( $R^2=0.735$ ,  $p < 0.05$ ) tespit edilmiştir. Bu sonuç, iki yöntemin proje sıralamalarında benzer eğilimler ortaya koyduğunu ve benzer karar çıktılarını üretebildiğini göstermektedir.

-PROMETHEE ile AHP arasında ise daha düşük düzeyde, ancak yine de istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon ( $R^2=0.617$ ,  $p < 0.05$ ) gözlemlenmiştir. Bu durum, PROMETHEE ve AHP yöntemlerinin projeleri kısmen benzer şekilde sıraladığını ancak belirgin farkların da mevcut olduğunu göstermektedir.

-VIKOR ve AHP arasında belirgin şekilde düşük ve istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir korelasyon ( $R^2=0.287$ ,  $p > 0.05$ ) bulunmuştur. Bu, iki yöntemin proje sıralamalarında oldukça farklı sonuçlar ürettiğini ve bu farklılığın tesadüf olabileceğini düşündürmektedir.

Bu bulgular, yöntemlerin temel matematiksel yaklaşımlarındaki farklılıkların proje sıralama sonuçlarına doğrudan yansıdığını ve karar vericiler açısından yöntem seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli unsurlar olduğunu ortaya koymaktadır. PROMETHEE ve VIKOR'un daha benzer karar eğilimleri gösterdiği; AHP'nin ise özellikle VIKOR'a göre oldukça farklı sıralama çıktıları ürettiği açıkça görülmektedir.

Sonuç olarak, çok kriterli karar verme süreçlerinde geleneksel yöntemlerle elde edilen sıralama sonuçlarının karşılaştırılmasında sadece korelasyon katsayılarının büyüklüğü değil, bu katsayıların istatistiksel anlamlılığını gösteren p-değerlerinin de mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. Bu yaklaşım, proje önceliklendirme ve seçim süreçlerinde karar kalitesinin artırılmasına katkı sağlayacak ve yöntemler arası farkların daha doğru yorumlanmasına imkân tanıyacaktır.

Şekil 4.2 – Yöntemler Arasında Spearman  $R^2$  Korelasyon Matrisi.

Bu görsel, yöntemler arası sıralama benzerliğini sayısal değerler ve renk yoğunluğu ile göstermekte; p-değerleri ile birlikte korelasyonların istatistiksel anlamlılığını da ortaya koymaktadır.

#### 4.6. Yöntemler Arası Entegrasyon

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinde, karar sürecinin yalnızca tek bir yöntemle ele alınması, problemin tüm yönlerini kapsamlı biçimde yansıtmakta yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle, AHP, PROMETHEE ve VIKOR gibi birbirini tamamlayıcı yöntemlerin entegrasyonu, daha güçlü ve dengeli bir karar desteği sunmaktadır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), karar sürecinin başlangıç aşamasında kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesinde kullanılmakta ve karar yapısını hiyerarşik olarak organize ederek tutarlılık denetimiyle karar verici yargılarını sistematikleştirmektedir (Saaty, 1980). Bu yönüyle AHP, çok kriterli yapıları anlamlandırmada temel bir yapı taşıdır.

PROMETHEE yöntemi ise, karar vericilerin tercih fonksiyonlarını dikkate alarak kriterlerin yönelimlerini (maksimizasyon veya minimize) göz önünde bulundurur ve alternatifler arasında ayırıştırıcı bir sıralama yapar. Bu yönüyle, karar sürecine esneklik ve hassasiyet kazandırırken, kriterler arası duyarlılık analizine olanak sağlar (Brans & Mareschal, 2005). VIKOR yöntemi ise, özellikle çatışmalı kriterlerin olduğu durumlarda, grup faydasını maksimize ederken bireysel memnuniyetsizliği minimize eden bir denge kurar ve uzlaşmacı çözümler önerir (Opricovic & Tzeng, 2004). VIKOR'un bu özelliği, karar vericilerin yalnızca en iyi alternatifi değil, kabul edilebilir uzlaşmayı da dikkate almasını sağlar.

Bu üç yöntemin birlikte kullanılması, karar sürecine hem hiyerarşik yapı ve ağırlıklandırma (AHP), hem hassas karşılaştırma ve tercih modellemesi (PROMETHEE), hem de uzlaşma temelli çözüm önerileri (VIKOR) gibi farklı metodolojik yaklaşımları entegre ederek, çok yönlü ve güvenilir bir analiz imkânı sunar. Böylece, tek bir yöntemin sınırlılıkları aşılmış olur ve elektrik dağıtım sektöründe karmaşık teknoloji yatırımları gibi stratejik karar alanlarında daha kapsamlı, dengeli ve rasyonel sonuçlara ulaşılması sağlanır.

#### 4.7. Yöntemler Arası Farklılıklar

##### 4.7.1. Temel Nedenler?

###### a. Korelasyon Analizi (Spearman $R^2$ ) Sonuçları

-**PROMETHEE ile VIKOR:** Orta-yüksek düzeyde korelasyon ( $R^2 = 0.735$ ,  $p < 0.05$ ), bu iki yöntemin benzer karar mantıklarına dayandığını gösteriyor.

-**PROMETHEE ile AHP:** Daha düşük korelasyon ( $R^2 = 0.617$ ), yöntemlerin kısmen örtüşüğünü ama ciddi farklar içerdiğini ortaya koyuyor.

-**VIKOR ile AHP:** Düşük ve anlamsız korelasyon ( $R^2 = 0.287$ ,  $p > 0.05$ ), yani birbirinden oldukça farklı sıralama çıktılarını üretilmiş.

###### b. Farklılıkların Temel Nedenleri

-**AHP:** Kriter ağırlıkları karar vericinin öznel değerlendirmelerine dayanır. Karar süreci hiyerarşik ve sabit ağırlıklıdır.

-**PROMETHEE:** Kriterlerin yönü (maksimize/ minimize) ve tercih

fonksiyonları kullanılır. Karar verici tercihlerine daha duyarlıdır.

-**VIKOR**: Kriterler arası çatışmaları gözetir, uzlaşmacı bir sıralama önerir. Hem en iyiye yakınlığı hem de en kötüden uzaklığı dikkate alır.

-**XGBoost**: Tamamen veriye dayalıdır. Hangi kriterin skorları tahmin etmede belirleyici olduğunu istatistiksel olarak tespit eder.

#### 4.7.2. Hangi Kriter Hangi Yöntemde Öne Çıkıyor

##### **AHP:**

En yüksek ağırlık “Tahsilat” (0.3488), ardından “Kayıp-Kaçak” ve “Tahakkuk” gelmekte.

Bu, karar vericilerin finansal ve operasyonel verimliliğe öncelik verdiğini gösteriyor.

##### **PROMETHEE:**

XGBoost ile analiz edilen önemlilik skorlarında “Yatırım Miktarı” en belirleyici kriter olarak öne çıkıyor.

“Müşteri Memnuniyeti” ikinci sırada, yani daha stratejik ve dışsal kriterler ön planda.

##### **VIKOR:**

XGBoost analizinde “Tahakkuk” en önemli kriter olarak belirlenmiş (~0.80 önemlilik).

Bu, VIKOR’un projeleri genel performans dengesine göre değerlendirdiğini gösteriyor. “Tahakkuk”, hem mali hem operasyonel başarıyı temsil ettiği için belirleyici olmuş.

##### **XGBoost:**

AHP skorlarını tahmin ederken “Devlet Desteği” kriteri açık ara en yüksek

katkayı sağlamış ( $\sim 0.75$ ).

Yatırım miktarı ve müşteri memnuniyeti gibi kriterler ise daha düşük katkılar sunmuştur.

**Çizelge 4.17.** Metodolojik Varsayımlardan Kaynaklı Farklılıklar

Yöntem	Varsayım Yapısı	Sonuca Etkisi
<b>AHP</b>	Sabit ağırlık ve karar verici yargısına dayalı	Tahsilat gibi nesnel ama karar verici odaklı kriterler öne çıkar
<b>PROMETHEE</b>	Kriter yönü (max/min), tercih fonksiyonu kullanımı	Kriterlerin yönelimi, yatırım miktarı gibi büyük değerli değişkenleri ön plana çıkarır
<b>VIKOR</b>	Uç değerlerin dengelenmesi ve uzlaşma ilkesi	Hem en iyiye yakınlık hem de grup memnuniyeti dengesi kurulur
<b>XGBoost</b>	Veri odaklı öğrenme, bilgi kazancı (Gain) metriği	Gerçek skorların tahminine en çok katkı sağlayan kriterler belirlenir, öznelikten arınmış analiz yapılır

Her yöntemin güçlü yönü farklıdır; örneğin:

AHP: karar sürecinin sistematikleşmesi

PROMETHEE: ayrıştırıcı sıralama

VIKOR: uzlaşıcı ve dengeli kararlar

XGBoost: objektif kriter etkisi analizi

Bu nedenle entegratif ve hibrit yaklaşımlar (örneğin Ensemble Copeland gibi) daha dengeli kararlar sunabilir.

AHP, PROMETHEE, VIKOR ve XGBoost yöntemleri proje sıralamalarında farklı sonuçlar üretmiş; bu farklılıklar hem kriterlerin değerlendirme biçiminden hem de yöntemlerin teorik temellerinden kaynaklanmıştır. AHP, karar vericinin algılarına;

PROMETHEE, tercih yönlerine; VIKOR, uzlaşma denge yapısına; XGBoost ise geçmiş verilere dayalı öğrenmeye odaklanmıştır. Bu çeşitlilik, karar vericiler için daha bütüncül ve çok boyutlu bir değerlendirme yapma imkânı sunmaktadır.



## 5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Türkiye’de elektrik dağıtım sektöründe faaliyet gösteren büyük ölçekli bir kurumun bilgi teknolojileri yatırımları kapsamında, sınırlı kaynaklarla hangi projelere öncelik verilmesi gerektiği çok kriterli karar verme (ÇKKV) ve makine öğrenmesi yöntemleriyle analiz edilmiştir. Yedi farklı teknoloji projesi, kurumun operasyonel ve stratejik öncelikleri doğrultusunda değerlendirilmiş; AHP yöntemiyle kriter ağırlıkları belirlenmiş, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleriyle ise projelerin sıralaması yapılmıştır.

AHP yöntemiyle yapılan analizde, kriterler arasında en yüksek ağırlığın tahsilat (%34,88), kayıp-kaçak oranı (%25,05) ve tahakkuk (%21,27) kriterlerine verilmesi, kurumun önceliklerini finansal verimlilik ve operasyonel denetim üzerine kurguladığını ortaya koymaktadır. Bu durum, Yapıcı ve arkadaşları (2020)’nin kriter ağırlıklandırmasının karar kalitesine etkisini vurguladığı çalışmalarıyla doğrudan örtüşmektedir. PROMETHEE ve VIKOR yöntemleriyle yapılan sıralamalarda genel eğilimler tutarlı olmuş, her iki yöntemde de Proje 1 (Alacak Yönetim Sistemi) en öncelikli proje olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, Urfalıoğlu ve Genç (2013)’ün vurguladığı gibi ÇKKV yöntemlerinin sektörel karar süreçlerinde dengeli ve stratejik yönlendirmeler sağladığı yönündeki bulgularla paralellik göstermektedir.

Proje 4 (Abone Yönetim Sistemi) ve Proje 5 (Kesinti Yönetim Sistemi), hem müşteri memnuniyeti hem de tahakkuk kriterlerinde yüksek performans sergileyerek yatırım yapılabilir projeler arasında öne çıkmıştır. Bu durum, Kahraman ve arkadaşları (2009)’nin enerji sektöründe müşteri odaklı performans ölçümünün yatırım önceliğini etkileyen temel bir unsur olduğunu ortaya koyduğu çalışmayla örtüşmektedir. Buna karşılık, Proje 6 (Talep Takip Sistemi), tüm yöntemlerde en düşük sırada yer almış ve stratejik önceliklerle örtüşmeyen bir profil sergilemiştir. Bu da Durmaz (2022)’in savunma sanayi projelerinde strateji-öncelik uyumunun yatırım kararlarının temel belirleyicisi olduğuna dair bulgularıyla tutarlıdır.

Çalışmamızda, Georgiou ve arkadaşları (2012)’nin enerji altyapı yatırımlarında çok kriterli karar modellerinin etkinliğini gösterdiği çalışmalarındaki gibi, yöntemler arası bütüncül bakış açısının karar kalitesine katkı sağladığı görülmüştür. Ayrıca, kriterlerin zaman içinde değişen önem dereceleri, Yıldırım ve Yeşilyurt (2014)’un vurguladığı gibi değerlendirme modellerinin periyodik olarak güncellenmesi gerektiğine işaret etmektedir. ANP veya DEMATEL gibi kriterler arası ilişkiyi dikkate alan yöntemlerle bu durumun daha detaylı şekilde

modellenebileceği değerlendirilmektedir.

Belirsizlik unsuru bu çalışmada deterministik yaklaşımlarla sınırlandırılmıştır. Ancak Karabıçak ve arkadaşları (2016), belirsizliklerin daha esnek modellenebilmesi adına Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS gibi yöntemlerin entegrasyonunu önermektedir. Bu bağlamda, gelecekte yapılacak benzer çalışmalarda bulanık mantık temelli ÇKKV yaklaşımları önemli bir alternatif sunabilir.

Ayrıca bu çalışmada, XGBoost algoritması ile AHP, PROMETHEE ve VIKOR yöntemlerinden elde edilen skorların makine öğrenmesi ortamında modellenmesi sağlanmış, kriterlerin göreceli önem düzeyleri istatistiksel olarak test edilmiştir. Wang ve arkadaşları (2025)'nin geliştirdiği çok boyutlu karar çerçevesine benzer şekilde, XGBoost'un karar ağacı temelli yapısı sayesinde, kriter ağırlıkları hem geçmiş verilerden öğrenilmiş hem de dilsel belirsizliklerin daha açıklanabilir biçimde modellenmesi sağlanmıştır. Bu durum, klasik ÇKKV yöntemlerinin sezgisel yapısını destekleyen veri temelli bir analiz ortamı sunmakta ve karar vericilerin değerlendirmelerini güçlendirmektedir.

Yöntemler arası sonuçların korelasyonu incelendiğinde, Spearman  $R^2$  korelasyon matrisi bulgularının Yuniwati (2016) ile Vakiliipour ve arkadaşları (2021)'nin benzer yöntemlerle yürüttüğü çalışmalarda raporlanan sonuçlarla benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bu durum, farklı ÇKKV yöntemlerinin tek başına yeterli olmayabileceği; ancak birlikte ve tamamlayıcı biçimde kullanıldığında daha dengeli sonuçlara ulaşılabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, Polatgil ve Güler (2024)'in önerdiği Ensemble-Copeland yöntemi gibi hibrit modeller, çoklu yöntem çıktılarını entegre ederek nihai karar kalitesini artırmada umut verici bir alternatif sunmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular ve literatürdeki paralel araştırmalar, AHP, PROMETHEE ve VIKOR gibi ÇKKV yöntemlerinin makine öğrenmesi algoritmalarıyla entegre biçimde kullanılmasının, karmaşık yatırım kararlarında karar vericiye hem bütüncül hem de esnek bir bakış açısı sunduğunu göstermektedir. Bu tür hibrit yaklaşımlar, özellikle enerji ve teknoloji gibi stratejik sektörlerde sınırlı kaynakların daha etkin, ölçülebilir ve rasyonel biçimde kullanılmasına katkı sağlayarak, sürdürülebilir karar destek sistemlerinin geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır.

## 6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, Türkiye’de elektrik dağıtım sektöründe faaliyet gösteren büyük ölçekli bir kamu-özel ortaklığı yapısına sahip kuruluşun bilgi teknolojileri (BT) projelerine yönelik yatırım önceliklendirme süreci, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) ve makine öğrenmesi yöntemleriyle bütünleşik olarak ele alınmıştır. Kurumun sınırlı kaynakları göz önünde bulundurularak, yedi farklı BT projesi operasyonel ihtiyaçlar ve kurumsal stratejiler çerçevesinde değerlendirilmiş, AHP, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleriyle sıralamaları yapılmış, ayrıca XGBoost algoritması ile bu yöntemlerin skorları modelleme yoluyla analiz edilmiştir.

AHP yöntemiyle yapılan kriter ağırlıklandırmasında, tahsilat (%34,88), kayıp-kaçak oranı (%25,05) ve tahakkuk (%21,27) gibi kriterler ön plana çıkmıştır. Bu durum, elektrik dağıtım sektöründe finansal sürdürülebilirlik, gelir güvencesi ve kayıp kontrolü gibi alanların BT yatırımlarında belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, kaçak elektrikle mücadele ve tahsilat süreçlerinin iyileştirilmesi gibi alanlara yatırım yapılması, sadece finansal verimlilik sağlamakla kalmayıp aynı zamanda regülasyonlara uyumu da güçlendirecektir.

AHP ile yapılan değerlendirmede en yüksek önceliğe sahip proje olarak belirlenen Proje 1: Alacak Yönetim Sistemi, hem stratejik hem de operasyonel bakımdan güçlü performans sergilemiştir. Bu projenin öncelikli olarak seçilmesi, gelir tahsilatının otomasyonu, alacak risklerinin azaltılması ve faturalandırma süreçlerinin dijitalleştirilmesi yoluyla kurumun mali gücünü korumaya yönelik kritik bir adım olarak değerlendirilmiştir.

PROMETHEE ve VIKOR yöntemleriyle yapılan analizler de AHP sonuçlarını desteklemiş ve benzer sıralama eğilimleri sunmuştur. Kesinti Yönetim Sistemi (Proje 5) ve Abone Yönetim Sistemi (Proje 4), özellikle müşteri memnuniyetini artırma, şebeke sürekliliğini sağlama ve abonelik süreçlerini kolaylaştırma yönünden stratejik katkı sağlayacak projeler olarak öne çıkmıştır. Elektrik kesintilerinin hızlı müdahale ve önceden tahminleme algoritmalarıyla yönetilmesi, özellikle müşteri odaklı regülasyon baskılarının arttığı sektörde önemli bir rekabet avantajı sağlayacaktır.

Proje 6 (Talep Takip Sistemi) ise üç yöntemde de en düşük sıralarda yer almıştır. Bu proje, tahakkuk ve tahsilat gibi yüksek ağırlıklı kriterlerde düşük performans göstermesi nedeniyle, mevcut haliyle stratejik hedeflerle uyum

göstermemekte ve kurum için kısa vadede değer yaratma potansiyeli zayıf görünmektedir. Bu bulgu, BT projelerinde yalnızca teknik ihtiyaçlara değil, stratejik uyum ve bütçe etkinliği gibi kriterlere de odaklanılması gerektiğini göstermektedir.

Makine öğrenmesi tabanlı XGBoost algoritması ile yapılan analizlerde, her bir ÇKKV yönteminin farklı kriterlere ağırlık verdiği, örneğin AHP'de "destek durumu", PROMETHEE'de "yatırım miktarı", VIKOR'da ise "tahakkuk" gibi faktörlerin öne çıktığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, yatırım projelerinde algoritmik şeffaflığın artırılması ve karar vericilere daha veri odaklı içgörüler sunulması açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır.

Yöntemler arası uyum Spearman  $R^2$  korelasyon analizi ile test edilmiş, PROMETHEE ve VIKOR yöntemlerinin yüksek düzeyde benzer sıralamalar sunduğu, buna karşın AHP'nin daha farklı önceliklendirmeler yaptığı görülmüştür. Bu durum, literatürde Yuniwati (2016) ve Vakiliipour ve ark. (2021) gibi çalışmalarda da belirtildiği üzere, her yöntemin farklı matematiksel temellere dayandığını ve birlikte kullanılmalarının karar kalitesini artıracaklarını göstermektedir.

Stratejik olarak değerlendirildiğinde, bu çalışma, elektrik dağıtım sektöründe BT projelerine yönelik karar verme süreçlerinin yalnızca finansal değil, aynı zamanda regülasyon, müşteri memnuniyeti ve dijitalleşme stratejileri çerçevesinde çok boyutlu analiz edilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Örneğin, müşteri memnuniyeti kriterinin düşük ağırlık alması, sektörde kısa vadeli operasyonel hedeflerin uzun vadeli müşteri ilişkileri yönetiminin önünde tutulduğunu gösterebilir. Bu ise orta vadede itibar ve marka değeri açısından riskler barındırabilir.

Ayrıca çalışmada uygulanan çoklu yöntem yaklaşımı, kurumların riskleri dağıtma, stratejik öncelikleri çeşitlendirme ve veri temelli karar alma gibi yetkinliklerini güçlendirebilecek bir yöntem seti sunmaktadır. Özellikle XGBoost gibi makine öğrenmesi temelli yöntemlerin kullanılması, klasik ÇKKV modellerinin sezgisel yapısını nesnel verilerle desteklemekte ve belirsizlik ortamlarında daha esnek karar mekanizmalarının oluşmasına imkân tanımaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma göstermektedir ki, elektrik dağıtım sektöründe BT projelerine ilişkin karar verme süreçlerinde;

- AHP, PROMETHEE ve VIKOR gibi çok kriterli yöntemler, yatırım alternatiflerini çok boyutlu şekilde analiz etmekte;

- Makine öğrenmesi algoritmaları, karar süreçlerini veri temelli olarak zenginleştirmekte;
- Stratejik uyum, finansal verimlilik ve müşteri memnuniyeti gibi alanlarda daha sağlıklı önceliklendirme yapılmasına olanak tanımaktadır.

Bu kapsamda, gelecekte yapılacak çalışmalarda belirsizlikleri modellemek için Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS, Ensemble yöntemler ve yapay zeka destekli karar sistemlerinin kullanımı önerilmektedir. Ayrıca sektöre özel dinamik kriterlerin zaman içinde güncellenmesini sağlayan esnek karar modellerinin geliştirilmesi, BT yatırımlarında maksimum katma değer sağlanmasına yardımcı olacaktır.



## 7. ÖNERİLER

Bu tez kapsamında yürütülen çok kriterli karar verme (ÇKKV) analizi sonucunda ulaşılan bulgular doğrultusunda, kamu-özel ortaklığı niteliğindeki büyük ölçekli bir elektrik dağıtım şirketinin bilgi teknolojileri yatırımlarında daha stratejik, veriye dayalı ve sürdürülebilir kararlar alabilmesine yönelik aşağıdaki öneriler geliştirilmektedir:

-Alacak ve Kesinti Yönetimi Projelerine Yatırım Önceliği Verilmelidir: Yapılan çok yönlü değerlendirme sonuçlarına göre, Alacak Yönetim Sistemi (Proje 1) ve Kesinti Yönetim Sistemi (Proje 5), AHP, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleriyle yapılan analizlerin tamamında üst sıralarda yer almıştır. Bu projeler, sırasıyla kurumun finansal sürdürülebilirliğini destekleme (tahsilat verimliliği, gelir akış yönetimi) ve operasyonel sürekliliği güçlendirme (şebeke arıza sürelerinin azaltılması, müşteri memnuniyetinin artırılması) açısından kritik stratejik faydalar sunmaktadır. Bu nedenle bu iki projeye yönelik yatırım planlamasının ivedilikle yapılması önerilmektedir.

-Talep Takip Sisteminin Yeniden Gözden Geçirilmesi Gerekmektedir: Proje 6 (Talep Takip Sistemi) her üç karar verme yönteminde de son sırada yer alarak en az öncelikli proje konumunda yer almıştır. Proje; tahsilat, tahakkuk ve müşteri memnuniyeti gibi yüksek ağırlıklı kriterlerde zayıf kalmış, dolayısıyla kurumun stratejik hedeflerine katkı düzeyi oldukça düşük bulunmuştur. Bu bağlamda, projenin işlevsel kapsamı yeniden tanımlanmalı, sistem gereksinimleri güncellenmeli ve çıktı beklentileriyle mevcut kaynak kullanımı arasındaki ilişki yeniden yapılandırılmalıdır. Gerektiğinde proje askıya alınmalı ya da alternatif çözümlerle değiştirilmelidir.

-Hibrit ÇKKV Yaklaşımlarının Kurumsal Karar Süreçlerine Entegre Edilmesi Tavsiye Edilmektedir: Yalnızca tek bir yöntemle karar vermek, alternatifler arasındaki farkları yeterince ayırt edemeyebilir. Bu çalışmada AHP ile kriter ağırlıkları nesnel biçimde belirlenmiş, PROMETHEE ve VIKOR ile projeler çok boyutlu bir bakış açısıyla sıralanmıştır. Bu hibrit yaklaşım, kararların daha bütüncül ve güvenilir alınmasını sağlamıştır. Bu nedenle, kurumsal karar destek sistemlerine birden fazla yöntemi entegre eden hibrit modellerin yerleştirilmesi önerilmektedir.

-Karar Süreçlerine Paydaş Katılımı Artırılmalıdır: Karar verme süreci yalnızca teknik uzmanların görüşlerine dayandırıldığında, uygulama aşamasında kullanıcı direnci veya stratejik uyumsuzluklar yaşanabilir. Bu nedenle, değerlendirme

sürecine yöneticiler, saha personeli, BT uzmanları ve son kullanıcılar gibi çok katmanlı paydaşların dâhil edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu katılımcı yaklaşım, kararların daha sahaya uygun, uygulanabilir ve benimsenen biçimde oluşmasını sağlayacaktır.

-Belirsizliklerin Modellenmesine Yönelik Gelişmiş Yöntemlerin Kullanımı Önerilmektedir: Bu tezde kriter ağırlıkları ve alternatif değerleri deterministik (kesin) olarak ele alınmıştır. Ancak gerçek dünyada belirsizlikler, uzman kanaatlerindeki bulanıklık ve veri eksiklikleri sıklıkla karşılaşılan durumlardır. Bu bağlamda, ileriki çalışmalarda Bulanık AHP, Bulanık VIKOR, ANP, Bulanık TOPSIS gibi yöntemlerin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca, makine öğrenmesi, yapay sinir ağları ve regresyon ağaçları gibi veri odaklı yöntemlerle ÇKKV yaklaşımlarının desteklenmesi, zaman içinde öğrenebilen ve güncellenebilen adaptif karar sistemleri geliştirilmesine olanak tanıyacaktır.

-Bu çalışmada, XGBoost algoritması kullanılarak çok kriterli karar verme yöntemlerinden elde edilen skorların modellenmesi ve kriter önemlilik analizleri gerçekleştirilmiştir. Bulgular, farklı yöntemlerin belirli kriterlere odaklanarak karar süreçlerinde farklı bakış açıları sunduğunu göstermiştir. Ayrıca, yöntemler arası Spearman  $R^2$  korelasyon analizleri, karar sonuçlarının çeşitliliğini ve yöntemlerin tamamlamayıcılığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, kurumsal karar destek sistemlerinde yapay zeka ve makine öğrenmesi tabanlı modellerin kullanılması; hem kararların daha objektif, esnek ve yorumlanabilir olmasına hem de büyük veri ve dinamik koşullar altında hızlı uyum sağlanmasına katkı sunacaktır. İleri düzey veri analitiği ve hibrit yaklaşımların benimsenmesi, karar süreçlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artıracaktır.

-Kriter Setleri ve Ağırlıklandırmalar Periyodik Olarak Güncellenmelidir: Analiz sürecinde bazı projeler yüksek yatırım ve devlet desteğine sahip olmasına rağmen alt sıralarda yer almıştır. Bu durum, mevcut kriter yapısının kurumsal öncelikleri her zaman doğru yansıtmadığını göstermektedir. Bu nedenle kriter seti, şirketin stratejik planları doğrultusunda belirli periyotlarla gözden geçirilmeli, gerekirse kriterler arası etkileşimleri göz önüne alan Analitik Ağ Süreci (ANP) gibi yöntemler tercih edilmelidir. Böylece daha rafine ve bağlama duyarlı değerlendirmeler yapılabilir.

## KAYNAKLAR

- Acar, A. Z., & Atılgan, T. (2021). Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde finansal teknikler ve uygulama alanları. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 13(24), 67-85. <https://doi.org/10.14784/marufad.859538>
- Afgan, N. H., Carvalho, M. G., & Hovanov, N. V. (2000). Energy system assessment with sustainability indicators. *Energy Policy*, 28(9), 603-612. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00045-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00045-7)
- Aslan, N., Karaman, E., & Çavuş, H. (2023). Çok kriterli karar verme yöntemleriyle proje seçimi: VIKOR uygulaması. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 112-129.
- Atıcı, K. B., & Ulucan, A. (2009). Türkiye'deki hidroelektrik ve rüzgâr enerji santrali projelerinin ELECTRE ve PROMETHEE yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(4), 755-763.
- Ayçin, E., & Çakın, E. (2019). MABAC yöntemi ile Avrupa ülkelerinin inovasyon performanslarının değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 10(3), 747-758.
- Aydin, S., Kentli, F., & Ermisoglu, E. (2017). Multi-criteria decision making on energy efficiency technologies in industrial zones: A hybrid AHP-TOPSIS application. *Journal of Cleaner Production*, 142, 4030-4040.
- Bozdağ, M., & Demir, H. (2022). Bilgi teknolojileri yatırımlarının kurumsal performansa etkisi: Stratejik bir bakış. *Bilgi Teknolojileri ve Uygulamaları Dergisi*, 6(2), 145-160.
- Brans, J. P., & Mareschal, B. (2005). PROMETHEE Methods. In Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys (pp. 163-195). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_5)
- Brans, J. P., & Vincke, P. (1985). A preference ranking organization method: The PROMETHEE method for MCDM. *Management Science*, 31(6), 647-656.
- Brans, J. P., Vincke, P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24(2), 228-238.
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016, August). Xgboost: A scalable tree boosting system. In Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining (pp. 785-794).
- Çakır, H. (2018). Belediye bilgi sistemleri yazılım seçiminde SWARA ve EDAS yöntemlerinin uygulanması. *Bilgi Yönetimi Dergisi*, 3(1), 45-61.
- Çalışkan, E., & Eren, T. (2016). AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile bankaların finansal performanslarının değerlendirilmesi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 14(1), 1-19.
- Debbarma, B., Chakraborti, P., Bose, P. K., Deb, M., & Banerjee, R. (2017). Exploration of PROMETHEE II and VIKOR methodology in a MCDM

approach for ascertaining the optimal performance-emission trade-off vantage in a hydrogen-biohol dual fuel endeavour. *Fuel*, 210, 922-935.

- Dilmen, Y., & Çetinyokuş, T. (2020). Ankara için ikinci bir havalimanına ihtiyaç var mı? Çok kriterli karar verme yöntemleri ile bir değerlendirme. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 41, 21–35.
- Doukas, H., Patlitzianas, K. D., Kagiannas, A. G., & Psarras, J. (2007). Renewable energy sources and rationale use of energy development in the countries of South East Europe. *Energy Policy*, 35(11), 5946–5959.
- Durmaz, E. (2022). Sürekli iyileştirme projelerinin seçimi için çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılması ve Copeland uzlaşma yaklaşımı. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 21(1), 45–63.
- Ersöz, S., & Kabak, Ö. (2010). Savunma sanayiinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanım sıklığına yönelik bir araştırma. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(2), 45–66.
- Georgiou, P. N., Papalexandrou, M. V., & Diakoulaki, D. C. (2012). A multicriteria evaluation of energy-saving technologies using AHP and TOPSIS. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 7(2), 164–174.
- Ghorbani, M., Nilashi, M., & Ibrahim, O. (2021). A hybrid decision support model for evaluating information technology projects. *Expert Systems with Applications*, 167, 114182. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114182>
- Ghorbani, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Mojtahedi, S. M. H. (2021). A comprehensive hybrid MCDM approach for sustainable project portfolio selection in the presence of interdependency and uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124397.
- Gökçen, H., Saranlı, A., & Ersoy, G. (2021). Belediyelerde stratejik hedeflerin önceliklendirilmesinde Tıp-2 bulanık AHP yaklaşımı. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(3), 600–617.
- Gönen, S., & Soyer, A. (2020). Proje karmaşıklığına yönelik bir model önerisi ve dijital bankacılık projelerinde uygulama. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12(3), 2276–2291.
- Göral, R. (2015). İnternet üzerindeki müşteri yorumlarıyla otel seçiminde çok kriterli karar verme uygulaması. *Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(2), 30–47.
- Hamurcu, M., & Eren, T. (2018). Büyükşehirlerde ulaşım projelerinin önceliklendirilmesinde grup karar verme destekli bulanık TOPSIS yaklaşımı. *Ulaştırma ve Lojistik Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 77–91.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer.
- Kabir, G., & Sadiq, R. (2020). A review of multi-criteria decision-making methods for infrastructure management. *Structure and Infrastructure Engineering*,

- Kabir, G., Sumi, R. S., & Hasin, M. A. A. (2014). Comparative analysis of multi-criteria decision-making methods for the assessment of renewable energy resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 894–902.
- Kahraman, C. (Ed.). (2008). *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments*. Springer.
- Kahraman, C., Kaya, İ., & Cebi, S. (2009). A comparative analysis for multiattribute selection among renewable energy alternatives using fuzzy axiomatic design and fuzzy analytic hierarchy process. *Energy*, 34(10), 1603–1616.
- Kaplan, Y., & Arıkan, F. (2012). Hava ikmal bakım merkezlerinde tezgâh yatırımlarının önceliklendirilmesi: Bulanık AHP uygulaması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 11(1), 35–58.
- Karaaslan, G., & Aydın, N. (2020). Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağının belirlenmesi: Çok kriterli karar verme yöntemleriyle bir analiz. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 123–139.
- Karaatlı, H., Yılmaz, A. O., & Baykasoğlu, A. (2015). Çok kriterli karar verme yöntemleri ile Makina ve Kimya Endüstrisi Kurumu performans analizi ve şehirlerin yaşanabilirlik düzeylerinin belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 343–354.
- Karabıçak, M., Arısoy, Z., & Güler, A. (2016). Bulanık AHP ve TOPSIS yöntemleri ile şantiye yeri seçimi: Bilecik-Adapazarı karayolu örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2), 456–471.
- Konuşkan, O. (2014). Akıllı telefon seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinden MAUT ve Entropi'nin kullanımı. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 43(2), 214–228.
- Kurt, A., & Yıldız, M. (2020). FTOPSIS yöntemiyle Ar-Ge projelerinin önceliklendirilmesi: Otomotiv sektöründe bir uygulama. *Sanayi ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 112–128.
- Küçükcal, H., Karaca, M., & Yılmaz, M. (2021). Türkiye’de illerin yaşam kalitesi düzeylerinin farklı çok kriterli karar verme yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Sosyoekonomi*, 29(50), 95–112.
- Mutlu, M., & Sarı, M. (2017). Madencilik sektöründe çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanımı: Bir literatür taraması. *Madencilik*, 56(3), 121–132.
- Opricovic, S. (1998). *Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems*. Faculty of Civil Engineering, Belgrade University.
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455.
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A

- comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Ömürbek, N., & Aksoy, S. (2016). AHP ve Entropi yöntemleriyle ağırlıklandırılmış TOPSIS ve ELECTRE II ile performans değerlendirmesi: Petrol şirketi örneği. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(2), 133–148.
- Özbek, N. (2014). Sivil toplum kuruluşlarında yönetici seçimi için bulanık AHP uygulaması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1), 1–20.
- Özdemir, M., & Tüysüz, F. (2017). Özel okul yatırımı için yer seçimi: AHS ve gri ilişkisel analiz yöntemiyle bir uygulama. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 1–20.
- Pohekar, S. D., & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(4), 365–381.
- Polatgil, M., & Güler, A. (2024). The use of different criteria weighting and multi-criteria decision making methods for university ranking: two-layer copeland. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 60-73.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.
- Sarımehmet, S., Kocakulah, M. C., & İkiz, E. (2019). Çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulamaları. *Journal of Decision Sciences*, 12(2), 125-135.
- Supçiller, A. A., & Deligöz, A. (2018). Çok kriterli karar verme yöntemleri ile tedarikçi seçimi: Tekstil sektöründe bir uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(1), 145–166.
- Şimşek, E., & Tanrıverdi, H. (2021). Sınırlı kaynakların etkin kullanımında proje analizinin rolü ve ekonomik girdilerin değerlendirilmesi. *Ekonomi ve Kalkınma Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 45–61.
- TÜİK (2023). *Yıllık İstatistik Göstergeleri*. Türkiye İstatistik Kurumu Yayınları.
- Türkmen, M. (2022). Ar-Ge ve inovasyon projeleri için çok kriterli karar verme temelli proje seçimi modeli. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 14(3), 2120–2136.
- Uludağ, S., & Genç, N. (2016). AHS ve Bulanık AHS yöntemleri ile elde edilen kriter ağırlıklarının farklı karar verme yaklaşımlarıyla değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(4), 1007–1018.
- Uner, E. (2019). BT projelerinin çok kriterli değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi: Artırılmış skorlarla tam sayı programlama uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(1), 155–170.
- Urfalıoğlu, M., & Genç, N. (2013). PROMETHEE yönteminin kamu yatırım

- projelerinde kullanımı. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 37, 147–156.
- Uslu, V., Kahraman, C., & Tolga, E. (2019). Bulut hizmet sağlayıcılarının değerlendirilmesinde ANP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin karşılaştırılması: Bir yazılım firması uygulaması. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17(3), 62–82. <https://doi.org/10.20491/jecon.2019.124>
- Uyar Y., “İş Güvenliği ve Yatırımlarında Etkin Karar Verme Stratejileri Oluşturmak İçin Analitik Hiyerarşi Prosesi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (2001).
- Uygurtürk, H., & Korkmaz, T. (2012). İMKB'de işlem gören ana metal sanayi işletmelerinin finansal performanslarının TOPSIS yöntemiyle analizi. *İktisat İşletme ve Finans*, 27(317), 89–106.
- Vakilipour, S., Sadeghi-Niaraki, A., Ghodousi, M., & Choi, S. M. (2021). Comparison between multi-criteria decision-making methods and evaluating the quality of life at different spatial levels. *Sustainability*, 13(7), 4067.
- Wang, X., Zhang, B., Xu, Z., Li, M., & Skare, M. (2025). A multi-dimensional decision framework based on the XGBoost algorithm and the constrained parametric approach. *Scientific Reports*, 15(1), 4315.
- Yapıcı, H., Yıldız, A., & Güler, F. (2020). Medikal depo yer seçimi için AHP ve ANP yöntemlerinin birlikte kullanımı: Kırıkkale ili örneği. *Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Dergisi*, 4(2), 45–58.
- Yıldırım, B. F., & Yeşilyurt, İ. (2014). Kalkınma ajanslarında proje değerlendirme kriterlerinin AHP ve Bulanık AHP ile analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 15(1), 65–84.
- Yuniwati, I. (2016). Correlation test application of supplier's ranking using TOPSIS and AHP-TOPSIS method. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 4(2), 65-73.