

T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYON KURULUŞ YERLERİNİN ÇOK
KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Tuğçe USLU

Enstitü Anabilim Dalı: İŞLETME
Enstitü Bilim Dalı: İŞLETME

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İkram DAŞTAN

OCAK 2022

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS İNTİHAL YAZILIM RAPORU
BEYAN BELGESİ

Tez Başlığı: Elektrikli Araç Şarj İstasyon Kuruluş Yerlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Belirlenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın toplam 57 sayfalık kısmına ilişkin aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan ve 10/12/2021 tarihinde aşağıda ismi yazılı akademik danışman tarafından şahsıma iletilen “Turnitin” intihal tespit programı raporuna göre tezimin benzerlik oranı %6’dır.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç,
2. Alıntılar dâhil,
3. 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Bu bilgiler doğrultusunda tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

İmza

Adı Soyadı : Tuğçe USLU

Öğrenci Numarası : 197201010

Ana Bilim Dalı : İşletme

Programı : İşletme

Türü : () Proje (*) Yüksek Lisans Tezi () Doktora Tezi

Danışman
Doç. Dr. İbrahim DAŞTAN
10.12.2021

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca yol gösteren, bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. İkrım DAŞTAN’a,

Değerli yorumlarıyla çalışmamın gelişmesine katkı sağlayan kıymetli jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. Onur KAYA ve Dr. Öğr. Üyesi Cem GÜRLER’e,

Kıymetli yorumlarıyla çalışmamın gelişmesine katkı sağlayan ve çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Gülgönül BOZOĞLU BATI’ya,

Çalışmalarım süresince bilgi ve deneyimleriyle yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen değerli arkadaşım Arş. Gör. Atike Elanur HIZARCI’ya,

Öğrenim hayatım boyunca bana yardımları dokunan ve bugünlere gelmemi sağlayan tüm hocalarıma,

Eğitim hayatım boyunca beni destekleyen ve bu aşamaya gelmemi sağlayan sevgili annem Hülya USLU’ya ve sevgili babam İbrahim USLU’ya,

Desteğini her zaman hissettiğim sevgili abim Hüseyin Can USLU’ya,

Teşekkürlerimi ve minnettarlığımı sunarım.

Tuğçe USLU

12.21.2021

İÇİNDEKİLER

BEYAN BELGESİ	i
ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	v
TABLOLAR	vi
ŞEKİLLER	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
GİRİŞ	1

BÖLÜM 1: KAVRAMSAL ÇERÇEVE ve LİTERATÜR TARAMASI

1.1. Çok Kriterli Karar Verme	4
1.2. Kuruluş Yeri Seçim Problemleri	4
1.3. Literatür Taraması	5

BÖLÜM 2: YÖNTEMLER

2.1. AHP	9
2.1.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması.....	10
2.1.2. AHP önem ölçeği.....	10
2.1.3. AHP yönteminin işlem adımları	11
2.1.4. AHP yöntemine ilişkin literatür taraması	12
2.2. PROMETHEE	14
2.2.1. PROMETHEE yönteminin özellikleri.....	20
2.2.2. PROMETHEE yöntemine ilişkin literatür taraması	21
2.3. Bulanık PROMETHEE	22
2.3.1. Bulanık PROMETHEE yönteminin özellikleri	25
2.3.2. Bulanık PROMETHEE yöntemine ilişkin literatür taraması	26

BÖLÜM 3: ÖNERİLEN METODOLOJİ ve UYGULAMA

3.1. Önerilen Metodoloji	28
3.2. Uygulama	30
3.2.1. Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi	30
3.2.1.1. Çevre kriteri	30
3.2.1.2. Ekonomi kriteri	30
3.2.1.3. Sosyal kriter	31
3.2.2. Alternatif bölgelerin tespit edilmesi	33

3.2.3. Karar verici ekibin oluşturulması	33
3.2.4. AHP ile kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi.....	34
3.2.5. Bulanık PROMETHEE ile alternatiflerin değerlendirilmesi.....	38
3.2.5.1. Potansiyel şarj istasyon noktalarının değerlendirilmesi.....	38
3.2.5.2. Uzman ekibin oluşturulması	39
3.2.5.3. Odak grup görüşmesi	39
3.2.5.4. Değerlendirme sonuçlarının üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi.....	42
3.2.5.5. PROMETHEE ile alternatiflerin sıralanması.....	43
3.3. Duyarlılık Analizi.....	46
3.3.1. Çevre kriterleri.....	47
3.3.2. Ekonomi kriterleri.....	48
3.3.3. Sosyal kriterler.....	50
SONUÇ.....	54
KAYNAKÇA.....	56
EKLER.....	62
EK.1: Kriter Ağırlıklandırma Anket Çalışması.....	62
EK.2: Kriter Ağırlıklandırma Anketinin Sonuçları.....	66
EK.3: Alternatif Değerlendirmeleri Anket Çalışması	74
EK.4: Karar Vericilerin Alternatif Değerlendirmeleri	78
ÖZGEÇMİŞ.....	81

KISALTMALAR

AHP	: Analytic Hierarchy Process
ANP	: Analytic Network Process
ARAS	: Additive Ratio Assessment
CI	: Tutarlılık İndeksi
COPRAS	: Complex Proportional Assessment
CR	: Tutarlılık Oranı
CRITIC	: Criteria Importance Through Intercriteria Correlation
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DEMATEL	: Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
Enb	: En Büyükleme
Enk	: En Küçükleme
ELECTRE	: Elimination and Choice Expressing Reality
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
KV	: Karar Verici
MOORA	: Multi-Objective Optimization on basis of Ratio Analysis
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
RI	: Rassal Tutarlılık İndeksi
SWARA	: Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UL-MULTIMOORA	: Uncertain Linguistic Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis Plus Full Multiplicative Form

TABLÖLAR

Tablo 1. Elektrikli Araç Yer Seçim Problemi Kriterleri.....	3
Tablo 2. Problemlerin Türüne Göre ÇKKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması	4
Tablo 3. Bu Çalışmanın Literatürde Yer Alan Benzer Çalışmalar ile Kıyaslanması	8
Tablo 4. Ortalama Rassal Tutarlılık İndeksi	12
Tablo 5. PROMETHEE Tercih Fonksiyonları.....	17
Tablo 6. Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırılması.....	35
Tablo 7. Çevre Alt Kriterlerinin İkili Karşılaştırılması	35
Tablo 8. Ekonomi Alt Kriterlerinin İkili Karşılaştırılması	35
Tablo 9. Sosyal Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması	35
Tablo 10. Ana Kriterlerin Normalize Değerleri.....	36
Tablo 11. Çevre Alt Kriterlerinin Normalize Değerleri.....	36
Tablo 12. Ekonomi Alt Kriterlerinin Normalize Değerleri	36
Tablo 13. Sosyal Alt Kriterlerin Normalize Değerleri.....	36
Tablo 14. Ana Kriterlerin Önem Ağırlıkları	37
Tablo 15. Alt Kriterlerin Önem Ağırlıkları.....	37
Tablo 16. Nihai Değerlendirme Sonuçları	42
Tablo 17. Değerlendirme Sonuçlarının Üçgensel Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi.....	43
Tablo 18. PROMETHEE Sonuçları.....	44
Tablo 19. Alternatiflerin Sıralanması	46

ŞEKİLLER

Şekil 1. Üç Seviyeli Hiyerarşik Yapı	10
Şekil 2. Pozitif ve Negatif Üstünlük Akımı	18
Şekil 3. Elektrikli Araç Şarj İstasyon Yeri Seçim Problemi Akış Şeması	29
Şekil 4. Değerlendirme Kriterleri	32
Şekil 5. Elektrikli Araç Şarj İstasyon Kurulumu için Belirlenen Alternatif Bölgeler	33
Şekil 6. Ana Kriterlerin Önem Ağırlıkları	37
Şekil 7. Alt Kriterlerin Önem Ağırlıkları	38
Şekil 8. Pozitif Üstünlük, Negatif Üstünlük ve Net Akım Değerleri	44
Şekil 9. PROMETHEE I ile Kısmi Sıralama	45
Şekil 10. PROMETHEE II ile Tam Sıralama	46
Şekil 11. Hava Kirliliğinin Azaltılması Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları	47
Şekil 12. Atıkların Uzaklaştırılması Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları	48
Şekil 13. Yapı-inşaat Maliyeti Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları	49
Şekil 14. Yıllık İşletim-bakım Maliyeti Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları	49
Şekil 15. Yatırımın Geri Ödeme Süresi Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları	50
Şekil 16. Şarj İstasyon Yerlerinin Kentsel Gelişim Planlaması ile Uyumu Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları	51
Şekil 17. İstasyonların Servis Yeteneği Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları	51
Şekil 18. Ulaşımın Elverişliliği Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları	52
Şekil 19. Bölge Güvenliği Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları	52
Şekil 20. İstasyon Kapasitesinin Gelecekte Genişleyebilme İmkânı Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları	53
Şekil 21. Şarj İstasyonlarının İnsan Yaşamı Üzerindeki Olumsuz Etkisi Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları	53

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tez Özeti

Tezin Başlığı: Elektrikli Araç Şarj İstasyon Kuruluş Yerlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Belirlenmesi

Tezin Yazarı: Tuğçe USLU

Danışman: Doç. Dr. İkrım DAŞTAN

Kabul Tarihi: 05/01/2022

Sayfa Sayısı: ix (ön kısım) + 61 (tez) + (ekler)

Ana bilim Dalı: İşletme

Bilim Dalı: İşletme

Bu çalışma, elektrikli araç şarj istasyonları için uygun yerlerin tespit edilmesi amacıyla birbiriyle çelişen (maliyet ve fayda yönlü) birçok kriteri eş güdümlü olarak değerlendirme imkanı sunan çok kriterli karar verme yöntemlerine dayalı bütünleşik yeni bir metodoloji sunmaktadır. İlk olarak, elektrikli araç şarj istasyon yer seçim kararı üzerinde etkili olan kriterlerin tespit edilmesi ve bu kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, sürdürülebilirliğin temel boyutlarını oluşturan; çevre, sosyal ve ekonomi tabanlı 11 alt kriter belirlenmiştir. Çevre kriteri başlığı altında hava kirliliğinin azaltılması ve atıkların uzaklaştırılması kriterleri incelenmiştir. Ekonomik açıdan istasyonların yapı-inşaat maliyeti, yıllık işletim-bakım maliyeti ve yatırımın geri ödeme süresi dikkate alınmıştır. Sosyal açıdan ise şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu, istasyonların servis yeteneği, ulaşımın elverişliliği, bölgenin güvenliği, istasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı ve istasyonların insan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi ele alınmıştır. Belirlenen kriterlerin önem ağırlıklarının tespit edilmesi için AHP yönteminden faydalanılmıştır. Ardından, elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu bakımından alternatif bölgelerin değerlendirilmesi için Bulanık PROMETHEE yöntemi tercih edilmiştir. PROMETHEE yöntemi alternatiflerin hem kısmi hem de tam sıralamalarının elde edilmesine imkan sunar ve bu sayede değerlendirme sonuçları detaylı bir şekilde analiz edilebilir. Bu nedenle, PROMETHEE, elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi problemi için etkili bir çözüm yöntemidir. Ayrıca, bu çalışma bulanık sayıların kullanılmasıyla daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi amacını güder. Önerilen metodoloji, elektrikli araç şarj istasyon yerlerinin belirlenmesi için İstanbul ilinde uygulanmıştır. Belirlenen kriterlere bağlı olarak; Silivri, Esenler, Kadıköy, Beşiktaş, Kartal ve Sarıyer ilçeleri elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu için değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde, sosyal kriterin elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı üzerinde en yüksek önem derecesine sahip olduğu görülmektedir. İkinci sırada, çevre kriteri yer almaktadır. Ekonomi kriteri ise en düşük önem ağırlığına sahiptir. Alt kriterler bazında değerlendirilme yapıldığında, elektrikli araç şarj istasyon yerleri üzerinde hava kirliliğinin azaltılması kriterinin belirleyici bir role sahip olduğu görülmektedir. Karar problemi üzerinde etkili olan bir diğer kriter ise yatırımın geri ödeme süresi olarak tespit edilmiştir. Alternatif bölgeler değerlendirildiğinde, Kadıköy ilçesinin şarj istasyonu kurulumu için en uygun bölge olduğu görülmektedir. Son sırada ise Silivri ilçesi yer almaktadır. Ek olarak, farklı kriter ağırlıklarıyla alternatiflerin net akım değerlerindeki değişiklikleri analiz edebilmek amacıyla duyarlılık analizi uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araçlar, şarj istasyonu, çok kriterli karar verme, AHP, Bulanık PROMETHEE.

Yalova University Institute of Graduate Studies Master Thesis Summary

Thesis Title: Determination of Electric Vehicle Charging Station Locations via Multi-Criteria Decision Making Methods	
Thesis Author: Tuğçe USLU	Advisor: Assoc. Prof. İkrım DAŞTAN
Date of Acceptance: 05/01/2022	Total Number of Pages: ix (pre text) + 61 (main body) + (appendices)
Department: Business Administration Field of Study: Business Administration	
This study presents a new integrated methodology based on multi-criteria decision making methods, which evaluate simultaneously many conflicting criteria (cost and benefit type), in order to allocate electric vehicle charging stations to convenient locations. Firstly, it is aimed to determine the criteria that play a decisive role in location selection decisions for electric vehicle charging stations, and to obtain the importance weights of selected criteria. In this respect, eleven criteria based on three pillars of sustainability, namely; environment, economy and society have been defined. Environment criterion covers air pollutants reduction and waste discharge. Economy criterion consists of construction cost, annual operation and maintenance cost as well as investment pay-back period. The sub-criteria related to social criterion are as followed: Harmonization of electric vehicle charging stations with the development planning of urban road network, service capability, traffic convenience, location safety and security, capacity expansion in future, and adverse impact on people's lives. AHP method is used to prioritize the selected criteria. After that, Fuzzy PROMETHEE is preferred to evaluate alternative locations in terms of the construction of electric vehicle charging stations. PROMETHEE provides both partial and complete ranking of alternatives so that the evaluation results can be analyzed comprehensively. Therefore, PROMETHEE is an effective method for the location selection of electric vehicle charging stations. This study is also motivated to get more realistic results via using fuzzy numbers. The proposed methodology is implemented on a case study in order to determine optimal locations of electric vehicle charging stations in İstanbul, Turkey. Silivri, Esenler, Kadıköy, Beşiktaş, Kartal and Sarıyer, which are the set of alternatives, are investigated for the installation of electric vehicle charging stations. The results of this study depict that the social criterion has the highest importance on the location selection of electric vehicle charging stations. The social criterion is followed by the environmental and economic criteria respectively. When evaluated on the basis of sub-criteria, it is seen that air pollutants reduction has a crucial role in the location of electric vehicle charging stations. Another criterion that has high importance on the issue is investment pay-back period. When it comes to the alternative sites, Kadıköy is the most suitable area for establishing electric vehicle charging stations. Silivri is ranked last among the alternatives. Furthermore, sensitivity analysis is conducted to analyze changes in net flow values of alternatives by different criterion weights.	
Keywords: Electric vehicle, charging station, multi-criteria decision making, AHP, Fuzzy PROMETHEE.	

GİRİŞ

Çevre dostu araçlar olarak adlandırılan elektrikli araçların kullanımı küresel çapta giderek yaygınlaşmaktadır. 2020 yılı sonunda dünya genelindeki yollarda tespit edilen elektrikli araç sayısı 10 milyona ulaşmıştır. Covid-19 pandemisinden kaynaklı olarak genel otomobil satışlarında %16'lık bir düşüş görülmesine karşın, 2020 yılında kayıtlı elektrikli araç sayısı %41 artmıştır (Uluslararası Enerji Ajansı [IEA], 2021: 5). Dünyadaki gelişmelere paralel olarak, Türkiye'deki elektrikli araç kullanımı da yıllar içerisinde önemli gelişmeler göstermiştir. 2011 yılında Türkiye'deki hibrit otomobillerin (benzin-elektrik ve dizel-elektrik) ve elektrikli otomobillerin toplam sayısı 47 iken, 2021 yılında bu rakam 74.897'ye ulaşmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2021).

Ulaşımda geleneksel motorlu taşıtların yerine elektrikli araçların tercih edilmesi birçok avantajı da beraberinde getirmektedir. Elektrikli araçlar yüksek düzeyde verimlilik ve performans sunmalarının yanı sıra geleneksel araçlara göre düşük karbondioksit (CO₂) yayılımına sahiptir. Ayrıca, bu araçlarda yakıt olarak kullanılan elektriğin temin edilmesi nispeten kolay ve ucuzdur (Dickerman ve Harrison, 2010: 56-57). Ek olarak, elektrikli araçlar çalışırken oldukça sessizdir ve bu sebeple elektrikli araç kullanımı gürültü kirliliğinin önlenmesinde önemli bir role sahiptir.

Elektrikli araç kullanımının önemli avantajlarının olmasına karşın bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Elektrikli araçlar limitli bir batarya kapasitesine sahip oldukları için bu araçların tam dolu şarj ile gidebilecekleri sürüş mesafesi sınırlıdır. Bataryanın tekrardan dolu hale getirilmesi için araçların şarj istasyonlarında şarj edilmesi gerekir. Bu araçların şarj istasyonlarında şarj olma süresi motorlu araçların yakıt alma süresiyle kıyaslandığında oldukça uzundur. Bu durum, şarj istasyonlarında elektrikli araç sahiplerinin uzun süre beklemesine ve araç kuyruklarının oluşmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu ve işletimi yüksek maliyetler içermektedir.

Elektrikli araçların sebep olabileceği bu olumsuzluklarının önüne geçebilmek için elektrikli araç şarj istasyon yerlerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında, elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu için uygun yerleri belirlemek amacıyla AHP ve Bulanık PROMETHEE yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bütünsel bir yaklaşım önerilmiştir. Elektrikli araç yer seçim kararı üzerinde etkili olan kriterlerin tespit edilmesi ve önem derecelerinin belirlenmesinin ardından İstanbul ilinde bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Şarj istasyonları için uygun noktaların tespit edilmesinde sürdürülebilirliğin temelini oluşturan; çevre, ekonomi ve sosyal bileşenler göz önünde bulundurularak ilgili kriterler belirlenmiştir. Faktörlerin belirlenmesi sürecinde literatürdeki çalışmalardan ve uzman görüşlerinden faydalanılmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalarda, istasyonların inşaat maliyeti, yıllık operasyon-bakım maliyeti, servis kapasitesi ve ulaşımın uygunluğu elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı üzerinde yüksek önem derecesine sahip faktörlerden bazılarıdır. Öte yandan, bazı çalışmalarda

çevre ve toplum ile ilişkili faktörlerin ekonomik faktörlere kıyasla daha yüksek öneme sahip olduğu görülmektedir (Wu vd., 2016; Liu vd., 2019; Guo ve Zhao, 2015).

Bu tez çalışmasında elektrikli araç şarj istasyon yer seçim kararı için ele alınan kriterler; hava kirliliğinin azaltılması, atıkların uzaklaştırılması, şarj istasyonlarının kurulumu için yapılan yatırımın geri ödeme süresi, şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu, istasyonların servis yeteneği, yapı-inşaat maliyeti, yıllık işletim-bakım maliyeti, ulaşımın elverişliliği, bölgenin güvenliği, istasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı ve istasyonların insan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi olarak belirlenmiştir. Belirlenen kriterler yer seçim problemini çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlardan ele almakta olup problemin çözümü için sürdürülebilir bir yaklaşım sağlamaktadır.

Bir sonraki aşamada, farklı branşlardan uzman kişilerin yer aldığı bir karar verici (KV) ekibi oluşturulmuştur. KV ekibi tarafından ilgili faktörler değerlendirilerek elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu üzerinde etkili olan faktörlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. İstanbul ilinde belirlenen potansiyel şarj istasyon bölgeleri ilgili kriterler bakımından aynı KV ekibi tarafından değerlendirilerek şarj istasyonu kurulumu için potansiyel noktalar analiz edilmiştir. Probleminin çözümü için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerine başvurulmuştur. İlgili faktörlerin önem derecelerinin belirlenmesi için AHP yöntemi ve alternatif bölgelerin değerlendirilmesinde Bulanık PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır.

AHP yöntemi, sunduğu hiyerarşik yapı sayesinde birçok faktörün bir arada değerlendirilmesine imkan sağlayan ve faktörler arası önceliklerin belirlenmesinde kullanılan çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Müşteri şikayetlerinin tespit edilmesi (Oğuzlar, 2007), hastane yeri seçim kararı (Şahin vd., 2019), tedarikçi seçim problemi (Ghodsypour ve O'Brien, 1998), akıllı şehirlerin gelişimde etkili olan faktörlerin belirlenmesi (Myeong vd., 2018) ve istatistiksel yazılım programı seçim kararı (Girginer ve Kaygısız, 2009) gibi literatürde birçok farklı alanda uygulamaları bulunmaktadır.

Bilsel vd. (2006) hastane web sitelerinin performansının değerlendirilmesinde, Yılmaz ve Dağdeviren (2010) ekipman seçiminde, Kabadayı ve Dağ (2017) alternatif makinelerin değerlendirilmesinde, Durna vd. (2020) ömrünü tamamlayan lastikler için en iyi bertaraf yönteminin tespit edilmesinde, seçim kararının tercih fonksiyonlarına dayalı olarak yapıldığı ve bulanıklık kavramının entegre edildiği Bulanık PROMETHEE yöntemini kullanmıştır.

Bu çalışma ile:

-Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı için sürdürülebilir bir seçim yapabilmek amacıyla karar problemi çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Problemin çözümü için belirlenen kriterler Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Elektrikli Araç Yer Seçim Problemi Kriterleri

Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçim Problemi	
Sürdürülebilirlik Kriterleri	Değerlendirme Kriterleri
Çevre	Hava kirliliğinin azaltılması
	Atıkların uzaklaştırılması
Ekonomi	Yapı-inşaat maliyeti
	Yıllık işletim-bakım maliyeti
	Yatırımın geri ödeme süresi
Sosyal	Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu
	İstasyonların servis yeteneği
	Ulaşımın elverişliliği
	Bölgenin güvenliği
	İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı
	İnsan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi

-Alanında uzman kişilerin görüşlerinin alınmasıyla elektrikli araç şarj istasyon seçim kararı üzerinde etkili olan faktörlerin öncelik ilişkileri tespit edilmiştir.

-Problem çözümü için AHP ve Bulanık PROMETHEE yöntemlerinin kullanıldığı bütünlük bir yaklaşım önerilmiştir.

-Bulanık yaklaşıma başvurularak gerçek hayata daha yakın sonuçların elde edilmesi amaçlanmıştır.

-Uygulama İstanbul ilinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, elektrikli araç şarj istasyon yerleri için çevre kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlayan, sosyal hayata kolayca entegre olabilen ve maliyetlerin minimize edilmesini amaçlayan optimum bir yerleşim planı sunulmuştur.

-Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı için önerilen yaklaşım dünyadaki farklı bölgelere de kolayca entegre edilebilir.

Tez çalışmasının ilerleyen bölümleri şu şekilde düzenlenmiştir. 1. bölümde, çok kriterli karar verme ve yer seçim problemine ilişkin kavramsal bir çerçeve sunulmuştur. Ayrıca, elektrikli araç şarj istasyon yer seçimi kararına ilişkin literatür taraması yer almaktadır. 2. bölümde, problemin çözümünde kullanılan AHP ve Bulanık PROMETHEE yöntemleri detaylı bir şekilde anlatılmıştır. 3. Bölümde, problem çözümü için önerilen metodoloji sunularak İstanbul ilinde bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın son kısmı ise sonuç bölümünü oluşturmakta olup aynı zamanda gelecek çalışmalar için önerileri içermektedir.

BÖLÜM 1

KAVRAMSAL ÇERÇEVE ve LİTERATÜR TARAMASI

1.1. Çok Kriterli Karar Verme

Seçim, sıralama ve sınıflandırma gibi karar problemlerinin çözümünde, insanlar ve aynı zamanda işletmeler sürdürülebilir kararlar alabilmek için problem üzerinde etkili olabilecek yalnızca bir kriteri göz önünde bulundurmak yerine birçok kriteri dikkate almaktadır (Ishizaka ve Nemery, 2013: 1). Birden fazla kriterin bir arada ele alınması karar probleminin birçok farklı açıdan değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

ÇKKV, çözülmesi hedeflenen problem üzerinde birden çok kriterin etkili olduğu durumlarda başvuru ve alternatiflerin ilgili faktörler açısından değerlendirilmesine olanak sağlayan bir karar verme mekanizmasını ifade etmektedir. Karar verme problemlerinin çözümüne yönelik literatürde birçok farklı ÇKKV yöntemi yer almaktadır. AHP, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE, ARAS, MOORA ve COPRAS literatürde yer alan ÇKKV yöntemlerinden bazılarıdır. Birçok kriterin ve alternatifin yer aldığı karmaşık problemlerin sistematik ve bilimsel bir yaklaşım temeline dayalı olarak çözülmesinde bu yöntemlere başvurulmaktadır.

ÇKKV yöntemleri farklı açılardan ele alınarak belirli kategorilerde gruplandırılabilir. Verinin kullanımı açısından ele alındığında; deterministik, stokastik ve bulanık olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Karar verme sürecinde karar verici sayısı dikkate alındığında ise tek karar vericiye dayalı (single decision maker) ve grup kararına dayalı (group decision makers) olarak sınıflandırılmaktadır (Triantaphyllou, 2000: 3). Bir diğer kategori olarak, ele alınan ÇKKV probleminin türüne göre seçim, sıralama ve sınıflama problemleri olarak gruplandırılmaktadır. Problem türüne göre kullanılan ÇKKV yöntemleri Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Problemlerin Türüne Göre ÇKKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Problem Türü	Kullanılan ÇKKV Yöntemi
Seçim Problemleri (Choice Problems)	AHP, ANP, MAUT/UTA, MACBETH, PROMETHEE, ELECTRE I, TOPSIS, Hedef Programlama, DEA
Sıralama Problemleri (Ranking Problems)	AHP, ANP, MAUT/UTA, MACBETH, PROMETHEE, ELECTRE III, TOPSIS, DEA
Sınıflama Problemleri (Sorting Problems)	AHPSort, UTADIS, FlowSort, ELECTRE-Tri

Kaynak: Ishizaka ve Nemery (2013: 4)

1.2. Kuruluş Yeri Seçim Problemleri

Kuruluş yeri seçim problemleri (facility location problems), belirli kısıtlar altında minimum maliyetle ve müşteri taleplerini karşılayacak şekilde kurulması planlanan tesisler için uygun kuruluş yerlerini atamaktadır. Firmalar için kuruluş yeri seçim problemi önemli stratejik kararlardan biridir. Kuruluş yeri seçiminde firmalar hem mevcut hem de gelecekteki

performansına katkı sağlamayı amaçlayarak ve değişen çevresel faktörler, işgücü kapasitesi ve pazar eğilimlerini dikkate alarak uygun yerleri tespit etmelidir (Farahani ve Hekmatfar, 2009: 1). Brandeau ve Chiu (1989), Owen ve Daskin (1998), Farahani vd. (2010), Arabani ve Farahani (2012), Turkoglu ve Genevois (2020) kuruluş yeri seçimi problemleri ile ilgili literatür araştırmalarının yer aldığı bazı çalışmalardır.

1909 yılında Alfred Weber tarafından Fermat probleminin endüstriyel alanda ilk pratik uygulaması gerçekleştirilmiş ve böylelikle endüstriyel kuruluş yeri teorisinin temelleri atılmıştır. Weber kuruluş yeri seçim kararı üzerinde etkili olan kuruluş yeri maliyetleri, ulaşım maliyetleri, işgücü maliyetleri, hammadde ve yarı mamul maliyeti ve alt yapı ve destek hizmetlerinin uygunluğu gibi faktörler için kuvvetli teorik bir altyapı sunmuştur (Bruno vd. 2014: 90-92). Hakimi (1964)'nin yaptığı çalışma, kuruluş yer seçim problemleri ile ilgili önemli çalışmalardan biri olup, bu çalışma ile araştırmacılar tarafından üzerinde sıkça çalışılan p-medyan problemleri literatüre kazandırılmıştır.

1.3. Literatür Taraması

Çevre ve enerji konularındaki farkındalığın artmasıyla birlikte elektrikli araçlar dünya genelinde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Elektrikli araçların kullanımı, beraberinde elektrikli araç şarj istasyonları için yer seçim problemini ortaya çıkarmıştır.

Bai vd. (2019), elektrikli araç şarj istasyonlarının konumlarını, kapasite seçeneklerini ve servis tiplerini belirlemek için hem maliyetlerin en küçüklenmesini hem de servis kalitesinin en büyüklenmesini hedefleyen iki amaçlı karma tam sayılı bir matematiksel model sunmuşlardır. İstasyonlardaki şarj talepleri GPS verileri kullanılarak tahmin edilmiş ve önerilen modelin çözümü için karma (hibrit) evrimsel bir algoritma önerilmiştir. Bu algoritma Çin'in Shenzhen kentinde uygulanmıştır.

Cavadas vd. (2015), elektrikli araç şarj istasyon yerlerinin belirlenmesi için seyahat eden kişilerin günlük aktivitelerini göz önünde bulunduran, yolculuk sırasında birbirini izleyen duraklar arasında talebin transfer edilmesine olanak sağlayan ve sınırlı bütçe kısıtının yer aldığı bir karma tamsayılı matematiksel model önermişlerdir. Önerilen matematiksel model Portekiz'de Coimbra şehrinde uygulanmıştır.

Sun vd. (2020) önerdikleri modelde, kurulacak olan şarj istasyonlarını hızlı ve yavaş olarak iki kategoriye ayırmışlardır. Kısa mesafeler için yavaş şarj ünitesine sahip istasyonlarının, uzun mesafeler için ise hızlı şarj ünitesine sahip istasyonlarının kurulması amaçlanmıştır. Elektrikli araç akışlarının en büyüklenmesini hedefleyen bir matematiksel model önerilmiş ve önerilen model Çin'in Dalian kentinde test edilmiştir. Uygulama sonucunda, seyahat mesafesi, lokasyon kapasitesi ve bütçe kısıtlarının sonuçlar üzerinde önemli etkilerinin olduğu belirtilmiştir.

Bazı araştırmacılar elektrikli araçlar için uygun şarj istasyon yerlerinin belirlenmesi için sezgisel ve meta sezgisel algoritmalarından faydalanmıştır; Jia vd. (2013) benzetilmiş tavlama

algoritması, Liu vd. (2012) parçacık sürü optimizasyonu ve Zhang vd. (2019) geliştirilmiş balina optimizasyon algoritmasını çalışmalarında kullanmışlardır.

Guo ve Zhao (2015) yapmış oldukları çalışmada, elektrik araç şarj istasyonu yer seçim problemi üzerinde etkili olan kriterlerini çevre, ekonomi ve sosyal tabanlı olarak ele almışlardır. Çevre kriterinde, bitki örtüsü ve sulak alanlar üzerindeki yıkım etkisi, atıkların uzaklaştırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve partikül madde emisyonlarının azaltılması yer almaktadır. Şarj istasyonlarının kentsel yol ağı ve güç planlaması ile uyumu, trafiğin uygunluğu, servis kapasitesi ve şarj istasyonlarının insan yaşamı üzerindeki etkisi sosyal alt kriterlerdir. Ekonomi kriterinde ise istasyonların yapım maliyeti, yıllık operasyon-bakım maliyeti ve yatırımın geri ödeme süresi yer almaktadır. Bu kapsamda, Beijing kentinden seçilen 4 potansiyel bölgenin Bulanık TOPSIS yöntemi ile şarj istasyon kurulumu için uygunluğu değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarında, bizim çalışmamızla benzer şekilde, çevre ve sosyal konular ile ilgili olan kriterler, ekonomi ile ilgili olan kriterlere kıyasla daha yüksek derecede önemli bulunmuştur.

Wu vd. (2016), elektrikli araç şarj istasyon yer seçimi kararı için ekonomik kriterler, mühendislik açısından yapılabilirlik, istasyonların servis imkanı, sosyal kriterler, çevresel kriterler ve coğrafik çevre olmak üzere 6 ana kriter belirlemişlerdir. Kriterlerin önem dereceleri değerlendirilirken ANP yöntemi kullanılmıştır. Beijing bölgesinde bulunan 4 alternatif noktayı sıralamak için bulut modeline dayalı PROMETHEE yöntemi tercih edilmiştir. Ardından Bulanık PROMETHEE yöntemiyle de alternatifler sıralanarak iki yöntemin sonuçları kıyaslanmıştır. Araştırmacılar, elektrikli araç şarj istasyon yeri seçim problemi için bulut modeline dayalı PROMETHEE yönteminin uygun ve tutarlı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Liu vd. (2019), elektrikli araç şarj istasyon yerlerini belirlerken problem üzerinde etkili olan kriterleri çevre, ekonomi ve sosyal olmak üzere 3 ana kategoride incelemişlerdir. Çin'in Şanghai kentinde yer alan dört bölge bu kriterlere göre değerlendirilmiş ve şarj istasyonları için optimal bölgeler tespit edilmiştir. Kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi amacıyla Grey DEMATEL ve alternatiflerin sıralanması için UL-MULTIMOORA yöntemi kullanılmıştır. Yapı-inşaat maliyeti, elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim problemi üzerinde en yüksek öneme sahip olan kriter olarak tespit edilmiştir.

Literatürdeki bu konuyla ilgili yer alan çalışmalardan farklı olarak; Hosseini ve Sarder (2019), elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı için bir Bayes Ağ modeli önermişlerdir. Elektrikli araç şarj istasyonu yeri seçimi problemini çevre, ekonomi ve sosyal açıların yanı sıra teknik açıdan da ele almışlardır. Araştırmada yer alan teknik faktör güç şebekesinin arızalanma durumu ile ilişkilidir.

Literatürde elektrikli araç şarj istasyon yerlerini belirlemeye yönelik çalışmalar Türkiye için de uygulanmıştır. Genevois ve Kocaman (2018), elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu için potansiyel bölgeler olarak İstanbul'un Kadıköy ve Ataşehir ilçelerinde yer alan alışveriş ve kültür merkezlerini seçmişlerdir. Potansiyel bölgelerin değerlendirilmesi için; erişilebilirlik, araçların park edilebilme imkanı ve trafiğin uygunluğu kriterleri dikkate alınmıştır. Çalışmada

kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde ve potansiyel bölgelerin değerlendirilmesinde AHP yöntemine başvurulmuş ve bölgelere kurulacak olan elektrikli araç şarj istasyon sayısının belirlenmesi için elde edilen alternatif ağırlıklarını göz önünde bulunduran bir matematiksel model önerilmiştir. Türkiye’de uygulanan bir diğer çalışmada, elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu için potansiyel noktalar, İstanbul’da yer alan alışveriş merkezleri arasından seçilmiştir. Potansiyel noktalar; erişilebilirlik, kapasite, trafik akışı, şehir merkezine yakınlık ve doğal kaynaklara olan mesafe faktörleri açısından genişletilmiş TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmiştir (Dascioğlu vd., 2020). Ancak, Türkiye’de uygulanan çalışmalarda yer alan kriterler incelendiğinde yer seçim kararları üzerinde önemli bir etkiye sahip olan ekonomik faktörlerin göz önünde bulundurulmadığı ve ele alınan kriter sayısının oldukça az olduğu görülmektedir.

Yukarıdaki bahsi geçen çalışmalar incelendiğinde; sıklıkla elektrikli araç şarj istasyon yer seçim problemi için lineer programlama, karma tam sayılı programlama, sezgisel ve meta sezgisel algoritmaların kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda genellikle maliyetlerin minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Bir diğer deyişle, karar problemi daha çok ekonomik açıdan ele alınmaktadır. Öte yandan, karar probleminin çözümünde ekonomik kriterlerin yanı sıra hava kirliliğinin azaltılması gibi çevresel kriterler ve şarj istasyon kurulumunun insan yaşamı üzerindeki etkisi gibi sosyal kriterlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Böylelikle, elde edilecek yer seçim kararının daha sürdürülebilir ve uygulanabilir olması sağlanacaktır. Ek olarak, sürdürülebilirliğin temel bileşenleri olan ekonomi, çevre ve sosyal konular ile ilgili kriterler dikkate alındığında, bu kriterlerin kesin sayılar ile ifade edilmesi oldukça zordur. Aynı zamanda, elde edilen veriler gerçek hayat ile örtüşmeyen sonuçların ortaya çıkmasına sebep olabilir. Bu durumda, kesin sayıların yerine bulanık sayıların kullanılmasıyla daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilir. Bu sebeple, bu çalışmada elektrikli araç yer seçim problemi çevresel, ekonomik ve sosyal perspektiften ele alınmış olup problem çözümü için bulanık bir yaklaşım benimsenmiştir.

Bu tez çalışmasının literatürde yer alan benzer çalışmalar ile kıyaslanması Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3. Bu Çalışmanın Literatürde Yer Alan Benzer Çalışmalar ile Kıyaslanması

	Çalışmalar					
	Bu çalışma	Liu vd. (2019)	Wu vd. (2016)	Guo ve Zhao (2015)	Hosseini ve Sarder (2019)	Genevois ve Kocaman (2018)
Kriterler						
Hava kirliliğinin azaltılması	√	√	√	√	√	
Atıkların uzaklaştırılması	√	√	√	√	√	
Yapı-inşaat maliyeti	√	√	√	√	√	
Yıllık işletim-bakım maliyeti	√	√	√	√	√	
Yatırımın geri ödeme süresi	√		√	√		
Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu	√	√		√		
İstasyonların servis yeteneği	√	√	√	√	√	√
Ulaşımın elverişliliği	√	√	√	√	√	√
Bölgenin güvenliği	√				√	
İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı	√		√			
İstasyonların insan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi	√	√	√	√		
Yöntem						
AHP (Kriterlerin önceliklendirilmesinde)	√					√
Bulanık PROMETHEE (Alternatiflerin değerlendirilmesinde)	√		√			
Bulanık Yaklaşım	√	√	√	√	√	

BÖLÜM 2

YÖNTEMLER

2.1. AHP

Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen AHP yöntemi karar problemlerinde yer alan kriterlerin ve alternatiflerin göreceli önem ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan bir karar verme yöntemidir. Thomas L. Saaty, AHP yöntemine ilişkin temel çalışmaları literatüre kazandırmıştır (Saaty, 1977, 1986, 1990, 2008).

AHP yönteminin temel adımlarından biri; hedef, kriterler, alt kriterler ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir yapının oluşturulmasıdır. Hiyerarşik yapının inşa edilmesiyle kriterler seviyelere ayrılır. Bu özellik, araştırmacılara AHP yönteminin uygulanması açısından kolaylık sunmaktadır.

Bu yöntemde, alternatifler ve kriterler birbirleriyle ikili karşılaştırmalar aracılığıyla kıyaslanmaktadır. Bu kıyaslamalar için Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen bir önem ölçeği kullanılmaktadır. Önem ölçeği 1 ile 9 arasında değişebilen değerler alabilmektedir. Karar vericiler bu ölçek aracılığıyla ikili karşılaştırmalar yapmaktadır. Vargas (1990: 2), önem ölçeği sayesinde somut kriterlerin yanı sıra soyut kriterlerin de kıyaslanabilme imkanı elde edebilmesini AHP'nin kullanışlı bir özelliği olarak belirtmiştir.

AHP, araştırmacılar tarafından sık kullanılan bir karar verme yöntemi olup literatürde birçok farklı alanda uygulamaları bulunmaktadır. Ho ve Ma (2018) tarafından yapılan kapsamlı literatür araştırmasına göre, AHP yöntemi; üretim, lojistik, yönetim, yüksek öğretim, internet, iletişim, tekstil ve moda, kimyasallar, gıda, ziraat, hava yolları, fırıncılık, inşaat, finans, balıkçılık, demir çelik, araba kiralama gibi birçok farklı alanda araştırmacılar tarafından kullanılmıştır.

AHP işlem basamakları 4 ana adımda özetlenebilir (Saaty, 2008: 85):

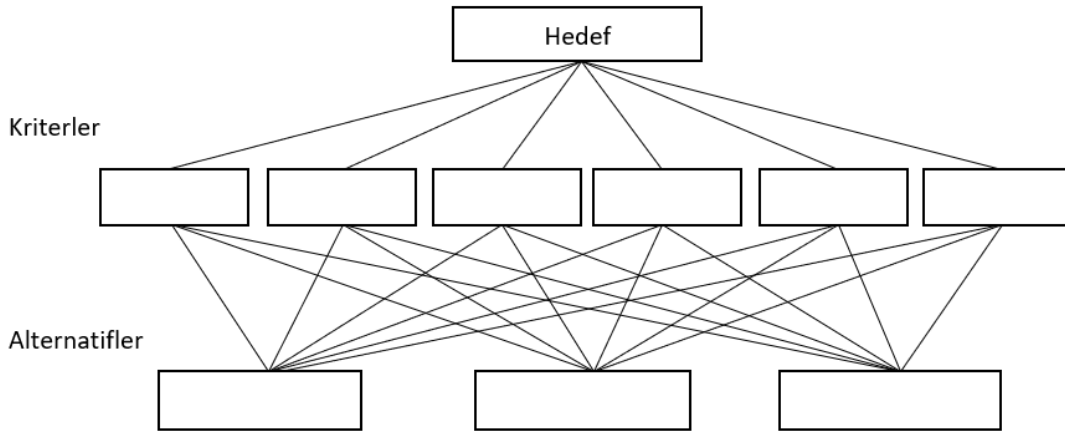
1. Problem belirlenir ve ihtiyaç duyulan bilgiler tespit edilir.
2. Karar hiyerarşisinin en üstünde hedef yer alır. Ardından, kriterlerin bağlı olduğu orta seviyelerden en alt seviyelere kadar uzanan hiyerarşik bir yapı oluşturulur. En alt seviyede karar probleminin alternatifleri yer alır.
3. İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Üst seviyede yer alan her kriter, bir altındaki seviyedeki kriterlerin kıyaslanmasında kullanılır.
4. Bir alt seviyede yer alan kriterlerin önceliklerini belirlemek için ikili kıyaslamalardaki önceliklerden faydalanılır. Bu işlem her kriter için tekrarlanır. Her bir alt seviyedeki kriter ağırlıklı değerlerinin eklenmesiyle global ağırlıklar elde edilir. Hiyerarşinin en alt seviyesine kadar (alternatiflere kadar) aynı işlemlere devam edilir.

2.1.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması

Hiyerarşik yapı, büyük veya karmaşık problemleri daha ufak alt bileşenlere ayırarak problemin daha sistematik ve basit bir şekilde ifade edilmesine imkan sağlamaktadır. Karar hiyerarşisinin en üstünde karar probleminin çözümü için ulaşılmak istenen hedef yer almaktadır. Ardından, hedefi gerçekleştirmeye yönelik belirlenen kriterler doğrultusunda hiyerarşi dallanmaktadır. Eğer bir kritere bağlı alt kriterler bulunuyorsa, bir alt seviyeye geçilerek alt kriterler için bir seviye oluşturulur ve alt kriterler bağlı olduğu kriter ile ilişkilendirilerek hiyerarşik yapı inşa edilir. Kriterlere bağlı alt kriterlerin sayısına göre farklı seviyelerde hiyerarşik yapılar inşa edilebilir. En alt seviyede ise genellikle değerlendirilmesi amaçlanan alternatifler kümesine yer verilir.

Hiyerarşi, bir seviyede yer alan öğeler ile hemen altındaki seviyede yer alan öğeler arasındaki ilişkiyi ifade eder ve bu ilişki hiyerarşinin en alt basamağına kadar sürer. Bu nedenle, her öğe arasında dolaylı bir şekilde de olsa da bir ilişki bulunmaktadır (Bhushan ve Rai, 2004: 16). Üç seviyeden oluşan bir hiyerarşik yapı örneği Şekil 1’de verilmiştir.

Şekil 1. Üç Seviyeli Hiyerarşik Yapı



Kaynak: (Saaty ve Vargas, 2012: 3)

2.1.2. AHP önem ölçeği

AHP tekniği kriterler ve alternatifler arasındaki ikili karşılaştırmaları kullanmaktadır. İkili karşılaştırmalar yapılırken 1-9 arasında değişebilen değerler alan bir önem ölçeği kullanılır. Örneğin, i . kriter j . kritere göre 1 önem derecesine sahipse, her iki faktörün hedefe aynı derecede katkı yaptığı söylenebilir. Eğer i . kriterin j . kritere göre önem derecesi 9 ise, i . kriterin j . kritere göre tercih edilme derecesinin mümkün olabilecek en yüksek seviyede olduğu söylenebilir. Ayrıca, i . kriterin j . kritere göre önem derecesi 9 olduğunda j . kriterin i . kritere göre önem derecesinin $1/9$ olduğu kabul edilir. Bu nedenle, AHP yöntemi uygulanırken

herhangi iki kriterin ikili olarak karşılaştırılmasının bir kez yapılması yeterlidir. Bu durum, karar vericiler tarafından yapılan karşılaştırma sayısında önemli ölçüde azalmaya sebep olmaktadır.

2.1.3. AHP yönteminin işlem adımları

1.adım: Problem tespit edilir. Ele alınan problem doğrultusunda hedef, kriterler, alt kriterler ve alternatifler tanımlanarak problemin bileşenleri belirlenir. Belirlenen problem bileşenleri hiyerarşik bir yapı oluşturacak şekilde inşa edilir.

2.adım: Karar vericiler veya uzman kişiler aracılığıyla kriterler ve alternatifler ikili gruplar oluşturularak karşılaştırılır ve böylelikle karar problemine ilişkin veriler elde edilir. İkili karşılaştırmalar ‘Karşılaştırma Matrisi’ üzerinde gösterilir. Kriter sayısının n olduğu bir karar probleminde $a_1, a_2, \dots, a_n$ kriterleri ve $w_1, w_2, \dots, w_n$ ağırlıkları temsil etmek üzere karşılaştırma matrisinin gösterimi aşağıdaki gibidir (Tzeng ve Huang, 2011: 17):

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Matrisin köşegen üzerindeki elemanları 1 değerini alır. i . satırdaki kriter j . sütundaki kriterden daha büyük öneme sahipse a_{ij} elemanın değeri 1’den büyüktür. Aksi durumda, j . sütundaki kriter i . satırdaki kriterden daha büyük öneme sahiptir. Matrisin a_{ji} elemanı, a_{ij} elemanının çarpmaya göre tersine eşittir (Bhushan ve Rai, 2004: 16). Bir başka deyişle, $a_{ij} = 1/a_{ji}$ olmaktadır.

3. adım: Bu aşamada karşılaştırma matrisi normalize edilir. Normalizasyon işlemi için ilk olarak her bir sütunun toplam değeri hesaplanır, ardından matristeki her bir elemanın bulunduğu sütun toplamına bölünmesiyle normalize edilmiş değerler elde edilir. Normalize edilmiş matrisin her bir satırının ortalaması alınır. Böylelikle ‘Öncelikler (Ağırlık) Vektörü (w)’ oluşturulur ve göreceli önem ağırlıkları elde edilir.

4. adım: Bu aşamada, karar vericiler veya uzman kişiler tarafından yapılan değerlendirmelerin tutarlı olup olmadığı test edilir. Böylelikle, karar verici görüşleri subjektif yargılara dayalı olduğu için oluşabilecek tutarsız değerlendirmelerin giderilmesi amaçlanır. Bu doğrultuda, ilk olarak Eşitlik 2’de formülü verilen Tutarlılık İndeksi (CI) hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{(n-1)} \quad (2)$$

Burada, λ_{maks} matrisin en büyük özdeğerini ifade etmektedir. Bu aşamada, öncelikler vektörünün (w) adım 2’de oluşturulan karşılaştırma matrisiyle çarpılmasıyla ‘Tüm Öncelikler Matrisi’ elde edilir. λ_{maks} değerinin elde edilmesi için; tüm öncelikler matrisinin elemanları öncelikler vektörüne bölünür. Ardından elde edilen matris değerlerinin ortalaması alınır (Önder ve Önder, 2015: 33).

Tutarlılık Oranı (CR), Eşitlik 3’te yer alan formül ile hesaplanır. Ortalama Rassal Tutarlılık İndeksi (RI) değerleri kriter sayısına göre değişiklik göstermektedir. Kriter sayısına karşılık gelen RI değerleri Tablo 4’te yer almaktadır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

CR değerinin yaklaşık 0,1 veya daha az olması uygun görülür. Eğer tutarlılık oranı 0,1’den büyük ise tutarlılık iyileştirilmeye çalışılır (Saaty, 1990: 13).

Tablo 4. Ortalama Rassal Tutarlılık İndeksi

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Kaynak: (Saaty ve Vargas, 2012: 9)

5. adım: Son olarak, alt seviyede yer alan her bir kriterin bağlı olduğu üst seviyedeki kriterin ağırlığı ile çarpılmasıyla global ağırlıklar elde edilir.

2.1.4. AHP yöntemine ilişkin literatür taraması

AHP yöntemi literatürde birçok araştırmacı tarafından kullanılmaktadır. Vaidya ve Kumar (2006), Ho (2008), Ho ve Ma (2018), Dos Santos vd. (2019) çalışmalarında AHP yöntemine ilişkin detaylı literatür taraması yapmışlardır.

Albayrak ve Erkut (2005) çalışmalarında, AHP ile hizmet sektörünün bir parçası olan bankaların performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmada bankaların performansının değerlendirilmesi için dört seviyeli hiyerarşik bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan hiyerarşik modelde hem finansal hem de finansal olmayan performans ölçütleri yer almaktadır. Karlılık, risk, ürün boyutu, fiyatlama stratejisi, promosyon stratejisi ve hizmetin teslimi hiyerarşik modelde yer alan kriterlerden bazılarıdır.

Özyörük ve Özcan (2008), otomotiv sektörüne hizmet veren bir firmanın tedarikçi seçim kararı için AHP yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışmada, firmanın 5 tedarikçisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ürün kalitesi, teslim tarihine uyum, sipariş miktarına uyum, siparişteki ürün özelliklerine uyum ve sorunlara yaklaşım kriterleri bakımından tedarikçiler AHP ile değerlendirilmiştir.

Ömürbek vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada, kuruluş yer seçim kararı için AHP yöntemini kullanmışlardır. Araştırma kapsamında, Isparta ilinde hayvancılık yapmaya uygun alanların belirlenmesi hedeflenmiştir. Alternatif kuruluş yerleri olarak Isparta ilinin bazı ilçeleri seçilmiştir. Belirlenen alternatifler; konum, çevresel faktörler, işgücü, yatırım maliyetleri ve yasalar açısından değerlendirilmiştir.

Girginer ve Kaygısız (2009), istatistiksel yazılım programı seçim kararı için AHP ile 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli kullanmışlardır. Çalışmada değerlendirilen paket programları SPSS, Statistica ve Minitab'dir. Belirlenen alternatiflerin ilgili kriterler bazında AHP ile değerlendirilmesiyle alternatiflerin öncelik değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmada, AHP sonucunda elde edilen öncelik değerleri hedef programlama modeline öncelik kısıtı olarak eklenmiştir. Oluşturulan hedef programlama modelinde öncelik kısıtının yanı sıra yazılım fiyatı ve yıllık bakım maliyeti kısıtları da yer almaktadır.

Oğuzlar (2007), otomobillere ilişkin müşteri şikayetlerini analiz etmek için AHP yöntemine başvurmuştur. Çalışmada, ele alınan otomobil alternatifleri ABD, Avrupa ve Uzakdoğu kökenli olarak üç sınıfa ayrılmıştır. Bir web sitesi aracılığıyla otomobiller ile ilgili müşteri şikayetleri toplanmıştır. Elde edilen şikayetlerin tekrar edilme sıklığı incelenerek problem üzerinde etkili olan kriterler tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda, Avrupa kökenli otomobillere ilişkin daha çok şikayet bulunduğu görülmektedir.

Şahin vd. (2019), Muğla ili için hastane yeri seçim problemini ele almışlardır. Çalışmanın alternatifler kümesi Muğla'nın ilçelerinden oluşmaktadır. Hastane yer seçimi için ele alınan kriterler: rakipler, çevre koşulları, talep faktörü, erişilebilirlik, ilgili sektörler ve devlettir. Alternatif yerler AHP yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, hastane yer seçimi için en fazla öneme sahip kriterin talep faktörü ve hastane kurulumu için en uygun yerin ise Bodrum olduğu belirlenmiştir.

Ameen ve Mourshed (2019), Irak'taki kentsel sürdürülebilirliğin değerlendirilmesinde etkili olan kriterlerin göreceli önem derecelerinin belirlenmesi için AHP yönteminden faydalanmışlardır. Kentsel sürdürülebilirliğin üzerinde etkili olabilecek kriterler literatür taraması, anket çalışması ve Delphi Tekniği sonuçları doğrultusunda belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, su ve güvenlik kriterleri ilk iki önem sırasında yer almıştır.

Hafeez vd. (2002), AHP yöntemini işletmelerin temel yetkinliklerini belirlemek için kullanmışlardır. Sonuçların, firma tarafından operasyonel ve stratejik yatırım kararlarının alınması için kullanılması amaçlanmıştır. İşletmelerin temel yetkinliklerini belirlemek için finansal ve finansal olmayan performans modeli olma üzere iki farklı hiyerarşik model oluşturulmuştur. Bir işletmede vaka çalışması olarak her iki hiyerarşik modelin göstergeleri AHP yöntemi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, süreç teknolojisi, ölçek ekonomileri, fiyatlandırma ve performans değerlendirmesi işletmenin temel göstergeleri olarak tespit edilmiştir.

Myeong vd. (2018), akıllı şehirlerin gelişimi üzerinde etkili olan kriterlerin ağırlıklarını AHP yöntemini kullanarak analiz etmişlerdir. AHP için gerekli hiyerarşik yapının oluşturulmasında konuya ilişkin literatür araştırmasından ve akıllı şehir performans değerlendirme indeksinden yararlanılmıştır. Akıllı şehir gelişimi için oluşturulan hiyerarşik yapı ilk olarak içsel ve dışsal kriterler olarak ikiye ayrılmaktadır. İçsel kriterler; halkın katılımı, liderlik ve altyapı ile ilgili alt kriterlerden oluşmaktadır. Dışsal kriterler; Dördüncü Sanayi Devrimi, politik istek ve paydaşlara ilişkin alt kriterleri içermektedir. Sonuçlar incelendiğinde, akıllı şehirlerin gelişimi için içsel kriterlerden halkın katılımı, dışsal kriterlerden ise politik istek önem ağırlığı yüksek kriterler olarak tespit edilmiştir.

2.2. PROMETHEE

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan PROMETHEE (**P**reference **R**anking **O**rganization **M**ethod for **E**nrichment **E**valuations) yöntemi ile ilgili literatürdeki ilk çalışmalar Brans ve Vincke (1985) ve Brans vd. (1986) tarafından yapılmıştır. PROMETHEE yönteminde problemin yapısına özgü olarak belirlenen kriterler ve değerlendirilmesi istenen alternatifler yer almaktadır. İlgili alternatiflerin seçilen kriterler bazında değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

PROMETHEE yönteminde çok kriterli bir karar problemi aşağıdaki gibi ifade edilir. Burada, K alternatiflerin oluşturduğu sonlu kümeyi, f_i ($i=1,2,...,k$) en büyüklenmesi hedeflenen k tane kriteri temsil etmektedir (Brans vd., 1986: 228).

$$\text{Max} \{ f_1(a), \dots, f_k(a) \mid a \in K \} \quad (4)$$

PROMETHEE yönteminde alternatifler birbirleriyle ikili olarak kıyaslanmaktadır. Alternatifleri birbiriyle kıyaslanabilmek için 0 ve 1 aralığında değer alabilen bir P tercih fonksiyonu tanımlanır. Karar probleminde a ve b olmak üzere iki alternatif yer aldığı anda ($a, b \in K$), bu alternatiflerin tercih fonksiyonu $P(a,b)$ olarak ifade edilmektedir. $P(a,b)$ tercih fonksiyonunun aldığı değerlere göre iki alternatifin üstünlüğü hakkında farklı kanaatlere varılmaktadır:

- $P(a,b) = 0$; ise a ve b alternatifleri birbirinden farksızdır.
- $P(a,b) \sim 0$; ise a alternatifi b alternatifi üzerinde zayıf bir üstünlüğü sahiptir.
- $P(a,b) \sim 1$; ise a alternatifi b alternatifi üzerinde güçlü bir üstünlüğü sahiptir.
- $P(a,b) = 1$; ise a alternatifi b alternatifi üzerinde kesin (tam) bir üstünlüğe sahiptir.

Eşitlik 5 ile $P(a,b)$ tercih fonksiyonu elde edilmektedir. Burada $f(a)$, a alternatifinin değerlendirmesini ifade etmektedir. İki alternatifin birbiri üzerindeki üstünlüğünü veya zayıflığını karşılaştırmak için her bir kriter bazında a ve b alternatif değerlendirmelerinin farkı alınmaktadır. Eşitlik 6'da yer alan d değeri alternatifler arasındaki bu farkı temsil etmektedir.

$$P(a, b) = \mathcal{P}(f(a) - f(b)) \quad (5)$$

$$d = f(a) - f(b) \quad (6)$$

Karar vericilere alternatif tercihlerinde kolaylık sağlaması amacıyla Brans vd. (1986) tarafından altı farklı tip tercih fonksiyonu geliştirilmiştir. Ele alınan kriterlerin yapısına göre karar vericiler tarafından farklı tercih fonksiyonları kullanılmaktadır.

Brans vd., (1986: 229-231), Brans ve Vincke (1985: 650-652) ve Dağ ve Yıldırım (2015: 179-181)'in çalışmaları referans alınarak tercih fonksiyonlarının tanımları ve özellikleri aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Tercih fonksiyonları $H(d)$ olarak ifade edilmektedir. $H(d)$ fonksiyonunun, $P(a, b)$ tercih fonksiyonuyla olan ilişkisi aşağıdaki gibidir:

$$H(d) = \begin{cases} P(a, b) & \text{eğer } d \geq 0 \\ P(b, a) & \text{eğer } d \leq 0 \end{cases} \quad (7)$$

-Birinci tip (Olağan)

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{eğer } d = 0 \\ 1 & \text{eğer } d \neq 0 \end{cases} \quad (8)$$

Olağan tip tercih fonksiyonunda; yalnızca $f(a) = f(b)$ olması durumunda iki alternatifin birbirinden farksız olduğu söylenebilir. Alternatif değerlerinin birbirlerinden farklı olduğu tüm durumlarda alternatiflerden biri diğeri üzerinde kesin bir üstünlüğe sahiptir. Karar verici olağan tip tercih fonksiyonunu ilgili kriter üzerinde herhangi bir tercihi olmadığında kullanmalıdır.

-İkinci tip (U şekline benzer)

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{eğer } -q \leq d \leq q \\ 1 & \text{eğer } d < -q \text{ veya } d > q \end{cases} \quad (9)$$

İkinci tip tercih fonksiyonunda karar verici tarafından belirlenen farksızlık eşiği (q) parametresi kullanılmaktadır. Farksızlık eşiği, alternatif değerlendirmelerinin birbirinden farksız olduğunu gösteren en büyük fark değerine karşılık gelir. Karar verici ikinci tip tercih fonksiyonunu, alternatiflere kendi atadığı değerden daha yüksek bir değer atamak istediğinde tercih etmelidir. Bir diğere deyişle, alternatiflerin değerlendirmeleri arasındaki fark, farksızlık eşiği parametresine göre daha fazla değere sahip olduğunda alternatifler arasında tam bir üstünlük söz konusudur.

-Üçüncü tip (V şekline benzer)

$$H(d) = \begin{cases} d/p & \text{eğer } -p \leq d \leq p \\ 1 & \text{eğer } d < -p \text{ veya } d > p \end{cases} \quad (10)$$

Bu tercih fonksiyonunda tercih eşiği parametresi (p) kullanılmaktadır. Tercih eşiği, alternatifler arasında mutlak bir üstünlük olduğu gösteren en küçük fark değeridir. Mutlak üstünlüğün sağlanabilmesi için alternatif değerlendirmeleri arasındaki fark, p parametresinden daha büyük olması gerekmektedir. Aksi olması durumunda, karar vericinin tercihi lineer bir şekilde değişmektedir. Bu tercih fonksiyonunda karar verici kendi atadığı değerden daha fazla değere sahip olan alternatifleri tercih etme eğilimindedir. Ancak kendi atadığı değer altında kalan değerleri de yok saymayarak lineer bir şekilde dikkate almaktadır.

-Dördüncü tip (Seviyeli)

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{eğer } |d| \leq q \\ \frac{1}{2} & \text{eğer } q < |d| \leq p \\ 1 & \text{eğer } p < |d| \end{cases} \quad (11)$$

Dördüncü tip tercih fonksiyonu için karar verici tarafından hem q hem de p parametresi belirlenmelidir. Bu tercih fonksiyonunda karar verici ilgili kriter için bir değer aralığı belirleyerek alternatif tercihini yapmaktadır.

-Beşinci tip (Doğrusal)

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{eğer } |d| \leq q \\ \frac{|d|-q}{p-q} & \text{eğer } q < |d| \leq p \\ 1 & \text{eğer } p < |d| \end{cases} \quad (12)$$

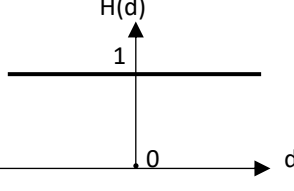
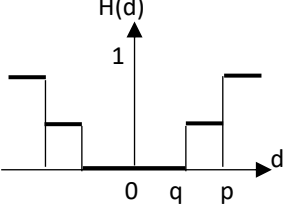
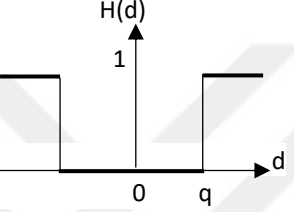
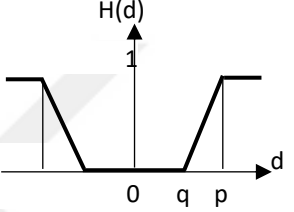
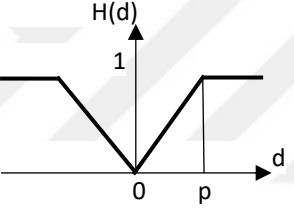
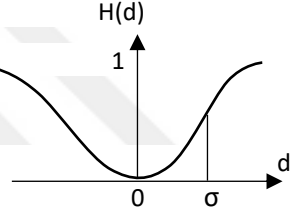
Beşinci tip tercih fonksiyonunda karar vericinin tercihi q farksızlık eşiğinden p tercih eşiğine doğru doğrusal bir şekilde değişim gösterir. İlgili kriter için karar verici ortalamanın üzerinde olan alternatif değerleri dikkate almak istediğinde Beşinci tip tercih fonksiyonunu kullanmalıdır.

-Altıncı tip (Gaussian)

$$H(d) = 1 - \exp \{-d^2 / 2\sigma^2\} \quad (13)$$

Altıncı tip tercih fonksiyonunda σ parametresi kullanılmaktadır. Bu parametre Normal Dağılım ile elde edilebilir. Bu tercih fonksiyonunda, karar verici bir kriter için ortalamadan sapma değerleri göz önüne bulundurarak alternatif tercihi yapmaktadır.

Tablo 5. PROMETHEE Tercih Fonksiyonları

Tercih fonksiyonu tipi	Grafik gösterimi	Tercih fonksiyonu tipi	Grafik gösterimi
Birinci Tip: Olağan		Dördüncü Tip: Seviyeli	
İkinci Tip: U şeklinde		Beşinci Tip: Doğrusal	
Üçüncü Tip: V şeklinde		Altıncı Tip: Gaussian	

Kaynak: (Brans vd., 1986)

Her bir kriterin yapısına uygun olarak ilgili tercih fonksiyonlarının karar vericiler tarafından belirlenip her bir kriter için $P(a, b)$ tercih fonksiyonu değerlerinin elde edilmesinin ardından, Eşitlik 14’te yer alan denklem ile çok kriterli tercih indeksi hesaplanır. Tercih indeksleri, tüm kriterler genelinde alternatiflerin birbirine göre tercih edilme derecesini ifade etmektedir.

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^k \pi_i \times P_i(a, b)}{\sum_{i=1}^k \pi_i} \quad (14)$$

Bu denklemde $i=1, 2, \dots, k$ olmak üzere k tane kriter için;

- $P_i(a, b)$, i . kriter için a ve b alternatiflerinin tercih fonksiyonunu,
- π_i , i . kriterin diğer kriterlere kıyasla göreceli ağırlığını,
- $\pi(a, b)$, tüm kriterler genelinde a alternatifinin b alternatifine kıyasla ne derece tercih edilebilir olduğunu,

ifade etmektedir.

Tercih indeksleri bazı özelliklere sahiptir (Brans ve De Smet, 2016: 196):

$$\pi(a, a) = 0 \quad (15)$$

$$0 \leq \pi(a, b) \leq 1 \quad (16)$$

$$0 \leq \pi(b, a) \leq 1 \quad (17)$$

$$0 \leq \pi(a, b) + \pi(b, a) \leq 1 \quad (18)$$

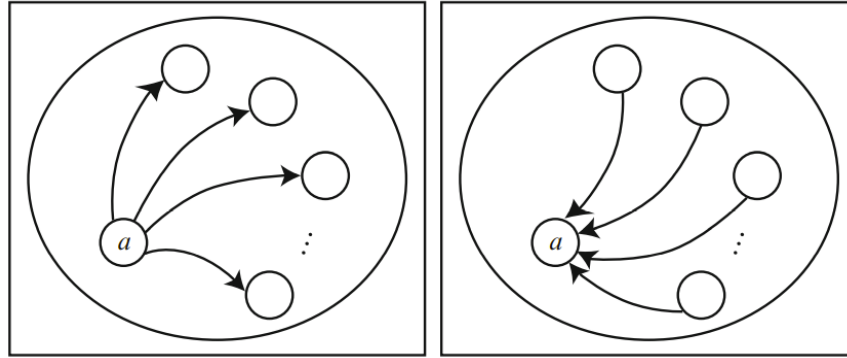
Tercih indeksleri belirlendikten sonra Eşitlik 19 ile her alternatif için pozitif üstünlük akımı $\phi^+(a)$, Eşitlik 20 ile de her alternatif için negatif üstünlük akımı $\phi^-(a)$ hesaplanmaktadır. Alternatiflerin diğer alternatiflere kıyasla üstünlüğü ve zayıflığı hakkında bilgi veren pozitif ve negatif üstünlük değerleri alternatiflerin sıralanması için yol göstericidir.

$$\phi^+(a) = \sum_{b \in K} \pi(a, b) \quad (19)$$

$$\phi^-(a) = \sum_{b \in K} \pi(b, a) \quad (20)$$

Pozitif üstünlük akımı bir a alternatifinin diğer tüm alternatiflere nasıl üstün geldiğinin, negatif üstünlük akımı ise bir a alternatifinin diğer tüm alternatifler tarafından nasıl bastırıldığının bir göstergesidir. Pozitif üstünlük akımı ne kadar yüksek ve negatif üstünlük akımı ne kadar düşük ise o alternatif diğerlerine kıyasla daha iyi bir alternatiftir (Brans ve De Smet, 2016: 197). Pozitif ve negatif üstünlük akım değerleri Şekil 2’de görsel olarak betimlenmiştir.

Şekil 2. Pozitif ve Negatif Üstünlük Akımı



Pozitif üstünlük akımı

Negatif üstünlük akımı

Kaynak: (Brans ve De Smet, 2016: 198)

Alternatiflerin sıralanması için kullanılan bir diğer gösterge alternatiflerin net akım $\phi(a)$ değeridir.

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (21)$$

PROMETHEE yöntemi alternatiflerin sıralanması için iki farklı sıralama metodu sunmaktadır. Bunlar; alternatiflerin kısmi olarak sıralanmasına olanak sağlayan PROMETHEE I ve alternatifler için tam sıralama imkanı sunan PROMETHEE II yöntemleridir (Brans vd., 1986: 232-233).

PROMETHEE I ile kısmi sıralamaları elde etmek için alternatiflerin pozitif ve negatif üstünlük değerleri birbiriyle kıyaslanır. Bu kıyaslamaların sonucunda; bir alternatif diğer alternatife üstündür, bir alternatif diğer alternatiften farksızdır ve bir alternatif diğer alternatif ile kıyaslanamaz yargıları elde edilir.

Bir karar probleminde x ve y herhangi iki alternatifi temsil etmek üzere;

Üstünlük durumu: x alternatifinin y alternatifinden üstün kabul edilebilmesi için aşağıdaki denklemlerde verilen koşullardan birinin sağlanması gerekir.

$$\phi^+(x) > \phi^+(y) \quad \text{ve} \quad \phi^-(x) < \phi^-(y)$$

$$\phi^+(x) > \phi^+(y) \quad \text{ve} \quad \phi^-(x) = \phi^-(y)$$

$$\phi^+(x) = \phi^+(y) \quad \text{ve} \quad \phi^-(x) < \phi^-(y)$$

Farksızlık veya eşitlik durumu: x ve y alternatiflerinin birbirinden farksız kabul edilebilmesi için aşağıdaki koşulun sağlanması gerekir.

$$\phi^+(x) = \phi^+(y) \quad \text{ve} \quad \phi^-(x) = \phi^-(y)$$

Kıyaslanamaz durumu x ve y alternatiflerinin birbiriyle kıyaslanamaz kabul edilebilmesi için aşağıdaki koşullardan birinin sağlanması gerekir.

$$\phi^+(x) > \phi^+(y) \quad \text{ve} \quad \phi^-(x) > \phi^-(y)$$

$$\phi^+(x) < \phi^+(y) \quad \text{ve} \quad \phi^-(x) < \phi^-(y)$$

PROMETHEE II ile sıralamalar elde edilirken net akım $\phi(a)$ değeri hesaplanmaktadır. Böylelikle, her bir alternatif için tek bir akım değeri elde edilir. PROMETHEE II, alternatiflerin ikili kıyaslamaları için kolaylık sağlamaktadır. PROMETHEE I ile elde edilen kıyaslanamaz durumu burada görülmemektedir. Kıyaslamalar sonucunda; alternatiflerden biri diğerine üstündür veya alternatiflerden biri diğerinden farksızdır yargıları elde edilir.

Bir karar probleminde x ve y herhangi iki alternatifi temsil etmek üzere;

$\phi(x) > \phi(y)$ koşulunun sağlanması durumunda x alternatifinin y alternatifine üstün olduğu, $\phi(x) = \phi(y)$ koşulunda ise x alternatifi ile y alternatifinin birbirinden farksız olduğu kabul edilmektedir.

PROMETHEE yöntemi, yukarıda anlatılanlardan hareketle 6 adımda özetlenebilir:

1. Adım: Karar verme problemine ait alternatiflerin ve kriterlerin belirlenmesi,

- 2. Adım:** Her bir kritere uygun tercih fonksiyonunun atanması,
- 3. Adım:** Tercih fonksiyonlarının hesaplanması,
- 4. Adım:** Çok kriterli tercih indekslerinin hesaplanması,
- 5. Adım:** Pozitif ve negatif akım değerleri hesaplanarak PROMETHEE I ile kısmi sıralamanın elde edilmesi,
- 6. Adım:** Net akım değerleri hesaplanarak PROMETHEE II ile tam sıralamanın elde edilmesi.

2.2.1. PROMETHEE yönteminin özellikleri

PROMETHEE yöntemi alternatiflerin ikili kıyaslanmaları sonucunda alternatifler için kısmi ve tam sıralama imkanı sunan bir ÇKKV yöntemidir. Bu yöntem, karar vericilerin tercih fonksiyonları seçimine dayanmaktadır.

Her bir kriter için sunulan tercih fonksiyonları, karar vericilerin alternatifleri kıyaslayabilmesine ve tercih seçimlerini zahmetsiz bir şekilde yapabilmesine imkan sunduğu için diğer ÇKKV yöntemleri arasında PROMETHEE yöntemi daha dikkat çekmektedir (Genç, 2013: 135-136). Aynı zamanda, diğer ÇKKV yöntemlerine göre bu yöntemin anlaşılması ve uygulanması oldukça kolaydır (Goumas ve Lygerou, 2000: 607).

PROMETHEE I ile elde edilen kısmi sıralamalar için hem pozitif hem de negatif üstünlük değerleri göz önünde bulundurmaktadır. Bu sebeple, karar vericiler alternatif değerlendirmelerini detaylı bir şekilde görebilme ve kıyaslayabilme imkanı elde eder. Ancak, buradaki karşılaştırmalar sonucunda ‘kıyaslanamaz’ sonucuna varılabilir. PROMETHEE II kıyaslanamaz durumunu ortadan kaldırması ve karar vericiye net bir sıralama sunması ise PROMETHEE II’nin avantajıdır.

PROMETHEE I ve PROMETHEE II’nin ardından PROMETHEE yönteminin farklı versiyonları geliştirilmiştir (Brans ve Mareschal, 2005: 164):

- PROMETHEE III (Belirli aralığa göre sıralama)
- PROMETHEE IV (Sürekli olaylar)
- PROMETHEE V (Bölümlendirme kısıtları içeren çok kriterli analizler)
- PROMETHEE VI (İnsan beynini temsil eden)

Behzadian vd. (2010) tarafından yapılan detaylı literatür araştırmasına göre, PROMETHEE yöntemi; işletme ve finans, lojistik ve ulaştırma, üretim ve montaj, çevre yönetimi, su bilimi ve yönetimi, kimya, enerji yönetimi, toplumsal konular, tıp, ziraat, eğitim, tasarım, siyaset bilimi ve spor olmak üzere farklı uygulama alanlarına sahiptir.

Excel programının yanı sıra PROMCALC, DECISION LAB ve D-sight paket programları PROMETHEE yönteminin çözümünde kullanılmaktadır. Bu programlar, farklı ağırlıkları test etmek için duyarlılık analizi araçlarına sahiptir (Brans ve De Smet, 2016: 193).

PROMETHEE yöntemi kriter ağırlıklarının belirlenmesinde yol gösterici değildir. Bu yöntem, çok fazla kriter yer almadığı müddetçe kriter ağırlıklarının karar vericiler tarafından uygun olarak belirlenebileceğini varsayar (Macharis vd., 2004: 308).

2.2.2. PROMETHEE yöntemine ilişkin literatür taraması

J.P Brans tarafından önerilen PROMETHEE yöntemiyle ilgili literatürdeki ilk referanslara Brans ve Vincke (1985) ve Brans vd. (1986)'nin çalışmalarında rastlanmaktadır. Brans ve Mareschal (1994, 2005) ve Brans ve De Smet (2016) literatürde PROMETHEE yöntemi ile ilgili detaylı bilgilerin yer aldığı diğer çalışmalardır.

Behzadian vd. (2010), PROMETHEE yöntemiyle ilgili kapsamlı bir literatür araştırması sunmaktadır. Çalışmada, PROMETHEE yönteminin kullanıldığı birçok makale incelenerek yöntem kullanım alanlarına göre sınıflandırılmıştır. Durucasu vd. (2017), PROMETHEE yöntemine ilişkin literatür araştırmasının yer aldığı bir diğer çalışmadır.

Dağdeviren ve Erarslan (2008), bir işletmenin tedarikçi seçim problemi için PROMETHEE yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışmada bir işletmenin tedarikçileri kalite, fiyat, tedarik performansı, esneklik, teknoloji ve uzaklık bakımından değerlendirilmektedir.

Dağdeviren (2008), ekipman seçim probleminin çözümü için bütünlük bir yaklaşım benimsemektedir. Ekipman seçim probleminin ağırlıklarını AHP ile belirledikten sonra alternatif değerlendirmeleri için PROMETHEE yöntemini kullanılmıştır.

Bağcı ve Rençber (2014), PROMETHEE yöntemiyle hem özel hem de kamu bankalarının karlılık performanslarını analiz etmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, kamu bankalarının özel bankalara kıyasla daha üstün performansa sahip olduğu belirtilmiştir.

Araz vd. (2007), bir işletmenin dış kaynak sağlayıcılarının değerlendirilmesi için PROMETHEE yöntemi ve Bulanık Hedef Programlama modelini bir arada kullanmışlardır. Bu yaklaşım ile hem kurulacak olan uygun iş ortaklıklarına karar verilmesi hem de iş ortağından sipariş edilen birim miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bedir ve Eren (2015), PROMETHEE yöntemini insan kaynakları personeli seçiminde kullanmışlardır. Bir işletme için işe alınacak satış danışmanı seçimi için ilgili kriter önceliklerinin AHP ile belirlenmesinden ardından, PROMETHEE ile başvuruda bulunan adaylar sıralanarak seçim yapılmıştır.

Briggs vd. (1990), nükleer atık yönetim problemi için PROMETHEE yöntemine başvurmuşlardır. Nükleer atıkların nerelerde, hangi zamanlarda ve hangi finansal yöntemlerle yönetilmesi gerektiği kararlarına bağlı olarak farklı senaryolar üretilerek uygulamanın alternatifleri belirlenmiştir. Bu doğrultuda, uygun nükleer atık yönetimi senaryosunun tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Bogdanovic vd. (2012), uygun madencilik metodunu seçmek amacıyla bütünleşik bir yaklaşıma başvurmuşlardır. Araştırma kapsamında, AHP ve PROMETHEE yöntemlerini bir arada kullanılarak madencilik için en uygun yöntem tespit edilmiştir.

Şahin ve Akkaya (2013), finansal kararlar için PROMETHEE yöntemine başvurmuşlardır. Portföy yatırımlarında tercih edilebilecek hisse senetlerinin tespit edilebilmesi amacıyla şirketler; temettü, işlem miktarı, volatilite ve işlem hacmine göre değerlendirilmiştir.

Babic ve Plazibat (1998), AHP ve PROMETHEE bütünleşik yaklaşımı ile işletmeleri finansal açıdan analiz etmişlerdir. Temel odağı işletmelerin verimlilik göstergesi olan çalışmada, işletmenin finansal durumunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bülbül ve Köse (2016), hayat dışı branşlarda çalışan sigorta şirketlerinin finansal performansını değerlendirmişlerdir. PROMETHEE yöntemi ile sonuçlar elde edilerek şirketlerin finansal performanslarındaki yıllık değişimler incelenmiştir.

Apan ve Öztel (2020), girişim sermayesi yatırım ortaklıklarının finansal performansını değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda, firmaların finansal performansları ilgili kriterleri PROMETHEE yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Finansal kriterlerin ağırlık derecelerinin belirlenmesinde CRITIC yöntemine başvurulmuştur.

Öztürk ve Kaya (2020), İstanbul'un Küçükçekmece ilçesinde bulunan afet sonrası toplanma alanlarını ulaşım, topoğrafya, alan büyüklüğü, alt yapı, güvenlik, konutlara yakınlık, tehlike unsurları bakımından değerlendirmişlerdir. PROMETHEE yöntemi kullanılarak afet sonrası toplanma alanlarının kısmi ve tam sıralamaları elde edilmiştir.

Abdullah vd. (2019), yeşil tedarikçi seçim problemini ele alarak, alternatif yeşil tedarikçiler arasından seçim yapmışlardır. Yeşil tedarikçilerin seçimi için çevre ve ekonomiye dayalı kriterler belirlenerek PROMETHEE yönetimi ile tedarikçi sıralamaları elde edilmiştir.

Makan ve Fadili (2020), farklı gübreleştirme teknolojilerini sürdürülebilir açıdan değerlendirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada ele alınan kriterler; çevre, finansal, sosyal ve teknik bileşenlerden oluşmaktadır. PROMETHEE yöntemiyle farklı gübreleştirme teknolojileri sıralanmıştır.

Ghasemi vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada, İran halkı için sağlık turizminin yapılabilceği yerleri değerlendirmişlerdir. Bu doğrultuda, sürdürülebilirlik ile ilişkili kriterler belirlenerek kriterlerin göreceli öncelik değerleri Bulanık SWARA ile elde edilmiştir. Ardından, uzmanlar tarafından sağlık turizminin yapılabilceği sekiz ülke belirlenmiş ve PROMETHEE yöntemiyle bu ülkeler sürdürülebilirlik kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

2.3. Bulanık PROMETHEE

PROMETHEE yöntemine bulanık sayıların entegre edilmesiyle geliştirilen Bulanık PROMETHEE (Fuzzy PROMETHEE) ile gerçek hayata daha yakın sonuçların elde edilmesi amaçlanmaktadır. Kesin ve tam sayıları içeren veri setleri oluşturulurken verilerin toplanması veya ölçülmesi aşamasında, veri değerlerinde bazı hatalar veya sapmalar meydana gelebilir.

Dolayısıyla, PROMETHEE yöntemine getirilen bulanık yaklaşım ile daha hassas ve gerçekçi sonuçlar elde edilebilir.

Le Teno ve Mareschal (1998) tarafından PROMETHEE yöntemi literatürde ilk defa bulanık kümeler ile kullanılmıştır. Ardından, Goumas ve Lygerou (2000), Geldermann vd. (2000) ve Bilsel vd. (2006) tarafından PROMETHEE yöntemi bulanık sayılar ile kullanılarak geliştirilmiştir. Bu tez çalışmasında, Goumas ve Lygerou (2000) ve Bilsel vd. (2006) tarafından uygulanan Bulanık PROMETHEE metodolojisi kullanılmıştır.

Goumas ve Lygerou (2000) ve Bilsel vd. (2006)' nin çalışmalarında, PROMETHEE yöntemi üçgensel bulanık sayılar ile kullanılmıştır. Bu çalışmalarda; üçgensel bulanık sayılar, Dubois ve Prade (1978) tarafından ortaya atılan L-R bulanık sayı gösterimi ile ifade edilmektedir.

L-R bulanık sayılar $x = (m, a, \beta)_{LR}$ gösterimi ile ifade edilir. Burada, x bir bulanık kümeyi temsil etmekte ve $f(x)$, x kümesinin üyelik fonksiyonudur. 'L' üyelik fonksiyonunun sol tarafını, 'R' ise üyelik fonksiyonunun sağ tarafını referans eder. a ve β ise sırasıyla üyelik fonksiyonunun sola ve sağa yayılımı ifade etmekte olup, x bulanık kümesi $m - a$ ile $m + \beta$ değerleri aralığında yayılımı göstermektedir.

L-R bulanık sayılar için üyelik fonksiyonunu aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Dubois ve Prade, 1979: 340):

$$f(x) = \begin{cases} L\left(\frac{m-x}{a}\right), & \text{eğer } x \leq m; \quad a > 0 \\ R\left(\frac{x-m}{\beta}\right), & \text{eğer } x \geq m; \quad \beta > 0 \end{cases} \quad (22)$$

Bulanık PROMETHEE işlem adımlarının uygulanabilmesi için L-R üçgensel bulanık sayılarda kullanılan matematiksel işlemlerin bilinmesi gereklidir. L-R üçgensel bulanık sayılarda kullanılan temel matematiksel işlemler aşağıdaki gibidir (Goumas ve Lygerou, 2000: 608; Dubois ve Prade, 1978):

Toplama: $(m, a, b)_{LR} \oplus (n, c, d)_{LR} = (m + n, a + c, b + d)_{LR}$

Çıkarma: $(m, a, b)_{LR} - (n, c, d)_{LR} = (m - n, a + d, b + c)_{LR}$

Negatifini alma: $-(m, a, b)_{LR} = (-m, b, a)_{RL}$

Skaler bir sayı ile çarpma: $(m, a, b)_{LR} \times (n, 0, 0) = (mn, an, bn)$

Karar verme sürecindeki herhangi iki alternatif a ve b olarak ifade edildiğinde, d değeri a ve b alternatif değerlendirmeleri arasındaki farkı temsil etmektedir. Alternatiflerin değerlendirilmesinde tercih fonksiyonu olarak Eşitlik 23'te belirtilen beşinci tip (doğrusal) tercih fonksiyonu tercih edilir. Farksızlık eşiği (q) ve tercih eşiği (p) karar vericiler tarafından belirlenen parametrelerdir.

$$\begin{aligned}
P(a, b) &= 0 && \text{eğer } d \leq q \\
P(a, b) &= \frac{d-q}{p-q} && \text{eğer } q \leq d \leq p \\
P(a, b) &= 1 && \text{eğer } d \geq p
\end{aligned} \tag{23}$$

PROMETHEE metodolojisiinde kesin sayı olarak ifade edilen d değeri burada bulanık bir sayıya karşılık gelmekte olup $d = (n, c, d)$ olarak ifade edilmektedir. Ancak, p ve q değerleri kesin sayı olarak kalmaya devam etmektedir. Değerlendirmeler arasındaki fark hesaplanırken bulanık sayı işlemlerinden faydalanılmaktadır. Beşinci tip (doğrusal) tercih fonksiyonunun bulanık sayılar ile uyumlu hale getirilmiş hali Eşitlik 24'teki gibidir.

$$\begin{aligned}
P(a, b) &= 0 && \text{eğer } n - c \leq q \\
P(a, b) &= \frac{(n,c,d)-q}{p-q} && \text{eğer } q \leq n - c \text{ ve } n + d \leq p \\
P(a, b) &= 1 && \text{eğer } n + d \geq p
\end{aligned} \tag{24}$$

Alternatif kıyaslamaları sonucunda; 0, 1 veya bulanık bir sayı elde edilebilir. Bu sayıların birbiriyle kıyaslanabilmesi için bulanık sayıların durulaştırılması gerekmektedir.

Goumas ve Lygerou (2000) çalışmasında, bulanık sayılardan kesin bir sayı elde edilmesi aşamasında Yager (1981) tarafından geliştirilen Yager indeksinin kullanılmasını önermiştir. Yager indeks değerleri Eşitlik 25'te verilen formül ile hesaplanmaktadır. Örneğin, $F(0,58; 0,58; 0,25)$ bulanık sayısının Yager indeks değeri 0,47 olarak hesaplanır. Yager indeksi büyük olan bulanık sayı, Yager indeksi küçük olan bulanık sayıdan daha büyük kabul edilmektedir (Bilsel vd., 2006: 1187).

$$F(m, a, b) = (3m - a + b)/3 \tag{25}$$

Önerilen metodolojiye göre, bulanık sayıların durulaştırılmasından sonraki işlemler PROMETHEE yöntemiyle benzer bir şekilde ilerlemektedir. PROMETHEE I ile pozitif ve negatif akım değerleri hesaplanarak kısmi sıralamalar elde edilir. PROMETHEE II ile net akım değerlerinin hesaplanmasıyla tam sıralamalar elde edilir. İlgili hesaplamalara ait formüller Bölüm 2.2'de yer almaktadır.

Bulanık PROMETHEE yöntemi adımları anlatılan çerçevesinde aşağıdaki şekilde oluşturulabilir:

- 1. Adım:** Karar verme problemine ait alternatiflerin ve kriterlerin belirlenmesi,
- 2. Adım:** Uygun tercih fonksiyonunun seçilmesi ve eşik değerlerinin belirlenmesi,

3. **Adım:** Alternatif değerlendirmeleri için veri setinin bulanık sayılarla ifade edilmesi (dilsel değerlendirme ölçeği kullanılabilir),
4. **Adım:** Tercih fonksiyonlarının hesaplanması,
5. **Adım:** Yager indeksi aracılığıyla bulanık sayıların durulaştırılması,
6. **Adım:** PROMETHEE I ile pozitif ve negatif akım değerleri hesaplanarak kısmi sıralamanın elde edilmesi,
7. **Adım:** PROMETHEE II ile net akım değerleri hesaplanmasıyla tam sıralamanın elde edilmesi.

2.3.1. Bulanık PROMETHEE yönteminin özellikleri

Bulanık PROMETHEE yönteminde alternatif değerlendirmeleri bulanık sayılar ile ifade edilmektedir. Kesin sayılar yerine bulanık sayılar kullanılması elde edilen sonuçların hassasiyetini ve gerçek hayata yakınlığını arttırmaktadır. Çünkü, bazı durumlarda kesin sayılara ulaşmada zorluklar yaşanabilir veya bu sayıların elde edilmesi aşamasında verilerin hatalı toplanması ya da ölçülmesi gibi sebepler araştırma sonuçlarını yanıltabilmektedir.

Alternatif değerlendirmelerinin dilsel değerlendirme ölçeği aracılığıyla ifade edildiği çalışmalara literatürde sıklıkla rastlanmaktadır. Karar vericiler alternatifleri ‘Kesinlikle katılıyorum’, ‘Katılmıyorum’, ‘Biraz katılıyorum’ gibi dilsel ifadelerle değerlendirmektedir. Her bir dilsel ifadenin bir bulanık sayı karşılığı bulunmaktadır. Dilsel ifadelerin kullanıldığı çalışmalarda, karar vericinin görüşünü; önyargıları, kişisel bakış açısı ve tecrübesi araştırma sonuçlarını etkileyebilmektedir. Yılmaz ve Dağdeviren (2010: 815-816), PROMETHEE yönteminde girdi değerlerinin karar verici görüşüne dayandığı ve dilsel ifadelerin kullanıldığı durumlarda ortaya çıkan belirsizliğin sonuçları yanıltabileceğini vurgulamışlar ve Bulanık PROMETHEE kullanımı ile bu durumun üstesinden gelinebileceğini belirtmişlerdir.

PROMETHEE yönteminde kriterlerin tercih indeksleri, 0 ile 1 aralığında değerler alabildiği için yöntemin bulanık versiyonunda $\pi(a, \beta) = (m, c, d)$ üçgensel bulanık sayısının üyelik fonksiyonu, $m - c \geq 0$ ve/veya $m + d \leq 1$ koşulunu sağlayacak şekilde düzenlenmelidir (Goumas ve Lygerou, 2000: 609).

Önerilen Bulanık PROMETHEE metodolojisinde farksızlık eşiği (q), tercih eşiği (p) ve kriter ağırlıkları bulanık olmayan sayılardır. p ve q değerlerinin bulanık sayı olması durumunda elde edilen sonuçlarda bazı bilgiler kaybolabilmektedir. Aynı zamanda, kriter ağırlıkları toplamının 1 olması gerektiğinden kriter ağırlıkları da kesin sayı olarak belirlenmelidir (Goumas ve Lygerou, 2000: 609-610).

2.3.2. Bulanık PROMETHEE yöntemine ilişkin literatür taraması

Le T no ve Mareschal (1998), mümkün olduğunca çok bilginin elde tutulması, kriterler arasında herhangi bir kesinti olmaması ve kriterlerin uzman olmayan kişiler tarafından da kolaylıkla anlaşılabilmesi amacıyla PROMETHEE yönteminin aralıklı bir versiyonunu geliştirmişlerdir. Literatür incelendiğinde, bu çalışmanın PROMETHEE yöntemini bulanık kümelerle kullanan ilk çalışma olduğu görülmektedir. Çalışmada, yapı ürünlerinin değerlendirilmesi için bir ürünün ömrü boyunca enerji ve malzeme akışlarının hesaplanmasına olanak sağlayan Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Life Cycle Assessment) ile PROMETHEE yöntemi bir arada kullanılmıştır.

Goumas ve Lygerou (2000), PROMETHEE yöntemine bulanık sayıları entegre ederek bu yöntemi geliştirmişlerdir. Çalışmada, Bulanık PROMETHEE yöntemi düşük ısıya sahip jeotermal bir alan için alternatif enerji kullanım planlarının değerlendirmesinde kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarında, PROMETHEE ve Bulanık PROMETHEE ile elde edilen sıralamaların birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Yazarlar, bulanık sayı kullanımı ile belirsizliğin dikkate alındığını ve bu sayede gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Bilsel vd. (2006), kalite açısından hastane web sitelerinin performansını Bulanık PROMETHEE ile değerlendirmişlerdir. Hastane web sitelerinin değerlendirilmesi için yedi temel boyut belirlenmiştir. Bu boyutlar ile ilgili alt kriterler oluşturulmuş ve bu kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile elde edilmiştir. Çalışmada, hastane web siteleri karar vericiler tarafından değerlendirilirken kesinlikle katılıyorum, biraz katılıyorum gibi dilsel ifadeler kullanılmıştır.

Yılmaz ve Dağdeviren (2011), ekipman seçimi problemine hem Bulanık PROMETHEE hem de 0-1 hedef programlama modeli ile c z m  nerisi sunmuşlardır. Bulanık PROMETHEE ile elde edilen net akımlar önerilen hedef programlama modeline bir kısıt olarak entegre edilmiştir. Bulanık PROMETHEE yöntemine ve hedef programlama modeline göre elde edilen ekipman seçim sonuçları karşılaştırılmıştır.

Durna vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada, ömrünü tamamlamış lastikler için en uygun bertaraf yöntemini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Alternatiflerin değerlendirilmesi için sosyal,  evre ve ekonomi tabanlı kriterler belirlenmiştir. PROMETHEE ve Bulanık PROMETHEE analizleri sonucunda, ömrünü tamamlamış lastikler için en uygun bertaraf yönteminin geri dönüşüm olduğu tespit edilmiştir.

Ustasüleyman ve  elik (2015), destinasyon seçim kararını etkileyen kriterlerin önem derecelerini AHP yöntemiyle belirlemişlerdir. Ardından, turizm sektörüne yönelik tatil alternatifleri, belirlenen kriterlere göre Bulanık PROMETHEE yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, destinasyon yeri seçim kararı için en önemli etkenin değişiklik arayışı olduğu ve tatil için yurtdışı turlarının daha çok tercih edildiği tespit edilmiştir.

Yerlikaya (2020), belirsiz bir talebe sahip olan ürünlerin uygun depo yerlerine atanması problemini ele almıştır. Ürüne olan talep, ürünün karlılığı ve müşterilerin ürüne karşı duyarlılığı kriterlerine bağlı olarak ürünler dilsel ifadelerle değerlendirilerek bulanık PROMETHEE yöntemi ile sıralanmıştır. Bu sıralama doğrultusunda, eldeki stok seviyeleri dikkate alınarak ürünler depo yerlerine atanmıştır.

Kabadayı ve Dağ (2017), bir kablo üretim firmasının makine seçim problemine çözüm bulmuşlardır. Kalite, maliyet, satış sonrası hizmetler, kullanım kolaylığı, güvenlik, endüstriyel tercih, fiziksel özellikler ve performans kriterlerine göre alternatif üç makine değerlendirilmiştir. Kriter ağırlıklarının tespit edilmesinde Bulanık DEMATEL, alternatiflerin değerlendirmesinde ise Bulanık PROMETHEE yöntemine başvurulmuştur. Araştırma sonucunda, makine seçim problemi için en önemli kriterin maliyet olduğu sonucu elde edilmiştir.

Tuzkaya vd. (2010), malzeme taşıma ekipman seçimi kararını ele almışlardır. Problem çözümü için Bulanık ANP ve Bulanık PROMETHEE yöntemlerinin bir arada kullanılmıştır. Bir üretim işletmesi için alternatif taşıma ekipmanları; ekonomik, çevresel, stratejik ve operasyonel perspektiften değerlendirilmiştir.

Chen vd. (2011) yapmış oldukları çalışmada, bir bankanın bilgi teknolojileri alanında dış tedarikçi seçim problemine çözüm yöntemi aramışlardır. Karar vericiler tarafından dört alternatif dış tedarikçi önerilmiştir. Belirlenen kriterler doğrultusunda, banka için en uygun dış tedarikçi Bulanık PROMETHEE ile seçilmiştir.

Özgen vd. (2011), baskı makinesi seçim problemini ele almışlardır. Modifiye DELPHİ yöntemi ile uzman görüşleri toplanarak problem üzerinde etkili olan kriterler tespit edilmiştir. Kriterlerin önem dereceleri Bulanık AHP ile belirlendikten sonra Bulanık PROMETHEE ile makine alternatifleri değerlendirilmiştir. Ek olarak, ele alınan problem Bulanık AHP ve Bulanık TOPSİS ile de çözümlenerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Yılmaz ve Dağdeviren (2010), kaynak makinesi ekipman seçimi kararı için hem PROMETHEE hem de Bulanık PROMETHEE yöntemini kullanmışlardır. Ekipman seçim problemi üzerinde etkili olan kriterlerin ağırlıkları AHP ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, PROMETHEE ve Bulanık PROMETHEE ile elde edilen sonuçların karşılaştırmalı analizi sunulmuştur. Araştırmacılar, bulanık sayı kullanımı ile elde edilen sonuçların daha gerçekçi ve daha etkin olduğunu belirtilmişlerdir.

Organ (2013), bir inşaat firması için konteyner firmalarını Bulanık PROMETHEE kullanarak sıralamıştır. Konteyner firmaları; kalite, konfor, fiyat, izolasyon ve kullanım alanı kriterlerine göre karar verici ekibi tarafından değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 3

ÖNERİLEN METODOLOJİ ve UYGULAMA

Çevresel farkındalığın artması ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte elektrikli araçlara olan talep giderek artmaktadır. Bu bağlamda, elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim problemi hem yöneticiler hem de araştırmacılar için önemli bir konu haline gelmiştir. Elektrikli araç şarj istasyonu kurulum maliyetleri oldukça yüksek olduğu için doğru bölgelere şarj istasyonlarının kurulması gereksiz maliyetlerin engellenmesi açısından önemli bir role sahiptir. Elektrikli araç şarj istasyon yerleri belirlenirken, ekonomik kriterlerin yanı sıra, bu seçim kararı üzerinde etkili olan sosyal ve çevre ile ilgili kriterlerin de dikkate alınması gerekir.

Bu tez çalışmasında, elektrikli araç şarj istasyonları için uygun yerlerin belirlenmesinde birçok kriterin bir arada değerlendirilmesine imkan sağlayan ÇKKV yöntemlerine başvurulmuştur. Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim problemi için AHP ve Bulanık PROMETHEE yöntemlerinin kullanıldığı bütünlükçi yeni bir metodoloji önerilmiştir. Önerilen metodoloji İstanbul ilinde uygulanarak alternatif elektrikli araç şarj istasyon noktaları değerlendirilmiştir.

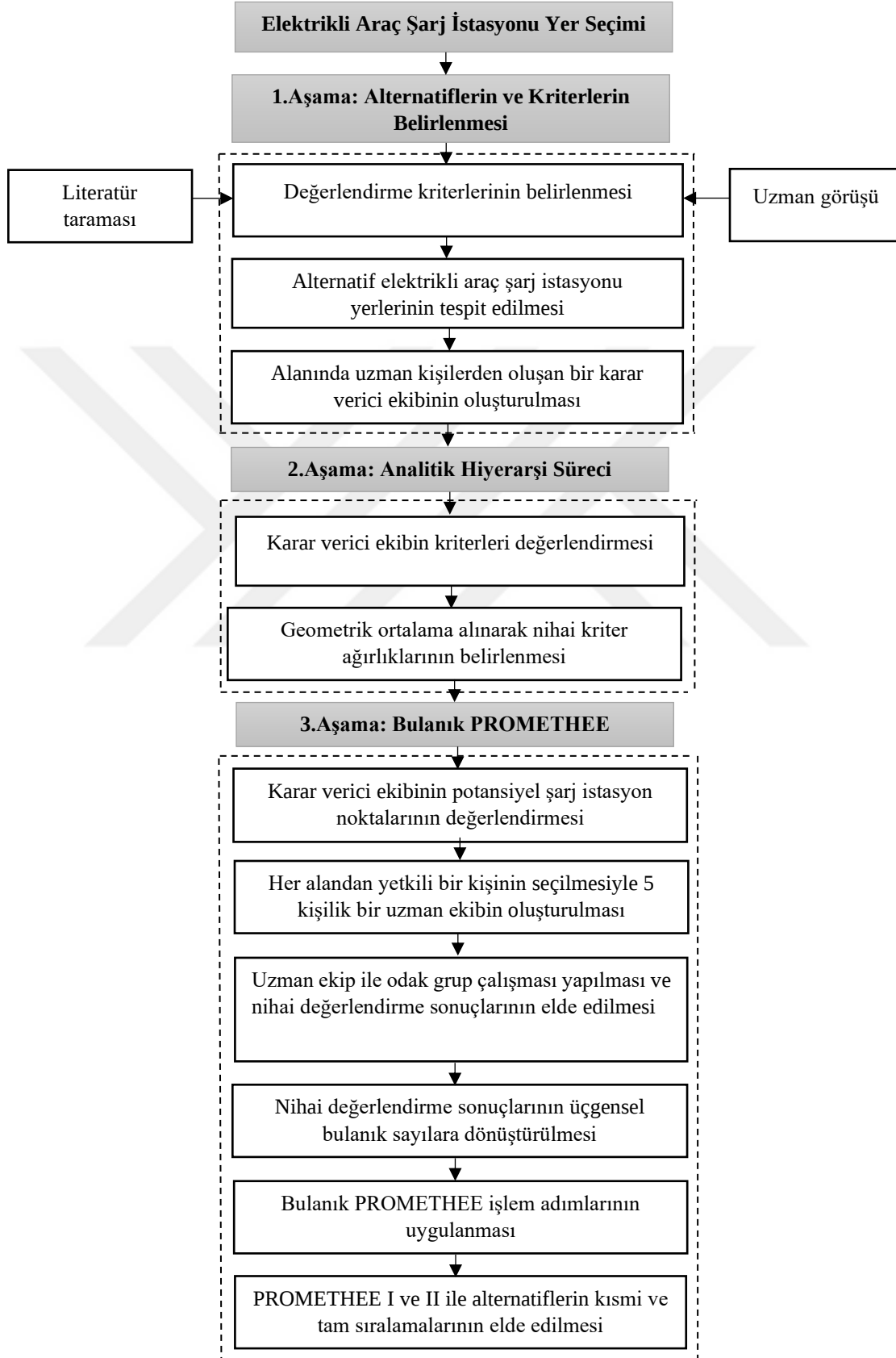
3.1. Önerilen Metodoloji

Elektrikli araç şarj istasyon yer seçim kararı için 3 aşamalı bir metodoloji önerilmiştir. Problemin çözümü için izlenen akış Şekil 3'te sunulmuştur. İlk aşamada, seçim kararı üzerinde etkili olan kriterler literatürdeki çalışmalardan ve uzman görüşlerinden yararlanılarak belirlenir. Ardından, belirlenen kriterlere göre değerlendirilmesi istenen alternatif noktalar tespit edilir. Bu aşamanın son adımı olarak, kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesinde aktif bir role sahip olan KV ekip oluşturulur.

İkinci aşama, kriterlerin göreceli önem ağırlıklarının belirlenmesi sürecini kapsar. Bu aşamada, ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP yöntemine başvurulur. KV ekibi tarafından kriterler birbirleriyle kıyaslanarak değerlendirilir. Her bir KV görüşünün elde edilmesinin ardından, geometrik ortalama kullanılarak bireysel yargılardan bir grup yargısı edilir ve böylelikle nihai kriter ağırlıkları belirlenir.

Üçüncü aşamada, belirlenen alternatif noktalar Bulanık PROMETHEE yöntemiyle sıralanır. İlk olarak, belirlenen kriterlere bağlı olarak, her bir KV alternatif noktaları dilsel ifadelerle değerlendirir. Elde edilen değerlendirme sonuçlarının incelenmesi, tartışılması ve bir fikir birliğine varılması amacıyla bir uzman ekip oluşturulur. Uzman ekiple odak grup görüşmesi yapılarak alternatiflerin nihai değerlendirmeleri elde edilir. Bir sonraki adımda, değerlendirme sonuçları üçgensel bulanık sayılara dönüştürülür. Bölüm 2.3'te yer alan Bulanık PROMETHEE işlem adımları sırasıyla uygulanarak alternatiflerin kısmi ve tam sıralamaları elde edilir.

Şekil 3. Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yeri Seçim Problemi Akış Şeması



3.2. Uygulama

İstanbul ilinde elektrikli araç şarj istasyonları için uygun yerlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu sebeple, önerilen metodoloji İstanbul ilinde uygulanmıştır.

3.2.1. Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi

Elektrikli araç şarj istasyon yer seçimi kararı üzerinde etkili olan kriterler literatürdeki çalışmalara ve uzman görüşlerine başvurularak belirlenmiştir.

Problemin kriterleri, sürdürülebilirliğin temel bileşenlerini oluşturan çevre, ekonomi ve sosyal bir perspektif benimsenerek oluşturulmuştur. Böylelikle, problemin farklı boyutlardan incelenmesiyle yer seçim kararının daha sürdürülebilir olması ve gerçek hayata kolaylıkla entegre edilebilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çevre, ekonomi ve sosyal kriterleri dallandırılarak elektrikli araç şarj istasyon yer seçim kararı için toplam 11 alt kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterler Şekil 4'te yer almaktadır.

3.2.1.1. Çevre kriteri

Hava kirliliğinin azaltılması ve atıkların uzaklaştırılması çevre kriteri olarak belirlenmiştir.

Hava kirliliğinin azaltılması (K1) (Guo ve Zhao, 2015; Liu vd., 2019):

Motorlu taşıtların kullanımı, hava kirliliğine sebep olan CO_2 , CO , SO_2 gibi bazı zararlı gazların yayılımına sebep olmaktadır. Çevre dostu olarak adlandırılan elektrikli araçların kullanımı ile, bu yayılımının azaltılması amaçlanır. Aynı zamanda, $PM_{2.5}$ ve PM_{10} gibi küçük partiküllerin emisyonunun azaltılmasıyla hava kalitesinin artırılması hedeflenir.

Atıkların uzaklaştırılması (K2) (Guo ve Zhao, 2015; Liu vd., 2019; Hosseini ve Sarder, 2019):

Elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu sırasında inşaat atıkları oluşmaktadır. Araç bataryalarının değişiminden sonra kullanılmayan bataryalar ve araçların yıkanması sırasında oluşan atık sular ise bu şarj istasyonlarının işletimi sırasında oluşan atıklara örnek olarak verilebilir. Bu atıkların şarj istasyonlarının olduğu bölgelerden uzaklaştırılması ya da atık bertaraf noktalarına ulaştırılması gerekmektedir.

3.2.1.2. Ekonomi kriteri

Ekonomi kriteri başlığı altında yapı-inşaat maliyeti, yıllık işletim-bakım maliyeti ve yatırımın geri ödeme süresi incelenmiştir.

Yapı-inşaat maliyeti (K3) (Guo ve Zhao, 2015; Cui vd., 2018; Liu vd., 2019):

Elektrikli araç şarj istasyonu yapı-inşaatı sırasında oluşan arazi maliyeti, yapım-yıkım maliyeti, ekipman edinim maliyeti ve proje yatırım maliyeti gibi maliyet kalemlerini ifade eder.

Yıllık işletim-bakım maliyeti (K4) (Guo ve Zhao, 2015; Cui vd., 2018; Liu vd., 2019):

Elektrikli araç şarj istasyonlarının işletimi ve bakımı nedeniyle oluşan maliyet giderlerini kapsar. İşçi ücretleri, elektrik maliyeti, işletim giderleri, bakım giderleri, batarya amortisman giderleri, vergiler ve finansal giderler bu kapsamda değerlendirilebilir.

Yatırımın geri ödeme süresi (K5) (Guo ve Zhao, 2015; Cui vd., 2018):

Elektrikli araç şarj istasyonu yatırımı için harcanan toplam sermayenin ne kadar sürede geri kazanılabileceğini ifade eder.

3.2.1.3. Sosyal kriter

Sosyal kriteri; şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu, istasyonların servis yeteneği ve 4 farklı kriter oluşturmaktadır.

Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu (K6) (Guo ve Zhao, 2015; Liu vd., 2019):

Şarj istasyonu kurulacak bölgenin; ana arterler, önemli giriş ve çıkış noktaları, yerleşim bölgeleri, fonksiyonel bölgeler ile uyumunu ifade eder.

İstasyonların servis yeteneği (K7) (Guo ve Zhao, 2015; Cui vd., 2018; Liu vd., 2019):

Şarj hizmetine erişim sağlayabilecek elektrikli araç sayısını veya şarj istasyonları tarafından elektrikli araçlara verilebilecek şarj miktarını belirtir. Bir diğer deyişle, istasyonun servis yeteneğinin yüksek olması daha fazla elektrikli araca şarj hizmeti sunulabildiğini gösterir.

Ulaşımın/ Trafiğin elverişliliği (K8) (Guo ve Zhao, 2015; Liu vd., 2019):

Şarj istasyonu kurulacak olan bölgedeki ana yolların uygunluğunu ifade eder. Aynı zamanda, bölgedeki yolların şerit ve kavşak sayısının fazla olması trafiğin akışını elverişli kılmaktadır.

Bölgenin güvenliği (K9) (Hosseini ve Sarder, 2019):

Şarj istasyonu kurulacak bölgenin, elektrikli araç kullanıcılarına gün boyunca güvenli bir şekilde şarj hizmeti verebilme imkanını temsil eder. Elektrikli araçların şarj süreleri oldukça uzundur ve bu sebeple elektrikli araç sahiplerinin günün her saatinde vakitlerinde araçlarını şarj ederken kendilerini güvende hissetmeleri gerekir.

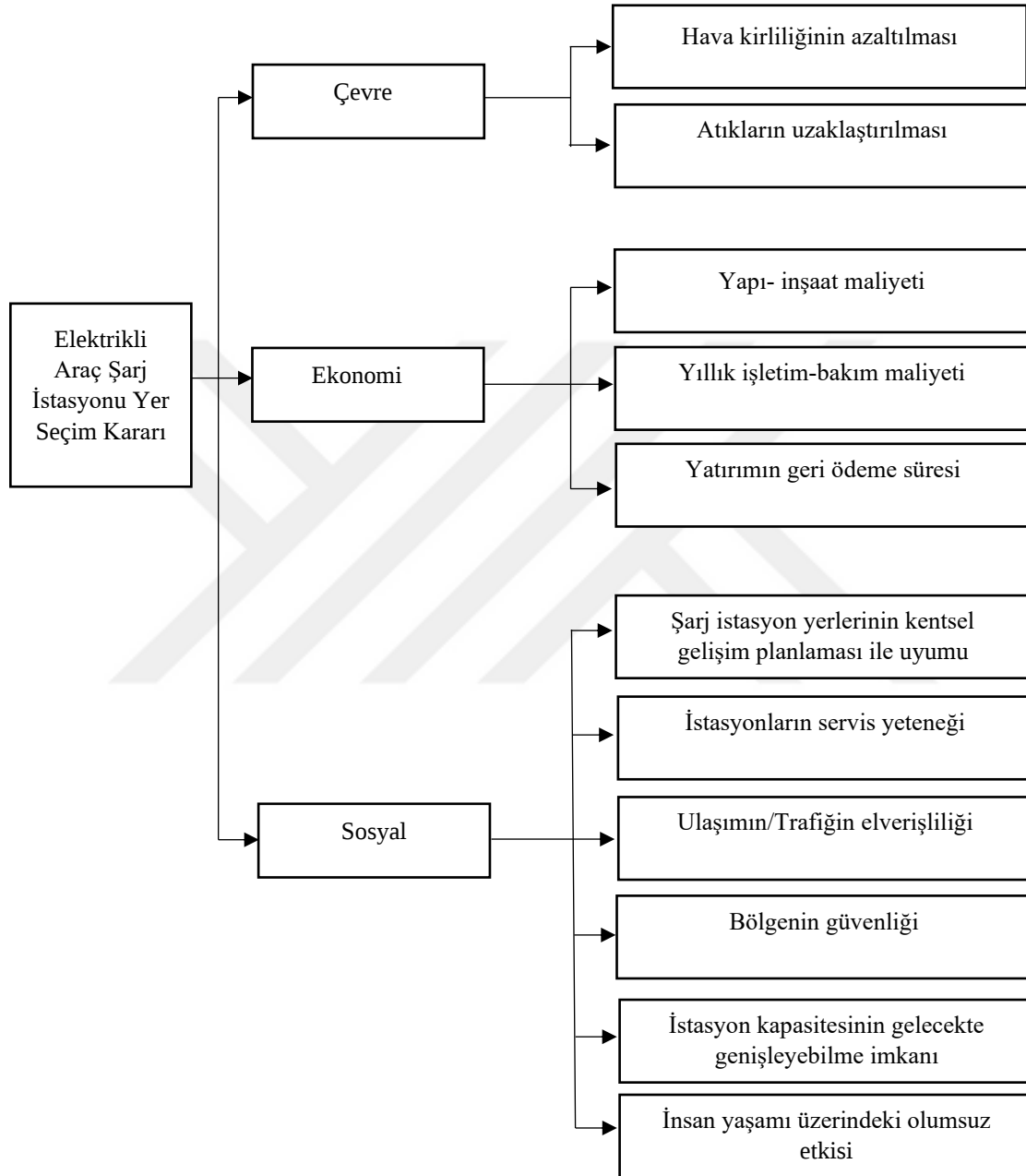
İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı (K10) (Cui vd., 2018):

İstasyonların genişleyebilmesi için yeterli arazinin olması, istasyona olan talebin artması ya da ekonomik gelişmeler gibi faktörler sayesinde istasyon kapasitelerinin gelecekte genişleyebilme imkanı sunmasını ifade eder.

İnsan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi (K11) (Guo ve Zhao, 2015; Liu vd., 2019):

Şarj istasyonunun inşaatı ve işletimi sırasında oluşabilecek gürültü ve elektromanyetik alan yerel halk üzerinde olumsuz bir etki oluşturabilir.

Şekil 4. Değerlendirme Kriterleri



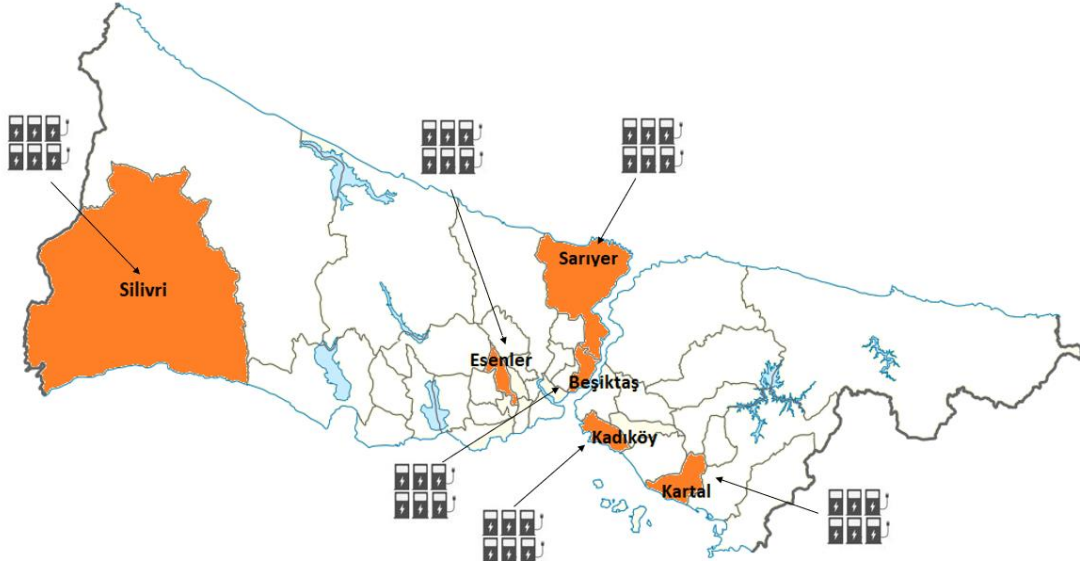
3.2.2. Alternatif bölgelerin tespit edilmesi

Bu aşamada, alternatifler kümesi İstanbul'un hem Avrupa hem de Anadolu yakasında bulunan ilçelerinden oluşmuştur. Aynı zamanda, alternatifler kümesinde yer alan bazı ilçelerin köprülere yakın ve şehrin iç kısımlarında, bazılarının ise şehrin çıkışına yakın konumlarda olmasına dikkat edilmiştir. Böylelikle, uygulama sonucunda elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu için İstanbul'da yer alan diğer ilçeler hakkında da genel bir bakış açısının edinilebilmesi amaçlanmıştır.

İstanbul haritası üzerinde belirlenen alternatif noktalar Şekil 5'te gösterilmiştir. Elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu için değerlendirilecek ilçeler şu şekildedir:

- Silivri (A1)
- Esenler (A2)
- Sarıyer (A3)
- Beşiktaş (A4)
- Kadıköy (A5)
- Kartal (A6)

Şekil 5. Elektrikli Araç Şarj İstasyon Kurulumu için Belirlenen Alternatif Bölgeler



3.2.3. Karar verici ekibin oluşturulması

Kriterlerin göreceli önem ağırlıklarının belirlenmesi ve potansiyel şarj istasyon noktalarının değerlendirilmesi için 12 kişilik bir KV ekip oluşturulmuştur. KV ekibinde yer alan kişiler, ilgili alanda yeterli bilgi birikimine sahip akademisyenlerden ve özel sektör çalışanlarından

seçilmiştir. Aynı zamanda, ekipte yer alan bazı kişiler elektrikli araçlarla ilgili bilimsel çalışmalar da yapmışlardır.

KV ekibinde yer alan kişilerin uzmanlık alanlarına göre dağılımı şu şekildedir:

- Enerji mühendisliği (3)
- Endüstri mühendisliği (2)
- Elektrik ve elektronik mühendisliği (2)
- Makine mühendisliği (1)
- İnşaat mühendisliği (1)
- Çevre mühendisliği (1)
- Fizik mühendisliği (1)
- Ekonomi (1)

3.2.4. AHP ile kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi

Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi kararı üzerinde etkili olan kriterlerin göreceli önem ağırlıklarının AHP yöntemi ile analiz edilmesi için KV ekibine anket uygulanmıştır (EK.1). Anket değerlendirmelerinde Thomas L. Saaty tarafından önerilen önem ölçeği kullanılmıştır. AHP önem ölçeği Bölüm 2.1.2’de detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Her bir KV değerlendirmesinin tutarlılık oranı (CR) hesaplanmıştır. CR değerinin 0,1’in üzerinde olduğu durumlarda, KV’lerden anket sonuçlarını tekrardan gözden geçirmeleri istenmiştir. CR değeri tekrardan 0,1’in üzerinde ise uygulanan anket geçersiz sayılmıştır. Bu sebeple, uygulanan 12 anket çalışmasının 8’i kabul edilmiştir. Her bir KV’nin anket sonuçları EK.2’de yer almaktadır.

Bir sonraki aşamada, Bölüm 2.1’de detaylarıyla açıklanan AHP işlem adımları sırasıyla uygulanmıştır.

1.Aşama: KV ekibinin değerlendirmelerinin elde edilmesinin ardından, bireysel tercihlerden bir grup yargısı elde edilme aşamasında geometrik ortalama tercih edilmiştir. Kriter değerlendirmeleri için elde edilen grup yargısı Tablo 6-9’da yer almaktadır.

Tablo 6. Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

	Çevre	Ekonomi	Sosyal
Çevre	1,000	1,137	0,841
Ekonomi	0,879	1,000	0,796
Sosyal	1,189	1,257	1,000
Toplam	3,068	3,394	2,637

Tablo 7. Çevre Alt Kriterlerinin İkili Karşılaştırılması

	K1	K2
K1	1,000	2,300
K2	0,435	1,000
Toplam	1,435	3,300

Tablo 8. Ekonomi Alt Kriterlerinin İkili Karşılaştırılması

	K3	K4	K5
K3	1,000	0,586	0,251
K4	1,707	1,000	0,484
K5	3,980	2,067	1,000
Toplam	6,687	3,653	1,735

Tablo 9. Sosyal Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K6	1,000	1,147	0,578	0,501	1,137	0,657
K7	0,872	1,000	0,413	0,466	1,170	0,557
K8	1,729	2,420	1,000	0,917	2,671	0,799
K9	1,994	2,146	1,091	1,000	3,080	1,435
K10	0,879	0,855	0,374	0,325	1,000	0,485
K11	1,522	1,795	1,251	0,697	2,060	1,000
Toplam	7,996	9,364	4,707	3,906	11,118	4,934

2. Aşama: Elde edilen değerler için normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Normalize edilmiş değerler; her bir satırın, bulunduğu sütunun toplam değerine bölünmesiyle elde edilir. Normalize edilmiş değerler Tablo 10-13'te sunulmuştur.

Tablo 10. Ana Kriterlerin Normalize Değerleri

	Çevre	Ekonomi	Sosyal
Çevre	0,326	0,335	0,319
Ekonomi	0,287	0,295	0,302
Sosyal	0,388	0,370	0,379
Toplam	1	1	1

Tablo 11. Çevre Alt Kriterlerinin Normalize Değerleri

	K1	K2
K1	0,697	0,697
K2	0,303	0,303
Toplam	1	1

Tablo 12. Ekonomi Alt Kriterlerinin Normalize Değerleri

	K3	K4	K5
K3	0,150	0,160	0,145
K4	0,255	0,274	0,279
K5	0,595	0,566	0,576
Toplam	1	1	1

Tablo 13. Sosyal Alt Kriterlerin Normalize Değerleri

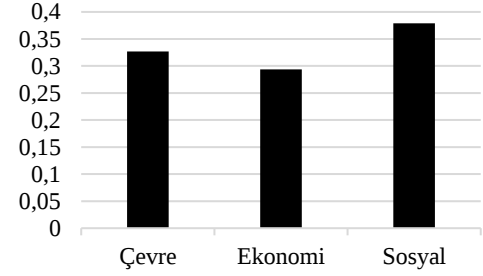
	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K6	0,125	0,123	0,123	0,128	0,102	0,133
K7	0,109	0,107	0,088	0,119	0,105	0,113
K8	0,216	0,258	0,212	0,235	0,240	0,162
K9	0,249	0,229	0,232	0,256	0,277	0,291
K10	0,110	0,091	0,080	0,083	0,090	0,098
K11	0,190	0,192	0,266	0,178	0,185	0,203
Toplam	1	1	1	1	1	1

3. Aşama: Her bir satırın ortalaması alınarak Ağırlıklar Vektörü (w) hesaplanmış ve böylelikle kriterlerin önem ağırlıkları elde edilmiştir. Tablo 14 ve Şekil 6’da ana kriterlerin göreceli önem ağırlıkları yer almaktadır.

Sonuçlar incelendiğinde, elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı için ana kriterler arasında sosyal kriter ağırlığının en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çevre kriteri, seçim kararı üzerinde ikinci derecede etkili olan kriter olarak belirlenmiştir. Kriterler arasında ekonomi kriterinin ise en düşük ağırlığa sahip olduğu görülmüştür. Genel olarak, ana kriterlerin önem dereceleri arasında çok yüksek farklılıklar olmadığı söylenebilir.

Şekil 6. Ana Kriterlerin Önem Ağırlıkları**Tablo 14. Ana Kriterlerin Önem Ağırlıkları**

Ana kriterler	Ana kriterlerin ağırlığı	Tutarlılık Oranı (CR)
Çevre	0,327	CR=0,0006
Ekonomi	0,294	
Sosyal	0,379	

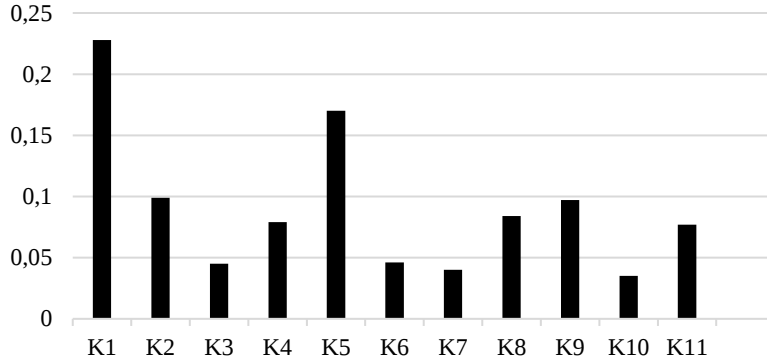


Alt kriterlerin lokal ve global ağırlıkları Tablo 15 ve Şekil 7’de yer almaktadır. Alt kriterler bazında değerlendirilme yapıldığında, elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi kararı üzerinde en etkili kriterin 0,288 önem ağırlığı ile hava kirliliğinin azaltılması (K1) olduğu tespit edilmiştir. İkinci sırada yüksek önem ağırlığına sahip olan kriterin, yatırımın geri ödeme süresi (K5) olduğu görülmektedir. Atıkların uzaklaştırılması (K2) ve bölgenin güvenliği (K9) kriterlerinin hemen hemen aynı önem derecesinde problem üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bu kriterleri takiben, yıllık işletim-bakım maliyeti (K4), ulaşımın elverişliliği (K8) ve istasyonların insan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi (K11) kriterleri birbirlerine oldukça yakın önem ağırlığına sahiptir. En düşük göreceli öneme sahip olan kriter ise 0,035 önem ağırlığı ile istasyonun kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı (K10) olarak belirlenmiştir.

Tablo 15. Alt Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Ana kriterler	Alt kriterler	Lokal Ağırlıklar	Global Ağırlıklar	Tutarlılık Oranı (CR)
Çevre	Hava kirliliğinin azaltılması (K1)	0,697	0,228	CR=0,000
	Atıkların uzaklaştırılması (K2)	0,303	0,099	
Ekonomi	Yapı-inşaat maliyeti (K3)	0,152	0,045	CR=0,0016
	Yıllık işletim-bakım maliyeti (K4)	0,269	0,079	
	Yatırımın geri ödeme süresi (K5)	0,579	0,170	
Sosyal	Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu (K6)	0,122	0,046	CR=0,0058
	İstasyonların servis yeteneği (K7)	0,107	0,040	
	Ulaşımın/ Trafığın elverişliliği (K8)	0,221	0,084	
	Bölgenin güvenliği (K9)	0,256	0,097	
	İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı (K10)	0,092	0,035	
	İnsan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi (K11)	0,202	0,077	

Şekil 7. Alt Kriterlerin Önem Ağırlıkları



3.2.5. Bulanık PROMETHEE ile alternatiflerin değerlendirilmesi

3.2.5.1. Potansiyel şarj istasyon noktalarının değerlendirilmesi

Elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu için seçilen alternatif bölgeler (Silivri, Esenler, Sarıyer, Beşiktaş, Kadıköy, Kartal) belirlenen alt kriterler bazında KV ekibi tarafından değerlendirilmiştir. KV ekibine uygulanan anket çalışması EK.3'te yer almaktadır. Alternatif değerlendirmeleri yapılırken “Çok Yüksek (ÇY), Yüksek (Y), Biraz Yüksek (BY), Orta (O), Biraz Düşük (BD), Düşük (D), Çok Düşük (ÇD)” dilsel ifadeleri kullanılmıştır. Örneğin, Silivri ilçesi yapı-inşaat maliyeti açısından değerlendirilirken, verilen çok düşük cevabı bu bölgede elektrikli araç şarj istasyon kurulumunun çok düşük yapı-inşaat maliyetine mal olacağını ifade etmektedir. Her bir KV'nin alternatif değerlendirmeleri EK.4'te yer almaktadır.

KV1'in değerlendirme sonuçları incelendiğinde, genellikle alternatif değerlendirmelerinin her bir kriter göre farklılaştığı görülmektedir. Ek olarak, Silivri için orta değerini daha sık tercih ettiği söylenebilir. KV2'nin yanıtlarına göre, değişen kriterler altında ilçelerin benzer tutumlar sergilediği görülmektedir. Ayrıca, yapı-inşaat maliyetinin tüm ilçeler için biraz yüksek olduğunu ve elektrikli araç şarj istasyon kurulumunun insan yaşamı üzerinde tüm ilçeler için orta düzeyde olumsuz bir etki yaratacağını düşünmektedir.

KV3'e göre elektrikli araç şarj istasyonlarının yapı-inşaat maliyeti ve yıllık işletim-bakım maliyeti tüm ilçeler için çok düşüktür. Aynı zamanda, elektrikli araç şarj istasyonu kurulumunun yerel halk üzerinde çok düşük seviyede bir olumsuz etki yaratacağını belirtmiştir. KV4, Kadıköy ve Beşiktaş ilçelerinde sosyal ve çevre kriterleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ancak bu ilçelerin şarj istasyonlarının kurulumu ve işletimi sırasında yüksek maliyetlere sebep olacağını belirtmiştir. KV5, atık uzaklaştırma faaliyetlerinin genellikle tüm ilçelerde sorun yaşanmadan gerçekleştirilebileceğini ve tüm ilçelerin şarj istasyonu kurulumu için güvenli olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, tüm ilçelerde elektrikli araç istasyonların gelecekte genişleyebilme imkanının oldukça düşük olduğunu ifade etmiştir.

KV6, Beşiktaş ve Kadıköy ilçelerinde kurulan şarj istasyonlarının gelecekte genişleyebilme ihtimalinin düşük olduğu belirtmiştir. KV7, elektrikli araç şarj istasyonları hangi ilçeye kurulursa kurulsun hava kirliliğinin azaltılmasına çok büyük katkı sağlayacağını ifade etmiştir. Ayrıca, yapı-inşaat ve bakım-onarım maliyetlerinin ilçeler bazında herhangi bir değişiklik yaratmayacağını belirtmiştir. KV8'e göre, ilçeler şarj istasyonu kurulumu için oldukça güvenlidir. Ancak, Beşiktaş ve Kadıköy ilçelerine kurulacak olan şarj istasyonları diğer ilçelere nazaran insan yaşamı üzerinde biraz daha fazla olumsuz etki yaratabilecektir. Ek olarak, ilçelerde kurulacak olan şarj istasyonlarının kentsel gelişim planlaması ile uyumunun genel olarak yüksek olacağı belirtmiştir.

KV9'a göre atık uzaklaştırma faaliyetleri tüm ilçelerde sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilebilir. Öte yandan, şarj istasyon kurulumunun her bir ilçede yüksek maliyetlere neden olacağı belirtilmiştir. KV10'un değerlendirmeleri incelendiğinde; istasyonların genişleyebilme ihtimalinin Silivri'de çok yüksek, Kartal ve Sarıyer'de biraz yüksek ve Kadıköy'de ise çok düşük olduğu görülmektedir. KV11'in anket sonucundan, Silivri ilçesinin sosyal kriterler açısından diğer alternatiflere kıyasla biraz daha zayıf kaldığı sonucuna varılabilir. Son olarak, KV12'ye göre, elektrikli araç şarj istasyonu için yapılan toplam yatırım uzun sürede kendini geri ödeyecektir.

3.2.5.2. Uzman ekibin oluşturulması

Alternatif değerlendirme anketlerinden elde edilen sonuçların tartışılması ve bir fikir birliğine varılması amacıyla KV ekibi içerisinde her bir alanı temsil edecek birer kişinin seçilmesiyle 5 kişilik bir uzman ekip oluşturulmuştur. Uzman ekip içerisinde yer alan kişilerin uzmanlık alanları şu şekildedir:

- Çevre mühendisliği
- Endüstri mühendisliği
- İnşaat mühendisliği
- Elektronik mühendisliği
- Enerji mühendisliği

3.2.5.3. Odak grup görüşmesi

Uzman ekiple odak grup görüşmesi gerçekleştirilmiştir. Anket sonuçları uzman ekibe sunulmuş ve anket sonuçları incelenerek alternatif değerlendirmeleri hakkında bir fikir birliğine varılmıştır.

Uzman ekibin farklı bakış açılarıyla soruları tartışmaları için bazı sorular hazırlanmıştır. Bu tartışma soruları hazırlanırken ilçelerin stratejik konumları, nüfus yoğunluğu ve yüz ölçümü gibi bilgiler dikkate alınmıştır. Odak grup görüşmesinde ele alınan tartışma soruları aşağıdaki gibidir:

-Silivri ilçesi, fabrikaların oldukça fazla olduğu Çorlu ve Çerkezköy bölgelerine yakın bir konumda bulunmaktadır. Hava kirliliğinin azaltılması kriterini değerlendirirken Silivri'nin stratejik konumunu dikkate aldınız mı? Bu kriteri değerlendirirken dikkate aldığınız hususlar nelerdir?

-Silivri konum olarak İstanbul'un dış kısımlarında yer almaktadır. Silivri ilçesini bölge güvenliğini açısından değerlendirirken dikkate aldığınız hususlar nelerdir?

-Silivri ilçesinin İstanbul'un diğer ilçelerine kıyasla yüz ölçümü büyüktür. Silivri ilçesinde istasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanını değerlendirirken yüz ölçümünü dikkate aldınız mı veya başka hangi faktörler bu kriter üzerinde etkili olabilir?

-Esenler ilçesinde otogar olması şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu açısından bir avantaj sağlar mı? Bu kriteri değerlendirirken dikkate aldığınız hususlar nelerdir?

-Sarıyer ilçesini yapı-inşaat maliyeti kriterine göre değerlendirilirken, çoğunluklu olarak orta ve biraz yüksek cevapları verilmiştir. Diğer ilçelere kıyasla yapı-inşaat maliyetleri sizce nasıldır?

-Sarıyer ilçesinin, diğer ilçelere kıyasla, nüfus yoğunluğu biraz daha düşüktür. Sarıyer ilçesini istasyonların insan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi kriterine göre değerlendirirken bu açıdan ele aldınız mı? Bu kriteri değerlendirirken dikkate aldığınız hususlar nelerdir?

-Beşiktaş ilçesi hava kirliliğinin azaltılması kriterine göre değerlendirilirken, KV'lerin büyük bir çoğunluğu çok yüksek cevabını vermiştir. Çok yüksek bulunmasının sebepleri sizce nedir? Aslında, diğer ilçelere kıyasla Beşiktaş ilçesindeki fabrika sayısı oldukça az değil mi? Bu kriteri değerlendirirken göz önünde bulundurduğunuz faktörler nelerdir?

-Beşiktaş ilçesinin, kıyaslanan diğer ilçelere göre, yüz ölçümü biraz daha küçüktür. Beşiktaş ilçesinde istasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanını değerlendirirken ilçede yeterli alan bulunamaması durumu söz konusu olabilir mi? Bu kriteri değerlendirirken dikkate aldığınız faktörler nelerdir?

-Kadıköy ilçesi köprülere yakın bir konumda bulunmaktadır. Kadıköy ilçesi, şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu kriterine göre değerlendirilmesinde orta cevabının verilmesinin sebebi neler olabilir? Bu kriteri değerlendirirken göz önünde bulundurduğunuz hususlar nelerdir?

-Kadıköy ilçesi, diğer ilçelere kıyasla, küçük yüz ölçümüne sahiptir. Kadıköy ilçesinde istasyon kapasitelerinin gelecekte genişleyebilme imkanını değerlendirirken göz önünde bulundurduğunuz faktörler nelerdir?

-Kartal ilçesi konum olarak İstanbul'un dış kısımlarında yer almaktadır. Kartal ilçesi atıkların uzaklaştırılması kriteri açısından değerlendirildiğinde, ilçenin konumu bu kriter üzerinde bir etkiye sahip midir? Bu kriteri değerlendirirken dikkate aldığınız faktörler nelerdir?

Odak grup görüşmesinde hava kirliliğinin azaltılması kriteri ele alındığında; Esenler, Kadıköy ve Beşiktaş ilçelerinde, diğer ilçelere nazaran, hava kirliliği daha yüksek olduğu için şarj istasyonlarının kurulumu ile bu bölgelerde hava kirliliğinin azaltılmasına daha çok katkı sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

Atıkların uzaklaştırılması kriteri değerlendirilirken, uzman ekip tarafından ilçelerin stratejik konumlarının önemli olduğu vurgulanmıştır. İstanbul'un iç kısımlarında yer alan ilçelerinde trafik yoğunluğu, uzaklık gibi sebeplerden ötürü atık uzaklaştırma faaliyetlerinin biraz daha zor olacağı söylenmiştir. Öte yandan, trafiğin daha az yoğun olduğu ve şehrin çıkışında konumlanan ilçelerde bu faaliyetlerin daha kolay bir şekilde gerçekleşeceği belirtilmiştir. Ayrıca, uzman ekipte yer alan çevre mühendisi, Silivri ve Kartal bölgelerine yakın civarlarda atık toplama tesislerinin yer aldığını ve böylelikle atıkların bu bölgelerden kısa sürede uzaklaştırılabileceğini belirtmiştir.

İlçeler yapı-inşaat ve yıllık işletim-bakım maliyeti kriteri açısından incelendiğinde, Beşiktaş ve Kadıköy ilçelerinde, diğer ilçelere göre, maliyetlerin daha fazla olacağı kanısına varılmıştır. Özellikle arsa maliyetlerinin bu kriterler üzerinde etkili olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, bu ilçelerde kurulum ve bakım maliyetleri yüksek olmasına karşın, elde edilen kazanç da yüksek olacağı için yatırımın kendini daha kısa sürede geri ödeyeceği sonucuna varılmıştır.

Bölge güvenliği kriteri ele alındığında, genel olarak alternatif ilçelerde güvenlik seviyesinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Bir diğer kriter olan istasyonların gelecekte genişleyebilme imkanı değerlendirildiğinde, halihazırdaki benzin istasyonlarının gelecekte elektrikli araç şarj istasyon yerlerine dönüşebilme ihtimalinin yüksek olması sebebiyle şarj istasyonlarının gelecekte genişleyebilmek için pek fazla sıkıntı yaşamayacağı savunulmuştur.

Odak grup görüşmesinin kritik tartışmalarından biri, elektrikli araç şarj istasyonlarının insan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi kriteri ile ilgilidir. Bu kriter hakkında ekip iki farklı gruba bölünmüştür. Ekibin bir kısmı, şarj istasyonlarının nereye kurulursa kurulsun, bu istasyonların kurulumunun veya işletiminin insan yaşamı üzerinde yok denecek kadar az bir olumsuz etki yaratacağını savunmuştur. Kişilerin buradaki gerekçeleri; var olan benzinli araçların elektrikli araçlara geçeceği varsayımıyla trafik yoğunluğunun değişmeyeceği ve bu sebeple var olan gürültü düzeyinin de aynı seviyede devam edeceği yönündedir. Diğer grup ise elektrikli araç kullanımının trafik yoğunluğunu arttırabilme olasılığının olduğunu ve bu sebeple bir miktar olumsuz etkisi olacağını savunmuştur. Ayrıca, şarj istasyonları kurulurken yeşil alanların yok edilebilme ihtimali olduğu için bu kurulumunun yerel halk üzerinde olumsuz bir etki yaratacağı belirtilmiştir. Tartışma sonucunda, genel itibarıyla şarj istasyonlarının insan yaşamı üzerinde fazla bir olumsuz etki yaratmayacağı kanısı ağır basmıştır.

Uzman ekiple her bir yanıtın nedenlerinin ve gerekçelerinin tartışılması sonucunda bir fikir birliğine varılarak nihai değerlendirme sonuçları elde edilmiştir. Odak grup görüşmesi sonucunda elde edilen değerlendirmeler Tablo 16'da sunulmuştur.

Tablo 16. Nihai Değerlendirme Sonuçları

Alternatifler	Kriterler										
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Enb/Enk	<i>Enb</i>	<i>Enb</i>	<i>Enk</i>	<i>Enk</i>	<i>Enk</i>	<i>Enb</i>	<i>Enb</i>	<i>Enb</i>	<i>Enb</i>	<i>Enb</i>	<i>Enk</i>
<i>Silivri (A1)</i>	O	Y	D	O	Y	BD	D	O	Y	O	ÇD
<i>Esenler (A2)</i>	ÇY	O	O	O	Y	BD	O	O	D	BY	D
<i>Sarıyer (A3)</i>	O	O	BY	Y	D	Y	Y	Y	Y	Y	BD
<i>Beşiktaş (A4)</i>	ÇY	O	ÇY	Y	ÇD	ÇY	ÇY	ÇY	Y	BY	BD
<i>Kadıköy (A5)</i>	ÇY	O	ÇY	Y	ÇD	BY	ÇY	ÇY	Y	Y	D
<i>Kartal (A6)</i>	Y	BY	O	O	O	Y	O	BY	Y	Y	O

3.2.5.4. Değerlendirme sonuçlarının üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi

Bu aşamada, dilsel ifadeler ile yapılan değerlendirmeler üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Çalışmada kullanılan sözel ifadelerin üçgensel bulanık sayı karşılıkları şu şekildedir (Bilsel vd., 2006: 1192):

- Çok Yüksek: $(1; 0,20; 2)_{LR}$
- Yüksek: $(0,80; 0,15; 0,20)_{LR}$
- Biraz Yüksek: $(0,65; 0,15; 0,15)_{LR}$
- Orta: $(0,50; 0,20; 0,15)_{LR}$
- Biraz Düşük: $(0,30; 0,15; 0,20)_{LR}$
- Düşük: $(0,15; 0,15; 0,15)_{LR}$
- Çok Düşük: $(0; 0; 0,15)_{LR}$

Tablo 16'da yer alan sözel değerlendirmelerin yerine üçgensel bulanık sayı karşılıklarının yazılmasıyla Tablo 17 elde edilmiştir.

Tablo 17. Değerlendirme Sonuçlarının Üçgensel Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi

Alternatifler	Kriterler			
	K1	K2	K3	K4
Enb/Enk	Enb	Enb	Enk	Enk
Silivri (A1)	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,15; 0,15; 0,15) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}
Esenler (A2)	(1; 0,20; 0) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}
Sarıyer (A3)	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(0,65; 0,15; 0,15) _{LR}	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}
Beşiktaş (A4)	(1; 0,20; 0) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(1; 0,20; 0) _{LR}	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}
Kadıköy (A5)	(1; 0,20; 0) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(1; 0,20; 0) _{LR}	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}
Kartal (A6)	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,65; 0,15; 0,15) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}
	Kriterler			
	K5	K6	K7	K8
Enb/Enk	Enk	Enb	Enb	Enb
Silivri (A1)	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,30; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,15; 0,15; 0,15) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}
Esenler (A2)	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,30; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}
Sarıyer (A3)	(0,15; 0,15; 0,15) _{LR}	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}
Beşiktaş (A4)	(0; 0; 0,15) _{LR}	(1; 0,20; 0) _{LR}	(1; 0,20; 0) _{LR}	(1; 0,20; 0) _{LR}
Kadıköy (A5)	(0; 0; 0,15) _{LR}	(0,65; 0,15; 0,15) _{LR}	(1; 0,20; 0) _{LR}	(1; 0,20; 0) _{LR}
Kartal (A6)	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(0,65; 0,15; 0,15) _{LR}
	Kriterler			
	K9	K10	K11	
Enb/Enk	Enb	Enb	Enk	
Silivri (A1)	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	(0; 0; 0,15) _{LR}	
Esenler (A2)	(0,15; 0,15; 0,15) _{LR}	(0,65; 0,15; 0,15) _{LR}	(0,15; 0,15; 0,15) _{LR}	
Sarıyer (A3)	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,30; 0,15; 0,20) _{LR}	
Beşiktaş (A4)	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,65; 0,15; 0,15) _{LR}	(0,30; 0,15; 0,20) _{LR}	
Kadıköy (A5)	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,15; 0,15; 0,15) _{LR}	
Kartal (A6)	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,80; 0,15; 0,20) _{LR}	(0,50; 0,20; 0,15) _{LR}	

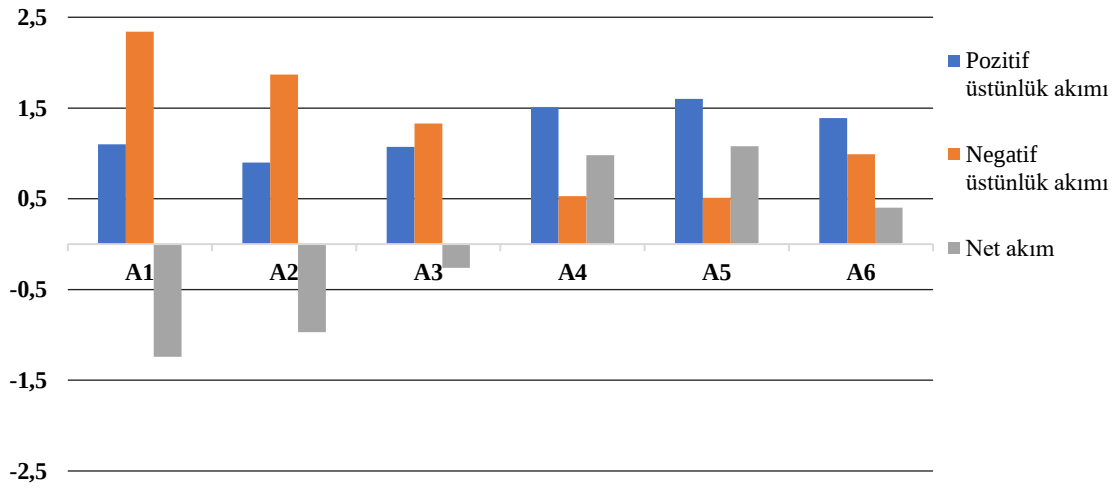
3.2.5.5. PROMETHEE ile alternatiflerin sıralanması

Alternatif değerlendirmeleri için beşinci tip (doğrusal) tercih fonksiyonu kullanılmıştır. Beşinci tip tercih fonksiyonun bulanık sayılar ile uyumlu hale getirilmiş hali Eşitlik 23'te yer

almaktadır. Literatür araştırmaları ve toplanan verilerin göz önünde bulundurulması sonucunda tüm kriterler için farksızlık (q) ve tercih eşiği (p) değerleri sırasıyla 0 ve 0,6 olarak belirlenmiştir. Bulanık sayıların durulaştırılması için Yager indeksi kullanılmıştır.

Bölüm 2.3.'te anlatılan Bulanık PROMETHEE işlem adımları sırasıyla uygulanmıştır. Alternatiflerin birbirleriyle kıyaslanmasında yol gösterici olan pozitif ve negatif akım değerleri hesaplanarak PROMETHEE I ile kısmi sıralamalar, net akım değerleri hesaplanarak PROMETHEE II ile tam sıralamalar elde edilmiştir. Alternatiflerin pozitif üstünlük, negatif üstünlük ve net akım değerleri Tablo 18 ve Şekil 8'de yer almaktadır.

Şekil 8. Pozitif Üstünlük, Negatif Üstünlük ve Net Akım Değerleri



Tablo 18. PROMETHEE Sonuçları

Alternatif bölgeler	Silivri (A1)	Esenler (A2)	Sarıyer (A3)	Beşiktaş (A4)	Kadıköy (A5)	Kartal (A6)	ϕ^+	ϕ^{net}
Silivri (A1)	0,00	0,24	0,26	0,26	0,22	0,12	1,10	-1,24
Esenler (A2)	0,27	0,00	0,31	0,12	0,12	0,08	0,90	-0,97
Sarıyer (A3)	0,38	0,44	0,00	0,02	0,02	0,21	1,07	-0,26
Beşiktaş (A4)	0,57	0,44	0,23	0,00	0,02	0,25	1,51	0,98
Kadıköy (A5)	0,60	0,44	0,23	0,00	0,00	0,33	1,60	1,08
Kartal (A6)	0,52	0,31	0,31	0,12	0,12	0,00	1,39	0,40
ϕ^-	2,34	1,87	1,33	0,53	0,51	0,99		

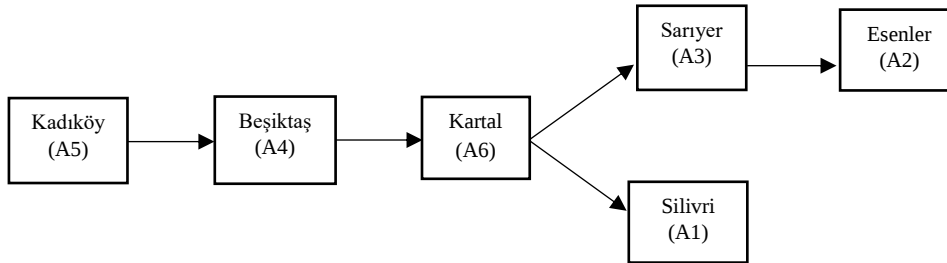
i. PROMETHEE I

Alternatiflerinin pozitif ve negatif akım değerlerinin birbiriyle ikili olarak kıyaslanması sonucunda, kısmi sıralamalar elde edilmiştir. Alternatif bölgelerin kısmi sıralamaları Şekil 9'da şematize edilmiştir.

PROMETHEE I ile elde edilen kısmi sıralama sonuçları incelendiğinde;

- Elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu için Kadıköy (A5) ilçesinin; Beşiktaş (A4), Kartal (A6), Sarıyer (A3), Silivri (A1) ve Esenler (A2) ilçelerine kıyasla daha iyi bir alternatif olduğu görülmektedir.
- En iyi alternatif olarak ikinci sırada Beşiktaş (A4) yer almaktadır. Beşiktaş (A4) ilçesinin; Kartal (A6), Sarıyer (A3), Silivri (A1) ve Esenler (A2) ilçelerine kıyasla şarj istasyonlarının kurulumu için daha uygun olduğu tespit edilmiştir.
- Kartal (A6) ilçesine şarj istasyonlarının kurulmasının; Sarıyer (A3), Silivri (A1) ve Esenler (A2) ilçelerine göre daha avantajlı olduğu görülmektedir.
- Sarıyer (A3) ve Esenler (A2) ilçesi şarj istasyonlarının kurulumu bakımından kıyaslandığında, Sarıyer ilçesinin Esenler ilçesine kıyasla daha iyi bir alternatif olduğu tespit edilmiştir.
- Silivri (A1) ve Sarıyer (A3) ilçeleri arasında bir kıyaslama yapmak mümkün değildir. Sonuçlar incelendiğinde; $\phi_1^+ > \phi_3^+$ ve $\phi_1^- > \phi_3^-$ olduğu görülmektedir. Bir diğer deyişle, Silivri ilçesinin hem pozitif hem de negatif üstünlük değeri Sarıyer ilçesinin pozitif ve negatif üstünlük değerlerinden yüksek olduğu için bu iki ilçe arasında herhangi bir kıyaslama yapmanın mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır.
- Silivri (A1) ve Esenler (A2) ilçeleri şarj istasyonu kurulumu bakımından karşılaştırıldığında, bu iki ilçe arasında herhangi bir kıyaslama yapılamayacağı sonucu elde edilmiştir. Bu durumun sebebi, Silivri ilçesinin hem pozitif hem negatif üstünlük değerinin Esenler ilçesinin bu iki değerinden de yüksek olmasıdır. Tablo 18'deki değerler incelendiğinde, $\phi_1^+ > \phi_2^+$ ve $\phi_1^- > \phi_2^-$ olduğu görülmektedir.

Şekil 9. PROMETHEE I ile Kısmi Sıralama



ii. PROMETHEE II

Alternatifler arasındaki kıyaslanamaz durumunu ortadan kaldırabilmek ve alternatiflerin tam bir sıralamasını elde edebilmek için PROMETHEE II ile alternatifler değerlendirilmiştir. Tablo 19 ve Şekil 10'da elde edilen alternatif sıralamaları yer almaktadır.

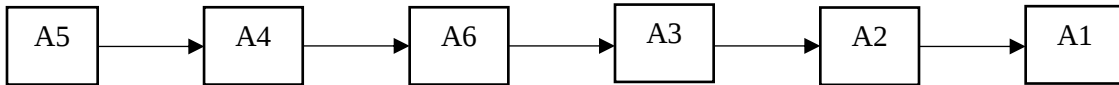
PROMETHEE II ile elde edilen tam sıralama sonuçları incelendiğinde;

- Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı için en uygun alternatifin Kadıköy (A5) olduğu görülmektedir.
- Kadıköy (A5) ilçesini sırasıyla Beşiktaş (A4), Kartal (A6), Sarıyer (A3), Esenler (A2) ve Silivri ilçeleri (A1) takip etmektedir.
- Silivri (A1), alternatifler arasında en son tercih edilecek bölge olarak tespit edilmiştir. Silivri'nin net akım değeri ile diğer bölgelerinin net akım değerleri kıyaslandığında aradaki farkın oldukça yüksek olduğu görülmektedir.
- Alternatiflerin net akım değerleri incelendiğinde; Kadıköy (A5) ile Beşiktaş (A4) ilçelerinin net akım değerleri arasındaki farkın diğerlerine nispeten birbirine yakın olduğu söylenebilir.
- PROMETHEE I ve PROMETHEE II ile elde edilen sıralamalarda, sırasıyla Kadıköy (A5), Beşiktaş (A4) ve Kartal (A6) elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu için uygun bölgeler olarak belirlenmiştir.

Tablo 19. Alternatiflerin Sıralanması

Alternatifler	ϕ^{net}	Sıralama
Silivri (A1)	-1,24	6
Esenler (A2)	-0,97	5
Sarıyer (A3)	-0,26	4
Beşiktaş (A4)	0,98	2
Kadıköy (A5)	1,08	1
Kartal (A6)	0,40	3

Şekil 10. PROMETHEE II ile Tam Sıralama



3.3. Duyarlılık Analizi

Bu tez çalışmasında, elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı üzerinde etkili olan kriterlerin önem dereceleri AHP yöntemi ile elde edilmiş ve bu önem derecelerine göre alternatif bölgeler birbirleriyle kıyaslanmıştır. Bu bölümde, değişen kriter ağırlıklarına göre, alternatiflerin net akım değerlerindeki değişiklikleri analiz etmek amacıyla duyarlılık analizi

uygulanmıştır. Her bir kriterin ağırlığının sırasıyla 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 ve 1 olması durumunda net akım değerleri hesaplanarak alternatifler değerlendirilmiştir.

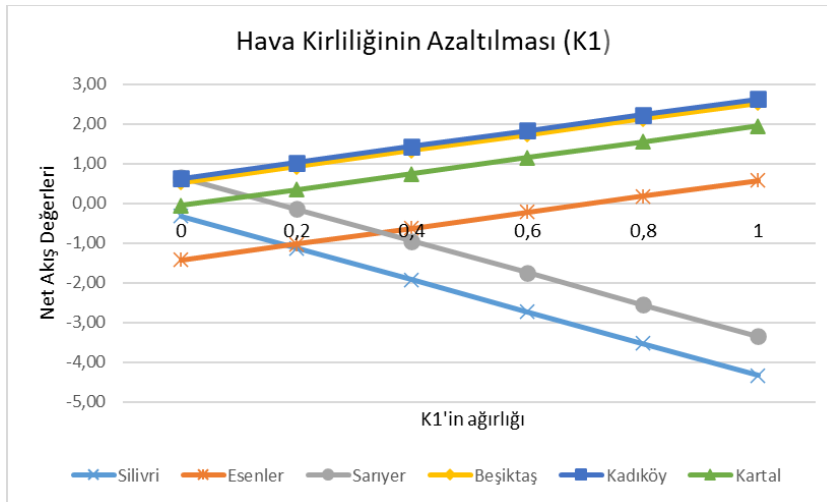
3.3.1. Çevre kriterleri

Hava kirliliğinin azaltılması kriteri incelendiğinde; K1'in ağırlığının artması durumunda, Kadıköy, Beşiktaş, Kartal ve Esenler ilçelerinin net akım değerlerinde artış, Sarıyer ve Silivri ilçelerinin net akım değerlerinde azalış görülmektedir. Sarıyer ve Silivri ilçeleri değerlendirilirken, elektrikli araç şarj istasyonlarının bu ilçelere kurulumunun hava kirliliğinin azaltılmasında diğer bölgelere kıyasla daha düşük bir etki yaratacağı belirtildiği için bu ilçelerin net akım değerlerinde bir azalış gözlemlenmektedir. Hava kirliliğinin azaltılması kriterinin, Kadıköy ve Beşiktaş ilçeleri için önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Kriter ağırlığının 0,4 ve üzeri öneme sahip olması durumunda, elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu için ilk olarak Kadıköy, ardından Beşiktaş ilçesine ve son sırada ise Silivri ilçesine öncelik verilmesi gerektiği görülmektedir.

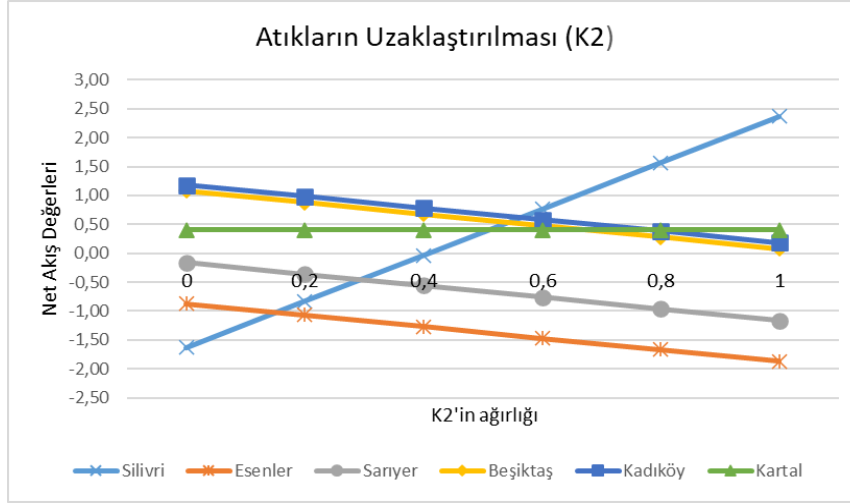
Atıkların uzaklaştırılması kriterinin önem derecesi arttırıldığında, Silivri ilçesinin net akım değerlerinde artış gözlemlenmektedir. Bu kriterin 0,6 ve üzeri öneme ağırlığına sahip olması durumunda, elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı için en iyi alternatifin Silivri olduğu tespit edilmiştir. Kriter ağırlığı 0'dan 1'e doğru artarken; Kadıköy, Beşiktaş, Sarıyer ve Esenler ilçelerinin net akım değerlerinde azalış görülmektedir. Atıkların uzaklaştırılması kriterinin ağırlığı ne olursa olsun, Kartal ilçesinin net akım değerinde bir değişim olmamaktadır.

Özetle, Şekil 11 ve 12 incelendiğinde, hava kirliliğinin azaltılması kriterinin önem ağırlığının değişmesi durumunda, Kadıköy ve Beşiktaş ilçelerinin şarj istasyonu kurulumu için önceliğini koruduğu, atıkların uzaklaştırılması kriterinin ağırlığının artması durumunda ise Silivri ilçesini son sıradan ilk sıraya geldiği sonucuna varılmaktadır.

Şekil 11. Hava Kirliliğinin Azaltılması Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları



Şekil 12. Atıkların Uzaklaştırılması Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları



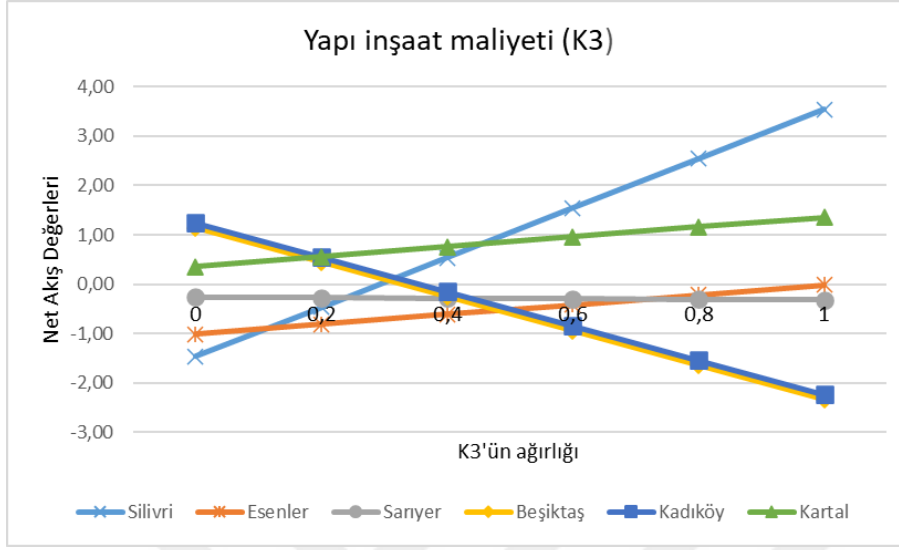
3.3.2. Ekonomi kriterleri

Yapı-inşaat maliyeti kriterinin önem derecesinin 0,6 ve üzeri olması durumunda, yer seçim kararı için Silivri en iyi alternatif, Kadıköy ve Beşiktaş ise kötü birer alternatif olarak sıralanmaktadır. Kriter ağırlığı 0,4 olduğunda, alternatiflerin net akım değerlerinin birbirlerine nispeten daha yakın olduğu görülmektedir. Bu durumda, Kartal ve Silivri şarj istasyonu kurulumu için önceliklerini korumaktadır. Bu ilçelerden sonra; Sarıyer, Kadıköy, Beşiktaş ve Esenler ilçelerinin net akım değerleri arasındaki fark birbirine çok yakın olduğu için bu ilçelerden herhangi biri şarj istasyonlarının kurulumu için tercih edilebilir.

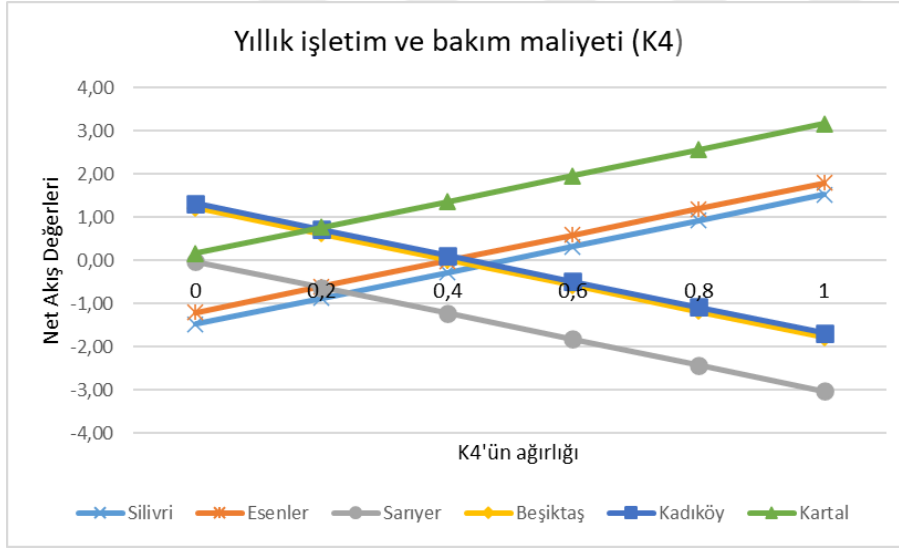
Yıllık işletim-bakım maliyeti kriterinin önem derecesi arttırıldığında; Kartal, Esenler ve Silivri ilçelerinin net akım değerleri yükselmekte ve Kadıköy, Beşiktaş ve Sarıyer ilçelerinin net akım değerleri azalmaktadır. Kriter ağırlığı 0,2'nin üzerinde olduğunda, Kartal ilçesi şarj istasyonu kurulumu için ilk sırada yer alırken, Sarıyer ilçesi son sırada yer almaktadır.

Yatırımın geri ödeme süresi kriterinin önem derecesi ne olursa olsun, Kadıköy ve Beşiktaş ilçeleri elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı için en iyi alternatiflerdir. Kriterin önem ağırlığı 0,1'in üzerine çıktığında, Silivri ve Esenler ilçelerinin şarj istasyonu kurulumu için son tercih edilen bölgeler olduğu tespit edilmiştir. Ekonomi kriterleri duyarlılık analizi sonuçları Şekil 13-15'te yer almaktadır.

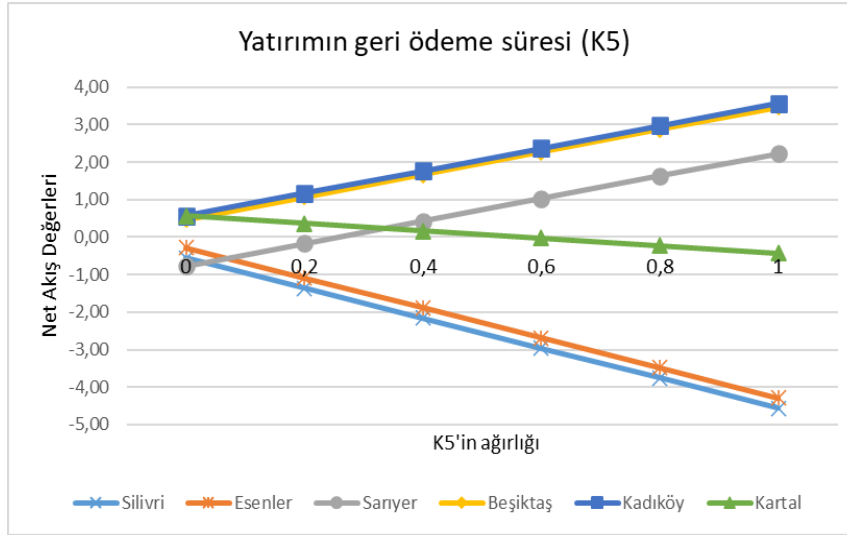
Şekil 13. Yapı-inşaat Maliyeti Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları



Şekil 14. Yıllık İşletim-bakım Maliyeti Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları



Şekil 15. Yatırımın Geri Ödeme Süresi Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları



3.3.3. Sosyal kriterler

Şarj istasyonlarının kentsel gelişim planlaması ile uyumu kriterinin ağırlığı 0 ile 0,2 arasında olduğunda, Kadıköy ve Beşiktaş ilçelerinin net akım değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Kriter ağırlığı 0,2 ve üzerine çıktığında, alternatif bölgelerin sıralamalarında herhangi bir değişiklik olmamaktadır. Kriter ağırlığı 0'dan 1'e doğru arttırıldığında; Sarıyer, Beşiktaş, Kadıköy ve Kartal ilçelerinin net akım değerleri artarken, Silivri ve Esenler ilçelerinin net akım değerlerinde doğrusal bir azalış görülmektedir.

İstasyonların servis yeteneği kriterinin önem derecesi arttırıldığında, Kadıköy ve Beşiktaş ilçeleri benzer bir trend sergileyerek en iyi alternatifler olarak sıralanmaktadır. Kriterin önem ağırlığı ne olursa olsun, Silivri ilçesi en kötü alternatif olarak yer almaktadır. Kriter ağırlığının 0,2'nin üstünde olması durumunda, alternatiflerin sıralamasında bir değişiklik olmamaktadır.

Ulaşımın/Trafiğin elverişliliği bakımından kriter ağırlıkları ne olursa olsun, Kadıköy ve Beşiktaş her zaman ilk sırada yer alırken, Esenler ve Silivri ilçeleri son sıralarda yer almaktadır. Kriter ağırlığı 0 ile 0,3 arasında olduğunda, Kartal ilçesi Sarıyer ilçesine göre daha iyi bir alternatifken, kriter ağırlığı 0,3'ün üzerine çıktığında Sarıyer ilçesi Kartal ilçesine göre daha iyi bir alternatiftir.

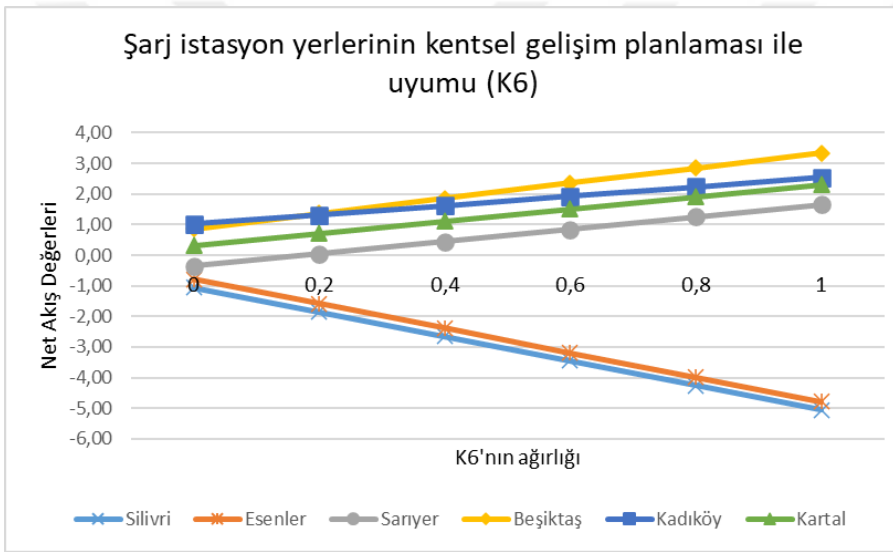
Bölge güvenliği kriteri bakımından alternatif bölgeler için duyarlılık analizi uygulandığında, kriter ağırlığı arttıkça, Esenler ilçesi haricindeki alternatiflerin net akım değerleri artmaktadır. Bu kriter hangi ağırlık değerini alırsa alsın, K6, K7 ve K8 kriterlerine (diğer sosyal kriterlere) benzer şekilde, şarj istasyon yer seçimi için Beşiktaş ve Kadıköy ilçeleri en iyi bölgelerdir.

İstasyon kapasitelerinin genişleyebilme imkanı kriteri için Kadıköy ilçesi en iyi seçimken, Silivri ilçesi en kötü seçim olarak tespit edilmiştir. Bu kriterin ağırlığının değişmesi, Esenler ilçesinin net akım değerlerinde herhangi bir değişikliğe yol açmamaktadır.

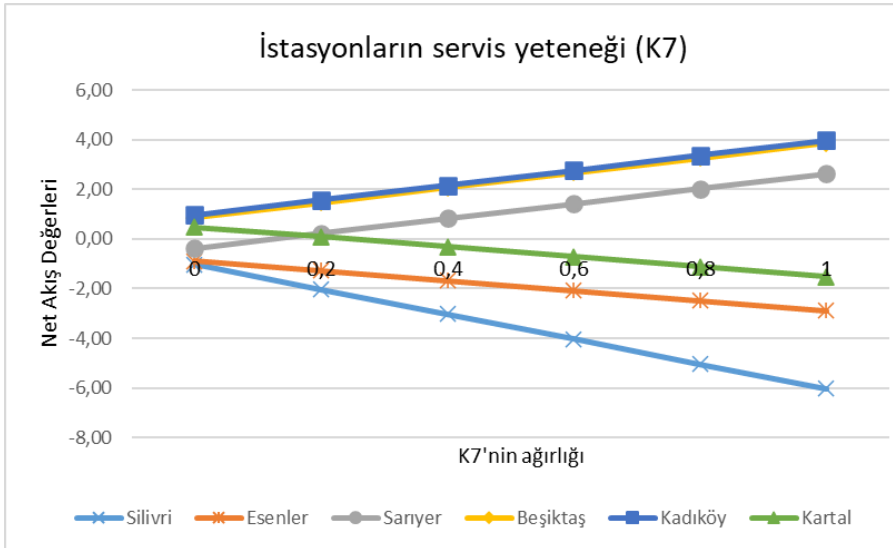
İnsan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi kriterinin duyarlılık analizi sonuçları incelendiğinde, Kadıköy ilçesinin şarj istasyon yer seçim kararı için her zaman ilk sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Beşiktaş ilçesi her zaman en iyi ikinci alternatif olmuştur. Kriter ağırlığı 0,4 olduğunda; Esenler, Silivri, Sarıyer ve Kartal ilçelerinin net akım değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, sosyal kriterler bakımından, kriter ağırlıklarının değişmesine rağmen Kadıköy ve Beşiktaş ilçelerinin her zaman en iyi alternatifler olduğu söylenebilir. Sosyal kriterlerin duyarlılık analizi sonuçları Şekil 16-21’de verilmiştir.

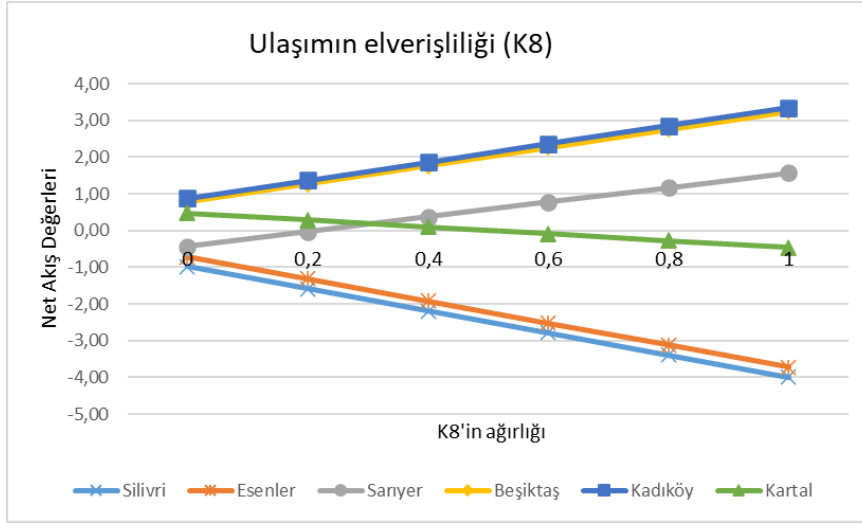
Şekil 16. Şarj İstasyon Yerlerinin Kentsel Gelişim Planlaması ile Uyum Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları



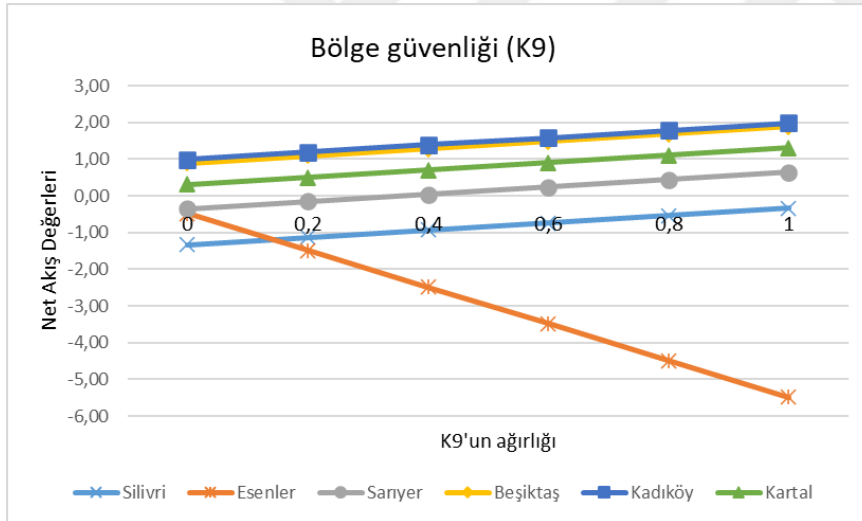
Şekil 17. İstasyonların Servis Yeteneği Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları



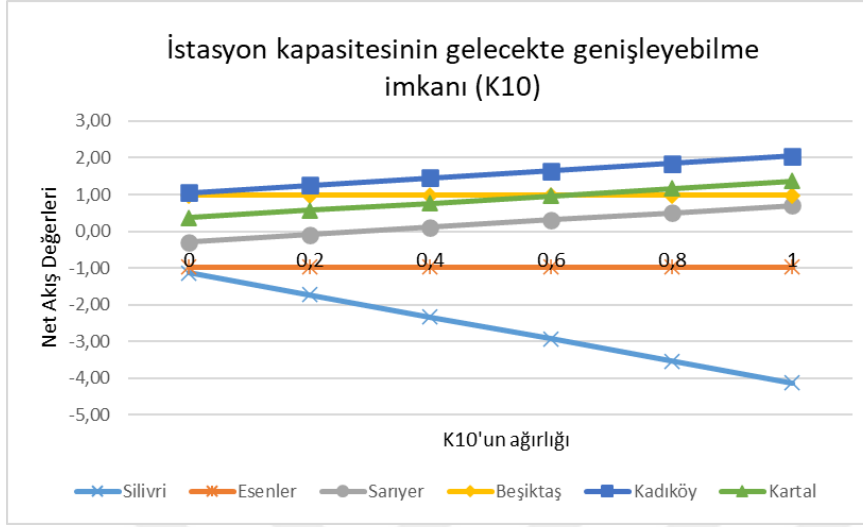
Şekil 18. Ulaşımın Elverişliliği Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları



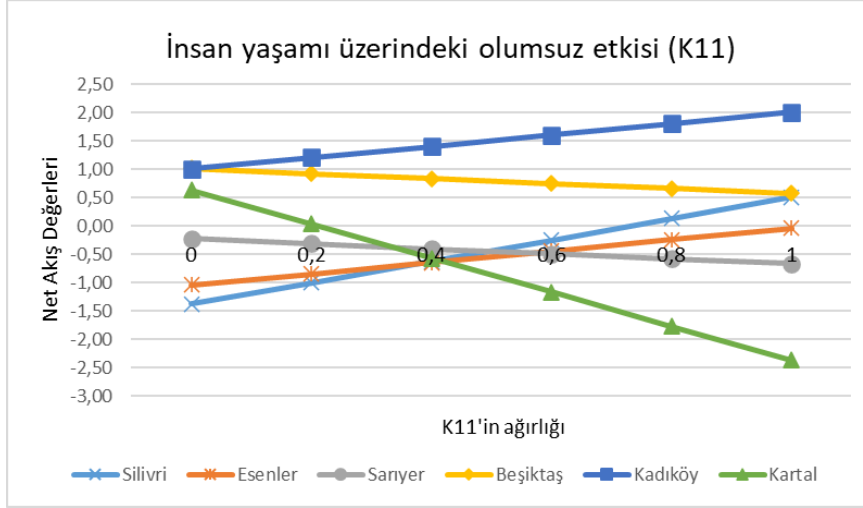
Şekil 19. Bölge Güvenliği Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları



Şekil 20. İstasyon Kapasitesinin Gelecekte Genişleyebilme İmkânı Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları



Şekil 21. Şarj İstasyonlarının İnsan Yaşamı Üzerindeki Olumsuz Etkisi Kriteri Duyarlılık Analizi Sonuçları



SONUÇ

Çevre ve sürdürülebilirlik konularındaki duyarlılığın artması ve teknolojiadaki hızlı gelişmeler ile elektrikli araçların kullanımı dünya genelinde hızlı bir ivme kazanmıştır. Birçok ülkede, benzinli taşıtların yerine elektrikli veya hibritli araçlar yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Elektrikli araçların dünya genelinde popüler hale gelmesi beraberinde elektrikli araçlar için şarj istasyon yer seçim kararı problemini ortaya çıkarmıştır.

Elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu ve işletimi sırasında; arazi maliyeti, gerekli altyapının sağlanması için oluşan giderler ve proje yatırım giderleri gibi birçok maliyet kalemi oluşmaktadır. Bu sebeple, elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu oldukça yüksek maliyetlere neden olabilmektedir. Ancak, şarj istasyonlarının uygun yerlerde inşa edilmesi ile oluşacak maliyetler azaltılabilir. Bu bağlamda, elektrikli araç şarj istasyon yerleri belirlenirken yer seçim kararı üzerinde etkili olabilecek ekonomik kriterler dikkate alınmalıdır.

Elektrikli araç şarj istasyon yer seçim kararı verilirken dikkate alınması gereken bir diğer önemli konu, elektrikli araç şarj istasyonlarının sosyal çevre ile uyumudur. Elektrikli araç şarj istasyonlarının kavşaklar, ana arterler, önemli giriş ve çıkış noktaları ile uyumlu olması, bu istasyonların daha çok müşteriye hizmet etmesine imkan sağlayacaktır. Ayrıca, istasyonlara olan talebin artması ve ekonomik gelişmelerin bir sonucu olarak var olan elektrikli araç şarj istasyon yerlerinin genişletilmesine ihtiyaç duyulabilir. Bu kapsamda, bu problem ele alınırken, ekonomik kriterlerin yanı sıra sosyal kriterler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu karar problemi üzerinde etkili olan üçüncü boyut ise çevredir. Elektrikli araç şarj istasyonları hava kirliliğinin fazla olduğu bölgelere inşa edildiğinde, bu bölgede seyahat eden elektrikli araçların sayısında bir artış yaşanacaktır. Böylelikle, elektrikli araçların kullanımı ile günümüzün ciddi problemlerinden biri olan hava kirliliğinin önüne geçilebilir. Ayrıca, elektrikli araç şarj istasyonlarının işletimi sırasında ortaya çıkacak atıkların bölgeden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu sebeple, şarj istasyonu kurulacak olan bölgelerin atık uzaklaştırılma faaliyetleri açısından da uygunluğu incelenmelidir.

Bu tez çalışmasında, elektrikli araç şarj istasyonlarının nerelere kurulacağına karar verilirken problem üzerinde etkili olan birçok kriter bir arada ele alınmıştır. Bazı kriterler problem üzerinde fayda yönlü (benefit-type) bir etki oluştururken, bazı faktörler problem üzerinde maliyet yönlü (cost-type) bir etki oluşturmaktadır. Şarj istasyon yerleri belirlenirken fayda yönlü kriterlerin maksimize, maliyet yönlü kriterlerin ise minimize edilmesi ile elektrikli araç şarj istasyonları için optimal yerlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Sürdürülebilirliğin üç temel bileşeni olan sosyal, çevre ve ekonomik tabanlı 11 alt kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterler; hava kirliliğinin azaltılması, atıkların uzaklaştırılması, istasyonların yapı-inşaat maliyeti, yıllık işletim- bakım maliyeti, yatırımın geri ödeme süresi, şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu, istasyonların servis yeteneği, ulaşımın elverişliliği, bölgenin güvenliği, istasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı ve istasyonların insan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi şeklindedir.

Problemin çözümü için, AHP ve Bulanık PROMETHEE yöntemlerinden oluşan bütünleşik yeni bir metodoloji önerilmiştir. Önerilen metodoloji, İstanbul ilinde uygulanmıştır. Uzman görüşlerinin alınması ve literatür araştırmaları sonucunda elektrikli araç yer seçim problemi üzerinde etkili olabilecek kriterler belirlenmiş ve bu kriterlerin problem üzerindeki göreceli önem ağırlıkları AHP ile tespit edilmiştir. Elektrikli araç şarj istasyon yerleri için belirlenen kriterlere dayalı olarak alternatif noktalar PROMETHEE yöntemi ile değerlendirilmiştir. PROMETHEE yöntemi kıyaslanması amaçlanan alternatifler kümesi için kısmi ve tam sıralamalar sunarak, elde edilecek sıralamaların detaylı bir şekilde analiz edilmesine imkan sağlar. Ayrıca, yapılan ikili kıyaslamalar ile alternatifler arası karşılaştırmalar kolaylıkla ifade edilebilir. Bu nedenle, elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı için ÇKKV yöntemlerinden biri olan PROMETHEE yöntemi oldukça elverişlidir.

Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçim kararı üzerinde ana kriterler içerisinde en önemli etkiye sosyal kriterin sahip olduğu tespit edilmiştir. İkinci sırada çevre kriteri ve son sırada ise ekonomi kriteri yer almaktadır. Alt kriterler bazında değerlendirildiğinde; dikkate alınması gereken en önemli kriterin çevre kriterlerinden hava kirliliğinin azaltılması olduğu tespit edilmiştir. İkinci sırada en yüksek önem derecesine sahip olan kriter, ekonomik kriterlerden biri olan yatırımın geri ödeme süresi olarak belirlenmiştir. İstasyonun kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı ise en düşük önem ağırlığına sahip olan kriterdir.

Elde edilen sonuçlara göre, potansiyel bölgeler arasında şarj istasyonu kurulumu için en uygun bölge Kadıköy'dür. Kadıköy ilçesini sırasıyla Beşiktaş, Kartal, Sarıyer, Esenler takip etmektedir. En son sırada ise Silivri yer almaktadır. Son olarak, duyarlılık analizleri ile değişen kriter ağırlıklarına göre alternatiflerin net akım değerlerindeki değişiklikler incelenmiştir.

Bu tez çalışmasındaki uygulama sonuçları bazı kısıtlar altında elde edilmiştir. Kriter ve alternatif değerlendirmeleri yapılırken uzman görüşüne başvurulduğu için elde edilen bulgular karar verici ekibin görüşleri çerçevesinde şekillenmiştir. Bu aşamada, karar verici ekibin önyargıları, kişisel bakış açısı ve tecrübesi araştırma sonuçlarını etkileyebilmektedir. Ayrıca, karar vericilerin değerlendirmelerini yaparken dikkatinin dağılmaması amacıyla elektrikli araç şarj istasyon kurulumu için belirlenen kriter ve alternatif sayıları belirli bir sayıda tutulmuştur.

KAYNAKÇA

- Abdullah, L., Chan, W. ve Afshari, A. (2019). Application of PROMETHEE method for green supplier selection: a comparative result based on preference functions. *Journal of Industrial Engineering International*. 15(2). (271-285).
- Albayrak, Y. E. ve Erkut, H. (2005). Banka performans değerlendirmede analitik hiyerarşi süreç yaklaşımı. *İTÜDERGİSİ/d*. 4(6). (47-58).
- Ameen, R. F. M. ve Mourshed, M. (2019). Urban sustainability assessment framework development: The ranking and weighting of sustainability indicators using analytic hierarchy process. *Sustainable Cities and Society*. 44. (356-366).
- Apan, M. ve Öztel, A. (2020). Girişim sermayesi yatırım ortaklıklarının critic-promethee bütünselik karar verme yöntemi ile finansal performans değerlendirmesi: Borsa İstanbul'da bir uygulama. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 63. (54-73).
- Arabani, A. B. ve Farahani, R. Z. (2012). Facility location dynamics: An overview of classifications and applications. *Computers & Industrial Engineering*. 62(1). (408-420).
- Araz, C., Ozfirat, P. M. ve Ozkarahan, I. (2007). An integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management. *Computers & Operations Research*. 34(12). (3738-3756).
- Babic, Z. ve Plazibat, N. (1998). Ranking of enterprises based on multicriterial analysis. *International Journal of Production Economics*. 56-57. (29-35).
- Bağcı, H. ve Rençber, Ö. F. (2014). Kamu bankaları ve halka açık özel bankaların PROMETHEE yöntemi ile kârlılıklarının analizi. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 6(1). (39-47).
- Bai, X., Chin, K. S. ve Zhou, Z. (2019). A bi-objective model for location planning of electric vehicle charging stations with GPS trajectory data. *Computers & Industrial Engineering*. 128. (591-604).
- Bedir, N. ve Eren, T. (2015). AHP-PROMETHEE yöntemleri entegrasyonu ile personel seçim problemi: perakende sektöründe bir uygulama. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*. 4(4). (46-58).
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A. ve Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European journal of Operational research*. 200(1). (198-215).
- Bhushan, N. ve Rai, K. (2004). Strategic decision making: applying the analytic hierarchy process. London: Springer Verlag London Limited. <https://books.google.com.tr/books?id=ZNvnIwYAjqMC>.
- Bilsel, R. U., Büyüközkan, G. ve Ruan, D. (2006). A fuzzy preference-ranking model for a quality evaluation of hospital web sites. *International Journal of Intelligent Systems*. 21(11). (1181-1197).
- Bogdanovic, D., Nikolic, D., ve Ilic, I. (2012). Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 84(1). (219-233).
- Brandeau, M. L. ve Chiu, S. S. (1989). An overview of representative problems in location research. *Management science*. 35(6). (645-674).

- Brans, J. P. ve De Smet, Y. (2016). PROMETHEE methods. Greco S., Ehrgott M. ve Figueira J. (Ed.), Multiple criteria decision analysis içinde (s. 187-219), New York: Springer Science + Business Media.
- Brans, J. P. ve Mareschal, B. (1994). The PROMCALC & GAIA decision support system for multicriteria decision aid. *Decision Support Systems*. 12(4-5). (297-310).
- Brans, J. P. ve Vincke, P. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management Science*. 31(6). (647-656).
- Brans, J. P., Vincke, P. ve Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*. 24(2). (228-238).
- Brans, J.P. ve Mareschal, B. (2005). PROMETHEE Methods. Figueira J., Greco, S. ve Ehrgott M (Ed.), Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys içinde (s. 163-186). New York: Springer Science + Business Media.
- Briggs, T., Kunsch, P. L., ve Mareschal, B. (1990). Nuclear waste management: an application of the multicriteria PROMETHEE methods. *European Journal of Operational Research*. 44(1). (1-10).
- Bruno, G., Genovese, A. ve Improta, G. (2014). A historical perspective on location problems. *BSHM Bulletin: Journal of the British Society for the History of Mathematics*. 29(2). (83-97).
- Bülbül, S. E. ve Köse, A. (2016). Türk sigorta sektörünün PROMETHEE yöntemi ile finansal performans analizi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 38(1). (187-210).
- Cavadas, J., de Almeida Correia, G. H. ve Gouveia, J. (2015). A MIP model for locating slow-charging stations for electric vehicles in urban areas accounting for driver tours. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 75. (188-201).
- Chen, Y. H., Wang, T. C. ve Wu, C. Y. (2011). Strategic decisions using the fuzzy PROMETHEE for IS outsourcing. *Expert Systems with Applications*. 38(10). (13216-13222).
- Cui, F. B., You, X. Y., Shi, H. ve Liu, H. C. (2018). Optimal siting of electric vehicle charging stations using Pythagorean fuzzy VIKOR approach. *Mathematical Problems in Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2018/9262067>.
- Dağ, S. ve Yıldırım, B. F. (2015). PROMETHEE. Yıldırım, B.F. ve Önder, E. (Ed.) Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri içinde (s.177-187). 2. baskı. Bursa: Dora Basım.
- Dağdeviren, M. (2008). Decision making in equipment selection: an integrated approach with AHP and PROMETHEE. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 19. (397-406). doi: 10.1007/s10845-008-0091-7.
- Dağdeviren, M. ve Erarslan, E. (2008). PROMETHEE sıralama yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 23(1). (69-75).
- Dascioglu, B. G., Kalender, Z. T., Tuzkaya, G. ve Kilic, H. S. (2020). Evaluation of Electric Vehicles Station Locations with an Extended TOPSIS Methodology Using Probabilistic Linguistic Term Sets. *International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems* içinde (s. 820-828). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23756-1_98.
- Dickerman, L. ve Harrison, J. (2010). A new car, a new grid. *IEEE Power and Energy Magazine*. 8(2). (55-61).

- Dos Santos, P. H., Neves, S. M., Sant'Anna, D. O., de Oliveira, C. H. ve Carvalho, H. D. (2019). The analytic hierarchy process supporting decision making for sustainable development: An overview of applications. *Journal of Cleaner Production*. 212. (119-138).
- Dubois, D. ve Prade, H. (1978). Operations on fuzzy numbers. *International Journal of Systems Science*. 9(6). (613-626).
- Dubois, D. ve Prade, H. (1979). Fuzzy real algebra: some results. *Fuzzy Sets and Systems*. 2(4). (327-348).
- Durna, E., Koz, G. ve Genç, N. (2020). Türkiye’de ömrünü tamamlamış lastiklerin yönetiminde en uygun bertaraf seçeneğinin promethee ve bulanık promethee yöntemi ile belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*. 23(4). (915-927).
- Durucasu, H., Aytekin, A., Saraç, B., ve Orakçı, E. (2017). Current application fields of ELECTRE and PROMETHEE: A literature review. *Alphanumeric Journal*. 5(2). (229-270).
- Farahani, R. Z. ve Hekmatfar, M. (2009). *Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies*. Physica-Verlag, Heidelberg, Germany.
- Farahani, R. Z., SteadieSeifi, M. ve Asgari, N. (2010). Multiple criteria facility location problems: A survey. *Applied mathematical modelling*. 34(7). (1689-1709).
- Geldermann, J., Spengler, T. ve Rentz, O. (2000). Fuzzy outranking for environmental assessment. Case study: iron and steel making industry. *Fuzzy sets and systems*. 115(1). (45-65).
- Genç, T. (2013). PROMETHEE yöntemi ve GAIA düzlemi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 15(1). (133-154).
- Genevois, M. E. ve Kocaman, H. (2018). Locating electric vehicle charging stations in Istanbul with AHP based mathematical modelling. *International Journal of Transportation Systems*. 3. (1-10).
- Ghasemi, P., Mehdiabadi, A., Spulbar, C. ve Birau, R. (2021). Ranking of Sustainable Medical Tourism Destinations in Iran: An Integrated Approach Using Fuzzy SWARA-PROMETHEE. *Sustainability*, 13(2), 683.
- Ghodsypour, S. H. ve O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*. 56-57. (199-212).
- Girginer, N. ve Kaygısız, Z. (2009). İstatistiksel Yazılım Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Birlikte Kullanımı. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 10(1). (211-233).
- Goumas, M. ve Lygerou, V. (2000). An extension of the PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: Ranking of alternative energy exploitation projects. *European Journal of Operational Research*. 123(3). (606-613).
- Guo, S. ve Zhao, H. (2015). Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective. *Applied Energy*. 158. (390-402).
- Hafeez, K., Zhang, Y. ve Malak, N. (2002). Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*. 76(1). (39-51).
- Hakimi, S. L. (1964). Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations research*. 12(3). (450-459).
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications—A literature review. *European Journal of Operational Research*. 186(1). (211-228).

- Ho, W. ve Ma, X. (2018). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*. 267(2). (399-414).
- Hosseini, S. ve Sarder, M. D. (2019). Development of a Bayesian network model for optimal site selection of electric vehicle charging station. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 105. (110-122).
- Ishizaka, A. ve Nemery, P. (2013). *Multi-criteria decision analysis: Methods and Software*. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Jia, H. P., Liu, S. G., Xie, S. L., Huang, S. L. ve Pei, S. T. (2013). The location model of the electric vehicle charging station based on simulated annealing algorithm. *Advanced Materials Research*. 805-806. (1895-1899). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.805-806.1895>
- Kabadayı, N. ve Dağ, S. (2017). BULANIK DEMATEL VE BULANIK PROMETHEE YÖNTEMLERİ İLE KABLO ÜRETİMİNDE MAKİNE SEÇİMİ. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*. 7(14). (239-260).
- Le Teno, J. F. ve Mareschal, B. (1998). An interval version of PROMETHEE for the comparison of building products' design with ill-defined data on environmental quality. *European Journal of Operational Research*. 109(2). (522-529).
- Liu, H. C., Yang, M., Zhou, M. ve Tian, G. (2019). An integrated multi-criteria decision making approach to location planning of electric vehicle charging stations. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 20(1). (362-373).
- Liu, Z. F., Zhang, W., Ji, X., ve Li, K. (2012). Optimal planning of charging station for electric vehicle based on particle swarm optimization. *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies*. (1-5). doi: 10.1109/ISGT-Asia.2012.6303112.
- Macharis, C., Springael, J., De Brucker, K. ve Verbeke, A. (2004). PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis.: Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. *European Journal of Operational Research*. 153(2). (307-317).
- Makan, A. ve Fadili, A. (2020). Sustainability assessment of large-scale composting technologies using PROMETHEE method. *Journal of Cleaner Production*. 261. (121244).
- Myeong, S., Jung, Y. ve Lee, E. (2018). A study on determinant factors in smart city development: An analytic hierarchy process analysis. *Sustainability*. 10(8). (2606).
- Oğuzlar, A. (2007). Analitik hiyerarşi süreci ile müşteri şikayetlerinin analizi. *Akdeniz İİBF Dergisi*. 7(14). (122-134).
- Organ, A. (2013). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Bulanık PROMETHEE Yönteminin Konteynır Seçiminde Uygulanması. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*. 12(45). (253-269).
- Owen, S. H. ve Daskin, M. S. (1998). Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research*. 111(3). (423-447).
- Ömürbek, N., Üstündağ, S. ve Helvacıoğlu, Ö. C. (2013). Kuruluş yeri seçiminde analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanımı: Isparta bölgesinde bir uygulama. *Yönetim Bilimleri Dergisi*. 11(21). (101-116).
- Önder, G. ve Önder E. (2015). Analitik Hiyerarşi Süreci. Yıldırım, B.F. ve Önder, E. (Ed.) *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri içinde* (s.21-64), 2. baskı. Bursa: Dora Basım

- Özgen, A., Tuzkaya, G., Tuzkaya, U. R. ve Özgen, D. (2011). A multi-criteria decision making approach for machine tool selection problem in a fuzzy environment. *International Journal of Computational Intelligence Systems*. 4(4). (431-445).
- Öztürk, F. ve Kaya, G. K. (2020). Afet Sonrası Toplanma Alanlarının Promethee Metodu İle Değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 25(3). (1239-1252).
- Özyörük, B. ve Özcan, E. C. (2008). Analitik Hiyerarşi Sürecinin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması: Otomotiv Sektöründen Bir Örnek. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 13(1). (133-144).
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*. 15(3). (234-281).
- Saaty, T. L. (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management science*. 32(7). (841-855).
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*. 48(1). (9-26).
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*. 1(1). (83-98).
- Saaty, T. L. ve Vargas L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process* (2. bs.). New York: Springer Science+Business Media. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-3597-6>.
- Sun, Z., Gao, W., Li, B. ve Wang, L. (2020). Locating charging stations for electric vehicles. *Transport Policy*. 98. (48-54).
- Şahin, A., ve Akkaya, C. G. (2013). PROMETHEE sıralama yöntemi ile portföy oluşturma üzerine bir uygulama. *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*. 2(2). (67-81).
- Şahin, T., Ocak, S. ve Top, M. (2019). Analytic hierarchy process for hospital site selection. *Health Policy and Technology*. 8(1). (42-50).
- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Dordrecht: Springer Science+Business Media. (vol 44). <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6>
- Turkoglu, D. C. ve Genevois, M. E. (2020). A comparative survey of service facility location problems. *Annals of Operations Research*. 292. (399-468).
- Tuzkaya, G., Gülsün, B., Kahraman, C. ve Özgen, D. (2010). An integrated fuzzy multi-criteria decision making methodology for material handling equipment selection problem and an application. *Expert Systems with Applications*. 37(4). (2853-2863).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2021). *Trafiğe Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Cinsine Göre Dağılımı*. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulastirma-ve-haberlesme-112&dil=1>, Erişim tarihi: 05.10.2021.
- Tzeng, G. H. ve Huang, J. J. (2011). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Boca Raton, FL: CRC press.
- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA). (2021). *Global EV Outlook 2021*. Paris, France. Erişim adresi: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>.
- Ustasüleyman, T. ve Çelik, P. (2015). AHS ve Bulanık PROMETHEE Yöntemleriyle Destinasyon Seçimini Etkileyen Faktörlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi ve En Uygun Destinasyon Seçimi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*. (14). (86-102).

- Vaidya, O. S. ve Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*. 169(1). (1-29).
- Vargas, L. G. (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European journal of operational research*. 48(1). (2-8).
- Wu, Y., Yang, M., Zhang, H., Chen, K. ve Wang, Y. (2016). Optimal site selection of electric vehicle charging stations based on a cloud model and the PROMETHEE method. *Energies*. 9(3). (157).
- Yager, R. R. (1981). A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval. *Information Sciences*. 24(2). (143-161).
- Yerlikaya, M. A. (2020). Storage Location Assignment with Fuzzy PROMETHEE Method in Warehouse Systems with Uncertain Demand. *Journal of the Institute of Electronics and Computer*. 2. (142-150).
- Yılmaz, K. B. ve Dağdeviren, M. (2010). Ekipman Seçimi Probleminde PROMETHEE ve Bulanık PROMETHEE Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 25(4). (811-826).
- Yılmaz, B. ve Dağdeviren, M. (2011). A combined approach for equipment selection: F-PROMETHEE method and zero-one goal programming. *Expert Systems with Applications*. 38(9). (11641-11650).
- Zhang, H., Tang, L., Yang, C. ve Lan, S. (2019). Locating electric vehicle charging stations with service capacity using the improved whale optimization algorithm. *Advanced Engineering Informatics*. 41. (100901).

EKLER

EK.1: Kriter Ağırlıklandırma Anket Çalışması

Bu anket çalışmasında aşağıda açıklamalarıyla birlikte yer alan kriterlerin elektrikli araç şarj istasyon yeri seçiminde ne derecede önemli olduğunu belirlemeyi amaçlamaktayız. Anket içerisinde yer alan kriterlerin birbiriyle karşılaştırması yapılmasıyla bu kriterlerin elektrikli araç şarj istasyon yeri seçimi üzerinde nasıl bir öneme sahip olduğu tespit edilecektir.

Anket sorularını aşağıdaki tabloda yer alan önem derecelerini ve tanımlarını dikkate alarak cevaplayınız.

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit derecede önemli
2	
3	Orta derecede önemli
4	
5	Kuvvetli derecede önemli
6	
7	Çok kuvvetli derecede önemli
8	
9	Aşırı derecede önemli

2,4,6,8 önem dereceleri ara değerleri temsil etmektedir. Örneğin 2 önem derecesi, eşit düzey ile orta düzey arasında bir öneme karşılık gelmektedir.

Lütfen aşağıdaki örnek cevapları inceledikten sonra soruları cevaplayınız.

Örnek soru: Elektrikli araç şarj istasyon yeri seçiminde aşağıdaki göstergelerden hangisi diğerine göre daha önemlidir?

Örnek cevaplar:

1. Kişi A kriterinin B kriterinden **aşırı düzeyde önemli** olduğunu düşünmektedir. Bu durumda cevabı aşağıdaki gibi olur.

A kriteri	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B kriteri
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----------

2. Kişi B kriterinin A kriterinden **orta düzeyde önemli** olduğunu düşünmektedir. Bu durumda cevabı aşağıdaki gibi olur.

A kriteri	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B kriteri
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----------

3. Kişi A kriteri ve B kriterinin **eşit düzeyde önemli** olduğunu düşünmektedir. Bu durumda cevabı aşağıdaki gibi olur.

A kriteri	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B kriteri
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----------

Soru 1) Elektrikli araç şarj istasyon yeri seçiminde aşağıdaki göstergelerden hangisi diğerine göre daha önemlidir?

Çevre: Elektrikli araç şarj istasyonu kurulumunun çevreye olan katkısını ifade eder. Hava kirliliğinin azaltılması, atıkların uzaklaştırılması gibi.

Ekonomi: Şarj istasyonu kurulum maliyeti, arsa maliyeti, bakım maliyeti gibi ekonomik faktörlerin elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu üzerindeki etkisini ifade eder.

Sosyal: Toplum, güvenlik, ulaşım, kentsel gelişim gibi sosyal konuların elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu üzerindeki etkisini ifade eder.

Çevre	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ekonomi
Çevre	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sosyal
Ekonomi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sosyal

Soru 2) Elektrikli araç şarj istasyonu kurulumunun çevreye olan katkısı göz önüne alındığında aşağıdaki göstergelerinden hangisi diğerine göre daha önemlidir?

Hava kirliliğinin azaltılması: Motorlu taşıtların yerine elektrikli araçların kullanımı ile bölgedeki hava kirliliğinin azaltılmasına etkisini ifade eder.

Atıkların uzaklaştırılması: Elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu, işletimi, bataryaların değişimi, araçların yıkanması ve kanalizasyon işlemleri sırasında oluşacak atıkların uzaklaştırılma işlemlerini kapsar. Bu kapsamda belediyelerin atık uzaklaştırma çalışmaları da göz önünde bulundurulabilir.

Hava kirliliğinin azaltılması	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Atıkların uzaklaştırılması
-------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------

Soru 3) Elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu ekonomi açısından değerlendirildiğinde aşağıdaki göstergelerinden hangisi diğerine göre daha önemlidir?

Yapı-inşaat maliyeti: Arazi maliyeti, yıkım maliyeti, ekipman edinim maliyeti ve proje yatırım maliyeti bileşenlerini içerir.

Yıllık işletim ve bakım maliyeti: İşçi ücretleri, elektrik masrafı, işletim giderleri, bakım giderleri, batarya amortisman giderleri ve finansal giderleri kapsar.

Yatırımın geri ödeme süresi: Şarj istasyonu inşaat yatırımı için harcanan toplam sermayenin ne kadar sürede geri kazanılabileceğini gösterir. Bir diğer deyişle yatırımın kendisini finanse etmesi için gereken süreyi belirtir. Kendisini en kısa sürede ödeyecek yatırım, riski en az olan yatırımı ifade eder.

Yapı- inşaat maliyeti	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yıllık işletim ve bakım maliyeti
Yapı- inşaat maliyeti	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yatırımın geri ödeme süresi
Yıllık işletim ve bakım maliyeti	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yatırımın geri ödeme süresi

Soru 4) Elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu **sosyal açıdan değerlendirildiğinde** aşağıdaki göstergelerinden hangisi diğerine göre daha önemlidir?

Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu: Şarj istasyon yerlerinin ana arterler, önemli giriş ve çıkış noktaları, yerleşim bölgeleri, fonksiyonel/işlevsel bölgeler ile uyumunu ifade eder.

İstasyonların servis yeteneği: Şarj hizmetine erişebilecek elektrikli araç sayısını ifade eder.

Ulaşımın elverişliliği: Bölgedeki ana yolların durumunu, şerit sayısı ve şarj istasyonu bölgesine yakın kavşak sayısını ifade eder.

Bölgenin güvenliği: Şarj istasyonu kurulacak bölgenin elektrikli araç kullanıcılarına 24 saat boyunca güvenli bir şekilde şarj hizmeti sunmasını temsil eder. Akşam vakitlerinde de elektrikli araçlar kullanıcıları araçlarını şarj ederken kendilerini güvende hissetmelerini kapsar.

İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı: Bölgenin genişleyebilmek için yeterli araziye sahip olması, istasyona olan talebin artması ve ekonomik gelişmeler gibi faktörlerin dikkate alınmasıyla istasyonun kapasitelerinin gelecekte genişleyebilme imkanını ifade eder.

İnsan yaşamı üzerindeki etkisi: Şarj istasyonunun inşası ve işletimi sırasında yerel halkın günlük yaşamı üzerinde gürültü ve elektromanyetik alanın olumsuz etkisini temsil eder.

Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İstasyonların servis yeteneği
Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ulaşımın elverişliliği
Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bölgenin güvenliği
Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı
Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İnsan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi
İstasyonların servis yeteneği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ulaşımın elverişliliği

İstasyonların servis yeteneği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bölgenin güvenliği
İstasyonların servis yeteneği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı
İstasyonların servis yeteneği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İnsan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi
Ulaşımın elverişliliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bölgenin güvenliği
Ulaşımın elverişliliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı
Ulaşımın elverişliliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İnsan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi
Bölgenin güvenliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı
Bölgenin güvenliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İnsan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi
İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İnsan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi

EK.2: Kriter Ağırlıklandırma Anketinin Sonuçları

EK.2.1: KV1

Tablo.2.1a: Ana kriterlerin ikili karşılaştırması:

	Çevre	Ekonomi	Sosyal
Çevre	1,00	7,00	1,00
Ekonomi	0,14	1,00	0,14
Sosyal	1,00	7,00	1,00

Tablo.2.1b: Çevre alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K1	K2
K1	1,00	0,20
K2	5,00	1,00

Tablo.2.1c: Ekonomi alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K3	K4	K5
K3	1,00	3,00	0,25
K4	0,33	1,00	0,20
K5	4,00	5,00	1,00

Tablo.2.1d: Sosyal alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K6	1,00	3,00	0,25	0,20	1,00	0,50
K7	0,33	1,00	0,14	0,13	0,33	0,25
K8	4,00	7,00	1,00	0,50	4,00	0,50
K9	5,00	8,00	2,00	1,00	5,00	3,00
K10	1,00	3,00	0,25	0,20	1,00	0,50
K11	2,00	4,00	2,00	0,33	2,00	1,00

EK.2.2: KV2**Tablo.2.2a:** Ana kriterlerin ikili karşılaştırması:

	Çevre	Ekonomi	Sosyal
Çevre	1,00	0,33	2,00
Ekonomi	3,00	1,00	6,00
Sosyal	0,50	0,17	1,00

Tablo.2.2b: Çevre alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K1	K2
K1	1,00	5,00
K2	0,20	1,00

Tablo.2.2c: Ekonomi alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K3	K4	K5
K3	1,00	0,33	1,00
K4	3,00	1,00	3,00
K5	1,00	0,33	1,00

Tablo.2.2d: Sosyal alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K6	1,00	0,33	3,00	1,00	6,00	0,17
K7	3,00	1,00	6,00	3,00	9,00	0,33
K8	0,33	0,17	1,00	0,33	3,00	0,11
K9	1,00	0,33	3,00	1,00	6,00	0,20
K10	0,17	0,11	0,33	0,17	1,00	0,11
K11	6,00	3,00	9,00	5,00	9,00	1,00

EK.2.3: KV3

Tablo.2.3a: Ana kriterlerin ikili karşılaştırması:

	Çevre	Ekonomi	Sosyal
Çevre	1,00	9,00	1,00
Ekonomi	0,11	1,00	0,13
Sosyal	1,00	8,00	1,00

Tablo.2.3b: Çevre alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K1	K2
K1	1,00	1,00
K2	1,00	1,00

Tablo.2.3c: Ekonomi alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K3	K4	K5
K3	1,00	0,17	0,11
K4	6,00	1,00	1,00
K5	9,00	1,00	1,00

Tablo.2.3d: Sosyal alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K6	1,00	9,00	1,00	1,00	7,00	1,00
K7	0,11	1,00	0,14	0,11	7,00	0,11
K8	1,00	7,00	1,00	1,00	9,00	1,00
K9	1,00	9,00	1,00	1,00	9,00	1,00
K10	0,14	0,14	0,11	0,11	1,00	0,11
K11	1,00	9,00	1,00	1,00	9,00	1,00

EK.2.4: KV4

Tablo.2.4a: Ana kriterlerin ikili karşılaştırması:

	Çevre	Ekonomi	Sosyal
Çevre	1,00	4,00	1,00
Ekonomi	0,25	1,00	0,25
Sosyal	1,00	4,00	1,00

Tablo.2.4b: Çevre alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K1	K2
K1	1,00	4,00
K2	0,25	1,00

Tablo.2.4c: Ekonomi alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K3	K4	K5
K3	1,00	0,50	0,20
K4	2,00	1,00	0,20
K5	5,00	5,00	1,00

Tablo.2.4d: Sosyal alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K6	1,00	3,00	3,00	0,20	1,00	0,25
K7	0,33	1,00	0,33	0,20	0,25	0,17
K8	0,33	3,00	1,00	0,20	1,00	0,25
K9	5,00	5,00	5,00	1,00	5,00	5,00
K10	1,00	4,00	1,00	0,20	1,00	0,25
K11	4,00	6,00	4,00	0,20	4,00	1,00

EK.2.5: KV5**Tablo.2.5a:** Ana kriterlerin ikili karşılaştırması:

	Çevre	Ekonomi	Sosyal
Çevre	1,00	1,00	3,00
Ekonomi	1,00	1,00	3,00
Sosyal	0,33	0,33	1,00

Tablo.2.5b: Çevre alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K1	K2
K1	1,00	1,00
K2	1,00	1,00

Tablo.2.5c: Ekonomi alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K3	K4	K5
K3	1,00	0,17	0,14
K4	6,00	1,00	1,00
K5	7,00	1,00	1,00

Tablo.2.5d: Sosyal alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K6	1,00	1,00	0,20	0,20	0,20	0,33
K7	1,00	1,00	0,33	0,20	0,20	0,25
K8	5,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,25
K9	5,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,25
K10	5,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,25
K11	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	1,00

EK.2.6: KV6**Tablo.2.6a:** Ana kriterlerin ikili karşılaştırması:

	Çevre	Ekonomi	Sosyal
Çevre	1,00	0,50	0,25
Ekonomi	2,00	1,00	0,50
Sosyal	4,00	2,00	1,00

Tablo.2.6b: Çevre alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K1	K2
K1	1,00	7,00
K2	0,14	1,00

Tablo.2.6c: Ekonomi alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K3	K4	K5
K3	1,00	3,00	0,20
K4	0,33	1,00	0,13
K5	5,00	8,00	1,00

Tablo.2.6d: Sosyal alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K6	1,00	0,33	0,25	2,00	3,00	5,00
K7	3,00	1,00	0,50	4,00	5,00	6,00
K8	4,00	2,00	1,00	5,00	6,00	8,00
K9	0,50	0,25	0,20	1,00	2,00	4,00
K10	0,33	0,20	0,17	0,50	1,00	2,00
K11	0,20	0,17	0,13	0,25	0,50	1,00

EK.2.7: KV7**Tablo.2.7a:** Ana kriterlerin ikili karşılaştırması:

	Çevre	Ekonomi	Sosyal
Çevre	1,00	0,20	0,17
Ekonomi	5,00	1,00	2,00
Sosyal	6,00	0,50	1,00

Tablo.2.7b: Çevre alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K1	K2
K1	1,00	7,00
K2	0,14	1,00

Tablo.2.7c: Ekonomi alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K3	K4	K5
K3	1,00	0,33	0,50
K4	3,00	1,00	1,00
K5	2,00	1,00	1,00

Tablo.2.7d: Sosyal alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K6	1,00	0,33	0,33	0,25	0,33	0,33
K7	3,00	1,00	0,25	0,33	0,33	2,00
K8	3,00	4,00	1,00	3,00	2,00	2,00
K9	4,00	3,00	0,33	1,00	3,00	3,00
K10	3,00	3,00	0,50	0,33	1,00	2,00
K11	3,00	0,50	0,50	0,33	0,50	1,00

EK.2.8: KV8**Tablo.2.8a:** Ana kriterlerin ikili karşılaştırması:

	Çevre	Ekonomi	Sosyal
Çevre	1,00	0,33	1,00
Ekonomi	3,00	1,00	2,00
Sosyal	1,00	0,50	1,00

Tablo.2.8b: Çevre alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K1	K2
K1	1,00	4,00
K2	0,25	1,00

Tablo.2.8c: Ekonomi alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K3	K4	K5
K3	1,00	1,00	0,20
K4	1,00	1,00	0,20
K5	5,00	5,00	1,00

Tablo.2.8d: Sosyal alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması:

	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K6	1,00	1,00	0,33	1,00	0,33	3,00
K7	1,00	1,00	0,50	1,00	2,00	2,00
K8	3,00	2,00	1,00	1,00	2,00	3,00
K9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
K10	3,00	0,50	0,50	1,00	1,00	2,00
K11	0,33	0,50	0,33	0,50	0,50	1,00

EK.3: Alternatif Değerlendirmeleri Anket Çalışması

Bu çalışma ile aşağıdaki kriterlere göre ileride İstanbul'un ilçelerinde kurulması planlanan elektrikli araç şarj istasyon yerlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda sizlerden belirlenen bölgeleri ilgili kriterler bazında değerlendirmenizi beklemekteyiz.

Tanımlar	Karşılığı
Çok Yüksek	ÇY
Yüksek	Y
Biraz Yüksek	BY
Orta	O
Biraz Düşük	BD
Düşük	D
Çok Düşük	ÇD

Lütfen aşağıdaki örnek cevap formatını inceledikten sonra matrisi doldurmaya başlayınız.

Örnek Soru: Elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumunun bölgelerde mal olacağı **yapı-inşaat maliyeti** açısından değerlendirir misiniz?

Yapı-inşaat maliyeti: Arazi maliyeti, yıkım maliyeti, ekipman edinim maliyeti ve proje yatırım maliyeti bileşenlerini içerir.

Örnek Cevap:

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
Yapı-inşaat maliyeti	ÇD	O	Y	ÇY	D	BY

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

Çok Düşük cevabı, A1 bölgesinde elektrikli araç şarj istasyonunun kurulumunun çok düşük yapı-inşaat maliyetine mal olacağını ifade etmektedir.

Soru 1: Motorlu taşıtların yerine elektrikli araçların kullanımının **hava kirliliğinin azaltılması** açısından bölgelere sağlayacağı katkıyı değerlendirir misiniz?

Hava kirliliğinin azaltılması: Motorlu taşıtların yerine elektrikli araçların kullanımı ile bölgedeki hava kirliliğinin azaltılmasına etkisini ifade eder.

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
Hava kirliliğinin azaltılması						

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

Soru 2: Elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulması planlanan bölgeleri, bölgelerdeki **atık uzaklaştırma faaliyetlerini** dikkate alarak değerlendirir misiniz?

Atıkların uzaklaştırılması: Elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu, işletimi, bataryaların değişimi, araçların yıkanması ve kanalizasyon işlemleri sırasında oluşacak atıkların uzaklaştırılma işlemlerini kapsar. Bu kapsamda belediyelerin atık uzaklaştırma çalışmaları da göz önünde bulundurulabilir.

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
Atıkların uzaklaştırılması						

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

Soru 3: Elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumunun bölgelerde mal olacağı **yapı-inşaat maliyeti** açısından değerlendirir misiniz?

Yapı-inşaat maliyeti: Arazi maliyeti, yıkım maliyeti, ekipman edinim maliyeti ve proje yatırım maliyeti bileşenlerini içerir.

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
Yapı- inşaat maliyeti						

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

Soru 4: Elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumunun bölgelerde mal olacağı **yıllık işletim ve bakım maliyeti** açısından değerlendirir misiniz?

Yıllık işletim ve bakım maliyeti: İşçi ücretleri, elektrik masrafı, işletim giderleri, bakım giderleri, batarya amortisman giderleri ve finansal giderleri kapsar.

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
Yıllık işletim ve bakım maliyeti						

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

Soru 5: Elektrikli araç şarj istasyonları kurulması planlanan bölgeleri **yatırımın geri ödeme süresi** açısından değerlendirir misiniz?

Yatırımın geri ödeme süresi: Şarj istasyonu inşaat yatırımı için harcanan toplam sermayenin ne kadar sürede geri kazanılabileceğini gösterir. Bir diğer deyişle yatırımın kendisini finanse

etmesi için gereken süreyi belirtir. Kendisini en kısa sürede ödeyecek yatırım, riski en az olan yatırımı ifade eder.

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
Yatırımın geri ödeme süresi						

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

Soru 6: Elektrikli araç şarj istasyonları kurulması planlanan bölgeleri şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu açısından değerlendirir misiniz?

Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu: Şarj istasyon yerlerinin ana arterler, önemli giriş ve çıkış noktaları, yerleşim bölgeleri, fonksiyonel/işlevsel bölgeler ile uyumunu ifade eder.

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
Şarj istasyon yerlerinin kentsel gelişim planlaması ile uyumu						

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

Soru 7: Elektrikli araç şarj istasyonları kurulması planlanan bölgeleri **istasyonların servis yeteneği** açısından değerlendirir misiniz?

İstasyonların servis yeteneği: Şarj hizmetine erişebilecek elektrikli araç sayısını ifade eder.

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
İstasyonların servis yeteneği						

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

Soru 8: Elektrikli araç şarj istasyonları kurulması planlanan bölgeleri **ulaşımın elverişliliği** açısından değerlendirir misiniz?

Ulaşımın elverişliliği: Bölgedeki ana yolların durumunu, şerit sayısı ve şarj istasyonu bölgesine yakın kavşak sayısını ifade eder.

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
Ulaşımın elverişliliği						

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

Soru 9: Elektrikli araç şarj istasyonları kurulması planlanan bölgeleri **güvenlik** açısından değerlendirir misiniz?

Bölgenin güvenliği: Şarj istasyonu kurulacak bölgenin elektrikli araç kullanıcılarına 24 saat boyunca güvenli bir şekilde şarj hizmeti sunmasını temsil eder.

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
Bölgenin güvenliği						

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

Soru 10: Elektrikli araç şarj istasyonları kurulması planlanan bölgeleri **istasyon kapasitelerinin gelecekte genişleyebilme imkanı** açısından değerlendirir misiniz?

İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı: Bölgenin genişleyebilmek için yeterli araziye sahip olması, istasyona olan talebin artması ve ekonomik gelişmeler gibi faktörlerin dikkate alınmasıyla istasyonun kapasitelerinin gelecekte genişleyebilme imkanını ifade eder.

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
İstasyon kapasitesinin gelecekte genişleyebilme imkanı						

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

Soru 11: Elektrikli araç şarj istasyonu kurulumunu **insan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi** açısından aşağıdaki bölgeler için değerlendirebilir misiniz?

İnsan yaşamı üzerindeki etkisi: Şarj istasyonunun inşası ve işletimi sırasında yerel halkın günlük yaşamı üzerinde gürültü ve elektromanyetik alanın olumsuz etkisini temsil eder. (Nüfus yoğunluğu, insanların dışarıda geçirdiği süreler vb. etkenler bu kriter üzerinde etkilidir.)

Kriter/ Bölgeler	Silivri	Esenler	Sarıyer	Beşiktaş	Kadıköy	Kartal
İnsan yaşamı üzerindeki olumsuz etkisi						

(ÇY= Çok Yüksek, Y= Yüksek, BY= Biraz Yüksek, O= Orta, BD= Biraz Düşük, D= Düşük, ÇD= Çok Düşük)

EK.4: Karar Vericilerin Alternatif Değerlendirmeleri

Karar Verici	Alternatifler	Kriterler										
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
KV1	<i>Silivri (A1)</i>	O	Y	O	O	O	O	BD	O	D	Y	D
	<i>Esenler (A2)</i>	Y	D	O	O	O	BD	O	BD	D	D	BY
	<i>Sarıyer (A3)</i>	Y	BY	BY	BY	D	Y	Y	Y	Y	Y	BD
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	ÇY	D	ÇY	BY	BD	BY	Y	BY	Y	D	BY
	<i>Kadıköy (A5)</i>	ÇY	D	ÇY	BY	BD	BY	Y	BY	BY	D	BY
	<i>Kartal (A6)</i>	Y	BD	BY	O	O	BY	BY	BY	O	BD	O
KV2	<i>Silivri (A1)</i>	ÇY	O	BY	Y	Y	Y	Y	Y	O	Y	O
	<i>Esenler (A2)</i>	Y	BY	BY	O	Y	Y	O	Y	BD	Y	O
	<i>Sarıyer (A3)</i>	BY	O	BY	O	Y	Y	O	O	O	O	O
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	Y	O	BY	O	ÇY	Y	Y	Y	Y	Y	O
	<i>Kadıköy (A5)</i>	Y	O	BY	O	Y	Y	Y	Y	Y	Y	O
	<i>Kartal (A6)</i>	Y	O	BY	O	ÇY	O	Y	Y	Y	Y	O
KV3	<i>Silivri (A1)</i>	BY	D	ÇD	ÇD	O	ÇY	D	O	Y	O	ÇD
	<i>Esenler (A2)</i>	Y	D	ÇD	ÇD	O	ÇY	D	O	Y	BY	ÇD
	<i>Sarıyer (A3)</i>	O	D	ÇD	ÇD	BD	ÇY	BD	O	Y	BY	ÇD
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	ÇY	D	ÇD	ÇD	D	ÇY	Y	O	Y	ÇY	ÇD
	<i>Kadıköy (A5)</i>	ÇY	D	ÇD	ÇD	D	Y	Y	O	Y	ÇY	ÇD
	<i>Kartal (A6)</i>	O	D	ÇD	ÇD	O	Y	O	O	Y	ÇY	ÇD
KV4	<i>Silivri (A1)</i>	ÇD	BD	D	D	Y	BD	D	D	BD	D	O
	<i>Esenler (A2)</i>	D	BD	D	D	Y	BD	D	O	ÇD	D	O
	<i>Sarıyer (A3)</i>	BD	O	BD	BD	BY	O	O	BD	BD	O	O
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	ÇY	Y	Y	Y	D	Y	ÇY	ÇY	Y	ÇY	Y
	<i>Kadıköy (A5)</i>	Y	Y	Y	Y	D	Y	Y	ÇY	Y	Y	Y
	<i>Kartal (A6)</i>	BY	O	BY	O	O	Y	BD	Y	O	O	Y
KV5	<i>Silivri (A1)</i>	O	Y	D	D	Y	O	O	O	ÇY	O	D
	<i>Esenler (A2)</i>	ÇY	ÇY	Y	Y	ÇD	Y	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇY
	<i>Sarıyer (A3)</i>	Y	Y	Y	Y	D	Y	D	Y	Y	ÇD	O
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇY
	<i>Kadıköy (A5)</i>	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇY
	<i>Kartal (A6)</i>	Y	ÇY	Y	Y	D	Y	Y	Y	Y	O	ÇY

Karar Verici	Alternatifler	Kriterler										
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
KV6	<i>Silivri (A1)</i>	ÇD	ÇY	ÇD	O	O	D	D	Y	ÇD	Y	ÇD
	<i>Esenler (A2)</i>	ÇY	O	O	O	BD	Y	Y	O	O	BY	O
	<i>Sarıyer (A3)</i>	O	Y	O	BY	BY	O	O	Y	BD	Y	BD
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	Y	ÇD	ÇY	ÇY	Y	ÇY	Y	BD	ÇY	D	ÇY
	<i>Kadıköy (A5)</i>	ÇY	ÇD	BY	O	O	ÇY	ÇY	O	Y	D	ÇY
	<i>Kartal (A6)</i>	Y	O	BD	BD	ÇD	O	O	BY	O	O	O
KV7	<i>Silivri (A1)</i>	ÇY	ÇY	O	D	Y	O	BY	BY	Y	O	D
	<i>Esenler (A2)</i>	ÇY	BY	O	D	Y	D	O	BY	D	O	BY
	<i>Sarıyer (A3)</i>	ÇY	ÇY	O	D	BY	O	ÇY	ÇY	Y	Y	O
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	ÇY	ÇY	O	D	BY	O	ÇY	ÇY	ÇY	Y	BY
	<i>Kadıköy (A5)</i>	ÇY	ÇY	O	D	BY	O	ÇY	ÇY	ÇY	Y	BY
	<i>Kartal (A6)</i>	ÇY	BY	O	D	Y	D	O	BY	D	O	BY
KV8	<i>Silivri (A1)</i>	BD	D	BD	O	O	Y	O	O	ÇY	ÇY	ÇD
	<i>Esenler (A2)</i>	ÇY	Y	Y	Y	BD	BY	Y	ÇY	ÇY	BY	BD
	<i>Sarıyer (A3)</i>	Y	Y	ÇY	Y	D	BY	ÇY	Y	ÇY	O	ÇD
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	ÇY	Y	ÇY	ÇY	ÇD	BY	ÇY	ÇY	ÇY	O	O
	<i>Kadıköy (A5)</i>	ÇY	Y	Y	Y	ÇD	BY	ÇY	ÇY	ÇY	O	O
	<i>Kartal (A6)</i>	BY	Y	O	O	O	ÇY	ÇY	BY	ÇY	Y	ÇD
KV9	<i>Silivri (A1)</i>	O	ÇY	Y	Y	BD	BY	BY	Y	BY	ÇY	BY
	<i>Esenler (A2)</i>	ÇY	ÇY	Y	Y	D	ÇY	Y	BY	ÇY	BY	ÇY
	<i>Sarıyer (A3)</i>	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇY	ÇY	ÇY	Y	Y	Y
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇY	ÇY	ÇY	Y	BY	ÇY
	<i>Kadıköy (A5)</i>	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇY	ÇY	ÇY	Y	BY	ÇY
	<i>Kartal (A6)</i>	BY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇY	ÇY	ÇY	Y	Y	ÇY

Karar Verici	Alternatifler	Kriterler										
		<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>K3</i>	<i>K4</i>	<i>K5</i>	<i>K6</i>	<i>K7</i>	<i>K8</i>	<i>K9</i>	<i>K10</i>	<i>K11</i>
KV10	<i>Silivri (A1)</i>	O	Y	D	O	Y	Y	BD	D	Y	ÇY	BD
	<i>Esenler (A2)</i>	Y	O	O	Y	O	BD	O	O	O	BD	Y
	<i>Sarıyer (A3)</i>	O	O	O	Y	O	Y	D	BD	Y	BY	BD
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	O	BD	ÇY	Y	D	ÇD	O	BY	BY	D	ÇY
	<i>Kadıköy (A5)</i>	Y	BY	ÇY	Y	D	ÇD	O	ÇY	BD	ÇD	ÇY
	<i>Kartal (A6)</i>	ÇY	O	O	BY	O	O	BD	Y	O	BY	O
KV11	<i>Silivri (A1)</i>	Y	O	BD	O	Y	BD	D	D	BD	D	Y
	<i>Esenler (A2)</i>	Y	O	O	O	Y	O	D	O	ÇD	D	ÇY
	<i>Sarıyer (A3)</i>	O	O	BY	O	D	BY	Y	BY	Y	Y	ÇD
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	BY	O	BY	O	D	BY	Y	Y	Y	Y	D
	<i>Kadıköy (A5)</i>	BY	O	BY	O	D	BY	Y	Y	Y	Y	D
	<i>Kartal (A6)</i>	Y	O	O	O	O	BY	O	O	BY	BY	O
KV12	<i>Silivri (A1)</i>	O	Y	BY	BY	BD	ÇY	BY	BY	BY	O	ÇD
	<i>Esenler (A2)</i>	ÇY	BY	ÇY	ÇY	ÇD	BY	ÇY	Y	Y	Y	BD
	<i>Sarıyer (A3)</i>	Y	BY	Y	Y	ÇD	Y	Y	ÇY	Y	Y	D
	<i>Beşiktaş (A4)</i>	ÇY	BY	ÇY	ÇY	ÇD	Y	ÇY	Y	Y	Y	BD
	<i>Kadıköy (A5)</i>	ÇY	BY	ÇY	ÇY	ÇD	BY	ÇY	Y	Y	Y	BD
	<i>Kartal (A6)</i>	Y	Y	Y	Y	ÇD	Y	Y	ÇY	Y	Y	D

ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe USLU, 2014 yılında Tekirdağ Anadolu Lisesi'nde lise eğitimini tamamladı. 2014 yılında başladığı Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği lisans programından 2018 yılında dördüncülük ile mezun oldu. 2018 yılında Eskişehir Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans programına başladı.

2019 yılında Yalova Üniversitesi İşletme Bölümü Sayısal Yöntemler Ana Bilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Yüksek lisans eğitimine Yalova Üniversitesi İşletme Bölümü yüksek lisans programında devam etti. Halen Yalova Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

