



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEĞİŞTİRİLMİŞ K-MEANS KÜMELENME ALGORİTMASI İLE
ENTEĞRE EDİLEN ÇKKV YÖNTEMLERİNİN BULANIK UZANTISINA
DAYALI ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ OPTİMAL
YER SEÇİMİ

MEHMET HANİFİ AYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENFORMATİK ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2023

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEĞİŞTİRİLMİŞ K-MEANS KÜMELENME
ALGORİTMASI İLE ENTEGRE EDİLEN ÇKKV
YÖNTEMLERİNİN BULANIK UZANTISINA
DAYALI ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ
İSTASYONLARININ OPTİMAL YER SEÇİMİ

MEHMET HANİFİ AYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Enformatik Ana Bilim Dalı

KAHRAMANMARAŞ 2023

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mehmet Hanifi AYDIN

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bilgilerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**DEĞİŞTİRİLMİŞ K-MEANS KÜMELENME ALGORİTMASI İLE ENTEGRE
EDİLEN ÇKKV YÖNTEMLERİNİN BULANIK UZANTISINA DAYALI
ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ OPTİMAL YER SEÇİMİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

MEHMET HANİFİ AYDIN

ÖZET

Birçok endüstri gibi, elektrikli araç hizmetleri de şu anda muazzam bir dönüşümle karşı karşıya kalmıştır. Dünya çapında çoğu şirket, operasyonel stratejilerini gerçekleştirmek ve konum seçimini kolaylaştırmak için büyük veri analitiği uygulamaktadır. Bu çalışmada, elektrikli araç şarj istasyonları için konum seçiminin birkaç temel alanı tartışılmıştır. Uygun maliyetli optimal bir yer seçimi yapmak için yer seçimi basitleştirilmelidir. Yer seçimi problemi bu ihtiyaçlar dolayısıyla ortaya çıkar ve akışları biriktirip, ağırları daha güvenilir hale getirir. Bu bilgileri akılda tutarak, iyi bilinen bir büyük veri analizi yöntemi olan ağırlıklı k-means kümeleme algoritmasını modifiye edip Çok Kriterli Karar Verme araçları ile birlikte entegre ederek kullanılmıştır. Burada, k-means kümeleme algoritmasının girdi noktaları Bulanık Delfi metodu kullanılarak belirlenmiştir. Önerilen entegre Çok Kriterli Karar Verme yöntemi, Sezgisel Bulanık Küme ortamında, kriter ağırlıklarını ölçmek için Analitik Hiyerarşi Süreci işlemini ve konum alternatiflerinin performansını değerlendirmek için VİseKriterijumsaOptimizacijaI Kompromisno Resenje tekniğini kullanarak Grup Karar Verme adımları altında entegre edilmiştir. Sezgisel bulanık kümeler, uzmanların değerlendirmelerini daha zengin bir yapıyla tasvir ederek daha temsili bir karar vermeye olanak tanıyan net, bulanık veya type-2 bulanık setlere kıyasla belirsizlik durumunu değerlendirmede daha iyi sonuçlar göstermektedir. Önerilen değerlendirme modelinin doğrulanması Kahramanmaraş ili Elektrikli araç şarj istasyonları konum seçimi problemi uygulamasında gösterilmiştir. Son olarak, önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğini ve etkililiğini göstermek için elde edilen veri ve analizler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araç Şarj İstasyonları, Optimal Yer Seçimi, k-means Kümeleme, Sezgisel Bulanık Küme, Grup Karar Verme, Çok Kriterli Karar Verme

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enformatik Ana Bilim Dalı, Ocak / 2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mücahid GÜNAY

Sayfa sayısı: 54

**OPTIMAL SITE SELECTION OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS
BASED ON FUZZY EXTENSION OF MCDM METHODS INTEGRATED WITH
MODIFIED K-MEANS CLUSTERING ALGORITHM**

(M.Sc. THESIS)

MEHMET HANİFİ AYDIN

ABSTRACT

As it happens in other businesses, Electric Vehicle functions are presently facing tremendous transformation. Most companies around the world apply big data to realize their operating policies and promote position allocation. In this study, several key areas of location selection for electric vehicle charging stations in the context of big data are discussed. In order to choose an optimal location with cost-effectiveness, transportation costs must be reduced, and site selection should be simplified. The location selection problem arises because of these needs, and we know that the concept accumulates this discharge and creates more consistent networks. With this information in mind, we designed to use the clustering algorithm of the weighted k-means as a recognized big data exploration approach, by modifying it and integrating it with Multi-Criteria Decision-Making tools. Here, the input points of the k-means clustering algorithm are determined using the Fuzzy Delphi method. The proposed integrated Multi-Criteria Decision-Making method is integrated under Group Decision Making steps in the Intuitionistic Fuzzy Set environment, using the Analytical Hierarchy Process to estimate criteria weights and the VlseKriterijumsaOptimizacija Kompromisno Resenje methodology to evaluate the ranking order of alternative locations. The Intuitionistic fuzzy sets have presented certain benefits in handling uncertainty and ambiguity over clear, fuzzy, or type-2 fuzzy sets, which allow for more representative decision-making by depicting experts' assessments with a richer structure. The validation of the developed assessment approach has been demonstrated in the presentation of the location selection problem of electric vehicle charging stations in Kahramanmaraş province. Lastly, comparison and sensitivity sections are presented to establish the effectiveness and feasibility of the suggested methodology.

Keywords: Electric Vehicle Charging Stations, Optimal Site Selection, k-Means Clustering, Intuitionistic Fuzzy Sets, Group Decision Making, Multi Criteria Decision Making

Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Informatics, January / 2023

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Mücahid GÜNAY

Page number: 54

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın gerekleőtirilmesinde, bana destek veren ve yn gsteren danışman hocam; Dr. đr. Üyesi Mücahid GÜNAY'a, alıőmam boyunca benden bir an olsun yardım ve desteklerini esirgemeyen sevgili eőime ve biricik oğluma sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Mehmet Hanifi AYDIN



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR DERLEMESİ	5
2.1. k-means Kümeleme Yöntemi	5
2.2. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri	5
2.1.1. Sezgisel Bulanık AHS	6
2.1.2. Sezgisel Bulanık VIKOR	6
3. MATERYAL ve METOT	9
3.1. Bulanık Delfi Yöntemi	9
3.2. k-means Kümeleme	10
3.3. Önerilen Nesnel Ortam	11
3.3.1. Klasik Küme	11
3.3.2. Bulanık Küme	11
3.3.3. Sezgisel Bulanık Küme	12
3.4. Önerilen Entegre ÇKKV Yöntemi	13
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	22
4.1. Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumları	22
4.2. Optimal Konum Kümeleme	25
4.3. Değerlendirme Kriterleri	27
4.4. Bulgu Sonuçları	29
4.5. Sonuç Analizi	34
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	36
KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Bulanık Delfi Yöntemi Eşiğinin Şematik Diyagramı.....	10
Şekil 3.2 Klasik Küme.....	11
Şekil 3.3 n Üçgen Bulanık Sayısı.....	12
Şekil 3.4 Sezgisel Bulanık Küme.....	13
Şekil 3.5 Önerilen Yaklaşımın Akış Şeması.....	21
Şekil 4.1 Kahramanmaraş İl Genel Koordinat Sonuçları Görseli.....	22
Şekil 4.2 Kahramanmaraş Şehir Merkezi Genel Koordinat Sonuçları Görseli.....	23
Şekil 4.3 k-means Kümeleme Kahramanmaraş İl Genel Koordinat Sonuçları.....	25
Şekil 4.4 k-means Kümeleme Kahramanmaraş Şehir Merkezi Koordinat Sonuçları.....	26

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Yazın Tarama Sonuçları.....	7
Çizelge 3.1 Karar Verici Öncelik Hesaplama için Kullanılan Dilsel Terimler.....	16
Çizelge 3.2 Sezgisel Bulanık AHS’de Kullanılan Dilsel Terimler	16
Çizelge 3.3 Rassal Endeks.....	17
Çizelge 3.4 Alternatif Değerlendirmesi için Kullanılan Dilsel Terimler	18
Çizelge 4.1 Olası Elektrikli Araç Şarj İstasyon Konum Koordinatları.....	23
Çizelge 4.2 k-means Kümeleme Sonuçları.....	26
Çizelge 4.3 Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Değerlendirme Kriterleri ve Kısa Açıklamaları.....	27
Çizelge 4.4 KV’lerin Önem Ağırlıkları.....	29
Çizelge 4.5 Kriterlere İlişkin İkili Karşılaştırma Matrisi için Dilsel İfadeler.....	29
Çizelge 4.6 Kriter Ağırlıkları.....	31
Çizelge 4.7 Alt kriterlere Göre İlk Beş Alternatifler için Her Bir KV'nin Dilsel Verileri.....	32
Çizelge 4.8 İlk Beş Alternatifler için Grup Karar Matrisi.....	32
Çizelge 4.9 Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlerin SFS Değerleri.....	33
Çizelge 4.10 $S(A_i)$, $R(A_i)$ and $Q(A_i)$ Liste Değerleri.....	34

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
AHP	Analytic Hierarchy Process
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
EVCS	Elektrikli Araç Şarj İstasyonu
GKV	Grup Karar Verme
KV	Karar Verici
IFS	Sezgisel Bulanık Küme
RE	Rassal Endeksi
SBAO	Sezgisel Bulanık Ağırlıklı Ortalama
T.O.	Tutarlılık Oranı
VIKOR	ViseKriterijumsaOptimizacijal Kompromisno Resenje
ÇÖS	Çok Önemsiz
ÖNS	Önemsiz
EÖ	Eşit Önemde
ÖNL	Önemli
ÇÖL	Çok Önemli
SDG	Son Derece Güçlü Önemde
OÖ4	Orta Önemde 4
ÇGÖ	Çok Güçlü Önemde
OÖ3	Orta Önemde 3
KDÖ	Kesinlikle Daha Önemli
OÖ2	Orta Önemde 2

KÖ	Kısmen Daha Önemli
OÖ	Orta Önemde
EDÖ	Eşit Derecede Önemli
Sİ	Son Derece İyi
Çİ	Çok İyi
İ	İyi
Oİ	Orta İyi
A	Adil
OK	Orta Kötü
K	Kötü
ÇK	Çok Kötü
SK	Son Derece Kötü

1. GİRİŞ

Petrol fiyatlarının dalgalı olduğu ve çevreyle ilgili kaygıların arttığı bir dönemde, birçok insan elektrikli araçları çevreye karşı sorumlu olmasının yanında sürüş maliyetlerini düşürmenin uygun bir yolu olarak görebilmektedir. Mevcut elektrikli araç modellerinin sayısı ve elektrikli araçların trafikteki sayısı, şarj istasyonlarına duyulan ihtiyaçla birlikte hızla artmaktadır. Elektrikli araçlarla ulaşım ve bunun doğal sonucu olan şarj istasyonlarının konumunu en doğru şekilde belirlemek geleceğin bir parçası olmaktadır. Bir elektrikli araç şarj istasyonunun, bulunduğu konumun özelliklerine, amaçlanan hedeflere ve değerlere bağlı olarak birçok faydası vardır. Örneğin, bir perakende işletmesi, müşteri ziyaretlerini ve geliri artırmak için bir şarj istasyonuna ev sahipliği yapabilirken, bir belediye, artan elektrikli araç kullanımıyla ilişkili halk sağlığı yararları için bir istasyona ev sahipliği yapabilir. Elektrikli araç şarj istasyonları kurmak bilgi ve beceri gerektirmektedir. Hangi noktalara şarj istasyonu konumlandırılacağı, şarj doldurma istasyonlarının çevreleriyle olan etkileşimi ve entegrasyonu nasıl olacağı ve elektrikli araç şarj istasyonları yer seçimi hususunda düşünülmesi birçok parametre vardır. İlk başta bu seçimi gerçekleştirmek göz korkutucu bir girişim gibi görünebilir, ancak doğru yöntem ve model kullanılırsa bu seçim elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumunu basitleştirerek elektrikli araçlara geçişi hızlandıracaktır.

Elektrikli araç şarj istasyonları yer seçimi, elektrikli araç şarj tesislerinin inşası için belirlenen alternatifler arasından en uygun yerin belirlenmesi sürecidir. Elektrikli araç şarj istasyonları için yer seçimi görevi, uyumlu ve sürdürülebilir gelişme açısından son derece önemlidir. Hızlı ekonomik gelişme ve kentleşmenin ivme kazanması nedeniyle, enerji kıtlığı ve çevre kirliliği Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınması üzerinde ciddi sorunlar yaratır hale gelmiştir. Otomobiller, Türkiye'deki toplam sera gazı üretiminin %15–20'sine katkıda bulunmaktadır ve bu nedenle sera gazlarının azaltılması ulaşım sektörü için çok acil bir sorundur (Soruşbay, 2007). Bir tür çevre dostu ulaşım olan elektrikli araçlar, enerji tüketimi ve karbon emisyonu sorunlarına umut vaat eden bir çözüm olarak kabul edilmektedir. Araçların elektrikleştirilmesi, petrol ve hava kirliliği sorunlarını ele almak için umut verici bir yaklaşımdır. Elektrikli araçların enerji sağlayıcısı olarak şarj tesislerinin yapımı, teknolojinin sinerjik gelişimini sağlamak bakımından hız kazanmaktadır (Alhazmi, Mostafa, & Salama, 2017). Belirsizlik ve muğlaklık sergileyen birden çok kriteri göz önünde bulunduran Elektrikli araç şarj istasyonları için en iyi yerin seçimi, karmaşık bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemidir. Bu çalışmada, Sezgisel Bulanık Küme altında Elektrikli araç şarj istasyonlarının optimum konumlandırılması için genişletilmiş bir yöntem

önerilmiştir. Bu modelinin uygulanması kolaydır ve insanların değerlendirmeleri ile uyumludur. Bu model sayesinde şarj istasyonlarının kurulması gereken yerler seçilirken, ana yollara ve nüfusun yoğun olduğu bölgelere yakınlık, özellikle araç bataryalarının şarj edilirken dinlenebilecekleri ve ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri mekanların bulunması gibi kriterler göz önünde bulundurulacaktır.

Bu çalışma, ağırlıklı k-means algoritmasını değiştirerek yeni bir yaklaşım algoritması sunmaktadır. Geliştirilen bu algoritma, ölçeklenebilir, hızlı ve doğru sonuç sağlayan büyük veri analizi için yeni bir yaklaşımdır. Değişiklik, verileri incelenabilir boyutlarda kümelendirerek ve hassasiyeti kaybetmeden en yakın giriş düğümüne ağırlık merkezlerini atayarak k-means algoritmasının dezavantajlarının üstesinden gelecektir. Verilerin analizi, veri madenciliği ve makine öğrenimi tekniklerinin kombinasyonunu gerektirmektedir. K-means algoritması her iki alanda da var olan tekniklerden biridir (Klein, Tran-Gia, & Hartmann, 2013). Bu yöntemi çalışmamızda uygularken, Bulanık Delfi Metodu kullanılarak Kahramanmaraş ilinde 200 farklı düğüm noktası belirlenecektir. Daha sonra k-means yöntemiyle bu 200 nokta 15 farklı alternatife indirgenecektir. Şarj istasyonu alternatiflerini belirlerken nüfus, yerleşim yerlerine yakınlık, elektrik tüketimi, ana arterlere ve merkez bölgelere yakınlık, özellikle insanların şehirlerarası yolculuk yaparken yeme-içme gibi ihtiyaçlarını giderebileceği mekanlara yakınlık gibi birçok kriter göz önünde bulundurulacaktır. Belirleyeceğimiz seçim kriterlerinin düzgün şekilde uygulanması, şarj istasyonu konum seçimine büyük faydalar sağlayacaktır. Şarj istasyonu konum sorunları genellikle optimizasyon modelleriyle çözülür. Formülasyondaki düğüm sayısı ve / veya kısıtlamalar artarsa, problemi çözmek daha karmaşık hale gelir (Campbell & O'Kelly, 2012). Bu karmaşıklık, bizi bu problemi ÇKKV modeli olarak formüle etmemize yol açmaktadır. ÇKKV, son elli yılda inanılmaz miktarda farklı alanlarda kullanılmıştır (Gocer, 2021). Özellikle yeni yöntemler geliştikçe ve eski yöntemler iyileştikçe farklı uygulama alanlarındaki rolü önemli ölçüde artmıştır. Optimizasyon yaklaşımlarına kıyasla ÇKKV araçlarının temel faydası, karar verme süreçlerinde çelişkili ve tipik olarak öznel parametreleri kabul edebilmesidir. Son olarak, mevcut yazındaki çalışmalarda benimsenen seçim yöntemleri elektrikli araç şarj istasyonlarının yer seçimi problemini değerlendirmek için çok uygun olmadıkları görülmektedir. Bu çalışma, aşağıda sıralanan şu yenilikleri sunarak literatüre katkıda bulunacaktır: bunlardan ilki, modifiye ağırlıklı k-means kümeleme algoritmasını entegre ederek bir konum problemi için değerlendirme çerçevesini sunmasıdır.

Bu k-means kümeleme algoritmasının girdi noktalarını belirlemek için Bulanık Delfi tekniği kullanılacaktır.

Bir konuda karar vermek, insanların ihtiyaçlarını karşılama veya hayatta kalma konusundaki sorunları çözmesine yardımcı olduğu için zekâ, bilgelik ve yaratıcılığı kendisinde içerir (Nobre, Trotta, & Gomes, 1999). Genel olarak, karar destek sistemleri, karar vericilerin yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış problem çözme verilerini ve modellerini kullanmalarına yardımcı olan etkileşimli bir sistemdir. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), çok kriterli kararların alınmasında kullanılabilir ve birçok kriter gerektiren elektrikli araç şarj istasyonları için yer seçimi belirleme problemlerini çözmek için yeterince iyidir. Bu yöntem aynı zamanda çeşitli problemlerde yer alan tahmin gücü ve mantığı birleştirir ve daha sonra çeşitli hususları, değerlendirmede sunulduğu gibi sezgisel olarak tahmin eden eşleşen sonuçlara sentezler. Diğer bir ana katkı da AHS'nin Sezgisel Bulanık Küme temelli olarak kriter ağırlıklarının değerlendirilmesinde kullanılacak olması ve bunun yanında VİseKriterijumsaOptimizacijal Kompromisno Resenje (VIKOR) tekniğinin sıralama yöntemi olarak Grup Karar Verme (GKV) ortamında adapte edilmesidir. Sezgisel Bulanık Kümeler karmaşık sorunları daha uygun şekilde modelleyebilir ve çözebilir. Yazarların bildiği kadarıyla, bu, modifiye edilmiş k-means kümeleme algoritmasına dayalı bir GKV yaklaşımının, sezgisel bulanık küme ortamı ile AHS yönteminin ve VIKOR tekniğinin bütünleşmesini genişleten ilk çalışma olacaktır. Bu çalışmanın son fakat önemli katkılarından biri de gerçek endüstri uzmanlarının geri bildirimleri ile değerlendirme kriterlerinin oluşturulmasıdır.

Bu çalışmada Kahramanmaraş ilinde Elektrikli araç şarj istasyonları için yer seçimi problemine odaklanmaktadır. Elektrikli araç şarj istasyonları için yer seçimi problemleri, bunlar için gerekli koşulları etkileyen faktörleri ve / veya yaklaşımları inceleyen bazı çalışmalar mevcuttur. Fakat, şarj istasyonlarının optimal konumunu belirlemeyi amaçlayan ve bunu sağlayan gereksinimleri tanımlayan analitik yöntemlere dayalı sistematik yaklaşımlar pratikte yoktur. Bu çalışma, bu problemin çözümüne katkı için k-means kümeleme algoritması yaklaşımının kullanımını önermektedir. İhtiyaçların belirlenmesinde ve ortaya çıkan problemlerin çözülmesinde uzmanlardan yararlanılarak kullanılacak tekniklerin en önemlilerinden birisi de Delfi tekniğidir (Zhao & Li, 2016). Dolayısıyla, k-means kümeleme algoritmasının girdi noktaları Bulanık Delfi metodu kullanılarak belirlenecektir. Bulanık ÇKKV yöntemlerinin büyük ölçüde matris hesaplamalarına bağlı olduğu bilinmektedir. Ancak matris hesaplamaları, klasik Büyük veri gibi daha yüksek

bellek tüketir. Bu ihtiyacı azaltmak için, değiştirilmiş ağırlıklı k-meanslı kümeleme algoritmaları uygulayarak veriler hesaplanabilir boyutlara indirgenecektir. Bu makale, Büyük veri algoritması (kümeleme algoritması) ve ÇKKV yaklaşımlarının kombinasyonunu Sezgisel Bulanık ortamında entegre ederek diğer çalışmalardan farklılaştırılmıştır. Çoğu ÇKKV tekniği, karar verme sürecine birden fazla karar vericinin katılımı gerekliliği nedeniyle GKV ortamında uygulanır. Literatürde ÇKKV yöntemleri için çeşitli GKV yaklaşımı türleri kullanılmaktadır. Yukarıdaki analizlerin bir sonucu olarak, bu çalışmada Değiştirilmiş k-means kümeleme algoritması ile entegre edilen ÇKKV yöntemleri Grup Karar Vermeye dayalı Sezgisel Bulanık Küme uzantısı altında Kahramanmaraş ili için Elektrikli araç şarj istasyonlarının optimal yer seçimi yapılacaktır.

Çalışma beş bölüme ayrılmıştır. İlk olarak, çalışmanın amacının açıklandığı giriş bölümü. İkinci bölümde, konu ile ilgili mevcut literatür taraması incelenmiştir. Üçüncü bölüm, tezde önerilen yöntemler hakkında bilgi vermektedir. Dördüncü bölümde, önerilen yaklaşımdan yararlanılarak bir uygulama yapılmış ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi sunulmuştur. Bulguların sonuçlandırılması ve yorumlanması için sonuçlar bu dördüncü bölümde ortaya konmuştur. Sonuç bölümünde nihai değerlendirmeler yapılmıştır ve çalışmanın kısıtlamaları ve gelecekte gerçekleştirilecek araştırma konuları saptanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR DERLEMESİ

Henüz çok yeni ve gelişmekte olan bir konu olduğu için bu alanda yazılmış bilimsel makale sayısı oldukça azdır. Literatür araştırması yapılırken EBSCO, Sciencedirect, SCOPUS ve Web of Science veri tabanları taranmıştır. Tarama İngilizce terimler olan “Electric Vehicle Charging Stations”, “Optimal Site Selection”, “Fuzzy Sets”, “k-means clustering”, “Multi criteria decision making” anahtar kelimeleri ile yapılmış ve bu konulardaki çalışmalar incelenmiştir. Ayrıca Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, Google Akademik ve Dergipark veri tabanları da Türkiye içerisinde yapılan çalışmalarını incelemek için Türkçe anahtar kelimeler ile taranmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda ÇKKV yöntemleri ve karma yaklaşımların ön plana çıktığı görülmektedir (Aktepe & Ersöz, 2014). Çizelge 2.1 araştırılan makalelerden çıkarılan önemli noktaları açıklamakta ve yazında önerilen çalışma konusu ile ilgili bir boşluk olduğunu göstermektedir. Önerilen model daha önce hiçbir çalışmada uygulanmamış olan bir modeldir.

2.1. k-means Kümeleme Yöntemi

Büyük verilerin uygun şekilde kullanılması, elektrikli araç şarj istasyonları yer seçiminde büyük faydalar sağlayabilir. Büyük verinin doğruluk, değişkenlik, hız ve hacim gibi çeşitli özellikleri, mevcut veri analiz yöntemlerini etkisiz kılmaktadır. Büyük verilerin analizi, veri madenciliği ve makine öğrenme tekniklerinin bir kombinasyonunu gerektirir (Chen, Mao, & Liu, 2014). k-means algoritması, her iki alanda da var olan tekniklerden biridir (Klein ve ark., 2013). Klasik ağırlıklı k-means algoritmasında, merkezler bir giriş düğümüne yerleştirilemez. Ancak, konum sorunu, bir giriş düğümüne ağırlık merkezleri atamaya zorlar. Bu çalışma, ağırlıklı k-means algoritmasını değiştirerek bir yaklaşım algoritması sunmaktadır. Bu değişiklik, geliştirilen algoritmanın Öklid mesafelerini kullanarak en yakın girdi düğümlerine merkezleri atamasını sağlar. Geliştirilen algoritma, ölçeklenebilir, hızlı ve doğru sonuçlar sağlayan konumu sorunu için yeni bir yaklaşımdır.

2.2. ÇKKV Teknikleri

ÇKKV teknikleri çok kriterli birçok seçenek arasından karşılaştırma, sıralama ve seçim yapmaya yarar. Karar vermeye yardımcı sistemler incelenirken, çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerinin aşırı şekilde kullanıldığı görülür. Birkaç alternatif arasından seçim yapmak gerekirse, bir alternatifi diğerlerine tercih etmek gerekir ve bu ÇKKV tekniği kullanarak yapılabilir. Gerçek hayatta, çoğu zaman eldeki alternatifleri değerlendirmede

birkaç ölçüte bakılmasını gerektiren böyle problemler ortaya çıkar. Böyle durumlarda, bir ya da daha fazla ölçütü temel alarak sonuçlarına göre uzlaşma veya ödün verme yapılması gerekir ve bunu gerçekleştire birçok ÇKKV yöntemleri sıralanabilir. Özetlemek gerekirse, farklı etkenlere ve tekniklere dayanan çeşitli lojistik firma seçim yöntemleri hali hazırda mevcut fakat bu çalışmada AHS kullanarak ölçütlerin ağırlıkları hesaplanmış ve seçim sürecinde VIKOR Yöntemi kullanılarak zararlı tıbbi atıkların yönetimi için lojistik firma seçimi yapılmıştır. ÇKKV yöntemlerini kullanmaktaki amaç çok sayıda ölçüt ve alternatif olduğu durumlarda karar vermeye yardımcı olmak ve karar alma sürecini mümkün olduğu kadar hızlı ve kolay şekilde gerçekleştirmektir. AHS'nin en önemli yanı, Karar Verici (KV)'nin ÇKKV problemini görsel olarak, ölçüt hiyerarşisi formunda görebilmesine imkân sağlamasıdır. VIKOR yöntemi ise, KV'lerin, tercih yapamadığı durumlarda çok kriterli karar vermek için ortaya atılmış bir tekniktir. Bu teknik çatışan ölçütler olduğu durumlara adaylar arasından tercih yapmayı ve belirlenen adayları belirli kriterlere göre sıralayan bir yöntemdir. Birçok ölçüte göre ideal çözümün yakınlığa dayalı olarak belirlendiği ve uzlaşık sıralama yapmak için ideal çözüme yakınlığına göre kıyaslandığı bir yöntem sunulmuştur (Opricovic & Tzeng, 2004).

2.1.1. Sezgisel Bulanık AHS

Karar verme metodu olarak AHS çok kriterli karar problemini aşamalı yapılara bölerek ilerler. İlk defa Saaty tarafında 1977 yılında ortaya atılmış ve karar verme sürecinde ölçütlerin ağırlıklarını tanımlamada kullanılmıştır. AHS tekniği, birden fazla alanda kullanılan güncel bir yöntemdir. ÇKKV problemlerinin çözümünde, tek başına veya diğer yöntemlerle birlikte kullanılmaya uygun bir yöntemdir. (Ishizaka & Labib, 2011).

2.1.2. Sezgisel Bulanık VIKOR

Serafim Opricovic (1998) tarafından ilk kez ifade edilen VIKOR yöntemi, Opricovic ve Tzeng (2004) tarafından yapılan çalışma ile ÇKKV problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bazı çalışmalarda sınırlı sayıda da olsa bu yöntem kullanılmıştır. Slav kökenli ifadenin baş harflerinin kısaltılmasıyla oluşturulan yöntemin adı VIKOR'dur. VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje. Türkçede; çok kriterli optimizasyon ve uzlaşık çözüm olarak anlandırılması mümkündür.

VIKOR yönteminin kullanım amacı, değerlendirme kriterlerini ve alternatifleri değerlendirerek bir uzlaşık çözümün tespit edilmesini sağlamaktır. Bu uzlaşık çözüm, ideale

en yakın olan çözümdür. Belirli şartlar çerçevesinde, çok kriterli sıralama indeksi oluşturarak ideal çözüme en yakın kararın verilmesine uzlaşık çözüm diyebiliriz. Uzlaşık sıralama yapılırken her seçeneğin, karar verme kriterleri açısından değerlendirildiği ve ideal alternatife yakınlık değerleri karşılaştırılır. Bu yöntem kullanılarak karar verici grubun sonuç üzerinde etkili olmasına imkân sağlanır. Grup faydasının en yüksek ve karşıt görüştekilerin pişmanlığının en düşük olarak sonuca etkisine olanak sağlanmaktadır. (Opricovic & Tzeng, 2007).

Son yıllarda VIKOR ÇKKV yöntemi gerçek hayattaki problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. VIKOR yöntemi rasyonelliği ve kolay kavranabilmesi, hesap yaparken sağladığı basitlik ve değerlendirme ölçütlerinin ağırlıklandırılmasına olanak sağlaması gibi avantajları olduğundan son yıllarda en çok kullanılan tekniklerden biridir.

Çizelge 2.1 Yazın Tarama Sonuçları

Yazar(lar)	Amaç	Teknik(ler)	Tip	GKV	Alan
(Demirtaş ve ark., 2021)	Elektrikli araç şarj kapasitesinin uzak mesafelere ulaşım açısından alacakları yol dikkate alınarak en uygun konumun seçilmesi.	AHS, ArcGIS Pro yazılımı, SWOT Analizi	Vaka Çalışması	X	Elektrikli araçların Çevre üzerine etkileri.
(Feng, Xu, & Li, 2021)	Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi için yöntemi ve bulanık aksiyomatik tasarım yöntemlerini kullanarak bir literatür taramasına dayalı şarj istasyonu saha seçimi için sürdürülebilir bir değerlendirme endeksi oluşturmak.	LEW, FAD, FUZZY TOPSIS, AHS, VIKOR, FUZZY AHS.	Vaka Çalışması	X	ÇKKV yöntemlerinin elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimine etki ve sonuçları.
(Nurmuhammed & Karadağ, 2021)	Şarj istasyonlarının enerji şebekesine etkisinin azaltılarak en uygun noktaya konumlandırılması.	TOPSIS, AHS	Vaka çalışması	X	Elektrikli araç şarj istasyonlarının elektrik şebekesine etkileri.
(Wu ve ark., 2021)	Güney Çin'de bir kıyı kenti olan Ca için otobüs terminali ağı üzerinde olabilecek en uygun maliyette elektrikli araç şarj istasyonu konumlandırarak seyahat maliyetini en aza indirmek.	K-Means Clustering	Vaka Çalışması	X	Elektrikli otobüslerin Karbon salımmı ve maliyet gibi faktörlere etkileri.

Çizelge 2.1 Yazın Tarama Sonuçları (Devam)

Yazar(lar)	Amaç	Teknik(ler)	Tip	GKV	Alan
(Erdem, 2020)	Samsun ili için elektrikli araç teknisyen rotalama ve Şarj İstasyonu konumu belirleme.	CPLEX çözücüsü, Değişken Komşu Arama	Vaka Çalışması	X	Teknisyen Rotalama ve şarj istasyonu konumlandırma
(Kaya, Tortum, Alemdar, & Çodur, 2020)	İstanbul ilindeki elektrikli araçlar için en uygun menzilli elektrik araç şarj istasyonlarını konumlandırmak.	AHS, VIKOR, PROMETHEE	Vaka Çalışması	X	ÇKKV yöntemlerinin elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimine etki ve sonuçları.
(Liu, Yang, Zhou, & Tian, 2019)	Kullanıcı talebi, yatırım maliyeti, toprak konumları, acil durum şarj kilometre sınırı ve servis ağı güvenilirliği gibi faktörleri göz önünde bulundurarak en uygun elektrikli araç şarj istasyonu konumu seçmek.	Monte-Carlo Benzetimi.	Vaka Çalışması	X	Kullanıcı talebi, yatırım maliyeti, toprak konumları, acil durum şarj kilometre sınırı ve servis ağı gibi faktörlerin Şarj istasyonu konum seçimine etkileri.
(Sun, 2020)	Shenzhen Şehri Nanshan bölgesi için sosyal, teknolojik ve çevresel faktörleri göz önünde bulundurarak elektrikli araç şarj istasyonları için en uygun konumu seçmek.	AHS	Vaka Çalışması	X	Sosyal, teknolojik ve çevresel faktörlerin elektrikli araç şarj istasyonu konumlandırma üzerine etkileri.
(Arayıcı & Poyrazoğlu, 2018)	Elektrikli araçların şarj istasyonlarına olan uzaklığının en uygun mesafede olmasını sağlamak ve bunu sağlarken elektrik şarj istasyon kurulumlarının en uygun maliyet oluşturulacak şekilde planlamak.	AHS, Andrews	Vaka Çalışması	X	Türkiye enerji sisteminin güvenilirliği ve kontrolü.
(Karolemeas, Tsigdinos, Tzouras, Nikitas, & Bakogiannis, 2021)	Hollanda genelinde elektrikli araçlar için coğrafi bilgi sistemi ideal şarj istasyonu konumları seçmek ve araçları 20 dakika ve daha az sürede şarj etmek.	AHS	Vaka Çalışması	X	Coğrafi özelliklerin elektrikli araç şarj istasyonları seçimi üzerine etkileri.

3. MATERYAL ve METOT

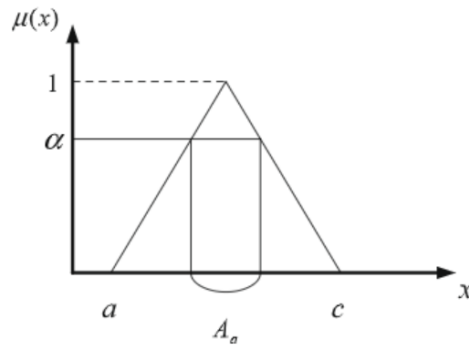
Merkez konumunun değerlendirilmesi ve seçimi, performans kriterlerinin nihai karar vermede çok önemli bir rol oynadığı tipik bir ÇKKV problemidir. k-means kümeleme algoritmasının nicel, AHS ve VIKOR tekniklerinin ise nitel yöntemler olduğu bu çalışmada hem nicel hem de nitel teknikler uygulanmıştır. Büyük veri kümeleri, hesaplama sorunları taşıyan büyük bir matrise neden olur. Bu sorunu merkez konumu sorunları için ele almak için düğümleri kümelemek uygun bir seçenektir. k-means algoritması, başlangıçta tüm veri noktalarını en yakın gruplara tahsis ederek verileri kümeler ve ardından küme araçlarını belirler (Sreedhar ve ark., 2017). Bu popüler algoritma, yakınsamaya kadar bu iki adımı yineler. Gruplandırma ölçeklenebilirliğini geliştirmek için bir varyasyon önerilmiş ve ağırlıklandırma özelliği dahil edilmiştir. Bununla birlikte, kümeleme algoritmaları genellikle verilen verilerin merkezlerini bulur ve bulunan merkezler mutlaka bir düğüm üzerinde konumlandırılmaz. Elbette, merkezler düğümler olarak konumlandırılmıştır. Bu sıkıntılı sorunu çözmek için ekstra bir adım gereklidir. Bu nedenle, ağırlıklı k-meanslar kümeleme algoritması, bu çalışmada küme medyanlarının en yakın (Öklid mesafesi) giriş düğümlerine yeniden yerleştirilmesi dahil edilerek değiştirilir. AHS, ilk olarak 1970'lerde T. Saaty tarafından geliştirilen (Thomas L. Saaty, 1977) ve karar verme süreçlerinde çeşitli ortamlarda kullanılan en sık kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biridir. AHS tekniğinin güçlü yönleri kısaca GKV'ye uygunluğu, karar verme sürecindeki hiyerarşik yapısı ve karar vericiler tarafından verilen değerlendirmelerin tutarlılığını ölçebilmesidir. VIKOR, genellikle önceden ayarlanmış bir dizi alternatife sahip, örtük veya açık değiş tokuşlar içeren ve kriter karşılaştırmaları gerektiren ayrı bir tekniktir (Büyüközkan, Göçer, & Karabulut, 2019). Bu tekniğin sezgisel bulanık kümeler altındaki etkinliği bu çalışmada gösterilecektir. Şekil 3.1, sezgisel bulanık-AHS ve sezgisel bulanık-VIKOR entegrasyonu ile değiştirilmiş k-araç kümelemesinin şematik temsilini sunacaktır.

3.1. Bulanık Delfi Yöntemi

Delfi yöntemi, uzmanlardan oluşan bir panelin incelemeleri ile bir grup fikrine veya sonucuna varmak için kullanılan süreçtir. Uzmanlar birden fazla anket turuna cevap verir ve yanıtlar toplanır ve her turdan sonra gruba paylaşılır. Uzmanlar her turda kendi yanıtlarını değiştirme hakkına sahiptir. Nihai sonuç, grubun ne düşündüğü hakkında grubun fikir birliğine vardığı anlamını taşır. Delfi yöntemi, çeşitli uzmanlardan oluşan görüşleri bir araya getirmeyi amaçlar ve herkesi fiziksel bir toplantı için bir araya getirmek zorunda kalmadan

yapılabilir. Katılımcıların yanıtları anonim olduğundan, bireysel uzmanların görüşlerinin yansımaları konusunda endişelenmelerine gerek yoktur. Görüşler değiştikçe zaman içinde fikir birliğine varılabilir, bu da yöntemi çok etkili hale getirir.

Bulanık Delfi Yöntemi, Ishikawa ve ark. (1993) tarafından önerildi. Geleneksel Delfi tekniği ve bulanık küme teorisi kullanılarak türetilmiştir. Noorderhaven (1995), grup kararına Bulanık Defi Yönteminin uygulanmasının, uzman görüşlerinin ortak anlayışının belirsizliğini çözebileceğini belirtmiştir. Bulanık üyelik fonksiyonlarının seçimine gelince, önceki araştırmalar genellikle üçgen bulanık sayı, yamuk bulanık sayı ve Gauss bulanık sayıya dayanıyordu. Bu çalışma, grup kararını çözmek için üçgen üyelik fonksiyonlarını ve bulanık teoriyi uygulamıştır. Bu çalışmada, birinci aşamadaki elektrikli araç şarj istasyonları alternatiflerinin taranması için Bulanık Delfi Yöntemi kullanılmıştır. Uzmanların ortak anlayışındaki bulanıklık, bulanık teori kullanılarak çözülebilir ve daha esnek bir ölçekte değerlendirilebilir. Anketlerin etkinliği ve kalitesi artırılabilir. Böylece istatistiksel sonuçlar üzerinden daha objektif değerlendirme faktörleri taranabilir. Şekil 3.1 bulanık delphi yöntemi eşiğinin şematik diyagramını görsel olarak ifade etmektedir. Burada, üçgen bulanık sayılar a , b , c ile, x e göre üyelik derecesi $\mu(x)$ ile ifade edilmektedir. α değeri bulanık delfi yöntemi eşiğini göstermektedir.



Şekil 3.1 Bulanık Delfi Yöntemi Eşiğinin Şematik Diyagramı (Hsu, Lee, & Kreng, 2010).

3.2. k-means Kümeleme

Bir algoritmaya başlarken, öncesinde ihtiyaç hissedilen sabit küme sayısını 'k' gösterir. Her verinin bağlı bulunduğu kümeye doğru mesafeleri toplamını küçülten algoritma k-means olarak adlandırılır. Yani karesel hatayı en aza indirgeyecek olan k tane kümeyi bulmaya çalışır. Böylelikle k-means kümeleme işlemiyle ulaşılan kümelerin, iç benzerliklerinin maksimum düzeyde ve kümeler arası benzerliklerin ise minimum düzeyde

olması amaçlanmaktadır. Ekonomik, pratik ve çoğunlukla iyi çözümler vermesi sebebiyle en çok tercih edilen kümeleme yöntemidir.

3.3. Önerilen Nesnel Ortam

Genel olarak stratejilerin değerlendirilmesi ve seçimi problemlerinde birbirleriyle çelişen çok sayıda ölçüt bulunduğundan farklı ölçütlerin ödünleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle birçok faktörü aynı anda değerlendirme imkânı sağlayan ÇKKV yöntemleri bu problemlerin çözümünde kullanılabilir. Ayrıca bulanık küme teorisi (Zadeh, 1965) ile insanların nesnel olmayan değerlendirmeleri sonucu oluşan belirsizlikleri giderir.

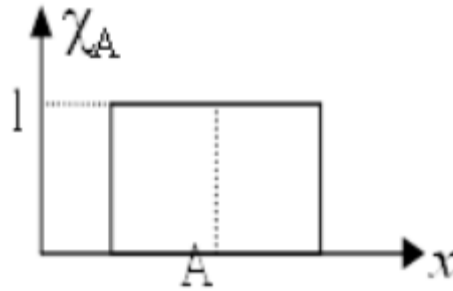
3.3.1. Klasik Küme

Bir söylem evreni, X 'i, tümü aynı özelliklere sahip nesnel topluluğu olarak A kümesinde tanımlayın. X evrenindeki tek tek öğeler x olarak gösterilecektir. X 'teki elemanların özellikleri, ayrık, sayılabilir tamsayılar veya gerçek çizgide süreklilik arz eden miktarlar olabilir. Klasik A kümenin X_A üyelik derecesi ekseninde gösterimi aşağıdaki Şekil 3.2' de verilmiştir. Çeşitli evrenlerdeki öğelere örnekler aşağıdaki gibi olabilir:

bilgisayar CPU'larının saat hızları;

elektronik motorun çalışma akımları;

bir ısı pompasının çalışma sıcaklığı (santigrat derece olarak);



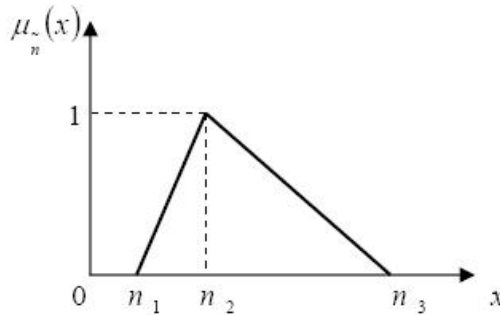
Şekil 3.2 Klasik Küme

3.3.2. Bulanık Küme

Bulanık mantığın temelini oluşturan ve içinde belirsizlik kaynağı yer alan problemlerle baş etmek için Zadeh tarafından 1965'te öne sürülen bulanık küme teorisi, karar çerçevesi içine kesin olmayan verilerin katılması için kullanılmaktadır (Dursun &

Karsak, 2010). Bulanık küme teorisinde üyelikten üye olmamaya geçiş kademeli bir biçimde meydana gelmektedir. Bu durum, belirsizliğin ölçülmesinde kuvvetli ve anlaşılır ortaya koymasının yanında, mevcut durumda var olan belirsiz kavramların giderilmesini sağlamaktadır. Bulanık bir kümede, bir niceliği nitelerken sözel ifadeler (düşük, orta, yüksek... gibi), kullanılır. Bulanık mantık, diğer sistemlerinden farklı olarak sözel değişkenlerin kullanımına imkân vermektedir. Sözel değişken, değerleri sayı olmayan fakat doğal ya da yapay dildeki kelimeler ya da cümleler olan değişken olarak tanımlanmaktadır. Sözel değişken, geleneksel nicel şartlarda tanımlanması çok karmaşık ya da sorunlu olan kavramların yaklaşık olarak nitelenmesini sağlamak için yararlı bir araç olarak görülür (Bellman & Zadeh, 1970). Burada bahsi geçen kelimeler, geleneksel küme teorisinde sınır koşulunu ifade edemeyen sözcüklerdir. Bazı kelimelerin anlamı belirsiz, öznel veya karmaşık olduğu sözel bir şekilde ifade edilmesi gerekir. Böylece sözel değişkenler, net bir şekilde ifade edilemeyen kavramların yaklaşık olarak ifade edilmesine imkân sağlamaktadır.

Üçgen bulanık sayıları, işlemlerdeki kullanım kolaylığı nedeniyle, en sık kullanılan bulanık sayı türüdür. Bir üçgen bulanık sayı Şekil 3.3'te görüldüğü gibi $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$ şeklinde gösterilir ve x e göre üyelik derecesi $\mu_{\tilde{n}}(x)$ ile ifade edilmektedir



Şekil 3.3 \tilde{n} Üçgen Bulanık Sayısı

3.3.3 Sezgisel Bulanık Küme

Sezgisel Bulanık kümelerdeki bazı önemli kavramlar ve aritmetik işlemler aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

Atanassov (1986) tarafından geleneksel bulanık kümeler genişletilerek, sezgisel bulanık kümeler adını almıştır. Kümedeki her bir nesne için tereddüt, üyelik dışı ve üyelik derecesi belirlenmiştir. Sabit bir E seti $A \subset E$ olarak tanımlayıp, bu set içerisinde \tilde{A} sezgisel bulanık küme aşağıdaki Denklem 3.1 ve Denklem 3.2 ile ifade edilmektedir.

$$\tilde{A} = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle \mid x \in E \}, \quad (3.1)$$

$$\mu_A(x) \text{ ve } \nu_A(x) : E \rightarrow [0, 1], 0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1. \quad (3.2)$$

\tilde{A} sezgisel bulanık kümesinin üye olma derecesi $\mu_A(x)$ ile üye olmama derecesi $\nu_A(x)$ ile ifade edilmektedir. Benzer şekilde, tereddüt derecesi ($\pi_A(x)$) aşağıdaki denklemde belirtilir;

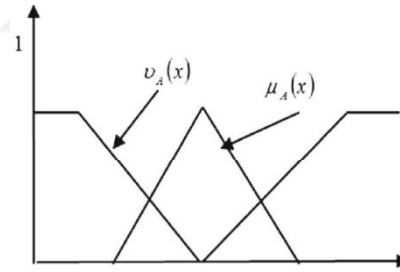
$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x), \quad (3.3)$$

\tilde{A}_1 ve \tilde{A}_2 iki sezgisel bulanık küme değeri ve $\lambda > 0$ olsun, sezgisel bulanık kümelerde toplama, çarpma ve skaler değerle (λ) çarpma işlemleri aşağıdaki Denklem 3.4, Denklem 3.5 ve Denklem 3.6 ile hesaplanır.

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = \{ [x, \mu_{\tilde{A}_1}(x) + \mu_{\tilde{A}_2}(x) - \mu_{\tilde{A}_1}(x) * \mu_{\tilde{A}_2}(x), \nu_{\tilde{A}_1}(x) * \nu_{\tilde{A}_2}(x)] \mid x \in X \}, \quad (3.4)$$

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = \{ [x, \mu_{\tilde{A}_1}(x) * \mu_{\tilde{A}_2}(x), \nu_{\tilde{A}_1}(x) + \nu_{\tilde{A}_2}(x) - \nu_{\tilde{A}_1}(x) * \nu_{\tilde{A}_2}(x)] \mid x \in X \}, \quad (3.5)$$

$$\lambda * \tilde{A} = \{ [x, 1 - (1 - \mu_A(x))^\lambda, (\nu_A(x))^\lambda] \mid x \in X \}, \quad (3.6)$$



Şekil 3.4 Sezgisel Bulanık Küme (Naim & Hagrass, 2014)

3.4. Önerilen Entegre Yöntem

Entegre sezgisel bulanık tabanlı değiştirilmiş k-means kümelendirme algoritması ile birleştirilen AHS-VIKOR metodolojisi aşağıdaki adımlarda anlatılmaktadır. Adım 1, başlatma aşamasıdır. Adım 2 ila Adım 8, değiştirilmiş k-means kümeleme algoritmasını ve bulanık delfi yönteminin adımlarını sunar. Metodolojinin Adım 9 ve Adım 10 ara aşaması. Adım 11 ila Adım 15, sezgisel bulanık-AHS sürecini açıklar. Adım 16 ila Adım 20, sezgisel bulanık-VIKOR yaklaşımına karşılık gelir. Şekil 3.5, önerilen yaklaşımın akış şemasını göstermektedir.

Önerilen metodolojinin adımları bu alt bölümde sunulmuştur.

1. Adım: KV'leri belirleyin ve değerlendirme yaklaşımı için amaç, ana ve alt kriterler ve alternatifler üzerinde anlaşın.

Yeterli uzmanlığa ve yeterli bilgiye sahip bir karar alma grubu oluşturulur. Analizin amacı ortaya konulup, her bir alternatif ve kriter için literatürden veya uzman görüşlerinden yararlanılarak derleme yapılır. Aralarından en iyisini seçmek için uygun sayıda alternatif belirlenir.

2. Adım: Ağırlıklı bir k-means kümeleme algoritması ile ağırlık merkezlerinin koordinatlarını belirleyin.

Bu adımda, ağırlık olarak düğümlerin toplam talebini kullanırız. Bu adım için Python'un SciPy Learn araç setini kullanılmıştır. Bu adım, her kümenin merkez konumunu hesaplamaktadır.

3. Adım: Karar grubunun görüşlerini toplayın

Dilsel değişkenleri kullanarak her bir uzman tarafından verilen her bir koordinatın önemini değerlendirme puanını bulun.

4. Adım: Üçgen bulanık sayıları ayarlayın

Uzmanlar tarafından verilen her bir koordinatın üçgen bulanık sayısının değerlendirme değerini hesaplayın, koordinatın üçgen bulanık sayısının önemini bulun. Bu çalışmada, grup kararının ortak anlayışını bulmak için Klir & Yuan (1995) tarafından bulanık Delfi yöntemi için önerilen ortalama genel modelin geometrik ortalama modeli kullanılmıştır.

Hesaplama formülü Denklem 3.7 ile gösterilmektedir.

n sayıda uzman arasından i numaralı uzman tarafından verilen j numaralı öğenin önem değerlendirme değerinin $\tilde{w}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$, $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$. Olduğunu varsayalım. O zaman, j numaralı öğenin bulanık ağırlığı $\tilde{w}_j = (a_j, b_j, c_j)$ olur. Bunlar arasından:

$$a_j = \text{Min}_i a_{ij}, b_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m b_{ij}, c_j = \text{Max}_i c_{ij} \quad (3.7)$$

5. Adım: Durulaştırma

Her bir koordinatın bulanık ağırlığını \tilde{w}_j 'yi S_j kesin değerine durulaştırmak için basit ağırlık merkezi yöntemini kullanın, aşağıdakiler elde edilir:

$$S_j = \frac{a_j + b_j + c_j}{3}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (3.8)$$

6. Adım: Değerlendirme endeksleri

Son olarak, α eşiği ayarlanarak koordinatın arasından uygun olmayan koordinatlar elenebilir. Tarama prensibi aşağıdaki gibidir:

Eğer $S_j \geq \alpha$ ise, değerlendirme indeksi j numaralı koordinat.

Eğer $S_j < \alpha$ ise, j numaralı koordinatı silin.

7. Adım: Her bir ağırlık merkezi için Öklid uzaklık matrisleri oluşturun.

Bu adımda, kümedeki her bir düğümün ağırlık merkezinin Öklid mesafesi hesaplanmaktadır.

8. Adım: Uzaklık matrislerine göre en yakın düğüme ağırlık merkezini atayın.

Bu adımda ağırlık merkezlerine en yakın düğümü buluyoruz. Ağırlıklı k-means kümeleme algoritması, giriş düğümlerinden farklı merkez merkezleri verebilir. Ancak, merkez konumu sorunu, ağırlık merkezi bir giriş düğümünde açmaya zorlar. Bu adım, merkezin bir giriş düğümünde açılmasını sağlar.

9. Adım: Hiyerarşi, kriterler ve alternatifleri tanımlama

$A_i = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}, i = 1, 2, \dots, m$, kümesi $C_j = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ kümesi tarafından tanımlanan n kriterine göre değerlendirilmiş m alternatifini temsil eder.

$w_j = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ vektörü n kriterinin ağırlığını gösterir, $w_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$, ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$.

10. Adım: Her karar vericinin ağırlığını hesaplama

Denklem 3.9 ile gösterildiği gibi K karar verici ($k = 1, 2, \dots, K$) ağırlığı (λ_k) hesaplanmaktadır. Boran ve diğ. (2009) tarafından bulunan yöntem karar vericinin sezgisel bulanık değerlendirme hesabı için kullanılmıştır. Çizelge 3.1'de Dilsel terimler gösterilmektedir.

Çizelge 3.1 Karar Verici Öncelik Hesaplama için Kullanılan Dilsel Terimler.

Dilsel İfadeler		Sezgisel Bulanık Değerler		
		μ	ν	π
Çok Önemsiz	ÇÖS	0,10	0,90	0,05
Önemsiz	ÖNS	0,35	0,60	0,05
Eşit Önemde	EÖ	0,50	0,45	0,05
Önemli	ÖNL	0,75	0,20	0,05
Çok Önemli	ÇÖL	0,90	0,10	0,00

$$\lambda_k = \frac{\left[\mu_k + \pi_k \left[\frac{\mu_k}{1 - \pi_k} \right] \right]}{\sum_{k=1}^K \left[\mu_k + \pi_k \left[\frac{\mu_k}{1 - \pi_k} \right] \right]}, \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1 \quad (3.9)$$

11. Adım: Karar Vericilerin değerlendirmesini alma

İkili karşılaştırma matrisini hazırlamak için Sezgisel Bulanık küme AHS dilsel terim ölçeği uygulanır. Çizelge 3.2’de sezgisel bulanık küme biçimindeki dilsel terimler ikili karşılaştırma için verilmiştir. Önce Hiyerarşi oluşturulur ardından ise sezgisel bulanık küme matris oluşumu dilsel veriler kullanılarak gerçekleştirilir.

Çizelge 3.2 Sezgisel Bulanık AHS’de kullanılan Dilsel Terimler (Abdullah ve Najib, 2016)

Dilsel İfadeler	Ölçek	Sezgisel Değerler			Bulanık Değerler			Karşıt Değerler		
		μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	Π
Son Derece Güçlü Önemde	SDG	9	1,00	0,00	0,00	1/9	0,00	1,00	0,00	
Orta Önemde 4	OÖ4	8	0,80	0,10	0,10	1/8	0,10	0,80	0,10	
Çok Güçlü Önemde	ÇGÖ	7	0,62	0,18	0,20	1/7	0,18	0,62	0,20	
Orta Önemde 3	OÖ3	6	0,47	0,23	0,30	1/6	0,23	0,47	0,30	
Kesinlikle Daha Önemli	KDÖ	5	0,33	0,27	0,40	1/5	0,27	0,33	0,40	
Orta Önemde 2	OÖ2	4	0,22	0,28	0,50	1/4	0,28	0,22	0,50	
Kısmen Daha Önemli	KÖ	3	0,13	0,27	0,60	1/3	0,27	0,13	0,60	
Orta Önemde	OÖ	2	0,06	0,23	0,70	1/2	0,23	0,06	0,70	
Eşit Derecede Önemli	EDÖ	1	0,02	0,18	0,80	1/1	0,18	0,02	0,80	

12. Adım: Grup Karar Verme

Karar vericilerin kişisel değerlendirmelerinin bir araya getirilmesi için sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (SBAO) operatörü (Xu 2011) önerilmiştir. İlk önce karar vericiler için ikili değerlendirme oluşturulur ve ardından ise oluşturulan bu ikili matrisler, grup karar matrisi ile birleştirilir (R_{ij}). Sonuç olarak Sezgisel bulanık AHS ağırlıklarını ve her seçenek için farklı kriterler üzerine matris alternatif oranlarını Denklem 3.10 kullanarak R_{ij} matrisi hesaplanmaktadır.

$$R_{ij} = \begin{pmatrix} 1 - \prod_{k=1}^K (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_K}, \prod_{k=1}^K \left((v_{ij}^{(k)})^{\lambda_K} \right) \\ \prod_{k=1}^K (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_K} - \prod_{k=1}^K \left((v_{ij}^{(k)})^{\lambda_K} \right) \end{pmatrix} \quad (3.10)$$

13. Adım: Tutarlılık Kontrolü

AHS matrisindeki değerlendirmelerin tutarsız veya anlamsız olmamaları için tutarlılık kontrolü gerçekleştirilir. Tutarlılık Oranı (T.O.) hesaplamak için Denklem 3.11 kullanılır.

Çizelge 3.1'de gösterilen Rassal Endeksi (RE) (Thomas L. Saaty, 1977) ile, Sezgisel bulanık AHS ağırlıkları için T.O. tahmini yapılır.

$$T.O. = \frac{RI \frac{\sum \pi_{ij}(x)}{n}}{n-1} \quad (3.11)$$

n , matris elemanının sayısı, $\pi_{ij}(x)$ ise tereddüt değerini ifade etmektedir. T.O değeri, 0,10'dan daha az veya 0,10'a eşit ise tutarlı sayılır. Aksi durumda, kararlar tutarsızdır ve uzmanlardan yeni bir elden geçirme istenir.

Çizelge 3.3 Rassal Endeks

N	RE	n	RE
1	0,00	6	1,24
2	0,00	7	1,32
3	0,58	8	1,41
4	0,90	9	1,45
5	1,12	10	1,49

14. Adım: Çok Seviyeli Ağırlıkları Birleştirme

Genel ölçüt ağırlıklarını bulmak için hiyerarşideki alt düzeylerden üst hiyerarşiye uzanan, Sezgisel Bulanık AHS ana ölçüt ağırlıkları ve Sezgisel Bulanık AHS alt kriter öncelikleri ile çarpılır. Her bir alternatifin objektif üzerindeki toplam ağırlığı (\tilde{W}_i) genel ölçüt ağırlıkları (\tilde{w}_j) ve alternatiflerin alt kriterler toplam ağırlığı (\tilde{w}_{ij}) kullanılarak, Denklem 3.7 ile hesaplanır.

$$\tilde{W}_i = \oplus_{j=1}^n (\tilde{w}_j \otimes \tilde{w}_{ij}) \quad (3.12)$$

15. Adım: Kriter Sıralama

Genel ağırlıkları sıralamak için, Denklem 3.13 de tanımlanan Entropi ağırlıkları (Abdullah ve Najib, 2016) kullanılmıştır. \bar{w}_i değeri büyüdükçe sıralama küçülmektedir.

$$\bar{w}_i = 1 - \frac{1}{n \ln 2} [\mu_j \ln \mu_j + \nu_j \ln \nu_j - (1 - \pi_j) \ln(1 - \pi_j) - \pi_j \ln 2] \quad (3.13)$$

16. Adım: Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar vermede kullanılacak alternatiflerin satırları, karşılaştırma için kullanılacak ölçütlerin de sütunları oluşturduğu aşağıdaki A matrisine benzer Denklem 3.14 de gösterildiği gibi bir karar matrisi oluşturulur. Çizelge 3.4'te sezgisel bulanık küme formundaki dilsel terimler gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Alternatif değerlendirme için kullanılan dilsel terimler

Dilsel İfadeler	Ölçek	Dilsel Terimlerin Sezgisel Değer Karşılıkları		
		μ	ν	Π
Son derece iyi	Sİ	0,95	0,00	0,05
Çok iyi	Çİ	0,80	0,10	0,10
İyi	İ	0,70	0,20	0,10
Orta iyi	Oİ	0,60	0,30	0,10
Adil	A	0,50	0,45	0,05
Orta Kötü	OK	0,30	0,60	0,10
Kötü	K	0,20	0,70	0,10
Çok Kötü	ÇK	0,10	0,80	0,10
Son derece kötü	SK	0,00	0,95	0,05

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}, \quad (3.14)$$

m karar nokta sayısını, n de değerlendirme faktör sayısını gösterir.

17. Adım: En İyi (f_i^*) ve En Kötü (f_i^-) değerlerinin bulunması

Denklem 3.15 de anlatıldığı gibi en iyi ve en kötü değerler bulunabilir.

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (3.15)$$

i ($i = 1,2,3, \dots, n$) karşılaştırma ölçütlerini ve j ($j = 1,2,3, \dots, m$) alternatifleri ifade eder.

18. Adım: Grup Faydası (S_j) ve bireysel pişmanlık (R_j) değerlerinin hesaplanması

Denklem 3.16 kullanılarak grup faydası (S_j) ve bireysel pişmanlık (R_j) değerleri hesaplanır.

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i)} \quad R_j = \max \left[\frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i)} \right] \quad (3.16)$$

w_i değeri her bir ölçüt için AHS sürecinde belirlenen ağırlık değerini göstermektedir.

19. Adım: Yakınlık (Q_j) değerinin bulunması

Denklem 3.17 kullanılarak yakınlık (Q_j) değeri hesaplanır.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{R^- - R^*} \quad (3.17)$$

S^* ve R^* minimum S_j ve R_j değerlerini, S^- ve R^- maximum S_j ve R_j değerlerini ifade eder. v değeri en yüksek grup faydasına yaratacak yöntem için kullanılacak ağırlık değerini gösterir. Zıt görüşe sahip karar vericilerin en düşük pişmanlığını ise $(1-v)$ değeri olarak ifade edilmektedir. Çalışmamızda, literatürde de genellikle kullanıldığı değeriyle, $v = 0,5$ olarak alınmıştır.

20. Adım: Alternatiflerin S_j , R_j ve Q_j değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanması

Farklı seçenekler için hesaplanan S_j , R_j ve Q_j değerleri üç ayrı liste oluşturur bu listelere bakılarak aşağıdaki kurallara göre sıralama belirlenir.

1. Önerilen alternatif eğer listedeki birinci ve ikinci arasındaki fark DQ 'dan fazlaysa kabul edilebilir avantajlı olarak görülür.

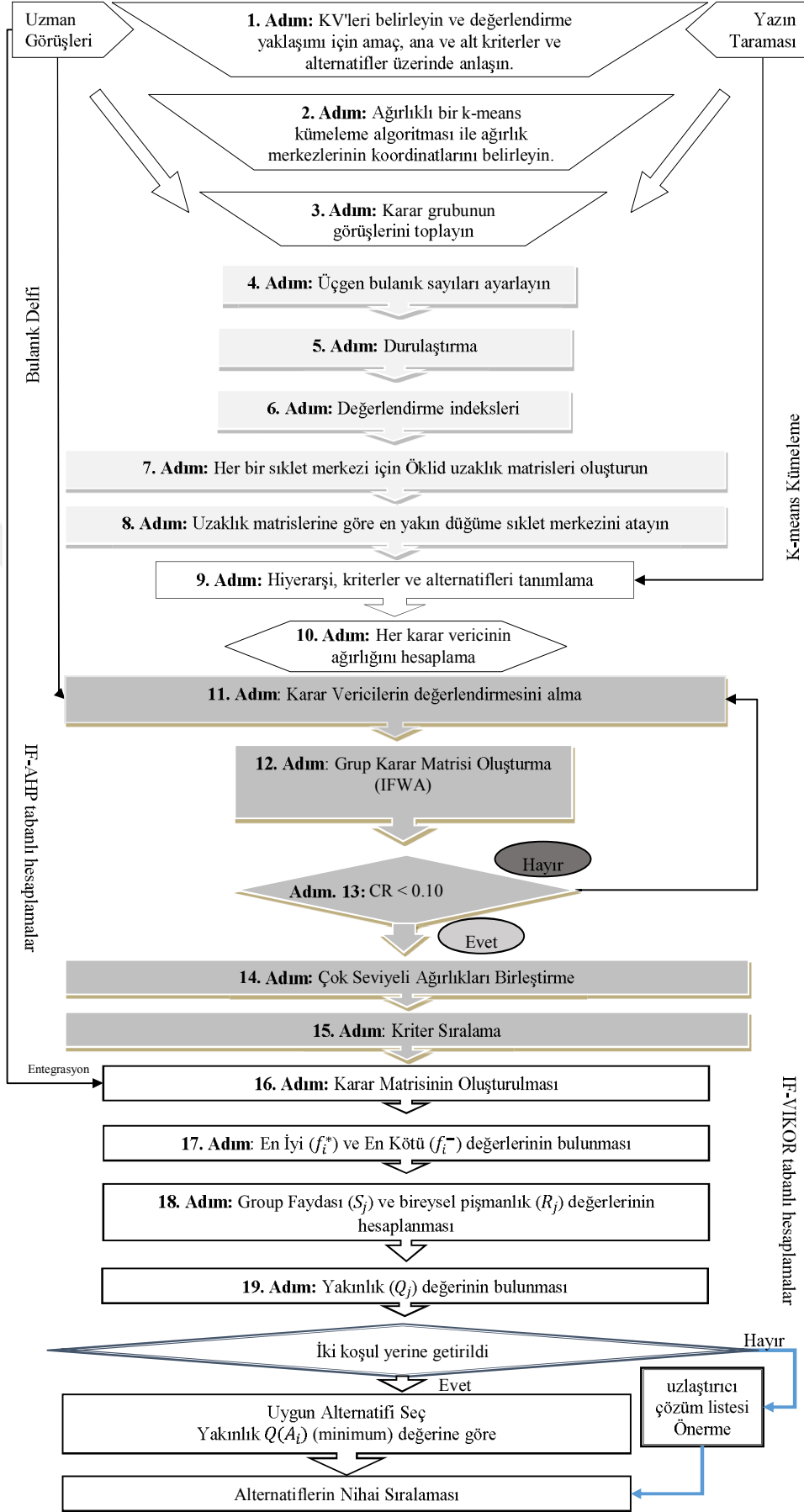
$$DQ = \frac{1}{(m-1)} \quad (3.18)$$

2. Önerilen alternatif eğer üç listede de en iyi sıradaysa kabul edilebilir istikrarlı olarak kabul edilir.

Eğer yukardaki bu iki koşuldan herhangi biri oluşmazsa, sadece bir alternatifli çözüm yerine, uzlaştırıcı çözüm listesi aşağıdaki şekilde önerilir.

- Eğer ikinci koşul sağlanmıyorsa, liste Q_j sırasındaki en iyi ilk iki alternatif olarak belirlenir.
- Eğer ilk koşul sağlanmıyorsa, liste Q_j sırasındaki 'k' sıradaki en iyi olan alternatifler olarak belirlenir.

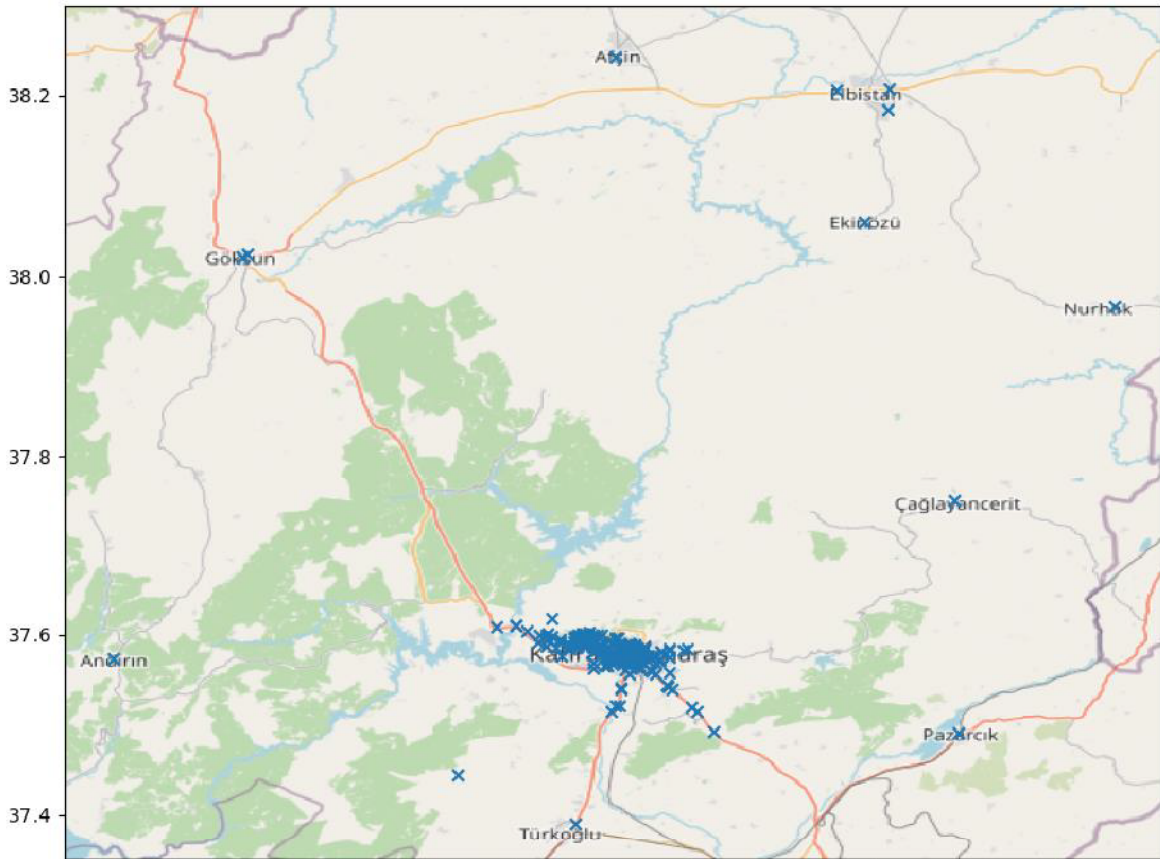
k ise $Q_k - Q_1 < DQ$, en iyi birinci alternatifle k. sıradaki alternatif arasındaki farkın DQ dan az olduğu maksimum yakınlık noktası olarak belirlenir.



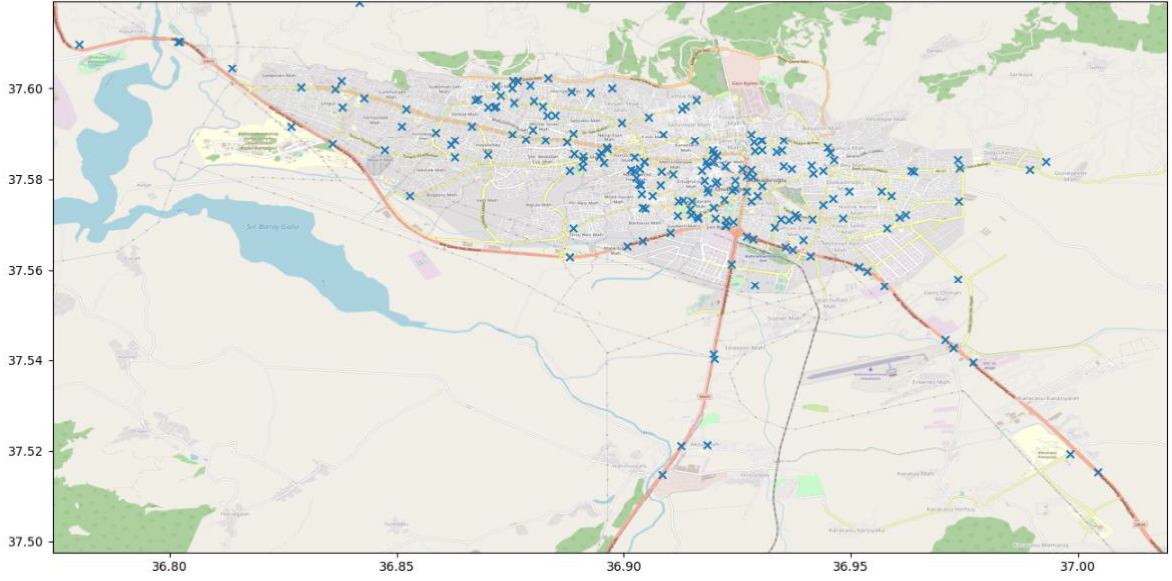
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumları

İlk aşamada Kahramanmaraş ili için olası Elektrikli araç şarj istasyon konum koordinatlarının belirleme amaçlı bir uzman gurubu oluşturulmuştur. Bu uzmanlar, endüstri ve akademide lojistik yönetimi alanında geçmiş tecrübeleri olan ve hâlihazırda lojistik alanında çalışan kişilerden seçilmiştir. Üç uzman değerlendirmesi ilk aşamadaki koordinat noktalarını belirleme adına Delfi yöntemi uyarınca kullanıldı. Delfi’de uzman katılımının büyüklüğü ile ilgili olarak geniş bir yazın taraması yapılmıştır. Optimal büyüklüğün, benzer eğitime sahip ve ilgi alanı hakkında genel bir anlayışa sahip 3 ila 30 uzman arasında olduğu sonucuna varılabilir (Akins, Tolson, & Cole, 2005). Böylece, grup en sonunda 3 uzmanla sınırlandırıldı ve tüm uzmanların farklı değerlendirmelerini temsil etmesi sağlandı. Metodoloji de verilen adımların uygulanması sonucu Çizelge 4.1’de görülen 200 farklı koordinatın olası Elektrikli araç şarj istasyon konum koordinatları olarak belirlenmesine karar verildi. Kahramanmaraş il genel koordinat sonuçları görsel olarak Şekil 4.1’de ifade edilmiştir. Şekil 4.2 de ise Kahramanmaraş şehir merkezi genel koordinat sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Kahramanmaraş İl Genel Koordinat Sonuçları Görseli



Şekil 4.2 Kahramanmaraş Şehir Merkezi Genel Koordinat Sonuçları Görseli

Çizelge 4.1 Olası Elektrikli Araç Şarj İstasyon Konum Koordinatları

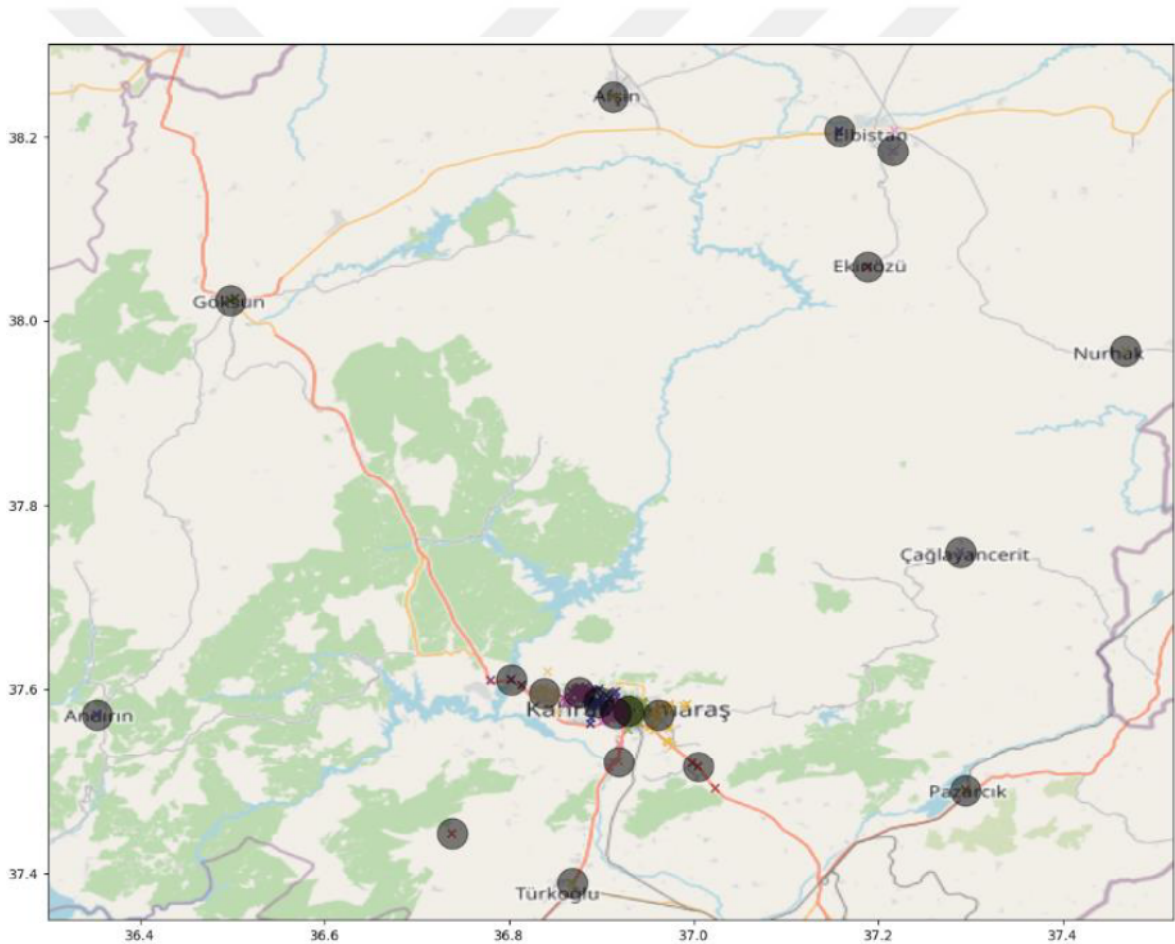
Node	North	East	Node	North	East	Node	North	East
1	37,601761	36,876625	42	37,57218	36,937700	83	37,582166	36,989252
2	37,600024	36,875369	43	37,56441	36,937110	84	37,575092	36,973759
3	37,600572	36,871898	44	37,56515	36,935620	85	37,583901	36,992814
4	37,598591	36,872741	45	37,57517	36,928090	86	37,577932	36,918217
5	37,600622	36,879253	46	37,57735	36,927040	87	37,583850	36,918120
6	37,601736	36,875616	47	37,57633	36,929450	88	37,583909	36,919623
7	37,597392	36,880122	48	37,57852	36,930410	89	37,579199	36,920148
8	37,583821	36,904484	49	37,58057	36,928400	90	37,582949	36,922294
9	37,581789	36,908153	50	37,58203	36,927930	91	37,585879	36,945342
10	37,578907	36,903261	51	37,571226	36,941374	92	37,581322	36,941716
11	37,581913	36,902208	52	37,571205	36,934491	93	37,583124	36,941233
12	37,580400	36,902648	53	37,566630	36,939517	94	37,581874	36,943904
13	37,578697	36,903622	54	37,563062	36,941095	95	37,582249	36,936920
14	37,582200	36,903515	55	37,569467	36,933243	96	37,566902	36,928363
15	37,583883	36,90444	56	37,587089	36,944774	97	37,561323	36,923686
16	37,582123	36,901404	57	37,573554	36,904741	98	37,556628	36,928792
17	37,588527	36,915617	58	37,566530	36,904033	99	37,586233	36,928725
18	37,586385	36,919555	59	37,562909	36,888036	100	37,539565	36,976819
19	37,585671	36,919716	60	37,571462	36,916317	101	37,542900	36,972420
20	37,585263	36,920478	61	37,567444	36,927026	102	37,560694	36,951806
21	37,588209	36,88748	62	37,571075	36,922506	103	37,575242	36,911941
22	37,586628	36,896342	63	37,569753	36,922409	104	37,582979	36,918410
23	37,584103	36,890989	64	37,571394	36,920027	105	37,581177	36,910804
24	37,583584	36,895613	65	37,570692	36,924056	106	37,556349	36,957379
25	37,58588	36,895034	66	37,569769	36,922227	107	37,559802	36,953570
26	37,582743	36,890785	67	37,597696	36,867775	108	37,592552	36,899568
27	37,585047	36,894632	68	37,595936	36,869996	109	37,443323	36,737727

Çizelge 4.1 Olası Elektrikli Araç Şarj İstasyon Konum Koordinatları (Devam)

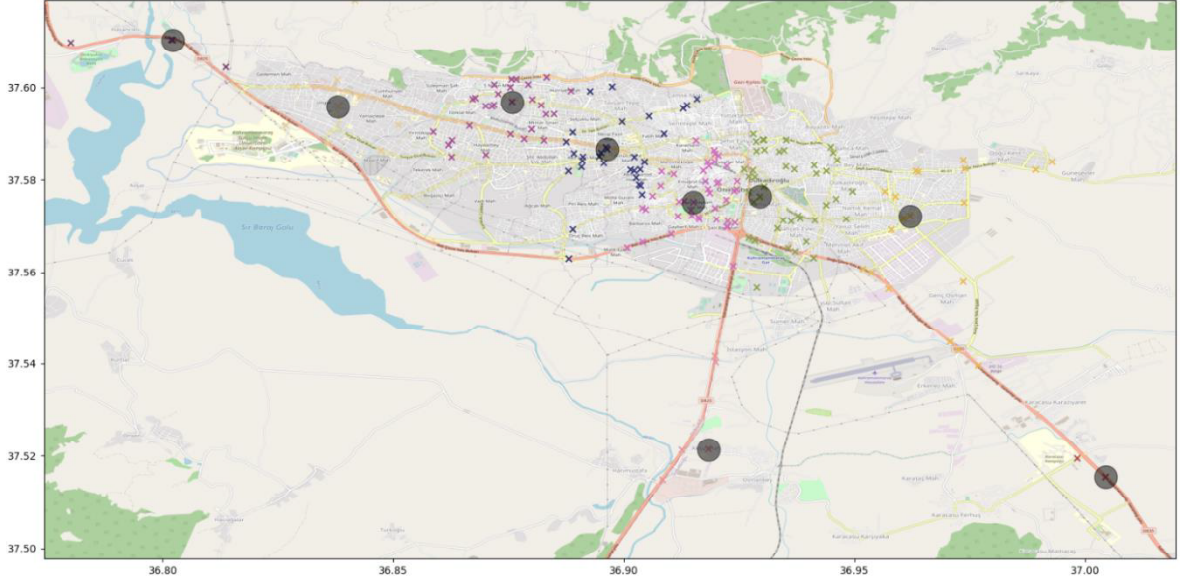
Node	North	East	Node	North	East	Node	North	East
28	37,585000	36,891104	69	37,596871	36,875725	110	37,589937	36,928019
29	37,585723	36,889130	70	37,589909	36,875371	111	37,588713	36,930100
30	37,521396	36,918308	71	37,596217	36,871830	112	37,588271	36,928630
31	37,540274	36,919879	72	37,595880	36,871405	113	37,568220	36,910265
32	37,541627	36,919725	73	37,601588	36,837804	114	37,572081	36,911703
33	37,584253	36,946210	74	37,595604	36,852095	115	37,571885	36,916155
34	37,581906	36,963284	75	37,618927	36,841710	116	37,565261	36,900673
35	37,582425	36,973938	76	37,599837	36,836324	117	37,577851	36,924448
36	37,584236	36,973562	77	37,596117	36,913650	118	37,588630	36,930356
37	37,577394	36,949538	78	37,597494	36,915849	119	37,586471	36,930463
38	37,575804	36,945944	79	37,586394	36,934691	120	37,604414	36,813695
39	37,577394	36,956598	80	37,588617	36,935158	121	37,600232	36,828887
40	37,571600	36,938177	81	37,586100	36,933645	122	37,610398	36,801893
41	37,571013	36,936257	82	37,582870	36,935115	123	37,544724	36,970696
124	37,557925	36,973529	150	37,579633	36,924542	176	37,588554	36,882630
125	37,492044	37,023321	151	37,602174	36,883226	177	37,588852	36,878360
125	37,515412	37,004375	152	37,599131	36,892667	178	37,581635	36,963811
126	37,573850	36,919732	153	37,599216	36,888504	179	37,587560	36,861968
127	37,575346	36,913037	154	37,572148	36,962037	180	37,584941	36,902251
128	37,573407	36,914517	155	37,576349	36,958861	181	37,519426	36,998262
129	37,577098	36,918594	156	37,569189	36,957960	182	37,591710	36,826688
130	37,521247	36,912558	157	37,576441	36,906168	183	37,610317	36,802162
131	37,514831	36,908374	158	37,573873	36,903980	184	38,243526	36,912864
132	37,609713	36,780071	159	37,576738	36,903915	185	37,572884	36,353016
133	37,587872	36,835724	160	37,578643	36,907960	186	37,749298	37,288899
134	37,586376	36,847311	161	37,590949	36,879967	187	38,058709	37,188577
135	37,584947	36,862631	162	37,596126	36,882048	188	38,206668	37,157641
136	37,591749	36,866494	163	37,594171	36,883057	189	38,207079	37,217536
137	37,590422	36,858640	164	37,594205	36,884838	190	38,184189	37,215620
138	37,598005	36,842805	165	37,574462	36,943862	191	38,021397	36,497444
139	37,585423	36,870056	166	37,571494	36,948143	192	38,023890	36,502948
140	37,576343	36,852890	167	37,571596	36,960653	193	37,967328	37,467886
141	37,591851	36,851087	168	37,587042	36,896084	194	37,489924	37,294581
142	37,588552	36,862717	169	37,593724	36,905440	195	37,389868	36,867810
143	37,595863	36,837998	170	37,569215	36,888901	196	37,572202	36,914680
144	37,575611	36,922170	171	37,600133	36,897429	197	37,575136	36,915045
145	37,577541	36,923941	172	37,590284	36,888880	198	37,579630	36,917641
146	37,580636	36,927052	173	37,595471	36,912796	199	37,581934	36,917206
147	37,582235	36,926044	174	37,597485	36,867207	200	37,589978	36,908668
148	37,579446	36,920486	175	37,581838	36,887962			

4.2 Optimal Konum Kümeleme

Ağırlıklı bir k-means kümeleme algoritması ile ağırlık merkezlerinin koordinatlarını kullanarak verileri 20 gruba ayrılmıştır ve her grup için küme ağırlık merkezleri belirlenmiştir. Her bir ağırlık merkezi için Öklid uzaklık matrisleri oluşturulmakta ve bu uzaklık matrislerine göre en yakın düğüme yeni bir ağırlık merkezi atanmaktadır. Her küme merkezini en yakın girdi düğümüne atanmaktadır. Aday merkez konumlarının sayısı algoritma tarafından yirmiye kadar daraltılır. Ağırlıklı k-means sonucu Çizelge 4.2 'de gösterilmiştir. Görsel olarak daha iyi ifade edebilmek amacıyla, koordinat noktaları Kahramanmaraş ili geneli için Şekil 4.3 ve Kahramanmaraş şehir merkezi için ise Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 k-means Kümeleme Kahramanmaraş İl Genel Koordinat Sonuçları



Şekil 4.4 k-means Kümeleme Kahramanmaraş Şehir Merkezi Koordinat Sonuçları

Çizelge 4.2 K-Means Kümeleme Sonuçları

Node	North	East
22	37,585125	36,896981
30	37,530754	36,916538
47	37,576373	36,935105
69	37,593585	36,874238
109	37,443323	36,737727
126	37,510792	37,006834
144	37,593337	36,839651
154	37,568847	36,967377
183	37,609200	36,802007
184	38,243526	36,912864
185	37,572884	36,353016
186	37,749298	37,288899
187	38,058709	37,188577
188	38,206668	37,157641
190	38,195634	37,216578
191	38,022643	36,500196
193	37,967328	37,467886
194	37,489924	37,294581
195	37,389868	36,867810
197	37,574389	36,916713

4.3 Değerlendirme Kriterleri

Bazı araştırmacılar, elektrikli araç şarj istasyonu değerlendirme kriterlerini belirlemek ve yönetebilmek farklı yöntemler geliştirme ihtiyacı hissetmiştir. Çoğu araştırma, yer seçimi, elektrik tüketimi veya çevresel sorunları gibi elektrikli araç şarj istasyonu sisteminin yalnızca görünen ve basit bir alanına dikkat çekmektedir. Mevcut çalışmalar, elektrikli araç şarj istasyonu uygulamalarında bu karar kriterlerinin öneminden veya bu uygulamalarda başarının nasıl artırılacağıyla ilgilenmektedir. Ancak, elektrikli araç şarj istasyonu kriter önceliklendirme konusunda neredeyse hiç araştırma yapılmadığı görülmektedir. Bildiğimiz kadarıyla literatürde önerilen bu karar kriterlerinden hangisinin elektrikli araç şarj istasyonu yönetimini daha kullanılabilir olacağına dair bir çalışma mevcut değildir. Bu makaledeki araştırma, bu eksiği gidermek ve elektrikli araç şarj istasyonu stratejilerine sürdürülebilirlik perspektifinden öncelik verme fırsatlarını keşfetmeyi amaçlamaktadır. Buna göre, Çizelge 4.3'te gösterildiği gibi elektrikli araç şarj istasyonu değerlendirme kriterlerinin önceliklendirilmesi ile bu çalışmanın ana hedeflerine ulaşılabilir.

Çizelge 4.3 Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Değerlendirme Kriterleri ve Kısa Açıklamaları

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Açıklama	Tip	Referans
Çevresel Fizibilite	Şehir Peyzajına Etkisi	Elektrikli araç şarj istasyonu, Yer Seçiminde Bitki Örtüsünü ve Peyzaj tahribatını dikkate alır.	Maliyet	(Karolemeas ve ark., 2021; Liu ve ark., 2019; Wu ve ark., 2021)
	Atık Boşaltımı	Elektrikli araç şarj istasyonu, kullanım süreci boyunca atık su deşarjını ve pil atıklarının etkisini dikkate alır.	Maliyet	(Karolemeas ve ark., 2021; Liu ve ark., 2019; Wu ve ark., 2021)
	Sera Gazı Emisyonu	Elektrikli araç kullanarak çevresel kirleticilerin ve partikül madde emisyonunun azaltılmasını dikkate alır.	Fayda	(Karolemeas ve ark., 2021; Liu ve ark., 2019; Wu ve ark., 2021)
Ekonomik Fizibilite	Genişletme Kolaylığı	Gelecekteki genişleme çabalarının basitliğini göz önünde bulundurur.	Fayda	(Karolemeas ve ark., 2021; Liu ve ark., 2019; Wu ve ark., 2021)
	Yeniden Kurulum Kolaylığı	Yeniden inşa etmenin basitliğini göz önünde bulundurur.	Fayda	(Karolemeas ve ark., 2021; Liu ve ark., 2019; Wu ve ark., 2021)
	Yapım maliyeti	Arazi, yıkım ve proje yatırım maliyetleri vb. dahil olmak üzere inşaat maliyetini ölçer.	Maliyet	(Demirtaş ve ark., 2021; Feng ve ark., 2021; Kaya ve ark., 2020)
	İşletme ve Bakım Maliyeti	Elektrik yükü, çalışan maaşları ve günlük makine bakım masrafları vb. ölçeri içerir.	Maliyet	(Demirtaş ve ark., 2021; Feng ve ark., 2021; Kaya ve ark., 2020)
	Yıllık kâr	Elektrikli araç şarj istasyonunun gelecekteki gelirlerini dikkate alır.	Fayda	(Demirtaş ve ark., 2021; Feng ve ark., 2021; Kaya ve ark., 2020)

Teknolojik Fizibilite	Güvenilirlik	Elektrikli araç şarj istasyonu için seçilen yerin birçok dış koşula karşı direncini ve dayanıklılığını göz önünde bulundurur.	Fayda	(Karolemeas ve ark., 2021; Liu ve ark., 2019; Wu ve ark., 2021)
	Sürücülere uygun hizmetler sunmak	Elektrikli araç şarj istasyonu sürücüye uygun hizmetler sunma fırsatını yakalar.	Fayda	(Erdem, 2020; Wu ve ark., 2021)
	Güvenlik ve acil durumla başa çıkma yeteneği	Acil durumla ilgilenmeyi ve gelecekte elektrikli araç şarj istasyonu sürdürmeyi ifade eder.	Fayda	(Erdem, 2020; Wu ve ark., 2021)
Sosyal Fizibilite	Toplu taşımaya erişim kolaylığı	Şehir trafik ağının düzeninin taleplerini karşılar ve araç sahiplerinin seyahatlerini planlamaları için uygundur.	Fayda	(Erdem, 2020; Wu ve ark., 2021)
	İnsanların günlük yaşamları üzerindeki etkisi	Elektrikli araç şarj istasyonu için yer seçimi sırasında insanların yaşamları üzerindeki etkisini dikkate alır.	Fayda	(Erdem, 2020; Wu ve ark., 2021)
	Kuruluş ölçeği ve çevresel nüfus yoğunluğu	Elektrikli araç şarj istasyonu, şarj gereksinimlerinin kurumsal ölçeğini ve dağıtım yönlerini ölçer.	Fayda	(Erdem, 2020; Wu ve ark., 2021)
	Servis Yarıçapı	İki bitişik elektrikli araç şarj istasyonu arasındaki gerçek mesafeyi dikkate alır.	Fayda	(Erdem, 2020; Wu ve ark., 2021)
	Kentsel büyümeye etkisi	Şehrin gelecek planlamasını göz önünde bulundurur.	Fayda	(Erdem, 2020; Wu ve ark., 2021)
	Şehir elektrik şebekesi planlaması	Ana arter, giriş ve çıkış, konut, kentsel yerler ve sürekli elektrik beslemesini dikkate alır.	Fayda	(Erdem, 2020; Wu ve ark., 2021)
	Sosyal Alanlara Yakınlık	En yakın kamu idaresi binasına, hastane veya sağlık merkezine, okula veya üniversiteye, dinlenme ve eğlence merkezine ve ulaşım merkezine/istasyonuna yürüme mesafesinde yakınlık.	Fayda	(Demirtaş ve ark., 2021; Feng ve ark., 2021; Kaya ve ark., 2020)
	Kolay erişim	Kavşaklara, ana yollara, trafo merkezine, benzin istasyonuna ve diğer EV şarj istasyonlarına yakınlık	Fayda	(Demirtaş ve ark., 2021; Feng ve ark., 2021; Kaya ve ark., 2020)
	Otopark Kapasitesi	Belirlenmiş veya kontrol edilen park yerlerinin yoğunluğu veya özel park yeri olmayan hanelerin payı	Fayda	(Demirtaş ve ark., 2021; Feng ve ark., 2021; Kaya ve ark., 2020)

4.4 Bulgu Sonuçları

Bu bölümün ana amacı, Elektrikli Araç Şarj İstasyonları yer seçimi için önerilen yeni ÇKKV modelini kullanmaktır. Aşağıdaki sonuçlar analizin sonucunu gösterir.

Genel hedef, Elektrikli Araç Şarj İstasyonları için k-means kümele sonucu ortaya çıkan alternatifler arasından en uygun sıralamanın ortaya konması olarak belirlenir. Eldeki problem için 4 ana ve 20 alt karar kriteri ve 20 alternatif belirlenmiştir.

Üç KV tanımlanır ve ağırlıkları Denklem 3.9 ile hesaplanır.

KV1, KV2, ve KV3'ün etki ağırlıklarını sırasıyla Çok Önemli (ÇÖL), Önemli (ÖNL), ve Eşit Önemde (EÖ) olarak belirtilmiştir.

KV'lerin ağırlıklarını hesaplamak için dilsel değerlendirmelerini kullanarak, Denklem 3.9 kullanılır. Denklem 4.1 de bu işleme dair bir örnek verilmiştir. Hesaplamalar sonucunda Çizelge 4.4 elde edilmiştir. İlk KV en yüksek önceliğe ve üçüncü KV en az önceliğe sahiptir.

$$\lambda_1 = \frac{\left[0,90+0,0\left[\frac{0,90}{1-0,0}\right]\right]}{\left[0,90+0,0\left[\frac{0,9}{1-0,0}\right]\right]+\left[0,75+0,05\left[\frac{0,75}{1-0,05}\right]\right]+\left[0,50+0,05\left[\frac{0,50}{1-0,05}\right]\right]} = 0.406 \quad (4.1)$$

Çizelge 4.4 KV'lerin Önem Ağırlıkları

	Önem Derecesi	μ	ν	π	λ_k	Sıra
KV ₁	ÇÖL	0,90	0,10	0,00	0,406	1
KV ₂	ÖNL	0,75	0,20	0,05	0,356	2
KV ₃	EÖ	0,50	0,45	0,05	0,238	3

KV'ler, AHS değerlendirmeleri için ikili matris ve alternatif değerlendirmeler için tercih ilişkisi matrisi hakkında görüşlerini belirtir. Çizelge 4.5 kriterler üzerine ikili karşılaştırma matrisi için dilsel ifadeleri sunar.

Çizelge 4.5 Kriterlere İlişkin İkili Karşılaştırma Matrisi İçin Dilsel İfadeler

KV1	C1	C2	C3	C4	KV1	C11	C12	C13	KV1	C21	C22	C23	C24	C25
C1	EDÖ	OÖ4	ÇGÖ	KDÖ	C11	EDÖ	KDÖ	KÖ	C21	EDÖ	KDÖ	ÇGÖ	OÖ2	KÖ
C2		EDÖ	ÇGÖ	1/OÖ	C12		EDÖ	OÖ4	C22		EDÖ	1/OÖ	OÖ	OÖ3
C3			EDÖ	OÖ	C13			EDÖ	C23			EDÖ	OÖ4	KDÖ
C4				EDÖ					C24				EDÖ	1/KDÖ
									C25					EDÖ

Çizelge 4.5 Kriterlere İlişkin İkili Karşılaştırma Matrisi İçin Dilsel İfadeler (Devam)

KV2	C1	C2	C3	C4	KV2	C11	C12	C13	KV2	C21	C22	C23	C24	C25
C1	EDÖ	KÖ	KDÖ	KDÖ	C11	EDÖ	OÖ3	OÖ	C21	EDÖ	OÖ4	ÇGÖ	OÖ3	OÖ3
C2		EDÖ	OÖ4	1/KDÖ	C12		EDÖ	KÖ	C22		EDÖ	1/KÖ	OÖ	KÖ
C3			EDÖ	OÖ	C13			EDÖ	C23			EDÖ	ÇGÖ	KDÖ
C4				EDÖ					C24				EDÖ	1/OÖ4
									C25					EDÖ
KV3	C1	C2	C3	C4	KV3	C11	C12	C13	KV3	C21	C22	C23	C24	C25
C1	EDÖ	OÖ	KDÖ	OÖ	C11	EDÖ	OÖ2	OÖ	C21	EDÖ	OÖ3	ÇGÖ	KDÖ	OÖ4
C2		EDÖ	OÖ4	1/KÖ	C12		EDÖ	OÖ	C22		EDÖ	1/OÖ2	OÖ2	OÖ2
C3			EDÖ	1/OÖ3	C13			EDÖ	C23			EDÖ	OÖ3	OÖ3
C4				EDÖ					C24				EDÖ	1/ÇGÖ
									C25					EDÖ
KV1	C31	C32	C33		KV1	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C47	C48	C49
C31	EDÖ	KDÖ	ÇGÖ		C41	EDÖ	KDÖ	ÇGÖ	OÖ3	KDÖ	OÖ	KDÖ	1/KDÖ	KDÖ
C32		EDÖ	OÖ		C42		EDÖ	OÖ	1/OÖ	KÖ	1/KÖ	KÖ	1/OÖ3	1/ÇGÖ
C33			EDÖ		C43			EDÖ	1/OÖ3	OÖ4	KÖ	ÇGÖ	OÖ2	OÖ3
					C44				EDÖ	1/OÖ4	ÇGÖ	KÖ	1/OÖ4	ÇGÖ
					C45					EDÖ	ÇGÖ	1/ÇGÖ	OÖ	KÖ
					C46						EDÖ	KÖ	1/OÖ2	KDÖ
					C47							EDÖ	KDÖ	1/KÖ
					C48								EDÖ	1/KÖ
					C49									EDÖ
KV2	C31	C32	C33		KV2	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C47	C48	C49
C31	EDÖ	ÇGÖ	KDÖ		C41	EDÖ	OÖ3	OÖ4	KDÖ	OÖ3	KÖ	OÖ3	1/OÖ3	ÇGÖ
C32		EDÖ	OÖ2		C42		EDÖ	KÖ	1/OÖ3	OÖ2	1/OÖ	OÖ2	1/OÖ4	1/ÇGÖ
C33			EDÖ		C43			EDÖ	1/OÖ4	OÖ4	OÖ2	ÇGÖ	KÖ	OÖ2
					C44				EDÖ	1/OÖ2	ÇGÖ	KÖ	1/ÇGÖ	OÖ4
					C45					EDÖ	ÇGÖ	1/OÖ3	OÖ2	OÖ2
					C46						EDÖ	OÖ2	1/OÖ	KDÖ
					C47							EDÖ	OÖ3	1/OÖ2
					C48								EDÖ	1/KÖ
					C49									EDÖ
KV3	C31	C32	C33		KV3	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C47	C48	C49
C31	EDÖ	OÖ4	OÖ3		C41	EDÖ	OÖ2	OÖ3	OÖ4	OÖ4	OÖ2	OÖ4	1/ÇGÖ	OÖ4
C32		EDÖ	KDÖ		C42		EDÖ	OÖ2	1/KÖ	OÖ3	1/OÖ3	KÖ	1/ÇGÖ	1/OÖ4
C33			EDÖ		C43			EDÖ	1/OÖ2	KDÖ	KÖ	ÇGÖ	OÖ3	ÇGÖ
					C44				EDÖ	1/OÖ3	OÖ4	OÖ2	1/OÖ3	OÖ3
					C45					EDÖ	ÇGÖ	1/ÇGÖ	KÖ	OÖ2
					C46						EDÖ	KÖ	1/KÖ	OÖ4
					C47							EDÖ	ÇGÖ	1/OÖ3
					C48								EDÖ	1/OÖ
					C49									EDÖ

Çizelge 4.6 Kriter Ağırlıkları

Ana kriter	Ağırlık	Alt kriter	Ağırlık	Net Ağırlık	Sıra
C1	0,255	C11	0,330	0,084104	4
		C12	0,338	0,086097	1
		C13	0,333	0,084856	2
C2	0,258	C21	0,209	0,053891	7
		C22	0,196	0,050443	10
		C23	0,201	0,051853	8
		C24	0,194	0,049932	11
		C25	0,201	0,051716	9
C3	0,241	C31	0,349	0,084113	3
		C32	0,326	0,078599	5
		C33	0,326	0,07855	6
C4	0,246	C41	0,113	0,027817	12
		C42	0,108	0,026627	20
		C43	0,112	0,027608	14
		C44	0,112	0,027565	15
		C45	0,111	0,027216	17
		C46	0,110	0,026954	19
		C47	0,111	0,027347	16
		C48	0,113	0,027739	13
		C49	0,110	0,026974	18

Her bir KV'nin değerlendirmesi, sezgisel bulanık ortamda toplanır. Alan sınırlamaları nedeniyle, bütün matrisin tüm kısmı burada görüntülenmez.

Tutarlılık kontrolü, standart bir RE kullanımından elde edilmiştir. İkili karşılaştırma matrisi, tutarlı olana kadar yeniden değerlendirilmiş ve sonuçta tutarlı bir matris elde edilmiştir.

Nihai grup matrisi, kriter ağırlıkları olarak kullanılır. Genel kriterler, ilgili ana ve alt kriter değerlerinin çarpılmasıyla bulunur. Kriterlerin görselleştirilmesi için de net değerlere dönüştürülür. Çizelge 4.6 ana, alt ve kesin ölçüt ağırlıklarını gösterir.

Sezgisel Bulanık VIKOR uygulaması sonraki adımlarda gösterilmektedir. Ön bilgiler k-means ve Sezgisel Bulanık AHS adımlarından gelir. Bu vaka çalışması için 20 farklı alternatifler belirlenmiştir.

Her bir Alternatif için her bir KV ile ilgili değerlendirmeler Çizelge 4.7'de gösterilmektedir. Toplama, Denklem 3.10 da verilen SBAO operatörü ile gerçekleştirilir. Örnek olarak, beş alternatif için grup karar matrisi Çizelge 4.7'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7 Alt kriterlere Göre İlk Beş Alternatifler için Her Bir KV'nin Dilsel Verileri

		A1			A2			A3			A4			A5		
Kriter	KV1	KV2	KV3	KV1	KV2	KV3	KV1	KV2	KV3	KV1	KV2	KV3	KV1	KV2	KV3	
C11	K	ÇK	SK	OK	OK	K	ÇK	SK	K	Oİ	İ	Sİ	İ	Oİ	İ	
C12	K	ÇK	SK	İ	Oİ	İ	İ	Oİ	Çİ	A	Oİ	A	Çİ	İ	Oİ	
C13	İ	A	Oİ	İ	İ	Çİ	K	ÇK	OK	ÇK	K	SK	Çİ	ÇK	ÇK	
C21	K	ÇK	K	ÇK	SK	SK	Oİ	İ	Oİ	Oİ	İ	İ	İ	Oİ	İ	
C22	K	ÇK	ÇK	K	ÇK	OK	K	ÇK	SK	İ	Oİ	Çİ	İ	İ	SK	
C23	Çİ	Sİ	İ	İ	Çİ	Sİ	A	Oİ	İ	İ	Çİ	Sİ	Çİ	Çİ	K	
C24	OK	K	ÇK	Oİ	İ	Oİ	Oİ	İ	Çİ	K	ÇK	OK	Çİ	A	SK	
C25	İ	Oİ	İ	İ	Oİ	Çİ	Oİ	İ	A	OK	K	K	İ	OK	Çİ	
C31	A	A	Oİ	Çİ	Sİ	Sİ	Oİ	Oİ	İ	A	Oİ	OK	A	Oİ	A	
C32	OK	K	A	ÇK	K	SK	Sİ	Çİ	Çİ	K	OK	ÇK	İ	Oİ	Çİ	
C33	Oİ	İ	A	Oİ	İ	A	Oİ	İ	Oİ	K	ÇK	OK	Oİ	İ	İ	
C41	İ	Oİ	İ	K	ÇK	OK	K	ÇK	K	K	OK	K	İ	Sİ	Çİ	
C42	İ	İ	Çİ	ÇK	SK	ÇK	İ	Oİ	Çİ	OK	K	K	Oİ	İ	Oİ	
C43	İ	Oİ	Çİ	ÇK	K	SK	SK	K	ÇK	OK	K	A	Çİ	Sİ	Sİ	
C44	K	ÇK	OK	Oİ	İ	İ	OK	K	OK	A	Oİ	A	Çİ	Sİ	İ	
C45	Oİ	Çİ	İ	K	ÇK	OK	A	Oİ	OK	A	Oİ	A	A	Çİ	ÇK	
C46	İ	Oİ	Çİ	ÇK	SK	SK	Oİ	İ	İ	Oİ	İ	A	İ	OK	ÇK	
C47	ÇK	SK	K	OK	K	ÇK	SK	ÇK	SK	A	Oİ	OK	İ	Çİ	Sİ	
C48	K	ÇK	ÇK	A	OK	Oİ	İ	Çİ	Oİ	A	Oİ	Oİ	Çİ	İ	Sİ	
C49	İ	İ	Çİ	Çİ	Sİ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	Sİ	İ	Çİ	İ	Çİ	İ	

Çizelge 4.8 İlk Beş Alternatifler için Grup Karar Matrisi

		A1			A2			A3			A4			A5		
Kriter	μ	ν	Π	μ	ν	Π	μ	ν	Π	μ	ν	Π	μ	ν	Π	
C11	0,12	0,79	0,09	0,28	0,62	0,10	0,09	0,82	0,08	0,78	0,00	0,22	0,67	0,23	0,10	
C12	0,12	0,79	0,09	0,67	0,23	0,10	0,70	0,20	0,11	0,54	0,39	0,07	0,73	0,17	0,11	
C13	0,61	0,29	0,09	0,73	0,17	0,10	0,19	0,71	0,10	0,12	0,79	0,09	0,51	0,34	0,14	
C21	0,17	0,73	0,10	0,04	0,89	0,07	0,64	0,26	0,10	0,66	0,24	0,10	0,67	0,23	0,10	
C22	0,14	0,76	0,10	0,19	0,71	0,10	0,12	0,79	0,09	0,70	0,20	0,11	0,60	0,29	0,11	
C23	0,87	0,00	0,13	0,83	0,00	0,17	0,59	0,32	0,09	0,83	0,00	0,17	0,72	0,16	0,12	
C24	0,22	0,68	0,10	0,64	0,26	0,10	0,69	0,20	0,11	0,19	0,71	0,10	0,59	0,29	0,11	
C25	0,67	0,23	0,10	0,70	0,20	0,11	0,62	0,29	0,09	0,24	0,66	0,10	0,63	0,25	0,12	
C31	0,53	0,41	0,07	0,91	0,00	0,09	0,63	0,27	0,10	0,50	0,42	0,08	0,54	0,39	0,07	
C32	0,32	0,59	0,09	0,12	0,79	0,09	0,89	0,00	0,11	0,22	0,68	0,10	0,70	0,20	0,11	
C33	0,62	0,29	0,09	0,62	0,29	0,09	0,64	0,26	0,10	0,19	0,71	0,10	0,66	0,24	0,10	
C41	0,67	0,23	0,10	0,19	0,71	0,10	0,17	0,73	0,10	0,24	0,66	0,10	0,86	0,00	0,14	
C42	0,73	0,17	0,10	0,07	0,85	0,08	0,70	0,20	0,11	0,24	0,66	0,10	0,64	0,26	0,10	
C43	0,70	0,20	0,11	0,12	0,79	0,09	0,10	0,82	0,08	0,32	0,59	0,09	0,91	0,00	0,09	
C44	0,19	0,71	0,10	0,66	0,24	0,10	0,27	0,63	0,10	0,54	0,39	0,07	0,87	0,00	0,13	
C45	0,71	0,18	0,11	0,19	0,71	0,10	0,50	0,42	0,08	0,54	0,39	0,07	0,59	0,30	0,11	
C46	0,70	0,20	0,11	0,04	0,89	0,07	0,66	0,24	0,10	0,62	0,29	0,09	0,47	0,41	0,12	
C47	0,09	0,82	0,08	0,22	0,68	0,10	0,04	0,89	0,07	0,50	0,42	0,08	0,83	0,00	0,17	
C48	0,14	0,76	0,10	0,47	0,45	0,08	0,72	0,17	0,11	0,56	0,35	0,08	0,83	0,00	0,17	
C49	0,73	0,17	0,10	0,88	0,00	0,12	0,77	0,13	0,10	0,87	0,00	0,13	0,74	0,16	0,10	

Negatif ve pozitif ideal çözümleri bulmak için Denklem 3.18 ve Denklem 4.1 kullanılır. Çizelge 4.8, hesaplanan negatif ideal çözümü ve pozitif ideal çözümü sunar. Alternatif A_i için grup faydası $S(A_i)$ ve bireysel pişmanlık $R(A_i)$ değerleri Denklem 3.16 ile hesaplanır. Çizelge 4.9, $S(A_i)$ ve $R(A_i)$ için değerleri gösterir. $Q(A_i)$ değerleri Denklem 3.17 ile hesaplanır, burada “v”, “0.5” kriterinin çoğunluğu olarak alınır. Çizelge 4.10, $Q(A_i)$ değerlerini ve ilgili sıralamalarını listeler.

Çizelge 4.9 Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlerin SFS Değerleri

Kriter	\tilde{f}_j^+			\tilde{f}_j^-		
	μ	v	Π	μ	v	Π
C11	0,878	0,044	0,078	0,091	0,824	0,085
C12	0,866	0,052	0,082	0,042	0,886	0,072
C13	0,830	0,077	0,093	0,025	0,912	0,063
C21	0,866	0,052	0,082	0,042	0,886	0,072
C22	0,918	0,023	0,059	0,091	0,824	0,085
C23	0,866	0,052	0,082	0,042	0,886	0,072
C24	0,842	0,069	0,090	0,120	0,789	0,090
C25	0,912	0,025	0,062	0,066	0,851	0,084
C31	0,912	0,025	0,062	0,120	0,789	0,090
C32	0,886	0,039	0,075	0,066	0,851	0,084
C33	0,878	0,044	0,078	0,166	0,734	0,100
C41	0,856	0,058	0,086	0,037	0,894	0,070
C42	0,878	0,044	0,078	0,042	0,886	0,072
C43	0,912	0,025	0,062	0,099	0,818	0,083
C44	0,866	0,052	0,082	0,192	0,708	0,101
C45	0,856	0,058	0,086	0,042	0,886	0,072
C46	0,866	0,052	0,082	0,042	0,886	0,072
C47	0,866	0,052	0,082	0,037	0,894	0,070
C48	0,856	0,058	0,086	0,115	0,795	0,090
C49	0,878	0,044	0,078	0,639	0,260	0,101

$S(A_i)$, $R(A_i)$ ve $Q(A_i)$ değerlerini kullanarak artan sıraya göre sıralayarak en uygun alternatifi belirlenmiştir. Sezgisel Bulanık VIKOR metodolojisinin sıralama koşulları kontrol edilir: $DQ = 1/(20-1) = 0,052$ ve $Q[1] - Q[2]=0,15 > DQ$. Buna göre, Alternatif A20, S[i] listesinde ve Q[i] listesinde en iyi sırada yer almaktadır. Sonuç her iki koşulu da karşılamadığından uzlaşık bir çözümdür. Bu, ilk dört alternatifin hepsinin de verilen durum için uygun adaylar olduğu anlamına gelir.

Çizelge 4.10 $S(A_i)$, $R(A_i)$ and $Q(A_i)$ Liste Değerleri

Alternatif	$S(A_i)$	Sıra	$R(A_i)$	Sıra	$Q(A_i)$	Sıra	Düğüm
A1	0,57	2	0,08	5	0,83	2	22
A2	0,49	7	0,07	13	0,64	10	30
A3	0,47	12	0,08	4	0,73	7	47
A4	0,53	4	0,08	11	0,72	8	69
A5	0,26	20	0,04	20	0	20	109
A6	0,47	10	0,09	1	0,76	4	126
A7	0,47	9	0,08	6	0,69	9	144
A8	0,47	11	0,07	13	0,62	11	154
A9	0,5	6	0,08	2	0,79	3	183
A10	0,49	8	0,07	15	0,61	12	184
A11	0,39	14	0,08	8	0,58	13	185
A12	0,36	17	0,08	11	0,5	15	186
A13	0,41	13	0,05	16	0,34	16	187
A14	0,52	5	0,08	7	0,74	6	188
A15	0,37	16	0,08	10	0,52	14	190
A16	0,54	3	0,08	9	0,74	5	191
A17	0,33	18	0,05	17	0,23	17	193
A18	0,3	19	0,05	18	0,15	19	194
A19	0,38	15	0,04	19	0,19	18	195
A20	0,67	1	0,08	3	0,98	1	197

4.5 Sonuç Analizi

Şarj istasyonlarının ve diğer alternatif yakıt istasyonlarının optimum şekilde konumlandırılması hakkındaki çalışmalarda bulunan yaygın sorun, gerçek davranış modelleri üzerine inşa edilmek yerine, seyahatin teknik fizibilitesine odaklanmış olmalarıdır. Elektrikli araç kullanımıyla ilgili artan insan davranışı anlayışının doğal bir uzantısı, elektrikli araç şarj istasyonu konumuna karar vermenin modellenmesine izin verecek bir yöntem belirlemektir. Sıfırdan bir sistem tasarlıyorsanız veya genişlemeyi planlayan tek bir kuruluşa sahipseniz ve hedef iyi tanımlanmışsa, optimizasyon araçları iyi çalışır. Ancak, bu varsayımların tutmadığı gerçek dünya durumlarında bir karar destek aracına ihtiyaç vardır. Şarj istasyonu yerleşimi için mevcut birkaç karar destek aracı bugüne kadar kullanılmış, ancak her birinin önemli eksiklikleri bulunabilir.

Bu çalışma, k-means kümeleme algoritmasının ÇKKV tabanlı bir uzantısını önermektedir. Bu çalışmada, belirli kriterlere dayalı olarak bir dizi elektrikli araç şarj istasyonu konumu alternatifleri arasından en uygun alternatifi seçen bir vaka çalışması tartışılmıştır. Ayrıca bu amaçla sezgisel bulanık küme çerçevesinde genişletilmiş VIKOR

yöntemi uygulanmıştır. Böylece, uygun konumları önceliklendirmek için önerilen yöntemi kullanarak hedefimize başarıyla ulaşılmıştır. Bu nedenle önerilen yöntemin anlaşılması kolay olduğu ve ÇKKV problemlerini pratik olarak çözebildiği ispatlanmıştır. Önerilen yöntem, yalnızca elektrikli araç şarj istasyonları açısından konum seçimini sergilemekle kalmaz, aynı zamanda ÇKKV ve k-means kümeleme yönteminin beraber kullanılmasının göze çarpan özelliklerini de bir arada barındırır. Önerilen yöntemin kullanılabilir en uygun yöntem olduğu kolaylıkla görülebilir.

k-means yönteminin avantajları şu şekilde ifade edilebilir: uygulanması nispeten basittir, büyük veri kümelerine ölçeklenir, yakınsamayı garanti eder, merkez noktalarının konumlarını yakınsatarak başlatabilir, yeni örneklere kolayca uyarlanabilir ve eliptik kümeler gibi farklı şekil ve büyüklükteki kümelere genelleştirilebilir. ÇKKV yaklaşımları ise, az sayıda alternatif arasından en uygun seçimi yapmayı içeren sorunları giderilmesinde kullanılmaktadır. ÇKKV yöntemleri alternatifleri listeleterek, karar vericinin en iyi alternatifi seçmesine olanak sağlar. ÇKKV tekniklerindeki bütün karar adımları dört ana bölümden oluşur: (a) alternatifler, (b) ölçütler, (c) ölçütlerin ağırlık veya göreceli önemi ve (d) alternatiflerin performans ölçütleri. Elektrikli araç şarj istasyonunun en temel özelliklerinden birisi, birçok açıdan belirsiz oluşudur. Bu belirsizlikler, elektrikli araç şarj istasyonundaki her çalışmada sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. ÇKKV yöntemleri, Kriter önceliklendirme problemi, belirli miktarda aday alternatifi ve birçok çatışan kriteri kapsadığı için, böyle problemlerin çözümünde etkin şekilde kullanılan yöntemlerdendir. AHS, karar vericilerin karmaşık problemleri hiyerarşik biçimde yapılandırmasına ve birden fazla sistemli bir şekilde değerlendirmesine olanak tanır. AHS, bir kararın hem niteliksel hem de niceliksel yönlerini göz önünde bulundurarak, yöneticilerin öncelikleri belirlemelerine ve en mükemmel yargıyı vermelerine destek sağlayan kuvvetli ve sürdürülebilir bir karar verme süreci olarak ifade edilebilir (T.L. Saaty, 2000).

Önerilen çerçeve çözüm modeli modülerdir, böylece çeşitli alt modeller zaman içinde gelişebilir. Elektrikli araç şarj istasyonunun benimsenmesi veya bir yolculuk sırasında tüketilen enerji gibi bir sistemin dinamiklerinin daha iyi anlaşılması, önerilen modelin test edilmesi için sistemin temel parametrelerinin değiştirilebilir veya güncellenebilir olmasını gerektirir. Önerilen karar destek sisteminin iyi belgelenmiş ve açık kaynaklı yapısı, başkalarının sistemi aynı veya başka coğrafi alanlarda kullanmasına izin verir. Diğer kullanıcılardan gelen destek, geri bildirim ve inceleme, sistem gelişimi için başka bir yoldur.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Şarj istasyonu konum seçim problemleri genellikle optimizasyon modelleriyle çözülür. Formülasyondaki düğüm sayısı ve/veya kısıtlamalar artarsa, problemin çözülmesi daha karmaşık hale gelir. Bu karmaşıklık, araştırmacıları sorunu bir ÇKKV modeli olarak formüle etmeye yöneltmiştir. Optimizasyon yaklaşımlarına kıyasla ÇKKV'nin ana faydası, ÇKKV'nin karar verme süreçlerinde çelişkili ve tipik olarak öznel parametreleri kabul edebilmesidir. Son olarak, mevcut literatürdeki çalışmalarda benimsenen seçim yöntemleri, elektrikli araç şarj istasyonunun yer seçimi problemini değerlendirmek için çok uygun değildir. Bu nedenle, bu çalışma aşağıdaki yenilikleri sunarak literatüre katkıda bulunmaktadır: ilk olarak, elektrikli araç şarj istasyonu konum seçim kriterleri için bir değerlendirme çerçevesinin sunulması, elektrikli araç şarj istasyonu tahsisi için mümkün olan en iyi yerlerin seçilmesi için belirlenen kriterlerin önceliklendirilmesi ve diğer bir katkı olarak ta sezgisel bulanık kümelerin ÇKKV ortamında uygulanmasıdır. GKV ortamının kullanılmasıyla kriter ağırlıklarının değerlendirilmesinde AHS'ne dayalıdır. Sezgisel bulanık kümeler karmaşık sorunları daha uygun şekilde modelleyebilir ve çözebilir. Genel olarak, karar verme süreci karmaşık bir süreçtir. Karar verme verileri genellikle tanımsız, belirsiz ve bulanık verilerden oluşur. Bu belirsizlik insanlar, makineler veya sistemlerden kaynaklanan bir problem olabilir. Belirsizliği minimum seviyeye indirebilen yöntemler en iyi karar verme modelleridir. İnsan yargıları tercih ve deneyim de dahil olmak üzere genellikle belirsizlik içerir ve karar verici bunları sezgisel olarak tahmin eder. Bununla birlikte, karar vericiler verdikleri kararları kıyaslarken bazı önemli sayısal değerler atamak konusunda çok isteksiz olabilirler veya olmayabilirler. Belirsizliği bir karar modeline dahil etmek için geliştirilmiş en iyi yöntemlerden biri bulanık mantık yöntemidir. Sezgisel bulanık kümeler ortamına dayalı bir GKV yaklaşımının entegrasyonunu ve elektrikli araç şarj istasyonu konum seçimi değerlendirme kriterlerinin önceliklendirilmesi için AHS yöntemini genişleten ilk çalışmadır. Bu çalışmanın son fakat en az o kadar da önemli katkısı, gerçek sektör uzmanlarının geri bildirimleriyle değerlendirme kriterlerinin oluşturulmasıdır. Çalışmanın sonucunda ortaya çıkan şarj istasyonu konumlandırma noktaları, uzmanlar tarafından değerlendirildiğinde %90 oranında başarılı bulunmaktadır. Gelecekteki araştırma konusu, veri madenciliği ve makine öğrenimi tekniklerinin bir kombinasyonunun araştırılması olabilir. Büyük verilerin uygun şekilde uygulanması, elektrikli araç şarj istasyonu lokasyon seçimine büyük faydalar sağlayabilir. Büyük verinin gerçeklik, değişkenlik, hız ve hacim gibi çeşitli özellikleri mevcut veri analiz yöntemlerini etkisiz

kılmaktadır. Bu çalışma açısından, geleceğe yönelik birçok farklı yol izlenebilir. Hali hazırda AHS temelli VIKOR yöntemi kullanılmaktadır. Başka Bir düşünce olarak, diğer ÇKKV yöntemleri bu probleme uygulanıp sonuçlar karşılaştırılabilir veya bulanık küme bu çalışmaya daha etkili ve sonuç alıcı çözümlere ulaşabilmek için uyarlanabilir.



KAYNAKLAR

- Abdullah, L., & Najib, L. (2016). Sustainable energy planning decision using the intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process: choosing energy technology in Malaysia. *International Journal of Sustainable Energy*, 35(4), 360–377. <https://doi.org/10.1080/14786451.2014.907292>
- Akins, R. B., Tolson, H., & Cole, B. R. (2005). Stability of response characteristics of a Delphi panel: application of bootstrap data expansion. *BMC Medical Research Methodology*, 5(1), 37. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-5-37>
- Aktepe, A., & Ersöz, S. (2014). AHP-VIKOR VE MOORA Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Probleminde Uygulanması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 25(1–2), 2–15.
- Alhazmi, Y. A., Mostafa, H. A., & Salama, M. M. A. (2017). Optimal allocation for electric vehicle charging stations using Trip Success Ratio. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 91, 101–116. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2017.03.009>
- Arayıcı, K. C., & Poyrazoğlu, G. (2018). Optimal Placement of Electric Vehicle Charging Stations. *Güç Sistemleri Konferansı*, 81–84. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1482584>
- Atanassov, K. . (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20(1), 87–96.
- Bellman, R. E., & Zadeh, L. A. (1970). Decision-Making in a Fuzzy Environment. *Management Science*, 17(4), B-141-B-164. <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141>
- Boran, F. E., Genç, S., Kurt, M., & Akay, D. (2009). A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 36(8), 11363–11368. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.03.039>
- Büyüközkan, G., Göçer, F., & Karabulut, Y. (2019). A new group decision making approach with IF AHP and IF VIKOR for selecting hazardous waste carriers. *Measurement*, 134, 66–82. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.10.041>
- Campbell, J. F., & O’Kelly, M. E. (2012). Twenty-Five Years of Hub Location Research. *Transportation Science*, 46(2), 153–169. <https://doi.org/10.1287/trsc.1120.0410>
- Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big Data: A Survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 171–209. <https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>
- Demirtaş, M., Yılmaz, E., Ünal, C., Küçükpehlivan, T., Ağaçasapan, B., & Aksoy, T. (2021). Elektrikli Araçlar ve Şarj İstasyonlarının Konumlandırılması. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 4(1), 11–32.
- Dursun, M., & Karsak, E. E. (2010). A fuzzy MCDM approach for personnel selection. *Expert Systems with Applications*, 37(6), 4324–4330. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.11.067>
- Erdem, M. (2020). Elektrikli Araçla Periyodik Teknisyen Rotalama ve İstasyon Yeri Seçim Problemi. *European Journal of Science and Technology, Special Is*, 16–27. <https://doi.org/10.31590/ejosat.818352>
- Feng, J., Xu, S. X., & Li, M. (2021). A novel multi-criteria decision-making method for selecting the site of an electric-vehicle charging station from a sustainable perspective. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102623. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102623>
- Gocer, F. (2021). A Novel Interval Value Extension of Picture Fuzzy Sets Into Group Decision Making: An Approach to Support Supply Chain Sustainability in Catastrophic Disruptions. *IEEE Access*, 9, 117080–117096. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3105734>

- Hsu, Y.-L., Lee, C.-H., & Kreng, V. B. (2010). The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications*, 37(1), 419–425. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.05.068>
- Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., & Mieno, H. (1993). The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy Sets and Systems*, 55(3), 241–253. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(93\)90251-C](https://doi.org/10.1016/0165-0114(93)90251-C)
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336–14345. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>
- Karolemeas, C., Tsigdinos, S., Tzouras, P. G., Nikitas, A., & Bakogiannis, E. (2021). Determining Electric Vehicle Charging Station Location Suitability: A Qualitative Study of Greek Stakeholders Employing Thematic Analysis and Analytical Hierarchy Process. *Sustainability*, 13(4), 2298. <https://doi.org/10.3390/su13042298>
- Kaya, Ö., Tortum, A., Alemdar, K. D., & Çodur, M. Y. (2020). Site selection for EVCS in Istanbul by GIS and multi-criteria decision-making. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 80, 102271. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102271>
- Klein, D., Tran-Gia, P., & Hartmann, M. (2013). Big Data. *Informatik-Spektrum*, 36(3), 319–323. <https://doi.org/10.1007/s00287-013-0702-3>
- Klir, G. J., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications* (1st editio). Pearson College Div.
- Liu, H.-C., Yang, M., Zhou, M., & 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. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2815680>
- Naim, S., & Hagrass, H. (2014). A type 2-hesitation fuzzy logic based multi-criteria group decision making system for intelligent shared environments. *Soft Computing*, 18(7), 1305–1319. <https://doi.org/10.1007/s00500-013-1145-0>
- Nobre, F. F., Trotta, L. T. F., & Gomes, L. F. A. M. (1999). Multi-criteria decision making - an approach to setting priorities in health care. *Statistics in Medicine*, 18(23), 3345–3354. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0258\(19991215\)18:23<3345::AID-SIM321>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0258(19991215)18:23<3345::AID-SIM321>3.0.CO;2-7)
- Noorderhaven, N. G. (1995). *Strategic decision making*. Workingham, Eng.: Addison-Wesley.
- Nurmuhammed, M., & Karadağ, T. (2021). A Review on Locating the Electric Vehicle Charging Stations and Their Effect on the Energy Network. *Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*, 8(2), 30–45.
- Opricovic, S. (1998). Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems. *Faculty of Civil Engineering, Belgrade*, 2(1), 5–21.
- Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research*, 178(2), 514–529. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.01.020>
- Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Saaty, T.L. (2000). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic*

- Hierarchy Process. In *Analytic Hierarchy Process Series* (Vol. 6). Pittsburgh.: RWS Publications.
- Saaty, Thomas L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281.
- Shahparvari, S., Nasirian, A., Mohammadi, A., Noori, S., & Chhetri, P. (2020). A GIS-LP integrated approach for the logistics hub location problem. *Computers & Industrial Engineering*, 146(May), 106488. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106488>
- Soruşbay, C. (2007). Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Karbondioksit Emisyonlarının Çevreye Etkisi ve Kontrolü. *Mühendis ve Makina Dergisi*, s.564(c:48), 22–26. Retrieved from https://mmo.org.tr/sites/default/files/gonderi_dosya_ekleri/e6a921fbc428b56_ek_0.pdf
- Sreedhar, C., Kasiviswanath, N., & Chenna Reddy, P. (2017). Clustering large datasets using K-means modified inter and intra clustering (KM-I2C) in Hadoop. *Journal of Big Data*, 4(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s40537-017-0087-2>
- Sun, L. (2020). Site selection for EVCSs by GIS-based AHP method. *E3S Web of Conferences*, 194, 05051. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019405051>
- Wu, X., Feng, Q., Bai, C., Lai, C. S., Jia, Y., & Lai, L. L. (2021). A novel fast-charging stations locational planning model for electric bus transit system. *Energy*, 224, 120106. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120106>
- Xu, Z. (2011). *Intuitionistic Preference Modeling and Interactive Decision Making*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-28403-8>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Zhao, H., & Li, N. (2016). Optimal Siting of Charging Stations for Electric Vehicles Based on Fuzzy Delphi and Hybrid Multi-Criteria Decision Making Approaches from an Extended Sustainability Perspective. *Energies*, 9(4), 270. <https://doi.org/10.3390/en9040270>