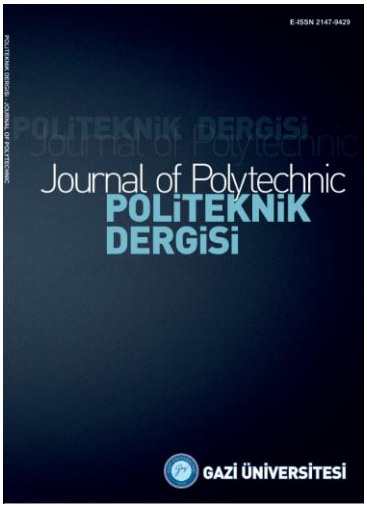


POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)
URL: http://dergipark.org.tr/politeknik

CLARIVATE ANALYTICS
EMERGING SOURCES CITATION INDEX
INDEXED

Elektrikli araç şarj istasyonu konumunun belirlenmesinde Bulanık Mantık DEMATEL-CBS-TOPSIS Yaklaşımı

Fuzzy logic DEMATEL-GIS-TOPSIS approach for determining electric vehicle charging station location

ERKEN GÖRÜNÜM

***Yazar(lar) (Author(s))**: Burçin PAÇACI[1], M. Kürşat ÇUBUK[2], Serpil EROL[3]*

ORCID[1]: 0000-0001-6053-0458

ORCID[2]: 0000-0001-8155-7123

ORCID[3]: : 0000-0002-6885-3849

To cite to this article: Paçacı B., Çubuk M. K. and Erol S., "Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumunun Belirlenmesinde Bulanık Mantık DEMATEL-CBS-TOPSIS Yaklaşımı", ***Journal of Polytechnic***, *(*): *, (*).

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz: Paçacı B., Çubuk M. K. and Erol S., "Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumunun Belirlenmesinde Bulanık Mantık DEMATEL-CBS-TOPSIS Yaklaşımı", ***Politeknik Dergisi***, *(*): *, (*).

Erişim linki (To link to this article): http://dergipark.org.tr/politeknik/archive

DOI: 10.2339/politeknik.1670115

Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumunun Belirlenmesinde Bulanık Mantık DEMATEL-CBS-TOPSIS Yaklaşımı

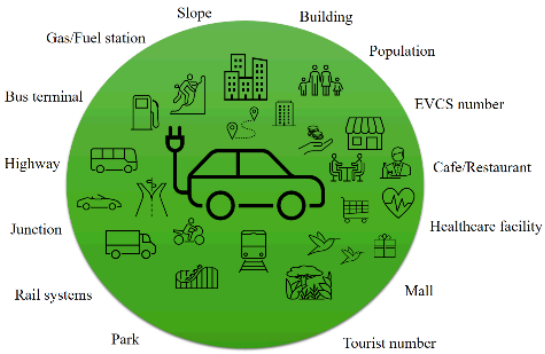
Fuzzy Logic DEMATEL-GIS-TOPSIS Approach for Determining Electric Vehicle Charging Station Location

Önemli noktalar (Highlights)

- *Sürdürülebilir ve ekonomik ulaşım. / Sustainable and economical transportation.*
- *Elektrikli araç şarj istasyonu (EAŞİ) yer seçimi. / Electricle vehicle charging station (EVCS) site selection.*
- *Uygunluk haritası ve konum seçimi. / Suitability map and site selection..*

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Şekil A.'da gösterilen kriterler kullanılarak EAŞİ için uygunluk haritası ve alternatif ilçe sıralaması yapılmıştır. / The suitability map and alternative district ranking for EVCS were made using the criteria shown in Figure A.



Şekil A. EAŞİ için kullanılan kriterler/**Figure A.** Criteria used for EVCS

Amaç (Aim)

İncelenen kriterler dahilinde EAŞİ için en uygun ve EAŞİ'ye en çok ihtiyaç duyulan konumun belirlenmesi amaçlanmıştır. / It is aimed to determine the most suitable location for EVCS and the most needed location for EVCS within the scope of the examined criteria.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Ankara'nın tüm ilçelerini kapsayan çalışmada, Bulanık Mantık DEMATEL-CBS entegre edilmesiyle hazırlanan uygunluk haritasının referans alınmasıyla belirlenen alternatif ilçeler TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. / In the study covering all districts of Ankara, the alternative districts determined with reference to the suitability map prepared by integrating Fuzzy Logic DEMATEL-CBS were ranked by TOPSIS method.

Özgünlük (Originality)

Kullanılan yöntem çalışmanın özgünlüğüdür. / The method used is the originality of the study.

Bulgular (Findings)

Kriterler arasında en yüksek ağırlığa kara yolu sahip olmuştur. Çok yüksek uygun alan %2.41 bulunmuştur. İlçelerin sıralamasında Altındağ ilk sırada yer almıştır./Among the criteria, the highest weight was given to the highway. The very high suitable area was found to be 2.41%. Altındag ranked first in the districts.

Sonuç (Conclusion)

Bu çalışma sonucunda öncelikli olarak Altındağ ilçesine EAŞİ kurulmalıdır./ As a result of this study, EVCS should be established in Altındag district as a priority.

Etik Standartların Beyanı (*Declaration of Ethical Standards*)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumunun Belirlenmesinde Bulanık Mantık DEMATEL-CBS-TOPSIS Yaklaşımı

Araştırma Makalesi / Research Article

Burçin PAÇACI[1*], M. Kürşat ÇUBUK[1], Serpil EROL[2]

[1]Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye
[2]Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 02.10.2016 ; Kabul/Accepted : 26.08.2017 ; Erken Görünüm/Early View : 15.07.2025)

ERKEN GÖRÜNÜM

ÖZ

Bu çalışma, elektrikli araçlar için uygun şarj istasyonu konumunun ve elektrikli araç şarj istasyonuna en fazla ihtiyaç duyulan ilçenin belirlenmesini ele almaktadır. Çalışma üç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak, elektrikli araç şarj istasyonu (EAŞİ), kentsellik bakımından on iki kritere göre Bulanık Mantık DEMATEL kullanılarak değerlendirilmiştir. Kriterlerin arasında "Kara yolu" en yüksek önem ağırlığına sahip bulunmuştur. Çalışmanın ikinci aşamasında belirlenen kriterler dahilinde Ankara'nın tüm ilçelerini kapsayan uygunluk haritası hazırlanmıştır. QGIS'te gerçekleşen analizde EAŞİ için çok yüksek uygun alan, Ankara'nın %2.41'i olarak bulunmuştur. Son olarak, elde edilen uygunluk haritası dikkate alınarak alternatif ilçeler belirlenmiştir. Alternatif ilçelerin sıralamasında ulaşım hareketliliği dikkate alınmış, nüfus, EAŞİ ve turist sayısı kriterleri doğrultusunda TOPSIS yöntemi kullanılarak EAŞİ'ye en fazla ihtiyaç duyulan ilçelerin sıralaması yapılmıştır. İlçelerin sıralamasında ise Altındağ ilk sırada yer almıştır. Çalışmada EAŞİ için kullanılan yöntemler, uygunluk analizinin dikkate alınarak alternatiflerin belirlenmesi bu çalışmanın literatüre katkılarındandır. Hazırlanan bu çalışmanın EAŞİ altyapısının genişlemesine yönelik geliştirilecek stratejilere ve yer seçimine ilişkin hazırlanan çalışmalara katkı sağlaması beklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir ulaşım, EAŞİ, bulanık mantık DEMATEL, QGIS, TOPSIS.

Fuzzy Logic DEMATEL-GIS-TOPSIS Approach for Determining Electric Vehicle Charging Station Location

ABSTRACT

This study addresses the location of suitable charging stations for electric vehicles and the determination of the district with the greatest need for electric vehicle charging stations. The study consists of three stages. Firstly, the electric vehicle charging station (EVCS) was evaluated using Fuzzy Logic DEMATEL according to twelve criteria in terms of urbanity. Among the criteria, "Highway" was found to have the highest importance weight. In the second phase of the study, a suitability map covering all districts of Ankara was prepared within the scope of the criteria determined. In the analysis conducted at QGIS, the very high suitable area for EVCS was found to be 2,41% of Ankara. Lastly, alternative districts were determined by taking into account the suitability map obtained. In the ranking of alternative districts, transportation mobility was taken into account, and the districts with the greatest need for EVCS were ranked using TOPSIS method in line with the criteria of population, number of EVCS and tourist. In the ranking of the districts, Altındağ ranked first. The methods used for EVCS in the study and the determination of alternatives by taking into account the suitability analysis are among the contributions of this study to the literature. It is expected that this study will contribute to the strategies to be developed for the expansion of the EVCS infrastructure and the studies prepared regarding the location selection.

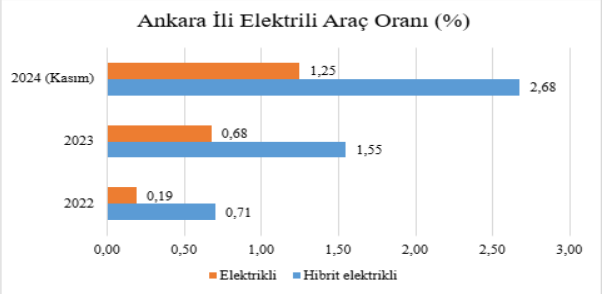
Keywords: Sustainable transportation, EVCS, fuzzy logic DEMATEL, QGIS, TOPSIS.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Karbon emisyonlarının ortaya çıkmasına neden olan petrol kullanımı [1], kara yolu taşımacılığı için CO2 emisyonlarının en büyük kaynağıdır [2]. Uluslararası istatistiklere göre petrol tüketiminin yarısından fazlası ulaşım sektörüne ait olup [3] 1990'dan bu yana %68 oranında artan karayolu taşımacılığından kaynaklanan emisyonlar, ulaştırma emisyonlarındaki hızlı büyümenin ana itici gücü olmuştur [4]. CO_2 emisyonu sera gazlarından biri olarak kabul edilmektedir [5]. Sera gazı ile taşımacılık sektörü küreselde ikinci en büyük sektör haline gelmiştir [4]. Dünyada yakıt nedeniyle ortaya çıkan CO_2 emisyonları 2021 yılında %6 civarında artış göstermiştir. Fosil yakıtları içinde %80'lik paya sahip olan petrolde CO_2 emisyonları %30 civarındadır [6]. Türkiye'de de CO_2 emisyonunda büyük bir artış söz konusudur. 2022 ve 1990 yıllarındaki CO_2 oranları kıyaslandığında 2022 yılında ortaya çıkan CO_2 oranı 1990 yılına göre %144,9 oranında artmıştır. Aynı yıllar baz alınarak Türkiye'deki kişi başına düşen CO_2 oranı %50 oranında artmıştır [7]. Tüm dünyada ulaşım sektöründe enerji daha çok petrolden sağlanmaktadır.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : burcinpcc@gmail.com

Enerji alanında arz ve talep için etkili politikalar yürütülemezse 2050 yılına kadar sera gazı emisyonunun ikiye katlanacağı öngörülmektedir [8]. Bu sebeple ülkeler sera gazının azaltılmasına yönelik çeşitli politikalar belirlemekte olup elektrikli araç kullanımının teşvik edilmesi de birçok ülkenin izlediği politikalardan biridir. Çevresel ve ekonomik katkılarından dolayı elektrikli araçlar tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de teşvik edilmekte ve bu sektöre yatırımlar yapılmaktadır. Elektrikli araçların nispeten düşük maliyetli hizmet sunması [9], fosil yakıt maliyetlerinin artması [10] gibi nedenler elektrikli araç kullanımına eğilimi artırmaktadır. Fakat yetersiz pil kapasitesi ve sınırlı altyapı elektrikli araç kullanıcıları için dezavantaj olarak değerlendirilmektedir [11]. EAŞİ ağının genişlemesi ve bu şarj istasyonlarının uygun alanlara kurulması elektrikli araç sürücülerinin üzerinde olumlu etkiye sahip olmaktadır [11-12]. Bu kapsamda hazırlanan bu çalışmada Ankara ilinin EAŞİ ağı araştırılmıştır. TÜİK verisine göre 2022, 2023 ve 2024 (Kasım) yıllarına ait trafiğe kayıtlı elektrikli ve hibrit elektrikli araçların yüzde oranları Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Ankara ilinde elektrikli araç oranı (Electric vehicle rate in Ankara province) [7]

Şekil 1'de gösterilen Ankara iline ait kullanılan yakıt türüne göre araç türleri incelendiğinde elektrikli araçlarda dikkate değer artış olduğu anlaşılmakta ve bu artışın devam edeceği tahmin edilmektedir. Yaklaşık 6 milyonluk nüfusa sahip [7], bir milyonu aşkın öğrencinin eğitim gördüğü Ankara ilinde [13-14] toplu taşıma, aktif ulaşım ve elektrikli araçların etkinliğinin artması gibi çeşitli stratejilerin geliştirilmesi ve desteklenmesi ile sürdürülebilir ulaşımın sağlanmasına katkı sağlanacaktır.

Sürdürülebilir ve ekonomik ulaşım sağlanması kapsamında hazırlanan bu çalışmada elektrikli araç şarj istasyonuna yönelik kentsellik ve ulaşım yoğunluğu dikkate alınarak EAŞİ için en uygun konumun belirlenmesi amaçlanmıştır. Literatürde karar verme problemlerinin çözümünde ÇKKV yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bioenerji endüstrisi [15], tarımsal verimlilik [16], yenilebilir enerji [17], personel değerlendirmesi [18], tedarikçi seçimi [19], hizmet kalitesinin değerlendirilmesi [20], sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin etkinliği [21], enerji potansiyelinin belirlenmesi [22] gibi konular üzerine ÇKKV yöntemleri uygulanmıştır. Bunlara ilaveten yer seçimine yönelik hazırlanan çalışmalarda da ÇKKV yöntemleri kullanılmaktadır. Rüzgar enerji santralleri [23], bisiklet istasyonu [24], güneş enerji istasyonu [25], deprem sonrası geçici barınak [26], lojistik merkez [27], katı atık tesisi [28] yer seçimi amacıyla ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalardandır.

Karar vermede belirsizliklerin belirli hale gelmesinde etkili olan Bulanık Mantık [29] problem çözümünde karar vermek için ÇKKV yöntemleri ile Bulanık Mantık yöntemi bir arada kullanılabilmektedir. Mimari [30], finansal [31], savunma sanayi [32], enerji [33], tekstil [34], sağlık turizmi [35], ekonomi [36] alanlarında ve daha birçok alanda Bulanık mantık ve ÇKKV yöntemleri kullanılabilmektedir. ÇKKV yöntemlerinden DEMATEL yöntemi ile karar kriterlerinin etkileşimleri dikkate alınarak kriter ağırlıkları elde edilebilmektedir. Sürdürülebilir tedarikçi zinciri [37], taşımacılık [38], katı atık yönetimi [39] gibi konularda DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS yöntemi ise en iyi alternatifin belirlenmesine yardımcı olan geleneksel bir yöntemdir [40]. Performans değerlendirmesi [41], sigortacılık [42] ve sağlık [43] sektörleri, lojistik [44], akıllı şehirlerin değerlendirilmesi [45], yeşil tedarikçi seçimi [46], güvenlik alanı [47] gibi çalışmalar TOPSIS yönteminin uygulandığı çalışmalardandır. Bulanık Mantık ile ÇKKV yöntemlerinden DEMATEL ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı kullanıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur. Sangaiah tarafından hazırlanan bir çalışmada bilgi transferinin etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla DEMATEL, TOPSIS ve ELECTRE yöntemleri kullanılmıştır [48]. Petrol endüstrisinde tedarikçi seçimi için hazırlanan bir çalışmada Bulanık DEMATEL-ANP-DEA yöntemlerinin kobinasyonları uygulanmıştır [49]. Sezgisel Bulanık DEMATEL – ANP – TOPSIS yöntemlerinin entegre edilmesiyle yük köyü lokasyon seçimine yönelik yapılan çalışmalar mevcuttur [50]. Kara taşımacılığında kamyon seçimine yönelik hazırlanan çalışmada Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla bir metot sunulmuştur [51]. Yeşil tedarik zincirinin etkili lojistik kriterlerini değerlendirmek için Bulanık Mantık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır [52]. Deprem mağdurlarının acil barınma ihtiyacının karşılanması amacıyla bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır [26]. Hindistan'da katı atık bertaraf alanlarının incelenmesinde Bulanık DEMATEL kullanılmıştır [53]. ÇKKV yöntemlerinin hibrit bir şekilde kullanıldığı başka bir çalışmada ise kentsel alanlarda boş zaman alanının belirlenmesi amaçlanmıştır [54]. Bulanık DEMATEL, Bulanık ANP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin entegre edilmesiyle inşaat projelerinin değerlendirilmesi yapılmıştır [55]. İş yönetimi seçimine ilişkin yapılan çalışmada Bulanık DEMATEL ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılmıştır [56]. Sigorta firmalarının performans değerlendirmesi amacıyla hazırlanan çalışmada Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır [57]. Risk analizinde Bulanık Mantık DEMATEL yöntemleri kullanılmıştır [58]. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı ÇKKV yöntemleri mekânsal karar verme problemlerinde kullanılmaktadır

ERKEN GÖRÜNÜM

[59]. Mekansal analizin uygulanmasında kullanılan CBS, problem çözmede belirsizliklerin belirli hale gelmesinde Bulanık Mantık ve karar verme süreçlerinde daha etkili karar verme amacıyla ÇKKV tekniklerinin entegre edilmesiyle çok sayıda çalışma hazırlanmaktadır. Literatürde taşkın tehlikelerine [60], depolama seçimine [61], yeraltı suyu uygunluk analizine [62], yenilebilir enerji santraline [63], rüzgar çiftliğine [64], risk değerlendirmesine [65], rüzgar enerji santraline [66] yönelik hazırlanan çalışmalar örnek verilebilmektedir.

Literatüde EAŞİ için yer seçime ilişkin çalışmalar incelendiğinde Bulanık Mantık DEMATEL yönteminin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu sebeple bu çalışmada kriterlerin ağırlıklandırılmasında Bulanık Mantık DEMATEL yönteminden faydalanılmıştır. Mekânsal analizin gerçekleştiği uygunluk analizinde ise QGIS kullamnılmıştır. Literatürdeki uygunluk analizi ile ilgili incelenen çalışmaların daha çok araştırma konusuna yönelik elde edilen sonuçlara göre öneri sunduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada ise uygunluk analizi sonuçları dikkate alınarak alternatif ilçeler belirlenmiş ve gerçek veri ile en çok ihtiyaç duyulan ilçe için sıralama yapılmıştır. Çalışma üç aşamayı içermektedir. İlk aşamada kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Kriterlerin birbiri ile etkileşiminin de incelendiği DEMATEL yöntemi ile net olmayan, belirsiz durumlarda daha net çözüme ulaşılması amacıyla kullanılan Bulanık Mantık yönteminin entegre edilmesiyle kriter ağırlıkları elde edilmiştir. İkinci aşamada bu kriterlerin önem ağırlıkları dikkate alınarak mekânsal analiz yapılmıştır. Kriterlere ait mekânsal veri QGIS'te analiz edilmiş ve sınıflandırma işleminden sonra uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir. Uygunluk analizinde Ankara ili beş kategoride incelenmiş ve analiz sonucunda bu kategorilerin alanları bulunmuştur. Çalışmanın üçüncü aşamasında uygunluk analizine göre çok yüksek uygun, yüksek uygun ve orta uygun alanlar dikkate alınarak alternatif ilçeler belirlenmiştir. En iyi alternatifin seçiminde geleneksel yöntemlerden biri olan ve direk veri üzerinden uygulanabilen TOPSIS yöntemi [67] kullanılmıştır. Bu çalışma ile Ankara ili EAŞİ için ilk olarak kentsel açıdan değerlendirilmiş, elde edilen bulgular sonucunda belirlenen alternatif ilçeler, elektrikli araç şarj istasyonu ihtiyacı ve ulaşım yoğunluğu ile ilişkilendirilerek sıralandırılmıştır.

Çalışmanın bu konuda literatüre sunduğu katkı, kentsellik kapsamında kriterlerin dikkate alınarak uygun alanın incelenmesi, kriter ağırlıklarının elde edilmesinde kullanılan yöntem, uygunluk analizi doğrultusunda alternatif ilçelerin belirlenmesi, ulaşım yoğunluğu ve EAŞİ'ye olan ihtiyaç dikkate alınarak en uygun ve en fazla ihtiyaç duyulan alternatif ilçenin bulunmasıdır. Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında 2. bölümde "Literatür taraması", 3. bölümde "Çalışma alanı", 4. bölümde "Metodoloji", 5. bölümde "Bulgular" ve son bölüm olan 6. bölümde "Sonuç ve öneriler" yer almaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

EAŞİ yer seçimine yönelik literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur. Lizbon'da Frade ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada regresyon analizi kullanılarak EAŞİ konumları araştırılmıştır [68]. Guo and Zhao (2015), Pekin'de Bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak elektrikli araçlar için uygun yer tayin etmişlerdir [69]. Hosseini ve Sarder (2019) Bayes ağı modeli ile EAŞİ lokasyonlarını değerlendirmişlerdir [70]. Sang ve arkadaşları ÇKKV yöntemlerini kullanarak elektrikli otobüs şarj istasyonu için uygun konum incelemişlerdir [71]. Elektrikli alan yer seçimine ilişkin Kaya ve ark. tarafından İstanbul'da hazırlanan çalışmada CBS ve ÇKKV yöntemleri birlikte kullanılmıştır [72]. Bağdat ve Riyad'ın karşılaştırıldığı başka bir çalışmada ise CBS-ÇKKV yöntemleri kullanılarak EAŞİ için uygun alan incelenmiştir [9]. Rane ve ark. (2023) tarafından Hindistan'da yapılan çalışmada EAŞİ için uygunluk bölgeleri değerlendirilmiştir [73]. Literatürde şarj istasyonu sayısını belirleme amacıyla CBS-ÇKKV yöntemlerinin entegre edildiği çalışmalar da mevcuttur [74]. Avustralya'nın Melbourne kentinde elektrikli araçlar için optimum yerlerin belirlenmesinde CBS-ÇKKV yöntemleri entegre edilmiştir [75]. EAŞİ için uluslararası literatürde yer alan çalışmalardan bazıları Tablo 1'de gösterilmektedir. Tablo 1'de yer alan kriterler dikkate alınarak uzman görüşleri doğrultusunda bu çalışma için EAŞİ yer seçimine yönelik kriterler elde edilmiştir.

ERKEN GÖRÜNÜM

Tablo 1. Literatür taraması (Literature review)

Yazar, Yıl	Kriterler		Çalışma alanı	Analiz yöntemi
Mhana K.H. ve Awad H. A., (2024) [9]	Olanaklar Yakıt/Benzin İstasyonları Yol Ticari Ofis Otobüs Departmanı Otopark	Bitki örtüsü Su Kütlesi Yerleşik Arazi Karbon Monoksit Eğim	Bağdat ve Riyad	AHP, FAHP, CBS
Yılmaz İ., Özceylan E., ve Mrugalska B., (2023) [76]	Elektrikli Araç Sayısı Şarj Etme Maliyeti Ziyaretçi Gelir Düzeyi Nüfus Sosyal Fırsatlar	Alışveriş Merkezi Yoğunluğu Karayolu Ağı Park Olanağı Trafik Yoğunluğu Erişilebilirlik	Ankara	Küresel Bulanık AHP ve MACBETH
Erbaş M., Kabak M., Özceylan E. ve Çetinkaya C., (2018) [77]	Bitki Örtüsüne Yakınlık Su Kaynaklarına Yakınlık Erozyon Riskine Mesafe Arazinin Eğimi Genişleme Olasılığı Deprem Riski Arazi Maliyeti Diğer EAŞİ'lere yakınlık	Hizmet alanındaki elektrikli araç sahipliği Elektrik kesintisine mesafe Hizmet Alanı Nüfusu Kavşaklara Yakınlık Ana Yollara Yakınlık Trafolara Yakınlık Petrol İstasyonlarına Yakınlık	Altındağ, Çankaya, Etimesgut, Gölbaşı, Keçiören, Mamak, Yenimahalle, Pursaklar (Ankara)	FAHP-TOPSIS, CBS
Elomiya A., Křupka J., Jovčić S., Simic V., Švadlenka L. ve Pamucar D., (2024) [78]	Metro Girişleri Taşıma Durakları Taşıma Hatları Yol Bisiklet Güzergâhları Otopark Alanları Nüfus Yoğunluğu Yerleşim Alanları Turizm Alanları Toplumsal Olanaklar Yakıt İstasyonları	Rekrasyon Alanları Hava Kalitesi İndeksi Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi Normalleştirilmiş Fark Su Endeksi Risk Bölgeleri Taşkın Ovaları Eğim Gaz Tedarik Şebekesi Elektrik Tedarik Şebekesi	Prag, Polonya	Delphi-GIS-MCDM-Rastgele orman
Sisman S., Ergul I. ve Aydinoglu A.C., (2021) [79]	Bitki Örtüsüne Mesafe Su kaynaklarına Mesafe Erozyon Riskine Mesafe Arazi Eğimi Genişleme Olanağı Deprem Riski Arazi Maliyeti Hizmet Alanında Elektrikli	Nüfus Yoğunluğu Kavşaklara Yakınlık Ana Yollara Yakınlık Trafo Merkezine Yakınlık Petrol İstasyonuna Yakınlık Diğer EAŞİ'lere Yakınlık Elektrik Kesintisine Mesafe Araç Sahipliği	Pendik, İstanbul	AHP, CBS
Guler D. ve Yomralioglu T., [80]	Nüfus Yoğunluğu Arazi Değeri Gelir Düzeyi Ulaşım İstasyonları Otopark	Benzin İstasyonları Yol Yeşil Alanlar Eğim Alışveriş Merkezleri	Ataşehir, Kadıköy, Üsküdar (İstanbul)	AHP, FAHP, TOPSIS
Linzhao S. (2020) [81]	Restoran Alışveriş Merkezi	Turist Yerleşim Yeri	Shenzhen, Çin	AHP-CBS
Bilgilioğlu S.S., (2021) [82]	Nüfus Yoğunluğu Ana Yollara Yakınlık Eğim Arazi değeri Alışveriş Merkezlerine Yakınlık	Resmi kurumlar ve rekreasyon alanlarına yakınlık Petrol istasyonlarına yakınlık Ulaşım istasyonlarına yakınlık Otoparklara yakınlık	Ankara	FAHP, CBS

ERKEN GÖRÜNÜM

Tablo 1 (Devam). Literatür taraması (Literature review)

Kaya Ö., Tortum A., Alemdar K. D. ve Çodur M. Y., (2020) [72]	Elektrikli Araç Sayısı Araç Sayısı Arazi Maliyeti Hane Geliri Orman Su Kaynakları Toprak Kayması Deprem Yol Kavşak	Eğim Mevcut EAŞİ Petrol İstasyonu Güneş Enerjisi Potansiyeli Trafo Merkezi Hava Kalitesi Hizmet Alanı Nüfusu Sosyal Alanlar Otopark	İstanbul, Türkiye	CBS, AHP, PROMETHEE, VIKOR
Okta K., (2024) [83]	Hastaneye Mesafe Otoparka Mesafe Petrole Mesafe Yeşil Alana Mesafe Nüfus Yoğunluğu Sağlık Kurumları İş Merkezi-Plaza Otel-Konaklama	Eğitim Seviyesi İş İstihdamı Refah Düzeyi EAŞİ Sayısı Şarj Gücü Yiyecek ve İçecek Alanları Devlet Kurumları Alışveriş Merkezlerine Mesafe	İstanbul	K-means, FAHP
Rashmitha Y., M. Sushma ve Roy S., (2023) [84]	Arazi Kullanımı Arazi Maliyeti Nüfus Ana Yollar Şebeke Noktası Petrol Yatakları	Okullar Alışveriş Merkezleri Restoranlar Hastaneler Tiyatrolar Otobüs Durakları	Hindistan	ENTROPİ, KRİTİK, WASWAS, TOPSIS, CBS
Rane N.L., et al., (2023) [73]	Hava Kalitesi İndeksi Su Kaynakları Bitki Örtüsü Yoğunluğu Yakıt İstasyonları Mevcut EAŞİ Olanaklar Otobüs Terminali	Otopark Alanları Ticari Ofisler Nüfus Yoğunluğu Yollar Demiryolu/Metro/Monoray Kavşaklar	Mumbai, Hindistan	MIF, CBS, TOPSIS
Ghodusinejad M. H., Noorollahi Y. ve Zahedi R., (2022) [85]	Ana Yollar Ana Kavşaklar Ana Meydanlar Yerleşim Alanları Restoranlar/Alışveriş Merkezleri Güneş Enerjisi GHİ	Oteller Rekrasyon Alanları Parklar/Doğal Alanlar Benzin İstasyonları Halka Açık Park Alanları Liman/Havalimanı	Kiş, İran	CBS, AHP, Genetik Algoritma
Sisman A., (2023) [86]	Benzin İstasyonları Otoparklar Kamu Kurumu	Tramvay İstasyonları Büyük Kavşaklar Nüfus Yoğunluğu	Atakum, İlkadım (Samsun)	SWARA, TOPSIS, CBS
Özçekiç E., (2024) [87]	Yapı Maliyeti Demografik Yoğunluk Yol Erişilebilirliği Elektrik Altyapısı	Otopark Uygunluğu Trafik Yoğunluğu Arazi Kullanımı	Altıeylül, Balıkesir	Entropi, CoCoSo, EDAS
Guo S. ve Zhao H., (2015) [69]	Bitki örtüsü ve su üzerindeki tahribat derecesi Atık Tahliyesi Sera Gazı Emisyon Azaltımı Yapı Maliyeti Trafik Rahatlığı Hizmet Kapasitesi	Yıllık İşletme ve Bakım Maliyeti Yatırımın Geri Dönüş Süresi EVCS'nin kentsel yol ağı ve elektrik şebekesinin gelişim planlaması ile uyumlaştırılması İnsanların yaşamı üzerindeki etkisi İnce Partiküler Madde Emisyon Azaltımı	Fengtai, Changping, Daxing, Chaoyang ilçeleri, (Pekin), Çin	Bulanık Küme, FTOPSIS

ERKEN GÖRÜNÜM

3. ÇALIŞMA ALANI

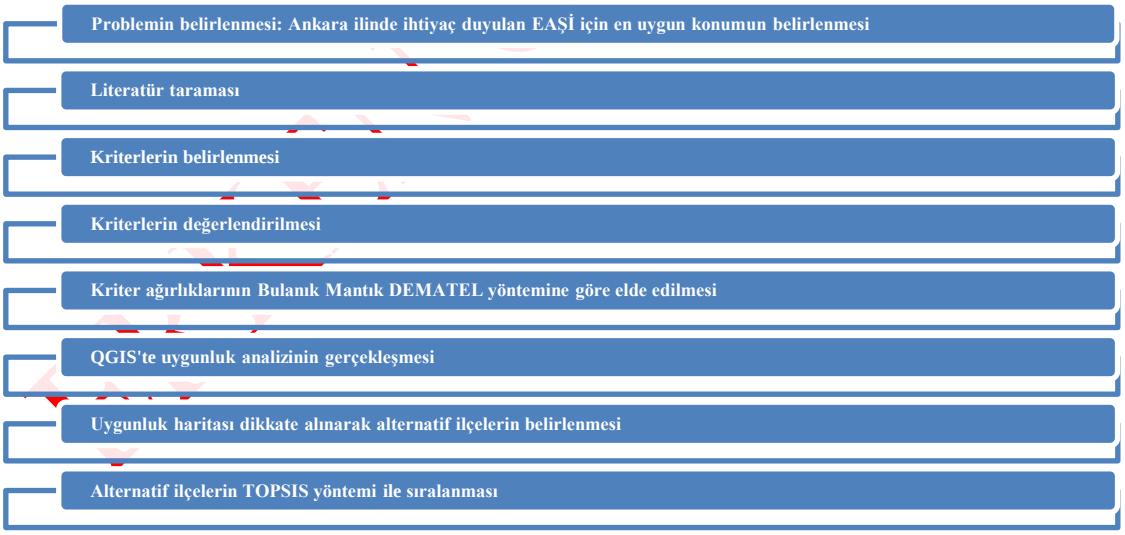
Her gün milyonlarca insanın ulaşım ihtiyacı ve ulaşımda sürdürülebilirliğin sağlanması gerekliliği gibi etkenler bu çalışmanın arkasındaki motivasyon olmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu 2024 yılı verisine göre yaklaşık 6 milyon nüfusa [7] sahip, yüzbinlerce insanın eğitim gördüğü Ankara'da [13,14], okul, iş ve birçok aktivite gibi nedenlerle seyahat gerçekleşmektedir. Şekil 2'de gösterilen Türkiye'nin başkenti ve ikinci büyük şehri olan Ankara, bu çalışmanın başlıca araştırma alanı olarak belirlenmiştir.

Şekil 2. Çalışma alanı (Study area)

Ankara ilinde bulunan ilçelerin tamamı öncelikle uygunluk analizine göre incelenmiştir. Uygunluk analizi sonucuna göre EAŞİ için beş kategoride incelenen Ankara ilindeki yirmi beş ilçeden çok yüksek, yüksek ve orta uygun alanlar içinde "Altındağ", "Çankaya", "Etimesgut", "Gölbaşı", "Keçiören", "Mamak", "Sincan" ve "Yenimahalle" olmak üzere sekiz alternatif ilçe, ulaşım yoğunluğu ve EAŞİ ihtiyacı dikkate alınarak incelenmiştir.

4. METODOLOJİ

Ölçütlerin değerlendirmesinde nicel ve nitel veri birbirini etkileyebilmekte ve karar vericinin düşüncesindeki belirsizlikler ile değerlendirme kişisel yargılara bağlı olabilmektedir [88]. Birden fazla yöntemin bir araya gelmesiyle oluşan hibrit modeller, hem nicel hem de nitel verinin ve belirsizliklerin bulunduğu durumlarda istikrar sunabilmektedir. Son zamanlarda yenilikler ile karar verme sürecindeki belirsizlikleri ele alabilen Bulanık Mantık tabanlı ÇKKV yöntemlerine eğilim söz konusudur [89]. Bu çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesinde Bulanık Mantık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Kentsellik kapsamında belirlenen on iki kritere ait katmanlar QGIS'te analiz edildikten sonra sınıflandırılmıştır. Bu işlemin ardından kriter ağırlıkları QGIS'e entegre edilerek uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir. Uygunluk analizinin referans alınmasıyla alternatif ilçeler seçilmiş ve alternatif ilçelerin sıralamasında ulaşım yoğunluğu ve EAŞİ için olası ihtiyaç dikkate alınarak üç kriter belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları ve kriterlere ait ilçelerin verisi kullanılarak alternatif ilçeler TOPSIS yöntemi ile en uygun EAŞİ için sıralanmıştır. Çalışmanın akış şeması Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. EAŞİ için akış şeması (Flow chart for EVCS)

EAŞİ için en uygun konumun belirlenmesinde kriterlerin ağırlıklandırılmasına, uygunluk analizine yapılmasına, alternatif ilçelerin belirlenmesine ve

alternatiflerin sıralanmasına ilişkin prosedür bu kısımda yer almaktadır.

4.1. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

EAŞİ için en uygun konumun seçilmesine yönelik belirlenen kriterler uzman değerlendirmesine göre ağırlıklandırılmaktadır. Kriterlerin değerlendirmesinde üniversitelerde ulaşım alanında görev yapan ilgili akademisyenler ve elektrikli araç şarj istasyonunun kurumunda çalışan kişilerin görüşlerinden faydalanılmıştır. Kriterler Bulanık Mantık DEMATEL

ÖN İNCELEME

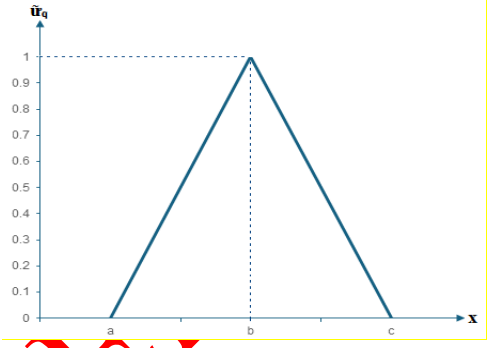
yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Yöntemin uygulanma aşamaları aşağıda yer almaktadır.

Bulanık Mantık

Belirsiz ortamlarda karar alma sürecinde insan düşüncesinin ve ifadesinin belirsizliğiyle başa çıkmak için Bulanık Mantık çok faydalıdır. Bu yöntem ile dilsel terimler bulanık sayılara dönüştürülebilmektedir. Belirsiz veya kesin olmayan yargıları matematiksel olarak ifade edebilen ve ele alabilen Bulanık Mantık, ilk olarak Zadeh (1965) tarafından karar vermede belirsizliği temsil etmenin ve ele almanın matematiksel bir yolu olarak tanıtılmıştır [90]. Klasik mantıkta sadece "0" ve "1" olmak üzere aşırı uç değerler kullanılırken, Bulanık mantıkta klasik küme gösterimi genişletilmekte olup varlıkların üyelik derecesi (0-1) aralığında olabilmektedir [91]. Sayıların komşuluğuna dayanan Bulanık mantıkta üçgen, yamuk, Gaussian, Çan, Sigmoidal ve S Şekilli üyelik fonksiyon tipleri vardır [91]. Bu çalışmada literatürde sık tercih edilen üçgen bulanık sayılar seçilmiştir. Üçgensel bulanık sayı q = (a, b, c) şeklinde gösterilebilmekte ve üçgensel üyelik fonksiyonu ũq (1) şeklinde tanımlanmaktadır [90].

$$\tilde{u}_q\,(y) = \begin{cases} 0, & y < a \\ \frac{(y-a)}{(b-a)}, & a \le y \le b \\ \frac{(c-y)}{(c-b)}, & b \le y \le c \\ 0, & y > c \end{cases} \qquad (1)$$

Üçgensel bulanık sayıların grafik üzerinde gösterimi Şekil 4'te gösterilmektedir [92].



Şekil 4. Üçgensel bulanık sayı

Kriterler için değerlendirmenin gerçekleşmesinde nitel bir ölçek kullanılmaktadır [93]. Çalışmada kullanılan ölçek Tablo 2'de gösterilmektedir [94].

Tablo 2. Bulanık dilsel ölçek (Fuzzy linguistic scale)

Dil Terimi	Puan	Üçgensel bulanık sayılar
Çok Az Etkili	0	(0,00;0,00;0,25)
Az Etkili	1	(0,00;0,25;0,50)
Normal Etkili	2	(0,25;0,50;0,75)
Fazla Etkili	3	(0,50;0,75;1,00)
Çok Fazla Etkili	4	(0,75;1,00;1,00)

Bulanık küme halindeki kriter değerlendirmesinden tek sayısal değerin elde edilebilmesi için durulaştırma yapılmaktadır. [90-91]. Bulanık verileri net puanlara dönüştürme (CFCS) işlemi olarak bilinen difüzleme işlemi, bulanık kümeyi net değerlere yaymak için uygulanmaktadır [95]. CFCS, bulanık sayı aralığının bulanık maksimum ve minimumunun belirlenmesine dayanmaktadır. $\tilde{u}_q$ üyelik fonksiyonuna göre, toplam puan ağırlıklı ortalama ile hesaplanmaktadır. U'nun bir bulanık kümeyi temsil ettiği varsayılırsa, bulanık değerlendirme, i alt kriterinin j alt kriteri üzerindeki etki derecesi için d = (1, 2, ... , n) karar vericileri için $q_{ij}^{d} = (a_{ij}^{d},\ b_{ij}^{d},\ c_{ij}^{d})$ ile verilir [96]. CFCS yöntemi, aşağıda açıklanan beş adımlı bir algoritmayı içermektedir [93,90,96].

Birinci Adım: Normalizasyon:

$$xa_{ij}^{n} = (a_{ij}^{n} - \min c_{ij}^{n}) / \Delta_{min}^{max} \qquad (2)$$

$$xb_{ij}^{n} = (b_{ij}^{n} - \min c_{ij}^{n}) / \Delta_{min}^{max} \qquad (3)$$

$$xc_{ij}^{n} = (c - \min c_{ij}^{n}) / \Delta_{min}^{max} \qquad (4)$$

$$\Delta_{min}^{max} = \max a_{ij}^{n} - \min a_{ij}^{n} \qquad (5)$$

İkinci Adım: Sağ ve sol normalize değerlerin hesaplanması:

$$xas_{ij}^{n} = xa_{ij}^{n} / (1 + xa_{ij}^{n} - xa_{ij}^{n}) \qquad (6)$$

$$xcs_{ij}^{n} = xb_{ij}^{n} / (1 + xb_{ij}^{n} - xc_{ij}^{n}) \qquad (7)$$

Üçüncü Adım: Toplam normalleştirilmiş net değerlerin hesaplanması:

$$x_{ij}^{n} = [\, xcs_{ij}^{n}(1 - xcs_{ij}^{n}) + xas_{ij}^{n} X\, xas_{ij}^{n}] / [1 - xcs_{ij}^{n} + xas_{ij}^{n}] \qquad (8)$$

Dördüncü Adım: Net değerlerin hesaplanması:

$$u_{ij} = \min c_{ij}^{n} + x_{ij}^{n} * \Delta_{min}^{max} \qquad (9)$$

Beşinci Adım: Net değerlerin hesaplanması:

$$u_{ij} = 1/p(u_{ij}^{1} + u_{ij}^{2} + \ldots + u_{ij}^{p}) \qquad (10)$$

DEMATEL yöntemi

DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) Metodu; karmaşık ve birbirine girmiş problem gruplarının çözümü amacıyla 1972 ve 1976 yılları arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü tarafından birbirine geçmiş problem kümelerinin hiyerarşik yapıda çözümlenmesi amacıyla geliştirilmiştir. Graf teori temelli DEMATEL sebep ve sonuç grupları ile nedensel ilişkilerin kurulmasını sağlayarak problemlere planlama ve çözme imkânı sağlamaktadır [97]. DEMATEL yönteminin aşamaları aşağıda yer almaktadır.

1.Aşama: İlk olarak, uzman kişiler tarafından ikili karşılaştırma skalasının kullanılmasıyla kriterler arasındaki ilişkilerin direk ilişki matrisi (P) oluşturulur.

2.Aşama: Direk ilişki matrisine bağlı normalleştirilmiş direk ilişki matrisi oluşturulur.

ÖN GÖRÜNÜM

$$q = P\frac{1}{max1 \le i \le n \sum_{j=1}^{n} P_{ij}} \quad (11)$$

$$q=[q_{ij}]_{nxn} \quad (12)$$

$$P=[P_{ij}]_{nxn} \quad (13)$$

3.Aşama: Bu aşamada toplam ilişki matrisi (G) elde edilmekte olup birim matris (I) ile gösterilmektedir.

$$G=q(I-q)^{-1} \quad (14)$$

$$G=[G_{ij}]_{nxn} \quad (15)$$

4.Aşama: Gönderici ve alıcı grubu hesaplanmaktadır. D, satırların toplamını ve R, sütunların toplamını temsil etmektedir.

$$D=[\sum_{j=1}^{n} G_{ij}]_{nxn} \quad (16)$$

$$R=[\sum_{i=1}^{n} G_{ij}]_{nxn} \quad (17)$$

D+R (18) ve D-R (19) işlemleriyle kriterlerinin değerlendirmesi yapılmaktadır.

4.2. Alternatiflerin Belirlenmesi

Çalışmada kriterlerin mekânsal açıdan değerlendirilmesi amacıyla ücretsiz ve açık kaynaklı bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı olan QGIS [98] kullanılmıştır. Mekansal analizde eğim kriteri ve diğer on bir kriter verisi sırasıyla USGS Earth Explorer [99] ve Open Street Map [100] açık erişim verisinden temin edilmiştir. Raster verisine dönüştürülen katmanlara eğim ve yakınlık analizleri uygulanmıştır. Yeniden sınıflandırma işlemi ile katmanlar "Çok yüksek uygun", "Yüksek uygun", "Orta uygun", "Düşük uygun" ve "Çok düşük uygun" olmak üzere tüm kriterler beş sınıfta incelenmiştir. Bulanık Mantık DEMATEL yöntemine göre elde edilen kriter ağırlıkları QGIS'e aktarılarak uygunluk analizi gerçekleşmiştir. Uygunluk haritasında çok yüksek, yüksek ve orta uygun alanları kapsayan ilçeler alternatif ilçe olarak belirlenmiştir.

4.3. Alternatiflerin Sıralanması

Çalışmada belirlenen alternatif ilçelerin sıralaması TOPSIS yönteminin kullanılmasıyla elde edilmiştir. Yoon ve Hwang (1981) tarafından ÇKKV tekniği olarak geliştirilen TOPSIS yöntemine göre en çok tercih edilen alternatif, pozitif ideal çözüme en yakın uzaklıkta olup bunun yanı sıra negatif ideal çözüme en uzak olan alternatiftir [101]. TOPSIS yönteminin aşamaları aşağıda yer almaktadır [102].

Adım 1: İlk olarak karar verme matrisi oluşturulmaktadır.

$$D=\begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2m} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nm} \end{bmatrix} \quad (20)$$

Adım 2: Standart karar matrisi (normalize matris) oluşturulmaktadır.

$$R=\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (21)$$

R standart karar matrisinin elemanları aşağıda gösterilmektedir.

$$r_{ij}=\begin{Bmatrix} \frac{d_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n} d_{kj}}}, i=1,2,\dots,j=1,2,\dots,m \\ 0, \qquad d.y \end{Bmatrix} \quad (22)$$

Adım 3: Bu aşamada ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulmaktadır.

Öncelikli olarak değerlendirme ölçütlerine ilişkin ağırlık değerleri (wi) belirlenir. Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanların ilgili wi değerleri ile çarpılmasıyla V matrisi elde edilmektedir [101].

$$\sum_{i=1}^{m} w_i = 1 \quad (23)$$

$$V=\begin{bmatrix} w_1r_{11} & w_2r_{12} & \dots & w_mr_{1m} \\ w_1r_{21} & w_2r_{22} & \dots & w_mr_{2m} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ w_1r_{n1} & w_2r_{n2} & \dots & w_mr_{nm} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1m} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2m} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ v_{n1} & v_{n2} & \dots & v_{nm} \end{bmatrix} \quad (24)$$

Adım 4: Maksimizasyon ve minimizasyona göre sütunlardaki en büyük ve en küçük değerler belirlenerek pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerleri elde edilmektedir.

$$V^*=\{v_1^*, v_2^*, \dots, \ v_m^*\} \quad (25)$$

$$V^-=\{v_1^-, v_2^-, \dots, \ v_m^-\} \quad (26)$$

Adım 5: Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerine olan uzaklık değerleri aşağıda gösterilen formule göre elde edilmektedir.

$$S_i^*=\sqrt{\sum_{j=1}^{m}(v_{ij}-v_j^*)^2}, \quad i=1,2,\dots, n \quad (27)$$

$$S_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^{m}(v_{ij}-v_j^-)^2}, \quad i=1,2,\dots, n \quad (28)$$

Adım 6: Analizin son aşamasında ideal çözüme göreli yakınlık katsayıları hesaplanmaktadır.

$$C_i^*=\frac{S_i^-}{S_i^*+S_i^-}, \quad i=1,2,\dots, n \quad (29)$$

$0 \le C_i^* \le 1$, i=1,2, ..., n

C_i^*, i=1,2, ..., n

Elde edilen C_i^* sıralamada kullanılmaktadır.

Ulaşım yoğunluğu ve olası EAŞİ ihtiyacı doğrultusunda incelenen alternatif ilçelerin sıralanması için belirlenen kriterlerden nüfusa ait veri TÜİK'ten [7], halka açık EAŞİ sayısı EPDK'dan [103] ve ilçelerde konaklayan turist sayısı Kültür ve Turizm Bakanlığı'ndan [104] temin edilmiştir.

ERKEN GÖRÜNÜM

5. BULGULAR

Bu kısımda elektrikli araç şarj istasyonuna yönelik belirlenen kriterlere, bu kriterlerin Bulanık Mantık DEMATEL tekniğine göre kriter ağırlıklarına, her kritere ve çalışma alanına ait QGIS'te elde edilen uygunluk haritalarına, Ankara iline ait uygunluk analizinde yer alan sınıflandırmalar sonucunda bulunan alanlara, uygunluk haritası doğrultusunda belirlenen alternatif ilçelerin TOPSIS yöntemi ile sıralamasına yer verilmektedir.

5.1. Belirlenen Kriterler

Literatür ve uzman görüşü doğrultusunda elektrikli araç şarj istasyonu için belirlenen kriterler çalışmada mekânsal açıdan ve ulaşım yoğunluğuna göre ayrı ayrı incelenmiştir. Çalışma için belirlenen kriterler Şekil 3'te yer almaktadır.

Şekil 3. EAŞİ için belirlenen kriterler (Criteria determined for EVCS)

Çalışmada kullanılan kriterler "Akaryakıt tesisi", "Alışveriş merkezi", "Bina", "EAŞİ sayısı", "Eğim", "Hastane", "Kafe/Restoran", "Nüfus", "Park", "Kara yolu", "Kavşak", "Otopark", "Raylı sistemler", "Terminal" ve Turist sayısı" olmak üzere on beş kriteri içermektedir. Aşağıda kriterlerin kullanımına ilişkin bilgiler yer almaktadır.

K1. Akaryakıt tesisi: Elektrikli araç şarj istasyonu için akaryakıt tesisinin yakınlığı önemli bir faktördür. Ayrıca elektrikli araç istasyonlarının akaryakıt tesisinde yer alması ile planlı kentleşmenin olmasına katkı sağlanabilmektedir.

K2. Alışveriş Merkezi: Alışveriş merkezleri yeme, içme, eğlence, alışveriş gibi birçok aktiviteye ev sahipliği yapabilen, yoğunluğun fazla olduğu tesislerdir. Bu tür aktiviteler esnasında bir elektrikli araç sürücüsüne aracını şarj etmek cazip gelebilmektedir.

K3. Bina: Yerleşim yerlerinin yoğunluğu elektrikli araç şarj istasyonunun kullanım sıklığını etkileyerek şarj istasyonu kullanımını artırabilmektedir.

K4. Eğim: Yerin yükseltisi, EAŞİ seçimi için önemli bir faktördür. EAŞİ kurumunda, eğimin az olması EAŞİ için daha uygundur.

K5. EAŞİ sayısı: Elektrikli araç şarj istasyonunun kurumunda bölgedeki mevcut şarj istasyonları önemli bir yer tutmaktadır.

K6. Park: Hoş bir ortam ve sağlıklı hava sağlayan parklarda elektrikli araç sürücüleri için şarj istasyonları uygun olarak değerlendirilmektedir.

K7. Hastane: Bir hastanenin yakınlığı, şarj işlemi sırasında acil bir durumda araç kullanıcıları için önemli bir avantaja dönüşebilmektedir.

K8. Kara yolu: Anayol güzergâhında olan bir şarj istasyonu varış süresini azaltabildiğinden elektrikli araç sürücüleri için daha kullanışlı olabilmektedir.

K9. Kavşak: Elektrikli araç şarj istasyonu konumu, hizmeti alan araç sayısını en üst düzeye çıkarmak için kavşaklara yakın olmalıdır. Ulaşım hareketliliği olan alanlar için elektrikli araç şarj istasyonuna kolay ulaşımın olması kolay seyahat için önemlidir.

K10. Nüfus: Nüfus, ulaşım hareketliliğini etkileyebilmektedir. Nüfusun fazla olduğu yerlerde daha fazla şarj istasyonuna ihtiyaç duyulabilmektedir.

K11. Otopark: Otoparklarda şarj istasyonlarının olması, hem elektrikli araç kullanımının genel altyapıya katkıda bulunması bakımından hem de elektrikli araç müşterilerinin şarj istasyonuna erişimi için önemlidir. Elektrikli araç sürücüleri park esnasında araçlarını şarj ederek zaman kazanabilmektedirler.

K12. Raylı sistemler: Şehir içi toplu taşımada kullanılan raylı sistemleri tercih eden insanlar için bu sistemlere yakın yerde şarj istasyonunun kurulması uygundur.

K13. Restoran/Kafe: Yemek alanlarına yakın konumlandırılan şarj istasyonları elektrikli araç kullanımını teşvik etmekte ve kullanıcıların seyahatlerini daha kolay planlamalarına katkı sağlamaktadır.

K14. Terminal: Elektrikli araç şarj istasyonlarının şehirler arası yol bağlantılarına yakın kurulması elektrikli araç kullanan sürücülerin rahat ve planlı seyahat yapabilmelerine olanak sağlayabilmektedir.

K15. Turist sayısı: Turist sayısının fazla olması ulaşım hareketliliğine yol açabildiğinden dolayı daha fazla EAŞİ'ye ihtiyaç duyulabilmektedir.

"EAŞİ sayısı", "Nüfus" ve "Turist sayısı" ulaşım yoğunluğu ve olası ihtiyaç kapsamında alternatif ilçelerin sıralamasında kullanılırken diğer on iki kriter ise EAŞİ için uygunluk haritasının elde edilmesinde dikkate alınmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında konu ile ilgili çalışmaları olan ulaşım alanında çalışan akademisyenlerin ve EAŞİ kurumunda faaliyeti bulunan şirket çalışanlarının görüşlerinden faydalanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklarının bulunmasında kentsellik kapsamında belirlenen on iki kriter kendi içinde, alternatif ilçelerin sıralamasında kullanılan üç kriter de kendi içinde değerlendirilmiştir.

5.2. Uygunluk Analizi ve Alternatif İlçelerin Belirlenmesi

Bulanık Mantık DEMATEL yöntemine göre değerlendirilen kriterlerin elde edilen ağırlıkları,

uygunluk analizinin gerçekleşmesi için her kriterin sınıflandırmasında kullanılan aralıklar, sıra ve etki seviyeleri Tablo 3'te verilmektedir.

ERKEN GÖRÜNÜM

Tablo 3. Kriterlerin ağırlıkları ve tüm alt kriterlerin puanları (Weights of criteria and scores of all sub-criteria)

Kriterler	Alt kriter ağırlık	Alt kriter skorları	Sıra	Etki seviyesi
Akaryakıt tesisi	0,0770	0-1 km	5	Çok Yüksek Uygun
		1-2 km	4	Yüksek Uygun
		2-5 km	3	Orta Uygun
		5-10 km	2	Düşük Uygun
		>=10 km	1	Çok Düşük Uygun
Alışveriş merkezi	0,0814	0-1 km	5	Çok Yüksek Uygun
		1-5 km	4	Yüksek Uygun
		5-10 km	3	Orta Uygun
		10-20 km	2	Düşük Uygun
		>=20 km	1	Çok Düşük Uygun
Bina	0,0889	0-1 km	5	Çok Yüksek Uygun
		1-2 km	4	Yüksek Uygun
		2-5 km	3	Orta Uygun
		5-10 km	2	Düşük Uygun
		>=10 km	1	Çok Düşük Uygun
Eğim	0,0753	0-5 km	5	Çok Yüksek Uygun
		5-10 km	4	Yüksek Uygun
		10-20 km	3	Orta Uygun
		20-30 km	2	Düşük Uygun
		>=30 km	1	Çok Düşük Uygun
Hastane	0,0801	0-0.5 km	5	Çok Yüksek Uygun
		0.5-2 km	4	Yüksek Uygun
		2-5 km	3	Orta Uygun
		5-10 km	2	Düşük Uygun
		>=10 km	1	Çok Düşük Uygun
Kafe/Restoran	0,0881	0-0.5 km	5	Çok Yüksek Uygun
		0.5-2 km	4	Yüksek Uygun
		2-5 km	3	Orta Uygun
		5-10 km	2	Düşük Uygun
		>=10 km	1	Çok Düşük Uygun
Kara yolu	0,101	0-2 km	5	Çok Yüksek Uygun
		2-5 km	4	Yüksek Uygun
		5-10 km	3	Orta Uygun
		10-20 km	2	Düşük Uygun
		>=20 km	1	Çok Düşük Uygun
Kavşak	0,0832	0-1 km	5	Çok Yüksek Uygun
		1-5 km	4	Yüksek Uygun
		5-10 km	3	Orta Uygun
		10-20 km	2	Düşük Uygun
		>=20 km	1	Çok Düşük Uygun
Otopark	0,0843	0-1 km	5	Çok Yüksek Uygun
		1-3 km	4	Yüksek Uygun
		3-10 km	3	Orta Uygun
		10-20 km	2	Düşük Uygun
		>=20 km	1	Çok Düşük Uygun
Park	0,0884	0-1 km	5	Çok Yüksek Uygun
		1-5 km	4	Yüksek Uygun
		5-10 km	3	Orta Uygun
		10-20 km	2	Düşük Uygun
		>=20 km	1	Çok Düşük Uygun
Raylı sistemler	0,0712	0-1 km	5	Çok Yüksek Uygun
		1-2 km	4	Yüksek Uygun
		2-3 km	3	Orta Uygun
		3-5 km	2	Düşük Uygun
		>=5 km	1	Çok Düşük Uygun

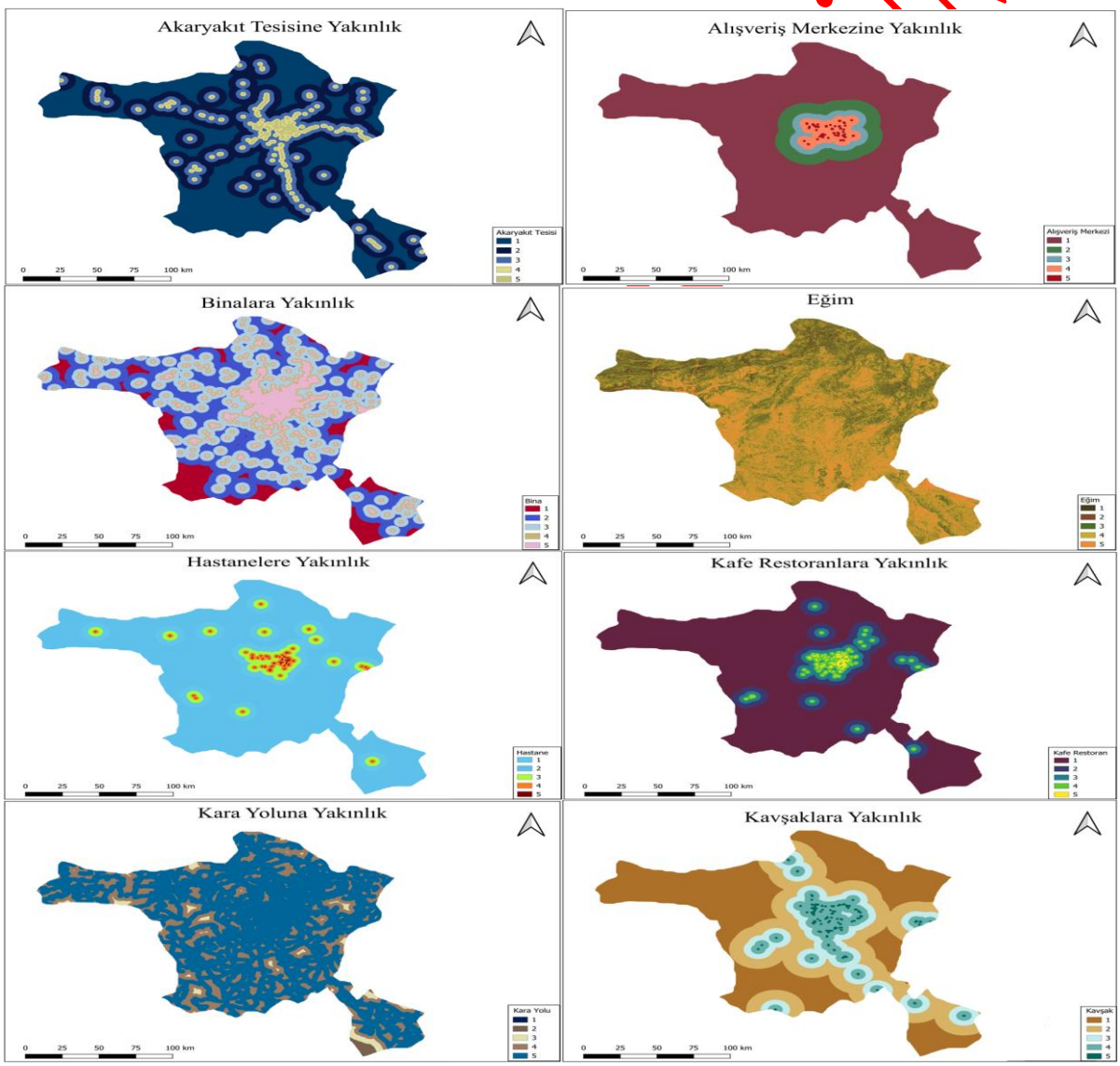
ERKEN GÖRÜNÜM

Tablo 3 (Devam). Kriterlerin ağırlıkları ve tüm alt kriterlerin puanları (Weights of criteria and scores of all sub-criteria)

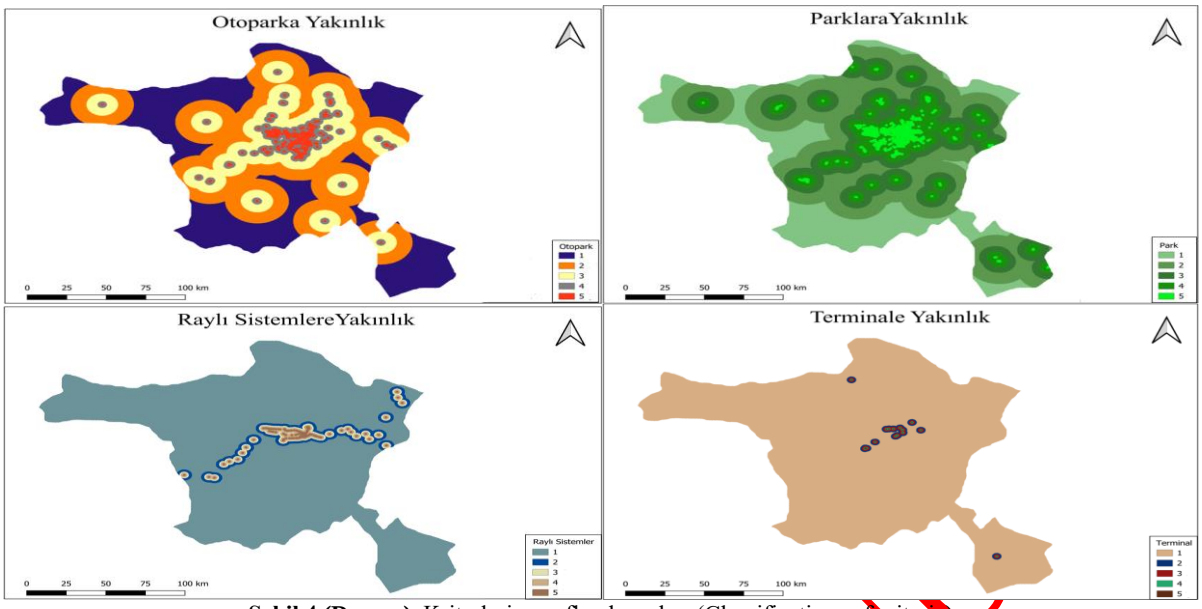
Terminal	0,080	0-0.5 km	5	Çok Yüksek Uygun
		0.5-1 km	4	Yüksek Uygun
		1-2 km	3	Orta Uygun
		2-3 km	2	Düşük Uygun
		>=3 km	1	Çok Düşük Uygun

Kriterlerin ilişkilendirilmesinde elde edilen sonuçlara göre kara yolu kriterinin ağırlığı en yüksek bulunmuştur. En düşük ağırlığa sahip kriter ise raylı sistemler olmuştur. Tablo 3'te yer alan alt kriter skorlarına göre uygulanan yeniden sınıflandırma işlemi sonuçları Şekil 4'te yer almaktadır.

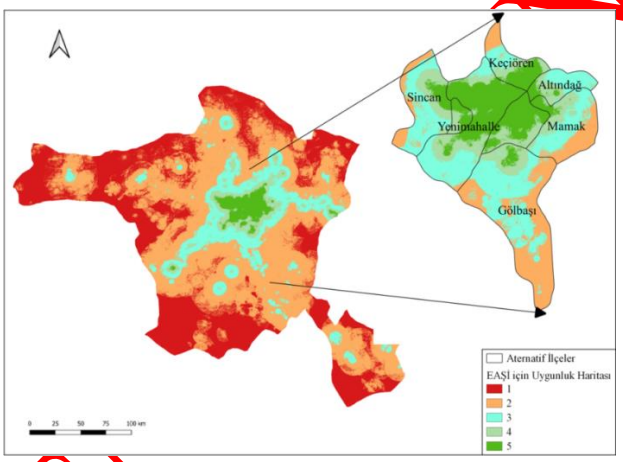
Kriter ağırlıkları dikkate alınarak katmanların çakıştırma işlemi ile elde edilen EAŞİ için uygunluk haritası Şekil 5'te yer almaktadır. Şekil 5'te gösterilen haritada "5" puan "Çok yüksek uygun", "4" puan "Yüksek uygun", "3" puan "Orta uygun", "2" puan "Düşük uygun" ve "1" puan ise "Çok düşük uygun" olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4. Kriterlerin sınıflandırmaları (Classifications of criteria)



Şekil 4 (Devam). Kriterlerin sınıflandırmaları (Classifications of criteria)



Şekil 5. Ankara için EAŞİ uygunluk haritası ve alternatif ilçeler (EVCS suitability map for Ankara and alternative districts)

Şekil 5'te uygunluk seviyesine göre her renk farklı bir sınıfı göstermektedir. Sınıflara ait alanların yüzde (%) oranları Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. Ankara'da EAŞİ için uygunluk alanı (Suitability area for EVCS in Ankara)

Sıra	Etki seviyesi	Alan(km^2)	Alan(%)
1	Çok Düşük Uygun	9164.114	35.75
2	Düşük Uygun	12149.9	47.40
3	Orta Uygun	2868.106	11.18
4	Yüksek Uygun	833.0598	3.25
5	Çok Yüksek Uygun	616.8233	2.41

Tablo 4 incelendiğinde elektrikli araç şarj istasyonu için çok yüksek uygun, yüksek uygun, orta uygun, düşük uygun ve çok düşük uygun alanlar sırasıyla toplam alanın %2.41, %3.25, %11.18, %47.40 ve %35.75'ine denk gelmektedir.

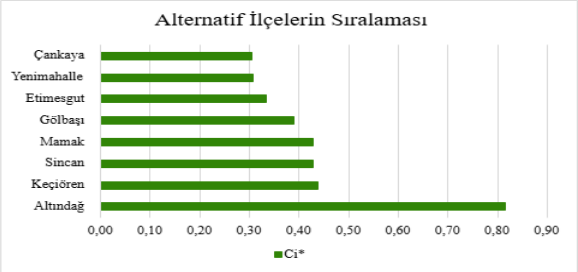
5.3. EAŞİ için Alternatif İlçelerin Sıralaması

Uygunluk haritasının referans alınmasıyla çok yüksek uygun, yüksek uygun ve orta uygun alanların bulunduğu ilçeler dikkate alınarak alternatif ilçeler belirlenmiş ve bu ilçelerdeki nüfus sayısı [7], halka açık EAŞİ sayısı [103] ve turist sayısı (ilçelerde konaklama sayısı) [104] verisi ile EAŞİ için sıralama yapılmıştır. İncelenen kriterler için ilgili kurumdan temin edilen veri Tablo 5'te yer almaktadır. Bu kriterlerin önem ağırlıkları Bulanık Mantık DEMATEL yöntemi kullanılarak elde edilmiş ve Tablo 5'te yer alan alternatif ilçelere ait veriye ve kriter ağırlıklarına göre alternatif ilçeler TOPSIS yöntemi kullanılarak sıralanmıştır. Tablo 5'te yer alan ilçeler EAŞİ için kentsellik kapsamında belirlenen kriterlere göre elde edilen uygunluk haritasında çok yüksek uygun, yüksek uygun ve orta uygun alanları kapsamaktadır. Bu ilçeler EAŞİ'ye olan ihtiyaç ile nüfus, mevcut EAŞİ (halka açık) ve turist sayısı (konaklama yapan kişi sayısı) ile ilişkilendirilmiştir.

Tablo 5. Alternatif ilçelere ait kullnaılan veri ve TOPSIS sonuçları (Data used for alternative districts and TOPSIS results)

Alternatif ilçeler	Kriter Ağırlığı	0,341	0,3044	0,3537
	Ci*	Nüfus	Mevcut EAŞİ	Turist sayısı
Altındağ	0,82	414.893	30	119 615
Çankaya	0,30	947.330	317	24 544
Etimesgut	0,33	629.112	120	1 481
Gölbaşı	0,39	165.201	58	15 918
Keçiören	0,44	932.128	27	450
Mamak	0,43	686.777	27	5 682
Sincan	0,43	590.309	26	9 151
Yenimahalle	0,31	714.866	172	8 263

Şekil 6'da alternatif ilçelerin sıralaması gösterilmektedir. Tablo 5'ten ve Şekil 6'dan anlaşıldığı üzere bu çalışmada EAŞİ için ilk sırada Altındağ ilçesi elde edilmiştir.



Şekil 6. Alternatif ilçelerin sıralaması

Tablo 5 incelendiğinde en fazla nüfus ve EAŞİ, Çankaya ilçesine aittir. En fazla turist sayısı ise Altındağ ilçesindedir. Altındağ ilçesinde nüfusu, EAŞİ sayısı ise düşüktür. Altındağ ilçesinin ilk sıraya yerleşmesinde yüksek turist sayısı ve düşük EAŞİ sayısı parametreleri etkili faktör olurken, Keçiören ilçesinin ikinci sırada yer alması yüksek nüfus ve düşük EAŞİ sayısı ile açıklanabilir. Çankaya ilçesinin en son sırada bulunmasında ise yüksek EAŞİ sayısının etkisinden söz edilebilir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Enerji alanında arz ve talep için etkili politikalar yürütülemezse 2050 yılına kadar sera gazı emisyonunun ikiye katlanacağı öngörülmektedir [8]. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre ulaşım, dünyanın ikinci büyük karbon emisyonu sektörü haline gelmiştir [105]. Ulaşıma bağlı hava kirliliğinin artması, sürdürülebilir ulaşıma olan ihtiyacı günden güne artırmakta olup tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de ulaşımda sürdürülebilirliğin sağlanması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda elektrikli araçlara yönelim gerçekleşmektedir. Elektrikli araç kullanımının yaygınlaşmasında ülkelerin politikasının etkisi vardır. Elektrikli araçların nispeten düşük maliyetli hizmet sunması [9] kullanıcıların bu araçlara yönelmesinde ve elektrikli araçlarin yaygınlaşmasinda etkilidir. Elektrikli araç şarj istasyonlarının uygun olmayan alanlara kurulması elektrikli araç kullanıcılarını ve trafik ağlarını doğrudan etkileyebileceğinden EAŞİ için uygun alan seçimi önemli bir konudur [12]. EAŞİ için en uygun yerlerin belirlenmesi, yüksek kaliteli tesislerin çalışma verimliliğinin sağlanması ve elektrikli araç kullanımının yaygınlaşması bakımından oldukça etkilidir.

Metropollerde yoğun trafik, hava kirliliğinin belirli bir yerde yoğunlaşmasına sebep olurken aynı zamanda çevreye yayılan gürültü ile rahatsızlığa sebep olabilir. Elektrikli araçlar çok düşük egzoz emisyonu yayarak veya hiç yaymayarak, çok az gürültü ile daha rahat trafik ve daha sağlıklı bir yaşam ortamına katkıda bulunmaktadır [106]. Hem çevreye hem de kullanıcıya sağladığı avantajlardan dolayı elektrikli araç sayısında günden güne artış söz konusudur. Hazırlanan bu çalışma Ankara ilinin tüm ilçelerini kapsamakta olup üç aşamadan oluşmaktadır. EAŞİ için öncelikli olarak kentsellik ve daha sonra ulaşım yoğunluğu ve EAŞİ'ye duyulan ihtiyaç doğrultunda araştırma yapılmıştır. Uygunluk analizi ve alternatif ilçelerin sıralaması için belirlenen kriterlerin ağırlıkları Bulanık Mantık DEMATEL ile elde edilmiştir. Kentsellik kapsamında incelenen kriterler arasında kara yolu kriterinin önem ağırlığı en yüksek bulunmuştur. Mekânsal analizin gerçekleşmesi için kriterlere ait katmanlar hazırlanarak QGIS'te analizler uygulanmış ve bu katmanların her biri için ayrı ayrı sınıflandırma yapılmıştır. Bu işlemlerin ardından kriter ağırlıklarının QGIS'e aktarılmasıyla uygunluk haritası elde edilmiştir. Uygunluk haritasına göre beş ayrı kategoride incelenen Ankara ilinde çok yüksek uygun alan %2.41 oranında bulunmuştur. Ankara'nın tüm ilçelerinin yer aldığı uygunluk haritasında elde edilen çok yüksek uygun, yüksek uygun ve orta uygun alanlar referans alınarak sekiz alternatif ilçe belirlenmiştir. Alternatif ilçeler nüfus, halka açık EAŞİ sayısı ve turist sayısı kriterlerinin dikkate alınmasıyla TOPSIS yönteminden faydalanılarak sıralanmıştır. Kentsellik kapsamında EAŞİ için en uygun ilçelerden EAŞİ'ye en çok ihtiyaç duyulan ilçe Altındağ bulunmuştur. EAŞİ'ye yönelik Ankara için uygunluk analizinin uygulandığı benzer çalışmalar incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre öneri sunulmuştur. Bu çalışmada ise uygunluk analizi dikkate alınarak belirlenen alternatif ilçelerin gerçek verisi ile EAŞİ'ye ihtiyaç duyulan ilçe için sıralama yapılmıştır.

Elektrikli araç şarj istasyonlarının kurumunda bu çalışma sonucunda elde edilen bulguların dikkate alınması, sürücülerin kullanım rahatlığına ve elektrikli araçların benimsenmesine katkı sağlayacaktır. Gerçekleşen bu yaklaşım, temel değişiklikler yapılarak farklı konum seçenekleri için zahmetsizce uygulanabilir. Ayrıca yer seçim işleminin yapıldığı farklı alanlardaki, ÇKKV tekniklerinin ve mekânsal analizin gerçekleştiği çalışmalara da katkı sunabilir. Çalışmada belirlenen kriterler dışında hava kirliliği, trafo merkezlerin konumu, hane geliri, arazi maliyeti gibi faktörler de dikkate alınarak farklı çalışmalar yapılabilir. Farklı kriterlerin ve metotların kullanılması ile uygun yer seçimi alanının belirlenmesi ve sürdürülebilir ulaşıma yönelik farklı

ERKEN GÖRÜNÜM

çalışmaların hazırlanması hazırlanan bu çalışmanın katkı sağlayabileceği çalışmalardandır.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI
(DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Burçin PAÇACI: Analiz, harita ve literatür kısmına katkı sağlamıştır.

M. Kürşat ÇUBUK: Makalenin tasarım ve veri teminine katkı sağlamıştır.

Serpil EROL: Analiz kısmına katkı sağlamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] Chen, X., Rahaman, M. A., Murshed, M., Mahmood, H. ve Hossain, M. A. "Causality analysis of the impacts of petroleum use, economic growth, and technological innovation on carbon emissions in Bangladesh", ***Energy***, 267, 126565, (2023).

[2] Olanrewaju B. T. ve Olubusoye O. E., "Reduction of petroleum consumption", ***Affordable and Clean Energy***, (2020).

[3] Güler D. ve Yomralioğlu T., "Açık kaynak kodlu CBS yazılımı ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemini içeren elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi önerisi", ***Harita Dergisi***, 163:17-28, (2020).

[4] Zhang Q., Ou X., Yan X. ve Zhang X., "Electric vehicle market penetration and impacts on energy consumption and CO_2 emission in the future: Beijing case", ***Energies***, 10(2):228, (2017).

[5] Nong, D., Simshauser, P. ve Nguyen, D. B. "Greenhouse gas emissions vs CO_2 emissions: Comparative analysis of a global carbon tax", ***Applied Energy,*** 298, 117223, (2021).

[6] İbik, T., "Ulaşım sektörünün hava kirliliği ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi: Akdeniz Bölgesi örneği", ***Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi***, 16(45):324-342, (2017).

[7] ***https://www.tuik.gov.tr/*** "TÜİK", (2025).

[8] Agency I.E., ***Technology Roadmap***, (2009).

[9] Mhana K.H. ve Awad H. A., "An ideal location selection of electric vehicle charging stations: Employment of integrated Analytical Hierarchy Process with Geographical Information System" ***Sustainable Cities and Society***, 107:105456, (2024).

[10] Yılmaz, M. "Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi", ***Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi,*** 4(2), 33-54, (2012).

[11] Liu Z., Wen F. ve Ledwich G., "Optimal planning of electric-vehicle charging stations in distribution systems", ***IEEE Transactions on Power Delivery***, 28(1):102-110, (2012).

[12] Singh P. P., Wen F., Palu I., Sachan S. ve Deb S., "Electric vehicles charging infrastructure demand and deployment: challenges and solutions", ***Energies***, 16(1):7, (2022).

[13] ***https://istatistik.yok.gov.tr/,*** "TÜİK", (2025).

[14] ***http://www.ankara.gov.tr/egitim,*** "Ankara valiliği", (2025).

[15] Le, C. T. D., Cao, T. B. O. ve Duc, D. N. "Optimizing biomass re-collection center locations for Vietnam'S growing bioenergy industry: An integrated Dematel and Gra approach", *Available at SSRN 5143350*. (2025).

[16] Atlı, H. F. "Safety of agricultural machinery and tractor maintenance planning with Fuzzy Logic and MCDM for agricultural productivity", ***International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences,*** 8(1), 25-43, (2024).

[17] Soltani, A. ve Imani, M. A. "Overcoming implementation barriers to renewable energy in developing nations: A case study of Iran using MCDM techniques and Monte Carlo simulation", ***Results in Engineering,*** 24, 103213, (2024).

[18] Danışan T. ve Eren T., "AFAD akreditasyon sistemi'ne başvuru yapan bir kuruluşta kentsel arama kurtarma ekibi için personel seçimi", ***Politeknik Dergisi,*** 27(6):2161-2171, (2023).

[19] Borjalilu N., Sazvar Z. ve Nayeri S., "An integrated method for airline company supplier selection based on the Entropy and Vikor methods: A real case study", ***International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace***, 8(4): 1, (2021).

[20] Bakır M. ve Atalık Ö., "Application of Fuzzy AHP and Fuzzy MARCOS approach for the evaluation of E-service quality in the airline industry", ***Decision Making: Applications in Management and Engineering***, 4(1):127-152, (2021).

[21] Kaymaz Ç. K., Birinci S. ve Kızılkan Y., "Sustainable development goals assessment of Erzurum province with SWOT-AHP analysis", ***Environment, Development and Sustainability***, 24(3):2986-3012, (2022).

[22] Yıldırım R. ve Karadöl İ., "Çok kriterli karar verme metodu ile biyogaz üretimindeki en iyi enerji bitkisinin belirlenerek Türkiye ölçeğindeki enerji potansiyelinin hesaplanması", ***Politeknik Dergisi,*** 28(1): 35-43, (2025).

[23] Zhao, H., Wang, S. ve Lu, C. "A study on site selection of wind power plant based on prospect theory and VIKOR: A case study in China", ***Kybernetes,*** (2024).

[24] Eren, E. ve Katanalp, B. Y. "Fuzzy-based GIS approach with new MCDM method for bike-sharing station site selection according to land-use types", ***Sustainable Cities and Society,*** 76, 103434, (2022).

[25] Ahadi P., Fakhrabadi F., Pourshaghaghy A. ve Kowsary F., "Optimal site selection for a solar power plant in Iran

ERKEN GÖRÜNÜM

via the Analytic Hierarchy Process (AHP)", ***Renewable Energy***, 215:118944, (2023).

[26] Sakalli, B., Olgac, E. ve Karasan, A., "Site Selection with Fuzzy DEMATEL for a post-earthquake temporary Shelter in Türkiye. In *2024* ***International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic)*** (pp. 235-240). IEEE, (2024).

[27] Paçacı, B., Erol, S. ve Çubuk, K. "Çok modlu taşımacılığa uygun lojistik merkez yer seçimi için bir öneri: Türkiye uygulaması", ***Politeknik Dergisi,*** 26(2), 923-928, (2023).

[28] Chakraborty, S. ve Dolui, S. "Mapping alternative solid waste disposal sites using Fuzzy-DEMATEL method in coastal city of Visakhapatnam, Andhra Pradesh (India)", In ***Water, Land, and Forest Susceptibility and Sustainability*** (pp. 215-260). Academic Press, (2023).

[29] Özdemir, A., Alaybeyoglu, A. ve Balbal, K. F. "Bulanık mantığın eğitim alanındaki uygulamaları", ***Bilim Eğitim Sanat ve Teknoloji Dergisi,*** *3*(1), 45-50, (2019).

[30] Şimşek, S. ve Sev, A. "Yüksek yapılarda strüktürel sanatın bulanık mantık Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ile değerlendirilmesi", ***Megaron,*** *16*(3), (2021).

[31] Karcıoğlu, R., Yalçın, S. ve Gültekin, Ö. F. "Sezgisel bulanık mantık ve Entropi tabanlı çok kriterli karar verme yöntemiyle finansal performans analizi: BİST'de işlem gören enerji şirketleri üzerine bir uygulama", ***MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi,*** *9*(1), 360-372, (2020).

[32] Aydın, Y. ve Eren, T. "Hava savunma sanayii alt yüklenici seçiminde bulanık mantık altında çok kriterli karar verme ve hedef programlama yöntemlerinin kullanılması", ***Journal of Aviation,*** *2*(1), 10-30, (2018).

[33] Taştan, B. ve Bozkan, E. Z. "Rüzgâr enerji santrallerinin kuruluş yeri seçiminde CBS, Çok Kriterli Karar Verme Analizi ve Bulanık Mantık yönteminin kullanılması: Kastamonu ili örneği", ***Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,*** *30*(1), 172-190, (2025).

[34] Polat, T. K. "Risk priority with Fuzzy Logic: Application of a textile factory", ***Sakarya University Journal of Science,*** *23*(2), 203-212, (2019).

[35] Gökalp, Y. "Sağlık turizmi yatırımlarının etkinliğinin artırılmasına yönelik öncelikli stratejilerin küresel Bulanık TOP-DEMATEL yöntemiyle belirlenmesi", ***Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi,*** *25*(1), 1-15, (2024).

[36] Luo, N., Yu, H., You, Z., Li, Y., Zhou, T., Jiao, Y., ... ve Qiao, S. "Fuzzy Logic and Neural Network-based risk assessment model for import and export enterprises: A review", ***Journal of Data Science and Intelligent Systems,*** *1*(1), 2-11, (2023).

[37] Lin, K. P., Tseng, M. L. ve Pai, P. F. "Sustainable supply chain management using approximate Fuzzy DEMATEL method", ***Resources, Conservation and Recycling,*** *128*, 134-142, (2018).

[38] Battal, Ü. "Türkiye'de havayolu taşımacılığının finansman sorunları: Dematel yöntemi uygulaması", ***Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,*** *11*(2), 96-111, (2018).

[39] Abdullah, L., Zulkifli, N., Liao, H., Herrera-Viedma, E. ve Al-Barakati, A. "An interval-valued intuitionistic Fuzzy DEMATEL method combined with Choquet integral for sustainable solid waste management", ***Engineering Applications of Artificial Intelligence,*** *82*, 207-215, (2019).

[40] Dumanoğlu, S. ve Ergül, N. "İMKB'de işlem gören teknoloji şirketlerinin malî performans ölçümü", ***Muhasebe ve Finansman Dergisi,*** (48), 101-111, (2010).

[41] Gelashvili, T. "Çok kriterli karar verme yöntemleri ile performans değerlendirmesi: AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin karşılaştırılması", ***Master's thesis,*** Dokuz Eylul Universitesi (Turkey), (2019).

[42] Özüdoğru, H. ve Uzun, H. "Sigortacılık sektöründe hizmet kalitesinin değerlendirilmesi: AHS ve TOPSIS Yöntemi", ***İşletme Araştırmaları Dergisi,*** *16*(2), 1200-1225, (2024).

[43] Çilhoroz, Y. "OECD ülkelerinin sağlığın yaşam biçimi belirleyicileri bakımından Topsis yöntemiyle karşılaştirilmasi", ***Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,*** *41*(2), 229-250, (2023).

[44] Gögebakan, M. "Ülkelerin lojistik performanslarının Entropi tabanlı TOPSIS yöntemine göre sıralanması", ***Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi,*** *5*(2), 146-156, (2022).

[45] Zhang, Y., Zhang, Y., Zhang, H. ve Zhang, Y. "Evaluation on new first-tier smart cities in China based on Entropy method and TOPSIS", ***Ecological Indicators,*** *145*, 109616, (2022).

[46] Hajiaghaei-Keshteli, M., Cenk, Z., Erdebilli, B., Özdemir, Y. S. ve Gholian-Jouybari, F. "Pythagorean Fuzzy TOPSIS method for green supplier selection in the food industry", ***Expert Systems with Applications,*** *224*, 120036, (2023).

[47] Wu, H. W., Li, E. Q., Sun, Y. Y. ve Dong, B. T. "Research on the operation safety evaluation of urban rail stations based on the improved TOPSIS method and Entropy weight method", ***Journal of Rail Transport Planning & Management,*** *20*, 100262, (2021).

[48] Sangaiah A. K., Gopal J., Basu A. ve Subramaniam P. R. "An integrated Fuzzy DEMATEL, TOPSIS, and ELECTRE approach for evaluating knowledge transfer effectiveness with reference to GSD project outcome", ***Neural Computing and Applications***, 28:111-123, (2017).

[49] Nasri S. A., Ehsani B., Hosseininezhad S. J. ve Safaie N. "A sustainable supplier selection method using integrated Fuzzy DEMATEL–ANP–DEA approach (Case study: Petroleum Industry)", ***Environment, Development and Sustainability***, 25(11):12791-12827, (2023).

[50] Karaşan A. ve Kahraman C. "A novel intuitionistic Fuzzy DEMATEL–ANP–TOPSIS integrated methodology for freight village location selection", ***Journal of Intelligent & Fuzzy Systems***, 36(2):1335-1352, (2019).

[51] Baykasoğlu A., Kaplanoğlu V., Durmuşoğlu Z. D. ve Şahin C. "Integrating Fuzzy DEMATEL and Fuzzy Hierarchical TOPSIS methods for truck selection", ***Expert Systems with Applications***, 40(3):899-907, (2013).

[52] Mavi R. K., Kazemi S., Najafabadi A. F. ve Mousaabadi H. B. "Identification and assessment of logistical factors

ERKEN GÖRÜNÜM

to evaluate a green supplier using the Fuzzy Logic DEMATEL method", ***Polish Journal of Environmental Studies***, 22(2):(2013).

[53] Chakraborty, S. ve Dolui, S. Mapping alternative solid waste disposal sites using Fuzzy-DEMATEL method in coastal city of Visakhapatnam, Andhra Pradesh (India). ***In Water, Land, and Forest Susceptibility and Sustainability*** (pp. 215-260). Academic Press. (2023).

[54] Tzeng G. H., "Combination of Fuzzy-AHP and DEMATEL-ANP with GIS in a new hybrid MCDM model used for the selection of the best space for leisure in a blighted urban site", ***Technological and Economic Development of Economy***, 21(5):773-796, (2015).

[55] Abkenari M. "Evaluation and prioritization of construction projects on the basis of risk factors using ANP-DEMATEL-TOPSIS integrated approach in fuzzy conditions", ***Master's thesis,*** Eastern Mediterranean University (EMU)-Doğu Akdeniz Üniversitesi (DAÜ), (2014).

[56] Jin G., Jin G. ve Huo H., "Selection of business process modeling tool with the application of Fuzzy DEMATEL and TOPSIS method", ***Axioms***, 11(11):601, (2022).

[57] Ertuğrul İ. ve Özçil A., "Bulanık Topsis ve Bulanık Dematel ile Sigorta firmaları performans analizi", ***Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi***, 6(1):175-200, (2016).

[58] Kuzu, A. C. "Application of Fuzzy DEMATEL approach in maritime transportation: A risk analysis of anchor loss", ***Ocean Engineering,*** 273, 113786, (2023).

[59] Kaya, Ö., Tortum, A., Alemdar, K. D. ve Çodur, M. Y. Site selection for EVCS in Istanbul by GIS and multi-criteria decision-making. ***Transportation Research Part D: Transport and Environment,*** *80*, 102271, (2020).

[60] Akay, H. "Flood hazards susceptibility mapping using statistical, Fuzzy Logic, and MCDM methods", ***Soft Computing,*** *25*(14), 9325-9346, (2021).

[61] Zarin, R., Azmat, M., Naqvi, S. R., Saddique, Q. ve Ullah, S. "Landfill site selection by integrating Fuzzy Logic, AHP, and WLC method based on multi-criteria decision analysis", ***Environmental Science and Pollution Research,*** *28*, 19726-19741, (2021).

[62] Mallik, S., Mishra, U. ve Paul, N. "Groundwater suitability analysis for drinking using GIS based Fuzzy Logic", ***Ecological indicators,*** *121*, 107179, (2021).

[63] Aghaloo, K., Ali, T., Chiu, Y. R. ve Sharifi, A. "Optimal site selection for the solar-wind hybrid renewable energy systems in Bangladesh using an integrated GIS-based BWM-Fuzzy logic method", ***Energy Conversion and Management,*** *283*, 116899, (2023).

[64] Hoang, T. N., Ly, T. T. B. ve Do, H. T. T. "A hybrid approach of wind farm site selection using Group Best-Worst Method and GIS-Based Fuzzy Logic Relations. A case study in Vietnam", ***Environmental Quality Management,*** *32*(2), 251-267, (2022).

[65] Erdin, C. ve Çağlar, M. "Rural fire risk assessment in GIS environment using Fuzzy Logic and the AHP approaches", ***Polish Journal of Environmental Studies,*** 30(6), (2021).

[66] Chaibi, M., Ben Ghoulam, E. M., Khallouk, N., Tarik, L., El Yousfi, Y., El Hmaidi, A., ... ve Mabrouki, J. "A novel Fuzzy-Multi-Criteria-GIS-Machine Learning approach for onshore wind power plant site selection", ***Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration,*** 1-21, (2024).

[67] Yayar, R. ve Baykara, H. V. "TOPSIS yöntemi ile katılım bankalarının etkinliği ve verimliliği üzerine bir uygulama", ***Business and Economics Research Journal,*** *3*(4), 21-42, (2012).

[68] Frade I., Ribeiro A., Gonçalves G. ve Antunes A. P., "Optimal location of charging stations for electric vehicles in a neighborhood in Lisbon, Portugal", ***Transportation Research Record***, 2252(1):91-98, (2011).

[69] Guo S. ve Zhao H., "Optimal site selection of electric vehicle charging station by using Fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective", ***Applied Energy***, 158:390-402, (2015).

[70] Hosseini S. ve Sarder M. D., "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, (2019).

[71] Sang X., Yu X., Chang C. T. ve Liu X., "Electric bus charging station site selection based on the combined DEMATEL and PROMETHEE-PT framework", ***Computers & Industrial Engineering***, 168:108116, (2022).

[72] Kaya, Ö., Alemdar, K. D., Campisi, T., Tortum, A. ve Çodur, M. K. "The development of decarbonisation strategies: A three-step methodology for the suitable analysis of current EVCS locations applied to Istanbul, Turkey", ***Energies,*** 14(10), 2756, (2021).

[73] Rane N.L., et al., "An integrated GIS, MIF, and TOPSIS approach for appraising electric vehicle charging station suitability zones in Mumbai, India", ***Sustainable Cities and Society***, 97: 104717, (2023).

[74] Yılmaz, I., Özceylan, E. ve Ali, S. S. "Enhancing electric vehicles charging stations decisions by GIS-based MACBETH and linguistic evaluations through mixed-integer novel model", ***Benchmarking: An International Journal,*** (2025).

[75] Sattar, M. D., Ranjha, S., Ekambaram, P., Sattar, M. A., Haque, R., Jahirul, M. I. ve Hassan, N. M. S. "Fuzzy AHP Multi-Criteria Decision Making and GIS mapping for EV charging infrastructure", ***UniSC,*** (2024).

[76] Yılmaz İ., Özceylan E. ve Mrugalska B., "A framework for evaluating electrical vehicle charging station location decisions in a spherical fuzzy environment: A case of shopping malls", ***Annals of Operations Research***, 1-25, (2023).

[77] Erbaş M., Kabak M., Özceylan E. ve Çetinkaya C., "Optimal siting of electric vehicle charging stations: A GIS-based fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis", ***Energy***, 163:1017-1031, (2018).

[78] Elomiya A., Křupka J., Jovčić S., Simic V., Švadlenka L. ve Pamucar D., "A hybrid suitability mapping model integrating GIS, machine learning, and multi-criteria decision analytics for optimizing service quality of electric vehicle charging stations", ***Sustainable Cities and Society***, 106:105397, (2024).

ERKEN GÖRÜNÜM

[79] Sisman S., Ergul I. ve Aydınoglu A.C., "Designing GIS-based site selection model for urban investment planning in smart cities with the case of electric vehicle charging stations", ***The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences***, 46:515-522, (2021).

[80] Guler D. ve Yomralioglu T., "Suitable location selection for the electric vehicle fast charging station with AHP and fuzzy AHP methods using GIS", ***Annals of GIS***, 26(2): 169-189, (2020).

[81] Linzhao S. "Site selection for EVCSs by GIS-based AHP method", ***E3S Web of Conferences,*** (2020).

[82] Bilgilioğlu S.S., "Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi" , ***Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi***, 22(1):165-174, (2022).

[83] Okta K., "Charging station placement for electric vehicles by using FAHP and K-Means clustering", ***Master of Science***, Republic of Türkiye Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University (2024).

[84] Rashmitha Y., Sushma M. ve Roy S., "A novel multi-criteria framework for selecting optimal sites for electric vehicle charging stations from a sustainable perspective: evidence from India", ***Environment, Development and Sustainability***, 1-27, (2024).

[85] Ghodusinejad M. H., Noorollahi Y. ve Zahedi R., "Optimal site selection and sizing of solar EV charge stations", ***Journal of Energy Storage***, 56:105904, (2022).

[86] Sisman A., "Identification of suitable sites for electric vehicle charging stations; A geographical information systems based multi criteria decision making approach" ***Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects***, 45(2):4017-4030, (2023).

[87] Özçekiç E., "Electric vehicle charging station positioning problem: Multi-criteria decision making analysis with Entropy, CoCoSo and EDAS Methods", ***Bilga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi***, 5(3):187-202, (2024).

[88] Wang, T. C. ve Lee, H. D. "Developing a Fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights", ***Expert Systems with Applications,*** *36*(5), 8980-8985, (2009).

[89] Kumar, R. "A Comprehensive review of MCDM methods, applications, and emerging trends", ***Decision Making Advances,*** 3(1), 185-199, (2025).

[90] Tseng M. L. ve Lin Y. H., "Application of Fuzzy DEMATEL to develop a cause and effect model of municipal solid waste management in Metro Manila", ***Environmental monitoring and assessment***, 158:519-533, (2009).

[91] Eroğlu, Ö. ve Gencer, C. "Bakım/onarım alternatiflerinin Bulanık Dematel ve Smaa-2 yöntemleriyle değerlendirilmesi", ***Kara Harp Okulu Komutanlığı Savunma Bilimleri Enstitüsü Malzeme Tedarik ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı,*** (2014).

[92] Kuzu, A. C., "Application of Fuzzy DEMATEL approach in maritime transportation: A risk analysis of anchor loss", ***Ocean Engineering,*** *273*, 113786, (2023).

[93] Orji, I. J. ve Wei, S., "An innovative integration of Fuzzy-logic and systems dynamics in sustainable supplier selection: A case on manufacturing industry", ***Computers & Industrial Engineering,*** 88, 1-12, (2015).

[94] Eroğlu, Ö. ve Gencer, C. "Integrating Fuzzy DEMATEL and SMAA-2 for maintenance expenses", ***International Journal of Engineering Science Invention,*** *6*(2), 60-71, (2017).

[95] Gharakhani, D. "The evaluation of supplier selection criteria by Fuzzy DEMATEL method", ***Journal of Basic and Applied Scientific Research,*** 2(4), 3215-3224, (2012).

[96] George-Ufot, G., Qu, Y. ve Orji, I. J., "Sustainable lifestyle factors influencing industries' electric consumption patterns using Fuzzy Logic and DEMATEL: The Nigerian perspective", ***Journal of Cleaner Production,*** *162*, 624-634, (2017).

[97] Aksakal, E. ve Dağdeviren, M., "ANP ve DEMATEL yöntemleri ile personel seçimi problemine bütünleşik bir yaklaşım", ***Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,*** *25*(4), (2010).

[98] ***https://www.qgis.org/tr/site/,*** "QGIS", (2024).

[99] ***https://earthexplorer.usgs.gov/ ,*** "EarthExplorer", (2025).

[100] ***https://www.openstreetmap.org/#map=7/39.031/35.252,*** "OpenStreetMap", (2025).

[101] Orçun, Ç. ve Eren, B. S. "TOPSIS yöntemi ile finansal performans değerlendirmesi: XUTEK üzerinde bir uygulama", ***Muhasebe ve Finansman Dergisi,*** (75), 139-154, (2017).

[102] Arıbaş M. ve Özcan U., "Akademik araştırma projelerinin AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi", ***Politeknik Dergisi,*** 19(2):163-173, (2016).

[103] ***https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-0-87/lisans,*** "EPDK", (2025).

[104] ***https://www.ktb.gov.tr/, "***T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı", (2025).

[105] Yu, Y., Li, S., Sun, H. ve Taghizadeh-Hesary, F., "Energy carbon emission reduction of China's transportation sector: An input–output approach", ***Economic Analysis and Policy,*** 69, 378-393, (2021).

[106] Mastoi, M. S., Zhuang, S., Munir, H. M., Haris, M., Hassan, M., Usman, M., ... ve Ro, J. S. "An in-depth analysis of electric vehicle charging station infrastructure, policy implications, and future trends", ***Energy Reports,*** 8, 11504-11529, (2022).

ERKEN GÖRÜNÜM