






Elektrikli araç şarj istasyonları için AHP yöntemi ile uygun yer seçimi: Konya örneği

Suitable site selection for electric vehicle charging stations with AHP method: The case of Konya

Tansu Alkan¹ , Ömer Faruk Atiz^{2,*} , Süleyman Savaş Durduran³ 

^{1,2,3} Necmettin Erbakan Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42090, Konya, Türkiye

Öz

Elektrikli araçlar fosil yakıtlı araçlara göre hem ekonomik hem de çevre dostu araçlardır. Elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması için şarj istasyonu ağlarının kurulması gereklidir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, elektrikli araç şarj istasyonlarının (EAŞİ) sürdürülebilir yer seçiminde etkili olan birçok kriterin değerlendirilmesi için kullanılan bir tekniktir. Bu çalışmanın amacı Konya ilinde kurulacak EAŞİ için potansiyel yerlerin belirlenmesidir. EAŞİ yer seçiminde etkili olan kriterler tespit edilmiş ve ÇKKV yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Mekânsal analizler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla yapılmıştır. Uygunluk haritası elde edilmiş ve karar vericilere yeni kurulacak EAŞİ için uygun alanlar önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Elektrikli araç şarj istasyonu, Analitik Hiyerarşi Prosesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Yer seçimi

1 Giriş

Elektrikli araçlar günümüzde fosil yakıtlı araçların yerini almaya başlamıştır. Ülkemizde elektrikli araç satışı 2022 yılının ilk altı ayı itibarıyla bir önceki yıla oranla yaklaşık üç kat oranda artmıştır [1]. Elektrikli araçların tercih edilme nedenleri incelendiğinde; çevre dostu olmasının yanı sıra yakıt tüketim maliyetlerinin düşük olduğu görülmektedir [2, 3]. Elektrikli araçların fosil yakıtlı araçlara göre en büyük eksikliği ise düşük menzile sahip olmalarıdır. Dolayısıyla şehir içi ve şehirlerarası trafikte yaygınlaşabilmesi için şarj istasyonu ağlarına ihtiyaç vardır. Dünyada elektrikli araç teknolojisinde yaşanan gelişmeler ülkemizde de karşılık görmeye başlamış ve pek çok kuruluş şarj istasyonu ağlarını kurmaya başlamıştır. Ülkemizde yasal mevzuat açısından da düzenlemeler getirilmeye başlamış olup Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Şarj Hizmeti Yönetmeliğini oluşturmuştur [4]. Yönetmeliğe göre şarj ağı işletmecileri lisans aldıktan sonra 6 ay içinde en az elli adet olmak üzere beş farklı ilçeyi kapsayan şarj istasyonu ağlarını kurmak zorundadır.

Şarj ağı işletmecileri elektrikli araç şarj istasyonlarının (EAŞİ) yerlerini hızlı ve doğru bir şekilde planlanmalıdır.

Abstract

Electric vehicles are both economical and environmentally friendly vehicles compared to fossil fuel vehicles. It is necessary to establish charging station networks for the widespread use of electric vehicles. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods are used to evaluate many criteria that are effective in the sustainable site selection of electric vehicle charging stations (EVCS). The aim of this study is to determine the potential locations for EVCS to be established in Konya. The criteria that are important for EVCS site selection were determined and the importance levels of the criteria were calculated using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, which is one of the MCDM methods. The spatial analyzes were done with Geographic Information Systems (GIS). The suitability map was obtained and the new suitable areas for EVCS were proposed to decision makers.

Keywords: Electric vehicle charging stations, Analytical Hierarchy Process, Geographic Information Systems, Site selection

EAŞİ yer seçimi için önemli olan pek çok kriter bulunmaktadır. Çok sayıda kriter bulunması durumunda ise karar verme süreci daha karmaşık hale gelmektedir. Karar vericilere destek olması bakımından Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri geliştirilmiştir. ÇKKV yöntemlerinden başlıcaları; AHP (Analytical Hierarchy Process), FAHP (Fuzzy AHP), TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution), ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English) şeklinde sayılabilir [5].

Birçok alan için en uygun yer seçimi probleminde kriter ağırlıkları ÇKKV yöntemleri ile başarılı bir şekilde belirlenebilmektedir [6,7]. Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra mekânsal analizler ve sonuç haritalarının üretilmesi Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile yapılabilmektedir. Uygun yer seçimi çalışmalarında kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada da CBS tabanlı AHP yöntemi ile uygun yer seçimi metodolojisi izlenmiştir.

EAŞİ uygun yer seçimi konusunda yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Güler ve Yomralıoğlu [8], açık

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: oatiz@erbakan.edu.tr (Ö. F. Atiz)

Geliş / Received: 14.10.2022 Kabul / Accepted: 26.12.2022 Yayınlanma / Published: 15.01.2023

doi: 10.28948/ngumuh.1189242

kaynak kodlu CBS yazılımı ve FAHP yöntemini kullanarak EAŞİ uygun yer seçimi için bir model geliştirmişler ve İstanbul ilinde seçilen bir bölge için uygulamışlardır. Erbaş vd. [9] Ankara ilinde yaptıkları çalışmada CBS tabanlı AHP-TOPSIS hibrit yöntemini kullanmışlardır. Sonuçta seçilen yerlerin mevcuttaki EAŞİ yerlerinden daha uygun olduğunu ortaya koymuşlardır. Sun [10], CBS tabanlı AHP yöntemini kullanarak Çin’de yaklaşık 1.5 milyon nüfusu olan bir bölge için EAŞİ en uygun yer seçimini araştırmıştır. Türkiye’de ÇKKV yöntemleriyle EAŞİ yer seçimi için yapılan çalışmaların genellikle metropol kentler olan İstanbul [11, 12] ve Ankara [9, 13] illerinde yapıldığı görülmektedir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle çalışma alanlarının metropol kentler olduğu görülmektedir. Bu çalışmada Konya ili için CBS tabanlı AHP yaklaşımı kullanılarak EAŞİ için en uygun yerler incelenmiştir. Konya ilinde böyle bir çalışma yapılmamış olması ve EPDK Şarj Hizmeti Yönetmeliğine [4] göre şarj ağı işletmecilerinin en az beş farklı ilçede kurulum yapma zorunluluğu olması bu çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmuştur.

2 Materyal ve metot

2.1 Materyal

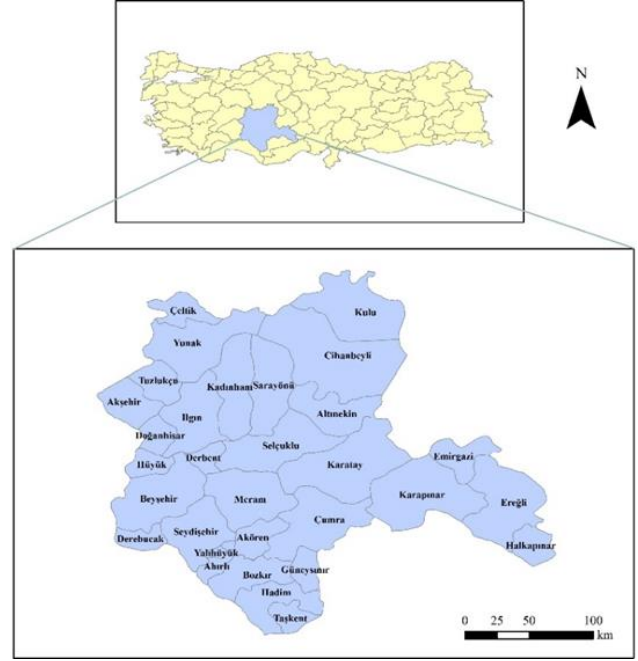
Konya, Türkiye’nin yüzölçümü bakımından en büyük şehri ve nüfus bakımından altıncı şehridir. İlin yüzölçümü yaklaşık 40.000 km²’dir ve 2021 yılı verilerine göre nüfusu 2.277.017’dir [14]. 31 tane ilçesi mevcuttur (Şekil 1).

Bu çalışmada, Konya ilinde EAŞİ için uygun yerlerin belirlenmesinde CBS tabanlı AHP yöntemi kullanılmıştır. Çalışmaya ait metodoloji Şekil 2’de verilmiştir.

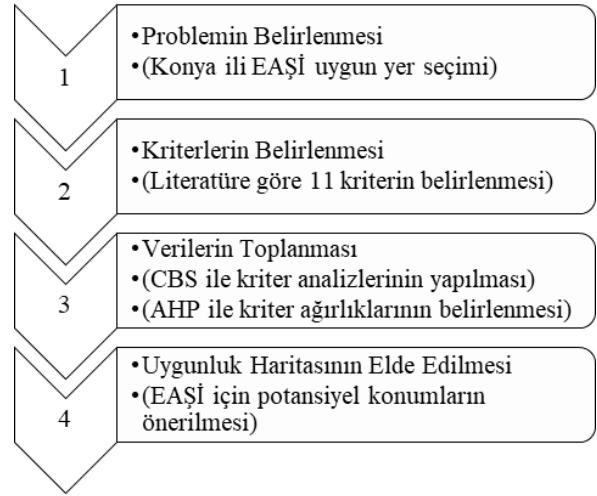
Çalışmada kullanılan kriterler literatürde yapılan çalışmalar dikkate alınarak belirlenmiştir (Tablo 1). Bu kriterler coğrafi özellikler (K1), enerji (K2) ve kentsel özellikler (K3) olmak üzere üç ana kriter altında toplanmıştır. Coğrafi özelliklere ait alt kriterler; eğitim (K1.1), orman alanlarına yakınlık (K1.2), su kaynaklarına yakınlık (K1.3), fay hatlarına yakınlık (K1.4) ve heyelan alanlarına yakınlıktır (K1.5). Enerjiye ait alt kriterler; petrol istasyonlarına yakınlık (K2.1), trafo merkezlerine yakınlık (K2.2) ve mevcut EAŞİ yakınlıktır (K2.3). Kentsel özelliklere ait alt kriterler; nüfus yoğunluğu (K3.1), kamusal alanlara yakınlık (K3.2) ve ana yollara yakınlıktır (K3.3).

Kriterlerin değerlendirilmesinde erişilebilen mühendislerden ve şehir plancılardan görüş alınmıştır.

Alınan uzman görüşlerinin geometrik ortalaması alınarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanı



Şekil 2. Çalışma metodolojisi

Tablo 1. Kriterlerin literatürdeki tanımı ve yeri

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Tanım	[9]	[11]	[15]
K1	K1.1	EAŞİ maliyet ve işletme açısından düz bir zemine yerleştirilmelidir.	✓	✓	
	K1.2	EAŞİ kurulumu bitki örtüsünü olumsuz etkileyebilir, bu yüzden uzak olmalıdır.	✓	✓	✓
	K1.3	EAŞİ kurulumu su kaynaklarını olumsuz etkileyebilir, bu yüzden uzak olmalıdır.	✓	✓	✓
	K1.4	Deprem bölgeleri EAŞİ için tehlikelidir.	✓	✓	
	K1.5	EAŞİ heyelan tehlikesi olan bölgelere yerleştirilmemelidir.	✓	✓	
K2	K2.1	Hibrit araçlar petrol ürünleri kullandığı için EAŞİ petrol istasyonlarına yakın olmalıdır.	✓	✓	
	K2.2	Enerji ihtiyacı açısından EAŞİ trafo merkezlerine yakın olmalıdır.	✓	✓	✓
	K2.3	EAŞİ ideal konumu diğer EAŞİ çok yakın olmamalıdır.	✓	✓	
K3	K3.1	EAŞİ araç talebinin yüksek olduğu nüfusun yoğun olduğu bölgelere yakın olmalıdır.	✓	✓	✓
	K3.2	EAŞİ araç talebinin yüksek olduğu kamusal alanlara yakın olmalıdır.		✓	
	K3.3	EAŞİ ulaşım hareketliliği için ana yollara yakın olmalıdır.	✓	✓	

2.2 Metod

AHP yöntemi ÇKKV yöntemleri arasında en çok kullanılan yöntemlerden biridir. İlk olarak Myers ve Alpert tarafından ortaya atılan bu yöntem Saaty tarafından geliştirilmiştir. AHP yöntemi ile nicel ve nitel verileri birlikte değerlendirmek, kriterlerin önem derecelerini belirlemek ve alternatifleri sıralamak mümkündür. AHP yönteminin işlem adımları şöyledir [16]:

Problemin Tanımlanması ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulması: İlk olarak problem belirlenir ve bu probleme bağlı olarak hiyerarşik yapı oluşturulur. Amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatifler hiyerarşik yapıyı oluşturan unsurlardır.

İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması: Kriterler için $n \times n$ boyutunda ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırma matrislerinde ikili karşılaştırma ölçeği (Tablo 2) kullanılarak kriterler değerlendirilir ve böylelikle kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri belirlenir.

Tablo 2. İkili karşılaştırma ölçeği [16]

Önem Ölçeği	Açıklama
1	Eşit önemlidir.
3	1. kriter 2. kriterden daha önemlidir.
5	1. kriter 2. kriterden çok daha önemlidir.
7	1. kriter 2. kriter göre çok güçlü önemlidir.
9	1. kriter 2. kriter göre mutlak üstün önemlidir.
2, 4, 6, 8	Ara değerler.

Kriterlerin Ağırlıklarının Hesaplanması: Oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinden sonra (Denklem (1)) kriter ağırlıklarını belirlemek için sentezleme işlemi yapılır.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Her sütunun toplam değeri bulunur ve ikili karşılaştırma matrisindeki her eleman bulunduğu sütunun toplam değerine bölünür ve normalize edilmiş matris elde edilir (Denklem (2)). Bu matrisin her bir satırında bulunan değerlerin ortalaması alınır ve W ağırlık vektörü elde edilir (Denklem (3)). Bu vektör her bir kriter için hesaplanan ağırlıklardır.

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3)$$

Tutarlılık Oranının Hesaplanması: Tutarlılık Oranının (CR) hesaplanabilmesi için öncelikle Temel Değer (λ) adı verilen katsayının hesaplanması gerekir. Bunun için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi (A) ile elde edilen ağırlık vektörü (W) çarpılır. Bu çarpım sonucunda elde edilen vektör ile W ağırlık vektöründeki değerler karşılıklı

olarak bölünür ve aritmetik ortalama alınır (Denklem (4)). Böylelikle λ hesaplanmış olur.

$$\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right) \quad (4)$$

Temel değer katsayısı hesaplandıktan sonra Tutarlılık İndeksi hesaplanır (CI) (Denklem (5)). Tutarlılık Oranı (CR) ise, CI değerinin Tablo 3'te verilen Rassallık İndeksi (RI) değerine bölünmesi ile bulunur (Denklem (6)).

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

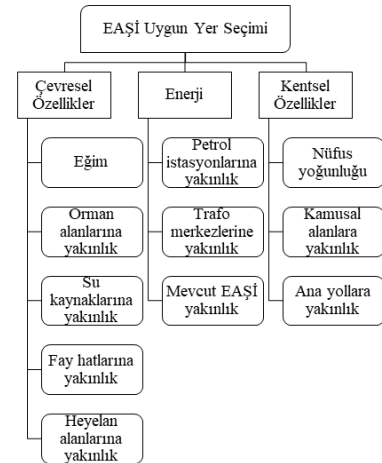
Tablo 3. Rassallık indeksi değerleri [17]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlı olup olmadığını test etmek için tutarlılık oranı hesaplanır. Saaty [16] bu oranının en fazla 0.10 olmasını önermiştir. Tutarlılık oranı 0.10'dan küçükse yapılan karşılaştırmalar tutarlıdır. Bu oranın 0.10'dan fazla olması durumunda ise yapılan karşılaştırmalar tutarsızdır.

3 Bulgular ve tartışma

Konya ilinde EAŞİ konumları için uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada öncelikle EAŞİ konumunun belirlenmesinde etkili olan kriterler literatür incelenerek belirlenmiştir. Belirlenen kriterlere ait veriler açık veriler kullanılarak elde edilmiştir. ÇKKV yöntemleri içinde en fazla tercih edilen AHP yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. AHP yönteminin uygulanmasında ilk adım hiyerarşik yapının oluşturulmasıdır. Şekil 3'te bu çalışma için oluşturulan hiyerarşik yapı verilmiştir.



Şekil 3. Kriterlere ait hiyerarşik yapı

Ana ve alt kriterler için ikili karşılaştırma matrisleri literatürde yapılan çalışmalar incelenerek ve uzman görüşleri alınarak oluşturulmuş ve her bir kriterin ağırlığı hesaplanmıştır (Tablo 4-7).

Tablo 4. Ana kriterlere ait ikili karşılaştırma matrisi

CR=0.06	K1	K2	K3	W
K1	1	1/5	1/7	0.0738
K2	5	1	1/3	0.2828
K3	7	3	1	0.6434

Tablo 5. Çevresel özelliklere ait ikili karşılaştırma matrisi

CR=0.07	K1.1	K1.2	K1.3	K1.4	K1.5	W
K1.1	1	1/5	1/3	3	3	0.1586
K1.2	5	1	1	3	3	0.3437
K1.3	3	1	1	3	5	0.3331
K1.4	1/3	1/3	1/3	1	1	0.0870
K1.5	1/3	1/3	1/5	1	1	0.0777

Tablo 6. Enerjiye ait ikili karşılaştırma matrisi

CR=0.03	K2.1	K2.2	K2.3	W
K2.1	1	5	9	0.7482
K2.2	1/5	1	3	0.1804
K2.3	1/9	1/3	1	0.0714

Tablo 7. Kentsel özelliklere ait ikili karşılaştırma matrisi

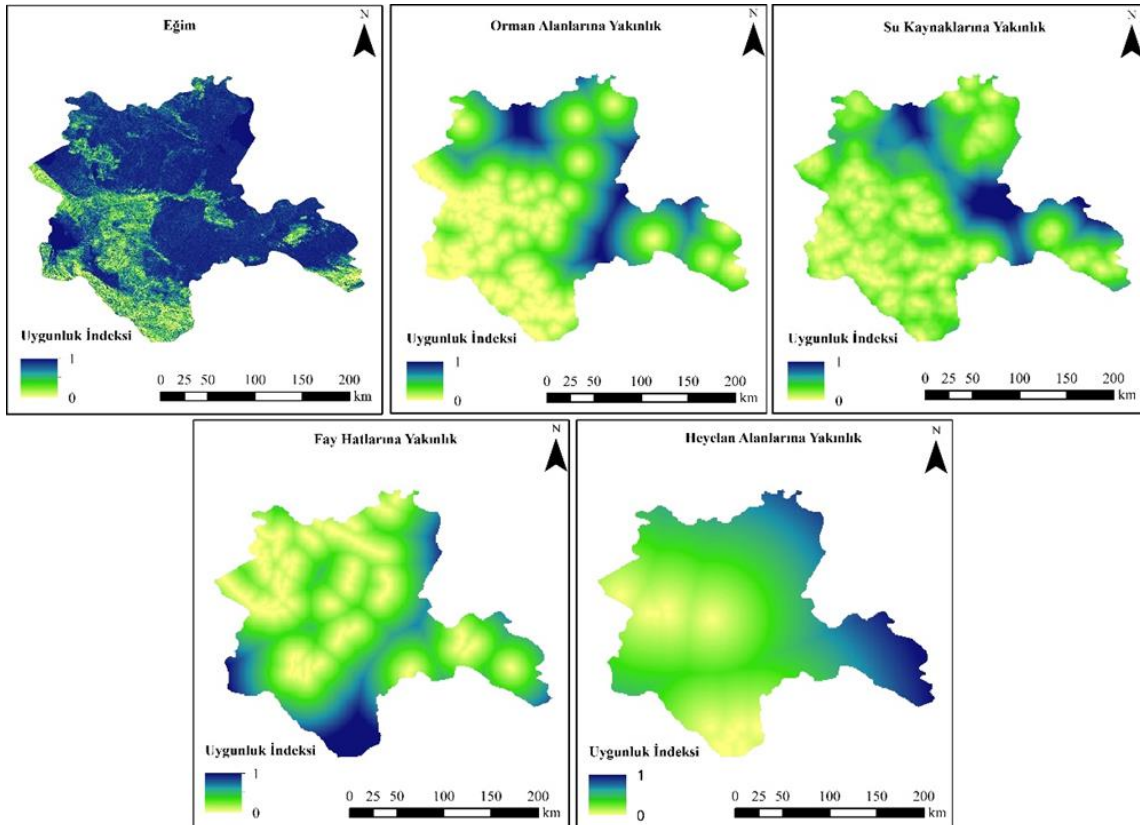
CR=0.03	K3.1	K3.2	K3.3	W
K3.1	1	1/3	1/5	0.1150
K3.2	3	1	1	0.4055
K3.3	5	1	1	0.4796

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranı 0.10'dan küçüktür. Bu da elde edilen sonuçların tutarlı olduğunu göstermektedir. Kriter ağırlıklarını analizde kullanabilmek için ana ve alt kriterler arasında dönüşüm yapılmıştır. Uygunluk haritası üretilirken kullanılan ağırlıklar Tablo 8'de verilmiştir.

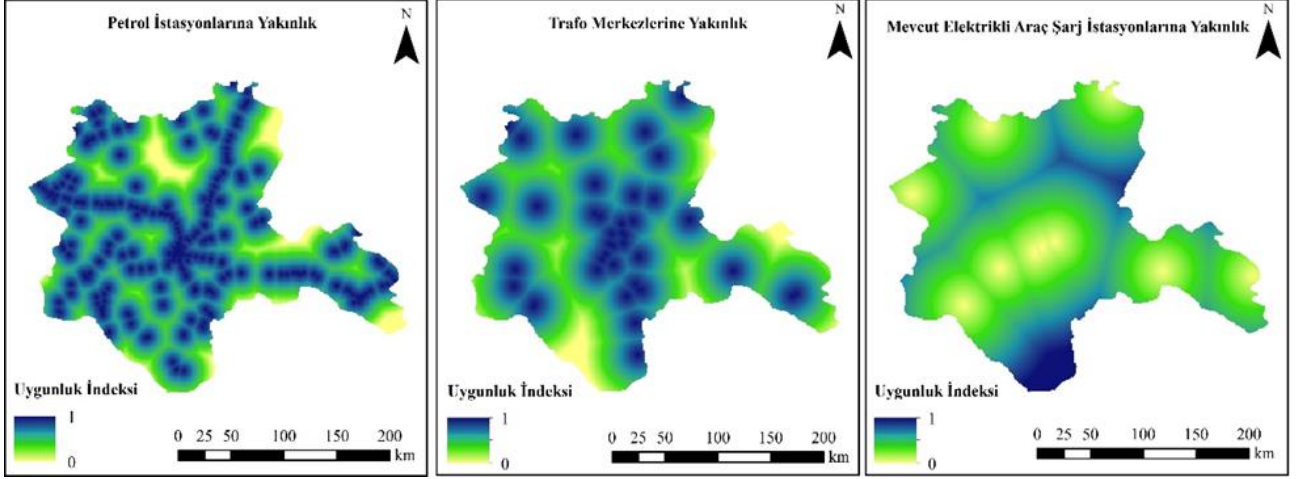
Tablo 8. Kriterlere ait dönüştürülmüş ağırlık

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Ağırlıklar	Dönüştürülmüş Ağırlıklar
K1 (0.0738)	K1.1	0.1586	0.0117
	K1.2	0.3437	0.0254
	K1.3	0.3331	0.0246
	K1.4	0.0870	0.0064
	K1.5	0.0777	0.0057
K2 (0.2828)	K2.1	0.7482	0.2116
	K2.2	0.1804	0.0510
	K2.3	0.0714	0.0202
K3 (0.6434)	K3.1	0.1150	0.0740
	K3.2	0.4055	0.2609
	K3.3	0.4796	0.3085

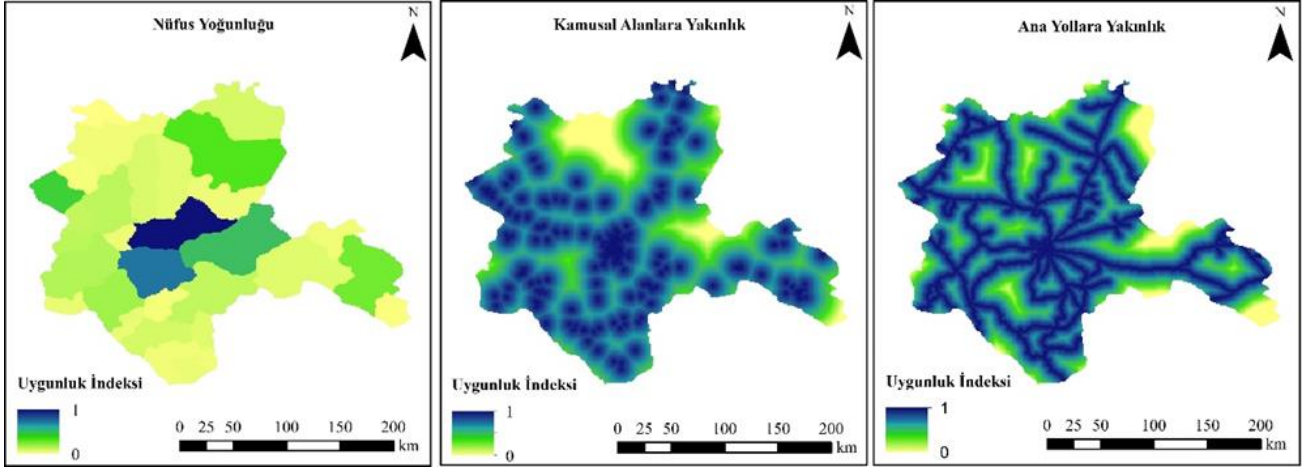
Kriterlerin dönüştürülmüş ağırlıkları incelendiğinde önem değeri en fazla olan kriter kentsel özelliklerden biri olan ana yollara yakınlık (0.3085). Bu kriteri 0.2609 önem derecesi ile yine kentsel özelliklerden kamusal alanlara yakınlık kriteri takip etmektedir. 0.2116 önem derecesi ile enerji kriterlerinden petrol istasyonlarına yakınlık kriteri en büyük üçüncü ağırlığa sahiptir. Çevresel özelliklerden fay hatlarına yakınlık (0.0064) ve heyelan alanlarına yakınlık (0.0057) kriterleri en düşük ağırlığa sahip kriterlerdir.



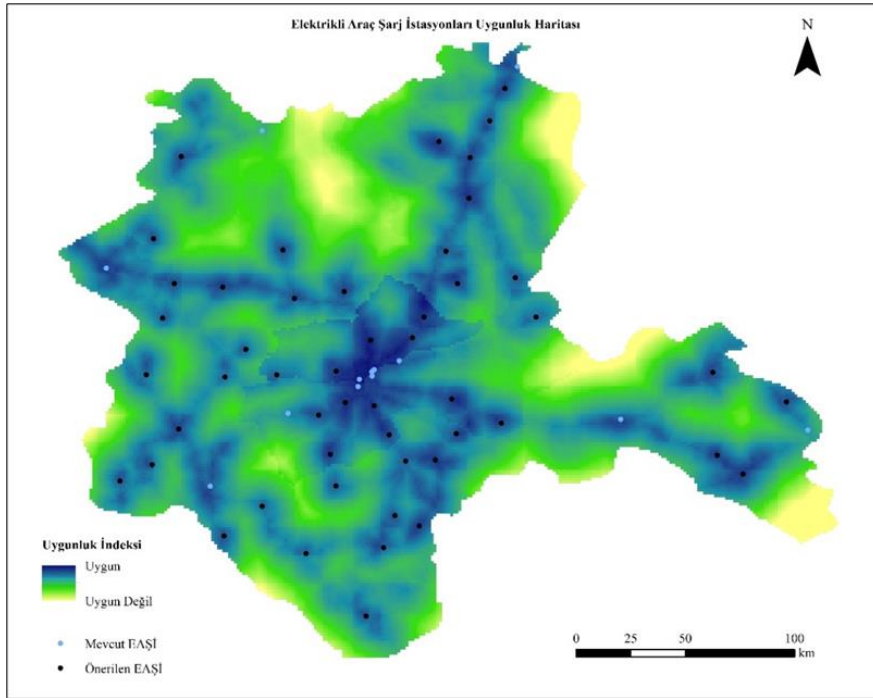
Şekil 4. Çevresel özellikler kriterlerine ait haritalar



Şekil 5. Enerji kriterlerine ait haritalar



Şekil 6. Kentsel özellikler kriterlerine ait haritalar



Şekil 7. EAŞİ uygunluk haritası

CBS ile kriterler analiz edilmiş ve uygunluk haritası üretilmiştir. ArcGIS 10.6.1 yazılımı kullanılarak yoğunluk, eğim ve mesafe analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm kriterlerin karşılaştırılabilirlikleri ve uygunluk haritası üretiminde kullanılabilirliği için elde edilen haritalar 0-1 aralığında normalize edilmiştir. Uygunluk indeksinin 0'dan 1'e doğru olması uygunluğun arttığını göstermektedir. Kriterlere ait elde edilen analiz haritaları Şekil 4-6'da verilmiştir. Elde edilen analiz haritaları Tablo 8'de verilen dönüştürülmüş ağırlıklar dikkate alınarak ArcGIS 10.6.1 yazılımı ile ağırlıklı olarak birleştirilmiş ve üretilen uygunluk haritası Şekil 7'de verilmiştir.

Elde edilen uygunluk haritası incelendiğinde EAŞİ konumları için sarı renkli alanlar uygun olmayan, mavi renkli alanlar ise uygun olan alanları temsil etmektedir. Mevcut EAŞİ konumlarının uygun olan alanlar içerisinde kaldığı görülmektedir. Konya'nın merkez ilçelerinde olan Selçuklu, Meram ve Karatay ilçeleri ile Seydişehir, Akşehir, Karapınar, Ereğli, Kulu ve Çeltik ilçelerinde elektrikli araçlar için şarj istasyonları yer almaktadır. Konya'nın geriye kalan 22 ilçesinde şarj istasyonu yoktur. Önerilen 50 tane EAŞİ ise yol ağları üzerinde ve petrol istasyonlarına yakın konumlarda yer almaktadır.

Uygun yer seçimi analizlerinde, elde edilen uygunluk haritasında kullanılan kriterler ve kriterlerin önem derecesi etkilidir. Bu çalışmada, ana yollara yakınlık, kamusal alanlara yakınlık ve petrol istasyonlarına yakınlık kriterleri en etkili kriterler olmuştur. Literatür incelendiğinde Bilgilioğlu [13] tarafından bulanık AHP kullanılarak Ankara'da gerçekleştirilen çalışmada da ana yollara ve petrol istasyonlarına yakınlık kriterlerinin etkili olduğu görülmektedir. İstanbul ili için bulanık AHP kullanılarak Kaya vd. [11] tarafından yapılan çalışmada önem derecesi en yüksek kriterler taksi sayısı ve taksi duraklarına yakınlık olmuştur. Erbaş vd. [9] tarafından bulanık AHP kullanılarak Ankara ilinde yapılan çalışmada, bu çalışmadan farklı olarak petrol istasyonlarına yakınlık kriteri önem derecesi en düşük kriterdir. Önem derecesi en yüksek kriter ise hizmet bölgesinde elektrikli araç sahipliği kriteri olmuştur. Zhao ve Li [15], Çin'de bulanık Delphi ve Hibrit ÇKKV yöntemlerine dayalı gerçekleştirdikleri çalışmada ana yollara yakınlık kriterini dikkate almamışlardır.

4 Sonuçlar

Çevre dostu olması özelliği ile elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması sürdürülebilir tüketim için önemlidir. Bu araçların yaygınlaşması beraberinde şarj istasyonu ağlarının oluşturulmasını gerektirir. Şarj istasyonları için en uygun yerlerin belirlenmesi çok kriterli bir problemdir. ÇKKV yöntemleri uygun yer seçimi problemlerinde kriterlerin değerlendirilmesi için kullanılan tekniklerdir. ÇKKV yöntemlerinin CBS ile entegrasyonu ile kriterler analiz edilebilmekte ve yer seçimi problemleri için uygun alanlar belirlenebilmektedir.

Bu çalışmada, Konya ilinde yeni kurulacak EAŞİ için uygun alanlar belirlenmiştir. Yer seçimi probleminde etkili olan kriterler literatürde yapılan çalışmalar incelenerek tespit edilmiştir. Uzman görüşü alınarak değerlendirilen kriterlerin

AHP yöntemi ile ağırlıkları hesaplanmıştır. 11 kriter için CBS kullanılarak analizler yapılmış, kriter ağırlıkları kullanılarak uygunluk haritası elde edilmiş ve yeni kurulacak EAŞİ için uygun yerler önerilmiştir.

Bu çalışma, karar vericiler için rehber niteliğindedir. Ayrıca sürdürülebilir kent yönetimi açısından EAŞİ için uygun yerlerin belirlenmesi önemlidir. EPDK Şarj Hizmeti Yönetmeliği kapsamında oluşturulacak olan şarj istasyonu ağları için uygun yerlerin belirlenmesinde bu çalışmada kullanılan kriterlerin ve yöntemlerin yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): % 11

Kaynaklar

- [1] TEHAD (Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği), <https://www.tehad.org/2022/07/08/2022-yili-ilk-6-ayinda-satilan-elektrikli-ve-hibrid-otomobil-satis-rakamlari/>, Erişim tarihi 10 Ekim 2022.
- [2] T. R. Hawkins, B. Singh, G. Majeau-Bettez and A. H. Strømman, Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, 17 (1), 53-64, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x>.
- [3] H. Özbay, C. Közkurt, A. Dalcalı ve M. Tektaş, Geleceğin ulaşım tercihi: Elektrikli araçlar. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 3 (1), 34-50, 2020.
- [4] Resmi Gazete (2 Nisan 2022), <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/04/20220402-2.htm>, Erişim tarihi 10 Ekim 2022.
- [5] M. Velasquez and P. T. Hester, An analysis of multi-criteria decision making methods. *International Journal of Operations Research*, 10 (2), 56-66, 2013.
- [6] A. U. Akar, S. Yalpir, S. Sisman, G. Goktepel and E. Yel, A deterministic approach in waste management: delineation of potential territories in Turkey for industrial symbiosis of olive pomace, marble wastes and plastics by integrating fuzzy AHP to GIS. *Environment, Development and Sustainability*, 1-28, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02415-2>.
- [7] A. Saha and R. Roy, An integrated approach to identify suitable areas for built-up development using GIS-based multi-criteria analysis and AHP in Siliguri planning area, India. *SN Applied Sciences*, 3 (4), 1-17, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04354-5>.
- [8] D. Güler ve T. Yomralıoğlu, Açık kaynak kodlu CBS yazılımı ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemini içeren elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi önerisi. *Harita Dergisi*, 163, 17-28, 2020.
- [9] M. Erbaş, M. Kabak, E. Özceylan and C. Çetinkaya, Optimal siting of electric vehicle charging stations: A GIS-based fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis. *Energy*, 163, 1017-1031, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.140>

- [10] S. Linzhao, Site selection for EVCSs by GIS-based AHP method. 5th International Conference on Advances in Energy and Environment Research (ICAEEER 2020), vol. 194, 05051, E3S Web of Conferences, 2020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019405051>.
- [11] Ö. Kaya, K. D. Alemdar and M. Y. Çodur, A novel two stage approach for electric taxi charging station site selection. *Sustainable Cities and Society*, 62, 102396, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102396>.
- [12] Ö. Kaya, A. Tortum, K. D. Alemdar and M. Y. Çodur, Site selection for EVCS in Istanbul by GIS and multi-criteria decision-making. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 80, 102271, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102271>.
- [13] S. S. Bilgilioğlu, 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. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.1013244>.
- [14] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), https://www.tuik.gov.tr/indir/duyuru/favori_raporlar.xlsx, Erişim tarihi 12 Ekim 2022.
- [15] H. Zhao and N. Li, 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), 1–22, 2016. <https://doi.org/10.3390/en9040270>.
- [16] T. L. Saaty, Decision making with the analytic hierarchy process, *International Journal of Services Sciences*, 1 (1), 83-98, 2008.
- [17] T. L. Saaty, *The analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York, 1980.

