

Araştırma Makalesi

Belediye Bilgi Sistemleri Perspektifinden Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi: Bulanık AHP-TOPSIS Temelli Bir KDS Modeli

Electric Vehicle Charging Station Site Selection from a Municipal Information Systems Perspective: A Fuzzy AHP-TOPSIS Based DSS Model

Merve ASİLOĞULLARI AYAN Dr, Milli Savunma Üniversitesi Savunma Yönetimi merve.asilogullari@msu.edu.tr https://orcid.org/0000-0001-7522-0911	Beste DESTİCİOĞLU TAŞDEMİR Doç.Dr., Erasmus University Rotterdam, Econometrics desticioglutasdemir@ese.eur.nl https://orcid.org/0000-0001-8321-4554
---	--

Makale Geliş Tarihi	Makale Kabul Tarihi
06.07.2026	08.08.2026

Öz

Amaç: Bu çalışma, Muğla iline bağlı Bodrum ilçesinde elektrikli araç şarj istasyonu (EAŞİ) kurulumuna en uygun bölgelerin belirlenmesi amacıyla bütünsel bir çok kriterli karar modeli sunmaktadır. **Yöntem:** Erişilebilirlik, talep, teknik/altyapı, çevresel ve ekonomik olmak üzere beş ana kriter, Buckley (1985) Bulanık AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılığı sınanmış; $\lambda_{max} = 5,337$, $CI = 0,084$ ve $CR = 0,075$ değerleri hesaplanmıştır ($CR < 0,10$, kabul edilebilir). Ardından beş aday bölge (Bodrum Merkez, Yalıkavak, Gümbet, Turgutreis ve Güvercinlik) Bulanık TOPSIS yöntemiyle sıralanmıştır. **Bulgular:** Kriter ağırlıkları erişilebilirlik ($\omega = 0,479$) ve talep ($\omega = 0,223$) boyutlarında yoğunlaşmaktadır. Bölge sıralamasında Bodrum Merkez ($CC = 0,779$) birinci, Gümbet ($CC = 0,726$) ikinci, Yalıkavak ($CC = 0,601$) üçüncü konumdadır. **Özgün Katkı:** Çalışma, mevsimsel talep dalgalanmalarını ve kıyı koruma kısıtlamalarını kriter yapısına taşıyarak kıyı turizm destinasyonlarına özgü bir karar çerçevesi geliştirmektedir. Sunulan model, Simon'ın (1960) karar aşamaları teorisiyle bütünsel bir Karar Destek Sistemi (KDS) prototipi olarak konumlandırılmakta; bu yapıyla hem Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) hem de Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS) literatürüne katkı sunmaktadır. Bulgular, ileri doğrulama çalışmalarıyla (bkz. Sınırlılıklar) desteklenmesi kaydıyla belediyeler, yatırımcılar ve politika yapıcılar için yol gösterici çıktılara dönüştürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araç şarj istasyonu, çok kriterli karar verme, karar destek sistemi, yönetim bilişim sistemleri, Bodrum.

Abstract

Purpose: This study presents an integrated multi-criteria decision model to identify the most suitable locations for electric vehicle charging station (EVCS) installation in Bodrum district of Muğla Province. **Method:** Five main criteria, namely accessibility, demand, technical/infrastructure, environmental, and economic, were weighted using Buckley's (1985) Fuzzy AHP method. The consistency of the pairwise comparison matrix was tested and $\lambda_{max} = 5.337$, $CI = 0.084$ and $CR = 0.075$ were calculated ($CR < 0.10$, acceptable). Five candidate locations (Bodrum Centre, Yalıkavak, Gümbet, Turgutreis and Güvercinlik) were then ranked using Fuzzy TOPSIS. **Findings:** Criterion weights are concentrated in the accessibility ($\omega = 0.479$) and demand ($\omega = 0.223$) dimensions. Bodrum Centre ($CC = 0.779$) ranked first, Gümbet ($CC = 0.726$) second and Yalıkavak ($CC = 0.601$) third.

Önerilen Atıf /Suggested Citation

Asiloğulları Ayan, M. & Desticioğlu Taşdemir, B., 2026, Belediye Bilgi Sistemleri Perspektifinden Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi: Bulanık AHP-TOPSIS Temelli Bir KDS Modeli, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 61(3), 3310-3325.

Original Contribution: The study develops a decision framework specific to coastal tourism destinations by incorporating seasonal demand fluctuations and coastal conservation constraints into the criterion structure. The proposed model is positioned as a Decision Support System (DSS) prototype integrated with Simon's (1960) decision stages theory and contributes to both the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) and management information systems (MIS) literature. Pending further validation (see Limitations), the findings are translated into practice-oriented outputs for municipalities, investors and policymakers.

Keywords: Electric vehicle charging station, multi-criteria decision making, decision support system, management information systems, Bodrum.

1. Giriş

Elektrikli araçlar (EV), kentsel hava kalitesinin kötüleşmesi ve iklim politikalarının sıkılaşması sonucunda dünya genelinde hızla yaygınlaşmaktadır. Ancak bu yaygınlaşmanın sürdürülebilir olabilmesi için yeterli ve stratejik konumlandırılmış bir şarj altyapısına ihtiyaç vardır. Şarj istasyonlarının nereye kurulacağı, salt bir mühendislik sorusu değildir; ulaşım talebi, enerji şebekesi kapasitesi, arazi ekonomisi ve çevresel kısıtlamalar birlikte değerlendirilmeden doğru bir karar verilemez. Bu çalışma, Türkiye'nin en yoğun kıyı turizm destinasyonlarından biri olan Bodrum ilçesini odak noktası olarak almaktadır. Bodrum, kış aylarında yaklaşık 170.000 olan nüfusunun yaz döneminde birkaç katına çıktığı, mevsimsel ulaşım talebinin belirgin biçimde dalgalandığı bir yerleşim birimidir. Bu mevsimsellik, standart kentsel modellerin Bodrum'a doğrudan uygulanmasını güçleştirmektedir; enerji talebinin büyük bölümü kısa bir zaman dilimine sıkışmakta, ulaşım örüntüleri değişmekte ve kıyı ile doğal koruma alanlarına ilişkin çevresel kısıtlamalar modelleme sürecini ayrıca karmaşıklaştırmaktadır.

Literatürde yer seçimi problemleri giderek artan oranda Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleriyle ele alınmaktadır. Bulanık küme teorisi, uzman yargılarındaki belirsizliği modelleyebilme kapasitesi nedeniyle bu alanda özellikle tercih görmektedir. Bu yüzden bu çalışmada da bulanık ÇKKV yöntemlerinin kullanılması tercih edilmiştir. Bununla birlikte, mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu İstanbul, Ankara ve Pekin gibi büyük kentsel alanlara odaklanmış; kıyı turizm destinasyonlarına özgü dinamikler yeterince incelenmemiştir. Bu bağlamda çalışmanın iki temel amacı bulunmaktadır: (i) Bodrum'da beş aday bölge arasından en uygun EAŞİ konumlarını belirlemek ve (ii) mevsimsel talep dalgalanmalarını kriter yapısına taşıyarak kıyı destinasyonları için genelleştirilebilir bir karar çerçevesi sunmak. Çalışmanın bundan sonraki bölümleri sırasıyla literatür taraması, kullanılan kriter yapısı, metodoloji, hesaplama bulguları ile tartışma ve sonuçlardan oluşmaktadır. Yönetim bilişim sistemleri (YBS) perspektifinden bakıldığında, bu çalışmanın sunduğu model salt bir ÇKKV uygulaması değildir; belediye karar süreçlerini desteklemek üzere tasarlanmış veri odaklı bir Karar Destek Sistemi (KDS) prototipidir. Simon'ın (1960) üç aşamalı karar modeli bu çerçevenin kavramsal zeminini oluşturmaktadır: İstihbarat (Intelligence) aşamasında coğrafi ve demografik veriler sistematik biçimde toplanarak karar probleminin sınırları belirlenmekte; Tasarım (Design) aşamasında bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleriyle alternatiflerin ağırlıklandırılması ve sıralanması gerçekleştirilmekte; Seçim (Choice) aşamasında ise yakınlık katsayıları (CC) karar vericiye sayısal gerekçeyle desteklenmiş bir öncelik sıralaması sunmaktadır. Bu yapı, EAŞİ yer seçimi problemini bir mühendislik optimizasyonu olarak değil; kurumsal bilgiyi, uzman yargısını ve çevresel kısıtları bütünleştiren bir örgütsel bilgi sistemi problemi olarak konumlandırmaktadır.

Modelin veri katmanını oluşturan bölge puanları, TÜİK nüfus istatistikleri, Bodrum Belediyesi altyapı raporları ve turizm yoğunluğu verileri gibi ikincil kaynaklardan beslenmektedir. Bu veri yapısının gerçek zamanlı kentsel bilgi sistemleriyle örneğin akıllı şehir platformlarına entegre sensör ağları veya CBS tabanlı açık veri altyapılarıyla bütünleştirilmesi, ilerleyen aşamalarda modelin yarı-otomatik bir KDS modülüne dönüştürülmesine zemin hazırlayacaktır. Bu haliyle mevcut çalışma, statik ikincil verilere dayanan bir pilot KDS modeli sunmaktadır; gerçek zamanlı veri entegrasyonu bu aşamada fiilen gerçekleştirilmemiş olup ileride ele alınabilecek bir gelecek çalışma önerisi düzeyinde kalmaktadır. Dolayısıyla bu çalışma, belediye bilgi sistemleri literatürüne hem metodolojik hem de uygulama düzeyinde katkı sunmayı hedeflemektedir.

Çalışma şu şekilde devam etmektedir: Bir sonraki bölümde literatür taramasına yer verilmiş olup sonrasında elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimin kullanılacak kriterler ile metodolojiye yer verilmiştir. Uygulama bölümünde ise alınan uzman görüşleri ile Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS

yöntemleri ile hesaplamalar yapılarak alternatifler değerlendirilmiş, sonrasında ise elde edilen sonuçlar tartışılmış ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. Literatür Taraması

2.1. Uluslararası Çalışmalar

EV şarj istasyonu yer seçimi literatürü 2015'ten bu yana hızlı bir biçimde genişlemiştir. Guo ve Zhao (2015), Çin'in Changping bölgesinde Bulanık TOPSIS yöntemiyle çevresel, ekonomik, sosyal, elektrik sistemi ve ulaşım boyutlarını bir arada değerlendiren ilk kapsamlı çalışmalardan birini gerçekleştirmiştir. Feng vd. (2021), Bulanık Aksiyomatik Tasarım ve Dilbilimsel Entropi Ağırlığı yöntemlerini birleştirerek sürdürülebilirlik odaklı bir çerçeve önermiştir. Ghosh vd. (2021) ise Hindistan'ın Howrah şehrinde Hexagonal Fuzzy MCDM metodolojisini Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre etmiş; böylece mekânsal analizin karar sürecine doğrudan dahil edilmesine olanak sağlamıştır.

CBS entegrasyonu son yıllarda adeta standart bir uygulama haline gelmiştir. Erbaş vd. (2018), Ankara'da 15 kriter üzerinden Bulanık AHP ve TOPSIS'i dört aşamalı bir çerçevede birleştirmiş; Kaya vd. (2020) ise İstanbul'daki elektrikli taksiler için 25 alt kriter içeren daha ayrıntılı bir model kurmuştur. Burada sözü edilen dört aşamalı çerçeve, Atan vd. (2008)'in AHP tabanlı karar modelleri için tanımladığı temel yapıyla örtüşmektedir: (i) kriterlerin ve varsa alt kriterlerin ikili karşılaştırmalar yoluyla göreceli önem derecelerinin (ağırlıklarının) belirlenmesi, (ii) her bir alternatifin belirlenen kriterlere göre ayrı ayrı değerlendirilmesi, (iii) kriter ağırlıkları ile alternatif puanlarının birleştirilerek toplam tercih skorunun hesaplanması ve (iv) ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranı (CR) üzerinden güvenilirliğinin sınanması. Erbaş vd. (2018) bu genel yapıyı CBS tabanlı mekânsal analizle bütünleştirerek, kriter ağırlıklandırma ve tutarlılık testi aşamalarının ardından alternatif bölgelerin CBS katmanları üzerinde görselleştirilip sıralandığı bir uygulama gerçekleştirmiştir. Bu dört aşamalı yapının önemi, subjektif uzman yargılarını sistematik ve denetlenebilir bir sürece dönüştürerek karar vericinin ikili karşılaştırmalardaki tutarsızlıkları erken aşamada tespit etmesine ve dolayısıyla nihai sıralamanın güvenilirliğinin artmasına imkân tanınmasıdır (Atan vd., 2008). Ghodusinejad vd. (2022), İran'ın Kish Adası'nda güneş enerjili şarj istasyonlarını ele alarak CBS'yi genetik optimizasyon algoritmasıyla entegre etmiştir. Carra vd. (2022), Avrupalı uzmanlarla gerçekleştirilen uluslararası bir anketi AHP ve Monte Carlo simülasyonu ile destekleyerek sürdürülebilir konum göstergelerinin sistematik bir sınıflandırmasını sunmuştur. Rane vd. (2023) ise Mumbai'de Çok Etkili Faktör, TOPSIS ve CBS'yi bütünleştiren geniş kapsamlı bir model ortaya koymuştur. Zhou vd. (2020) ise Pekin'de CBS tabanlı bir TOPSIS temelli ÇKKV yaklaşımıyla güneş enerjili fotovoltaiik şarj istasyonları için doğal, ekonomik, teknik ve sosyal kriterleri bir arada değerlendirmiş; güneş ışınımı potansiyelinin konum uygunluğu üzerindeki etkisini öne çıkarmıştır. Görüldüğü üzere incelenen çalışmalarda CBS entegrasyonu artık yaygın bir uygulama haline gelmiştir; buna karşın mevcut çalışma, Bodrum ölçeğinde erişilebilir açık mekânsal veri setlerinin kısıtlı olması nedeniyle CBS tabanlı bir mekânsal analiz katmanı içermemekte olup bu tercihin gerekçesi Bölüm 4.1'de ayrıntılı biçimde açıklanmaktadır.

2.2. Türkiye'deki Çalışmalar

Türkiye literatüründe şarj istasyonu yer seçimine yönelik yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak İstanbul ve Ankara ekseninde yoğunlaşmaktadır. Guler ve Yomralioğlu (2020a), İstanbul'un üç ilçesinde tüm piksel çözünürlüğüyle CBS tabanlı Bulanık AHP uygulamıştır. Güler ve Yomralioğlu (2020b) aynı yıl açık kaynaklı QGIS platformunu Bulanık AHP ile birleştirerek çevresel hassasiyeti ön plana çıkaran farklı bir ağırlıklandırma senaryosu sunmuştur. Bilgilioğlu (2022) ise Ankara ili genelinde nüfus yoğunluğu ve AVM'lere yakınlık dahil dokuz kriter üzerinden bir uygunluk haritası üretmiştir. Bu çalışmaların ortak özelliği, büyük kentsel alanları incelemesidir. Nitekim yalnızca Türkiye literatüründeki değil, Bölüm 2.1'de özetlenen Çin, Hindistan, İran ve İtalya kaynaklı uluslararası çalışmalar arasında da kıyı turizm destinasyonlarına özgü mevsimsel talep dinamiklerine odaklanan bir çalışmaya rastlanmamıştır; incelenen literatür büyük ve nüfus yoğunluğu yıl boyunca görece istikrarlı kentsel alanlara yöneliktir. Tablo 1'de özetlenen on iki çalışmanın tamamı tek tek değerlendirildiğinde bu sonuç daha da netleşmektedir: Çin kaynaklı çalışmalar (Guo ve Zhao, 2015; Zhou vd., 2020) Changping ve Pekin gibi büyükşehir ölçeğinde yürütülmüş olup nüfus istikrarı varsayımına dayanmaktadır; Feng vd. (2021) ise belirli bir şehre bağlı kalmaksızın genel bir sürdürülebilirlik odaklı karar çerçevesi önermiştir;

Hindistan’da Ghosh vd. (2021) ve Rane vd. (2023) sırasıyla Howrah ve Mumbai gibi yoğun nüfuslu kentsel merkezleri incelemiştir; İran’da Ghodusinejad vd. (2022) ada ölçeğinde çalışmakla birlikte modelin merkezine turizm mevsimselliğini değil güneş enerjisi potansiyelini almıştır; İtalya’da Carra vd. (2022) ülke genelinde geçerli sürdürülebilirlik göstergeleri önermiş, ancak belirli bir kıyı destinasyonuna veya mevsimsel talep dalgalanmasına odaklanmamıştır. Türkiye kaynaklı beş çalışmanın (Erbaş vd., 2018; Kaya vd., 2020; Guler ve Yomralioglu, 2020a; Güler ve Yomralioğlu, 2020b; Bilgilioglu, 2022) tamamı ise İstanbul ve Ankara gibi büyükşehirlerde yürütülmüştür. Dolayısıyla incelenen on iki çalışmadan hiçbirisi, mevsimsel nüfus dalgalanması ile kıyı koruma kısıtlarını bir arada ele alan bir kriter yapısı önermemektedir; bu durum, çalışmanın özgünlük iddiasının yalnızca ulusal değil uluslararası literatür karşısında da geçerli olduğunu göstermektedir.

Tablo 1, incelenen temel çalışmaları yöntem ve kapsam açısından karşılaştırmalı biçimde sunmaktadır.

Tablo 1. Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimine İlişkin Temel Literatür Özeti

No	Yazar ve Yıl	Çalışma Alanı	Kullanılan Yöntem	Ana Kriterler
1	Guo & Zhao (2015)	Çin (Changping)	Fuzzy TOPSIS	Çevresel, ekonomik, sosyal, elektrik sistemi, ulaşım
2	Erbaş vd. (2018)	Türkiye (Ankara)	Fuzzy AHP + CBS + TOPSIS	Ulaşım, kentsel yapı, çevre, arazi kullanımı (15 kriter)
3	Kaya vd. (2020)	Türkiye (İstanbul) – taksiler	Fuzzy AHP + CBS + TOPSIS	Enerji, kentsel/çevre, ekonomi, coğrafya, ulaşım (25 alt kriter)
4	Guler & Yomralioglu (2020a)	Türkiye (İstanbul)	AHP + Fuzzy AHP + CBS	Erişilebilirlik, çevresel etki, ekonomik
5	Güler & Yomralioğlu (2020b)	Türkiye (İstanbul)	Fuzzy AHP + QGIS	Yeşil alanlara yakınlık, otopark, ulaşım ist., eğim
6	Bilgilioglu (2022)	Türkiye (Ankara)	Fuzzy AHP + CBS	Nüfus yoğunluğu, ana yollar, eğim, AVM, arazi değeri (9 kriter)
7	Feng vd. (2021)	Genel / kentsel	FAD + LEW (Bulanık)	Teknik, ekonomik, sosyal, çevresel, kaynak
8	Ghosh vd. (2021)	Hindistan (Howrah)	Hexagonal Fuzzy AHP + FTOPSIS + FCOPRAS + CBS	4 ana faktör, 13 alt faktör
9	Carra vd. (2022)	İtalya (genel çerçeve)	AHP + Monte Carlo Simülasyonu	Sürdürülebilir konum göstergeleri (erişilebilirlik, ulaşım, kentsel planlama)
10	Ghodusinejad vd. (2022)	İran (Kish Adası)	CBS + AHP + Genetik Algoritma	Mekânsal uygunluk, teknik, çevresel
11	Rane vd. (2023)	Hindistan (Mumbai)	MIF + TOPSIS + CBS	Ulaşım, sosyal/coğrafi, enerji, çevre (13 alt kriter)
12	Zhou vd. (2020)	Çin (Pekin) – fotovoltaiik	CBS + MCDM (TOPSIS tabanlı)	Doğal, ekonomik, teknik, sosyal; güneş ışınlımı

Kaynak: Yazar tarafından literatür taraması sonucunda derlenmiştir.

3. Şarj İstasyonu Yer Seçiminde Kullanılan Kriter Yapısı

Literatür incelemesinden elde edilen bulgular, EV şarj istasyonu yer seçiminde kullanılan kriterlerin erişilebilirlik, ekonomik, çevresel, teknik/altyapı, sosyal ve kentsel/mekânsal olmak üzere altı ana boyut altında sınıflandırılabilceğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada bu sınıflandırma korunmakla birlikte, Bodrum'a özgü mevsimsel talep dinamiğini ve kıyı koruma kısıtlamalarını yansıtmak amacıyla kriter yapısında bazı uyarlamalar yapılmıştır. Literatürdeki çalışmalarda daha önce tatil bölgelerine kurulacak şarj istasyonları ile ilgili herhangi bir çalışmanın yapılmadığı görülmektedir. Bu yüzden bu çalışmada

tatil bölgeleri için özel kriterler de belirlenerek şarj istasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Özellikle tatil bölgelerine uygun yeni kriterlerin oluşturulması ile literatüre katkı sağlamaktadır.

Bodrum bağlamında öne çıkan kriter, turizm ve konaklama tesislerine yakınlıktır. Büyük kentsel alanlardaki modellerde bu kriter ticari çekim merkezlerine yakınlık altında dolaylı biçimde ele alınmaktadır; ancak Bodrum'da otel yoğunluğu ve turizm sezonu, bölgeden bölgeye belirgin farklılıklar göstermekte olup bu farklılığın talep dağılımına yansıdığı değerlendirilmektedir. Güneş ışıını potansiyeli de Bodrum'a özgü önemli bir kriter olarak değerlendirilmiştir: ilçenin iklim profili güneş enerjili şarj altyapısı için elverişli bir zemin sağlamaktadır. Kıyı ve doğal koruma alanlarına mesafe ise CBS tabanlı analizlerde özellikle dikkat gerektiren çevresel bir kısıt olarak öne çıkmaktadır. Tablo 2, tüm kriter ve alt kriterleri destekleyen çalışmalarla birlikte sunmaktadır.

Tablo 2. Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçiminde Kullanılan Kriter ve Alt Kriterler

Ana Kriter	Alt Kriter	Destekleyen Çalışmalar
Erişilebilirlik	Ana yollara yakınlık	Erbaş vd. (2018); Bilgiliöğlu (2022); Guler & Yomralioglu (2020a)
	Toplu taşıma duraklarına yakınlık	Erbaş vd. (2018); Bilgiliöğlu (2022)
	Otoparklara yakınlık	Bilgiliöğlu (2022); Güler & Yomralioglu (2020b)
	Trafik yoğunluğu / araç geçiş hacmi	Kaya vd. (2020); Rane vd. (2023)
	Yol ağı bağlantısı	Erbaş vd. (2018); Kaya vd. (2020)
Ekonomik	Arazi maliyeti / değeri	Bilgiliöğlu (2022); Erbaş vd. (2018)
	Kurulum ve altyapı maliyeti	Feng vd. (2021); Guo & Zhao (2015)
	İşletme ve bakım maliyeti	Feng vd. (2021); Carra vd. (2022)
	Gelir / talep potansiyeli	Kaya vd. (2020); Guo & Zhao (2015)
Çevresel	Yeşil alanlara uzaklık	Güler & Yomralioglu (2020b); Ghodusejad vd. (2022)
	Gürültü ve hava kirliliği riski	Carra vd. (2022); Rane vd. (2023)
	Arazi eğimi / topoğrafya	Bilgiliöğlu (2022); Guler & Yomralioglu (2020a)
	Güneş ışıını potansiyeli	Zhou vd. (2020); Ghodusejad vd. (2022)
	Korunan alanlara mesafe	Ghodusejad vd. (2022); Carra vd. (2022)
Teknik / Altyapı	Elektrik şebekesine yakınlık	Erbaş vd. (2018); Rane vd. (2023)
	Şebeke kapasitesi	Feng vd. (2021); Zhou vd. (2020)
	Mevcut şarj istasyonlarına mesafe	Erbaş vd. (2018); Kaya vd. (2020)
	Mevcut yakıt istasyonlarına yakınlık	Bilgiliöğlu (2022); Guler & Yomralioglu (2020a)
	Arazi uygunluğu ve alan büyüklüğü	Erbaş vd. (2018); Ghosh vd. (2021)
Sosyal	Nüfus yoğunluğu	Bilgiliöğlu (2022); Erbaş vd. (2018)
	Ticari ve hizmet alanlarına yakınlık	Bilgiliöğlu (2022); Kaya vd. (2020)
	Rekreasyon alanlarına yakınlık	Bilgiliöğlu (2022); Carra vd. (2022)
	Güvenlik ve aydınlatma	Kaya vd. (2020); Feng vd. (2021)
Kentsel / Mekânsal	Arazi kullanım türü	Erbaş vd. (2018); Guler & Yomralioglu (2020a)
	Kentsel yoğunluk ve erişim dengesi	Guo & Zhao (2015); Rane vd. (2023)
	Turizm ve konaklama tesislerine yakınlık	Kıyı turizm destinasyonlarına özgü kriter

Kaynak: Yazar tarafından literatür taraması ve uzman değerlendirmeleri esas alınarak derlenmiştir.

4. Metodoloji

4.1. Araştırma Tasarımı

Çalışmada iki aşamalı bir karar modeli benimsenmiştir. İlk aşamada kriterler Bulanık AHP ile ağırlıklandırılmış; ikinci aşamada aday bölgeler Bulanık TOPSIS ile sıralanmıştır. Her iki yöntem de klasik AHP ve TOPSIS'in belirsizlik koşullarına genişletilmiş biçimleri olup uzman yargılarındaki dilsel belirsizliği modelleyebilme kapasitesiyle öne çıkmaktadır.

Bulanık sayı gösterimi için üçgen bulanık sayılar (TFN) kullanılmıştır. Her Saaty değeri (l, m, u) üçlüsü biçiminde ifade edilmektedir; burada l alt sınırı, m en olası değeri ve u üst sınırı temsil etmektedir. Kriter ağırlıkları Buckley (1985) yöntemindeki geometrik ortalama yaklaşımıyla hesaplanmış ve Centroid (COA) yöntemiyle durulaştırılmıştır. Buckley (1985) yönteminde her Saaty girdisi x_{ij} için bulanık karşılığı $\tilde{x}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ olarak tanımlanmaktadır. Her kriter için bulanık geometrik ortalama, bileşenler l, m ve u ayrı ayrı olmak üzere şu formülle hesaplanmaktadır: $\tilde{r}_i = (\tilde{x}_{i1} \otimes \tilde{x}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{x}_{in})^{(1/n)}$. Bulanık ağırlık vektörü ise $\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{(-1)}$ formülüyle elde edilmektedir. Bulanık ağırlıkların durulaştırılmasında Centroid (COA) yöntemi kullanılmış olup ilgili formül $w_{crisp} = (l + m + u) / 3$ şeklindedir. Bulanık TOPSIS aşamasında normalizasyon için $\tilde{x}_{ij}^* = (l/u \cdot \max, m/u \cdot \max, u/u \cdot \max)$, vertex yöntemiyle uzaklık hesabı için ise $d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{[(1/3)((l_a - l_b)^2 + (m_a - m_b)^2 + (u_a - u_b)^2)]}$ formülleri uygulanmıştır. Kriter yapısına ilişkin metodolojik tercih: Literatür taraması 23 alt kriter ortaya koymakla birlikte bu çalışmada bilinçli bir kapsam kararıyla beş ana kriter düzeyinde analiz yürütülmüştür. Mevcut ikincil veri kaynakları Bodrum ölçeğinde alt kriter düzeyinde güvenilir puanlama yapmaya elverişli değildir; ayrıca sınırlı veri tabanıyla çalışılan bir pilot modelde alt kriter sayısını artırmak sistematik gürültü riski taşımaktadır. Çalışmanın temel amacı kıyı destinasyonlarına özgü karar çerçevesini test etmek olduğundan, ana kriter düzeyinde analiz metodolojik açıdan yeterli ve orantılı görülmüştür. Alt kriter düzeyinde ağırlıklandırma uzman anketi aracılığıyla gelecek çalışmalara bırakılmıştır. CBS entegrasyonuna ilişkin: Referans alınan literatürün büyük çoğunluğu yer seçimi analizini Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) katmanıyla bütünleştirmektedir. Bu çalışmada CBS'ye dayalı mekânsal analiz yapılmamıştır; bunun temel gerekçesi Bodrum'a ait güncel ve erişilebilir açık mekânsal veri setlerinin araştırma kapsamında sağlanamamış olmasıdır. Çalışma, CBS entegrasyonunu metodolojik olarak dışlamak yerine gelecekteki araştırmalara bırakılan bir genişleme alanı olarak konumlandırmaktadır. Bölgeler piksel düzeyinde mekânsal analiz yerine araştırmacının bütünsel değerlendirmesiyle puanlanmış olup bu yaklaşım çalışmanın pilot-model niteliğiyle tutarlıdır. Bu bütünsel değerlendirme süreci, Bölüm 4.4'te ayrıntılandırıldığı üzere, kriter ağırlıklandırmasında görüşlerine başvurulmuş on kişilik uzman panelinin bölge-kriter puanlarını da vermesi ve bu puanların ikincil kaynaklarla karşılaştırılarak tutarlılığının denetlenmesi biçiminde işlemiştir.

4.2. KDS Mimarisi ve YBS Çerçevesi

Bu çalışmada sunulan bütünsel karar modeli, YBS literatüründe öne çıkan Karar Destek Sistemi (KDS) mimarisiyle doğrudan örtüşmektedir. Klasik KDS mimarisi üç temel katmandan oluşmaktadır: veri yönetimi katmanı, model yönetimi katmanı ve kullanıcı arayüzü katmanı (Turban vd., 2011). Söz konusu yapı, bu çalışmada şu biçimde karşılık bulmaktadır: Veri yönetimi katmanında TÜİK nüfus istatistikleri, Bodrum Belediyesi altyapı raporları ve turizm yoğunluğu verileri sistematik biçimde işlenerek bölge puanlarına dönüştürülmektedir. Model yönetimi katmanında bulanık AHP kriter ağırlıklarını, bulanık TOPSIS ise alternatif sıralamayı üretmektedir. Kullanıcı arayüzü katmanında yakınlık katsayıları (CC skoru) ve sıralama tablosu, karar vericiye yorumlanabilir ve doğrudan kullanılabilir bir çıktı biçiminde sunulmaktadır.

Modelin veri besleme altyapısı açısından değerlendirildiğinde, bölge puanlarının ileride gerçek zamanlı dijital veri akışlarıyla ikame edilebilir nitelikte olduğu görülmektedir. Akıllı şehir platformlarına entegre trafik sensörleri erişilebilirlik ve talep verilerini anlık olarak sağlayabilir; enerji dağıtım şirketlerine ait şebeke yük verileri teknik/altyapı puanlarını otomatik biçimde güncelleyebilir. Bu potansiyel, çalışmanın metodolojik katkısını statik bir pilot modelin ötesine taşımaktadır: sunulan çerçeve, akıllı şehir bilgi altyapılarına entegre edilebilir bir belediye KDS modülüne dönüştürülme kapasitesine sahiptir. Nitekim kentsel bilgi sistemleri literatürü, bu tür veriye dayalı mekânsal karar destek araçlarının örgütsel karar kalitesini artırdığını belgelemektedir (Nevo & Chan, 2007; Power, 2007).

4.3. Aday Bölgeler

Bodrum ilçesinde beş aday bölge belirlenmiştir: Bodrum Merkez, Yalıkavak, Gümbet, Turgutreis ve Güvercinlik. Bu bölgeler; ulaşım erişilebilirliği, turizm yoğunluğu, mevcut altyapı ve coğrafi dağılım kriterleri gözetilerek seçilmiştir.

Bodrum Merkez, ilçenin idari ve ticari kalbi olup en yoğun yaya ve araç trafiğini barındırmaktadır. Yalıkavak, premium marina ve lüks konaklama tesisleriyle öne çıkan, yüksek gelirli EAAŞ kullanıcılarının yoğunlaştığı bir destinasyondur. Gümbet, Bodrum Merkez'e yakın konumuyla yüksek turizm baskısını taşıyan ve altyapı kapasitesi görece güçlü bir bölgedir. Turgutreis, ilçenin batı yakasını hizmetleyen bir sahil beldesi olup merkeze uzaklığı erişilebilirlik skorunu olumsuz etkilemektedir. Güvercinlik ise doğal koruma alanlarına yakın, düşük nüfuslu ve görece gelişmemiş altyapısıyla diğer bölgelerden belirgin biçimde ayrılmaktadır.

4.4. Bulanık AHP – Kriter Ağırlıklandırma

Kriter ağırlıklandırma sürecinde 5×5 boyutunda bir ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Değerlendirme, alan uzmanının yargısına dayalı olarak Saaty'nin 1–9 ölçeği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme için bu alanda uzman 10 kişinin görüşüne başvurulmuştur. Aynı on kişilik uzman paneli, çalışmanın hem kriter ağırlıklandırma hem de bölge-kriter puanlama aşamalarında görüşlerine başvuru tek kaynaktır; Bölüm 4.1 ve sınırlılıklar bölümünde geçen "araştırmacının bütünsel değerlendirmesi" ifadesi, uzman görüşlerinin yerini alan ayrı bir veri kaynağını değil, bu görüşlerin ikincil kaynaklarla (TÜİK, belediye raporları, turizm yoğunluğu verileri) çapraz doğrulanarak yorumlanması sürecini belirtmektedir. İki aşamada uygulanan birleştirme yöntemi ise birbirinden farklıdır ve bu fark, yargıların ölçek yapısına dayanan yöntemsel bir tercihtir. Kriter ağırlıklandırma aşamasında on uzmanın Saaty'nin 1-9 ölçeğine göre verdiği ikili karşılaştırma yargıları, Buckley (1985) yaklaşımına uygun olarak geometrik ortalama ile birleştirilmiştir; geometrik ortalamının tercih edilme gerekçesi, oransal ölçek üzerinde tanımlı karşılaştırma yargılarının çarpımsal yapısını koruyabilmesi ve tek bir uç yargının toplam ağırlık üzerindeki bozucu etkisini aritmetik ortalamaya kıyasla sınırlı tutmasıdır. Bölge-kriter puanlama aşamasında ise uzmanların 1-9 dilsel ölçek üzerinden doğrudan verdiği puanlar önce (l, m, u) üçlülerine dönüştürülmüş, ardından her bölge-kriter hücresi için on uzman puanının aritmetik ortalaması alınarak tekil bulanık karar matrisi oluşturulmuştur; bu tercih, doğrudan puanlamaya dayalı Bulanık TOPSIS uygulamalarında yaygın olarak benimsenen bir birleştirme stratejisidir ve bağımsız yargıların doğrusal bir ölçek üzerinde ortalanmasının, oranlı karşılaştırmalarda olduğu gibi çarpımsal bir düzeltme gerektirmediği varsayımına dayanmaktadır. Dolayısıyla her iki aşama da aynı uzman grubuna dayanmakta, ancak yargıların matematiksel yapısına uygun farklı birleştirme kuralları uygulanmaktadır; bu ayrım, çalışmanın ampirik şeffaflığı açısından burada ayrıca vurgulanmaktadır. İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılığı Saaty (1980) kriteri çerçevesinde sınanmış; maksimum özdeğer $\lambda_{max} = 5,337$, tutarsızlık indeksi $CI = 0,084$ ve tutarsızlık oranı $CR = 0,075$ olarak hesaplanmıştır. $n = 5$ için rastlantısal tutarsızlık indeksi $RI = 1,12$ olup CR değerinin kabul eşiği olan 0,10'un belirgin biçimde altında kalması, uzman yargılarının yeterli düzeyde tutarlı olduğunu göstermektedir.

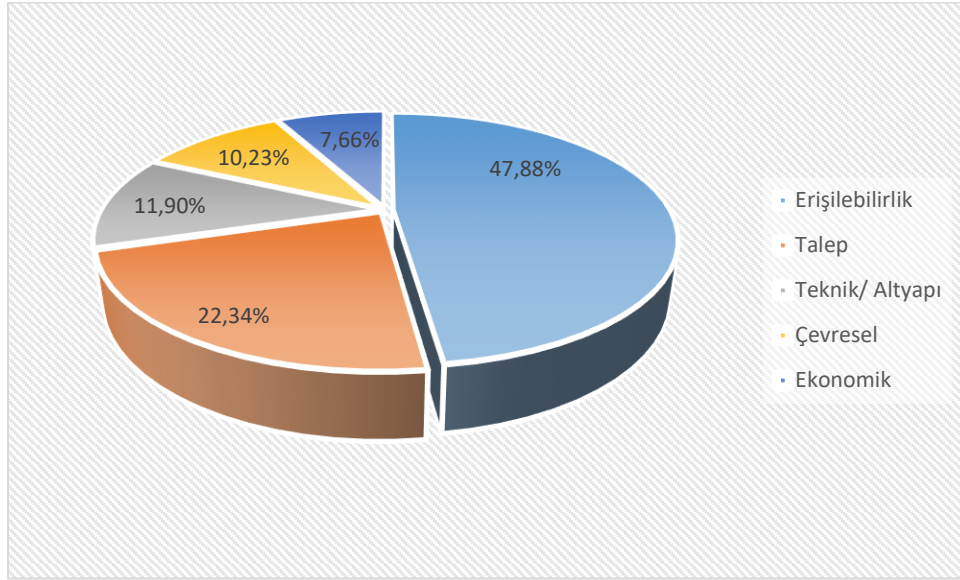
Buckley (1985) yöntemi çerçevesinde her girdi önce (l, m, u) üçlüsüne dönüştürülmüştür. Ardından her kriter için satır bazlı geometrik ortalamalar hesaplanmış ve bulanık ağırlık vektörü elde edilmiştir. Son olarak COA yöntemiyle durulaştırma yapılmış ve ağırlıklar normalize edilmiştir. Hesaplanan normalize ağırlıklar Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Bulanık AHP Ağırlıkları (Buckley 1985, COA Durulaştırması)

Kriter	$\tilde{w}_l$ (Alt)	$\tilde{w}_m$ (Orta)	$\tilde{w}_u$ (Üst)	w_{crisp} (COA)	w_{norm}
C1 -Erişilebilirlik	0,3113	0,4872	0,7462	0,5149	0,4788
C2 -Talep	0,1355	0,2257	0,3597	0,2403	0,2234
C3 -Teknik/Altyapı	0,0656	0,1180	0,2002	0,1279	0,1190
C4 -Çevresel	0,0610	0,0947	0,1742	0,1100	0,1023
C5 -Ekonomik	0,0508	0,0744	0,1218	0,0823	0,0766

Not: $\tilde{w}_l$, $\tilde{w}_m$, $\tilde{w}_u$ sırasıyla bulanık ağırlığın alt, orta ve üst sınırlarını; w_{crisp} COA ile durulaştırılmış değeri; w_{norm} ise normalize edilmiş ağırlığı ifade etmektedir.

Ağırlık dağılımı incelendiğinde, erişilebilirlik kriterinin ($\omega = 0,479$) diğer kriterleri belirgin biçimde geride bıraktığı görülmektedir. Bunu talep ($\omega = 0,223$), teknik/altyapı ($\omega = 0,119$), çevresel ($\omega = 0,102$) ve ekonomik ($\omega = 0,077$) kriterleri izlemektedir. Bu dağılım, Bodrum'un yoğun turistik sezonunda ulaşım erişimin EV kullanıcı kararlarındaki belirleyici rolünü yansıtmaktadır. Şekil 1'de bulanık AHP ile hesaplanmış kriter ağırlıkları verilmiştir.

**Şekil 1. Bulanık AHP ile hesaplanan kriter ağırlıkları**

4.5. Bulanık TOPSIS - Bölge Sıralaması

Bölge sıralaması için her bölge-kriter kesişimine 1–9 dilsel ölçek üzerinden puan atanmıştır. Puanlar önce (l , m , u) üçlülerine dönüştürülmüş, ardından normalize bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Normalizasyon formülü $x_{ij}^* = (l/u \cdot \max, m/u \cdot \max, u/u \cdot \max)$ şeklinde uygulanmıştır; burada $u \cdot \max$ ilgili kriterdeki bölgeler arasındaki en yüksek üst sınır değerini ifade etmektedir. Normalize matris Bulanık AHP'den elde edilen kriter ağırlıklarıyla çarpılarak ağırlıklı normalize matris oluşturulmuştur.

Tablo 5. Bulanık TOPSIS - İdeal Pozitif (A+) ve İdeal Negatif (A-) Çözüm Değerleri (l/m/u)

Çözüm	C1 Erişilebilirlik	C2 Talep	C3 Teknik	C4 Çevresel	C5 Ekonomik
A+ (İdeal Poz.)	(0,277; 0,487; 0,746)	(0,120; 0,226; 0,360)	(0,051; 0,105; 0,200)	(0,047; 0,084; 0,174)	(0,038; 0,065; 0,122)
A- (İdeal Neg.)	(0,138; 0,271; 0,497)	(0,060; 0,125; 0,240)	(0,029; 0,066; 0,133)	(0,020; 0,042; 0,097)	(0,019; 0,037; 0,076)

Not: A+ her kriterdeki en yüksek, A- ise en düşük ağırlıklı bulanık değerleri temsil etmektedir. Değerler (l ; m ; u) üçlüsü biçiminde sunulmuştur.

İdeal pozitif çözüm (A+) her kriterdeki en yüksek ağırlıklı değerlerden, ideal negatif çözüm (A-) ise en düşük ağırlıklı değerlerden oluşturulmuştur. Her bölge için A+'ya (d+) ve A-'ya (d-) olan uzaklıklar vertex yöntemiyle hesaplanmış; yakınlık katsayısı (CC) $CC = d- / (d+ + d-)$ formülüyle elde edilmiştir. CC değeri 1'e ne kadar yakınsa bölge ideal çözüme o kadar yakın demektir.

5. Bulgular

Bulanık TOPSIS analizi sonucunda beş aday bölgenin sıralaması Tablo 6'da sunulmaktadır.

Tablo 6. Bulanık TOPSIS Sonuçları: Bölge Sıralaması ve Yakınlık Katsayıları

Bölge	d+ (İdeal Pozitif Uzaklık)	d- (İdeal Negatif Uzaklık)	CC Skoru	Sıra
Bodrum Merkez	0,0648	0,2284	0,7790	1
Gümbet	0,0732	0,1937	0,7257	2
Yalıkavak	0,1040	0,1567	0,6010	3
Turgutreis	0,1619	0,0901	0,3577	4
Güvercinlik	0,2301	0,0644	0,2187	5

Not: $CC = d- / (d+ + d-)$; CC değeri 1'e yaklaştıkça bölgenin ideal çözüme yakınlığı artmaktadır.

Bulgular, Bodrum Merkez'in $CC = 0,779$ ile en yüksek yakınlık katsayısını elde ettiğini göstermektedir. Bu sonuç beklentilerle örtüşmektedir: Bodrum Merkez, hem erişilebilirlik hem de talep boyutlarında güçlü performans sergilemekte; mevcut teknik altyapısı ise nispeten az maliyetle kullanılabilir durumdadır.

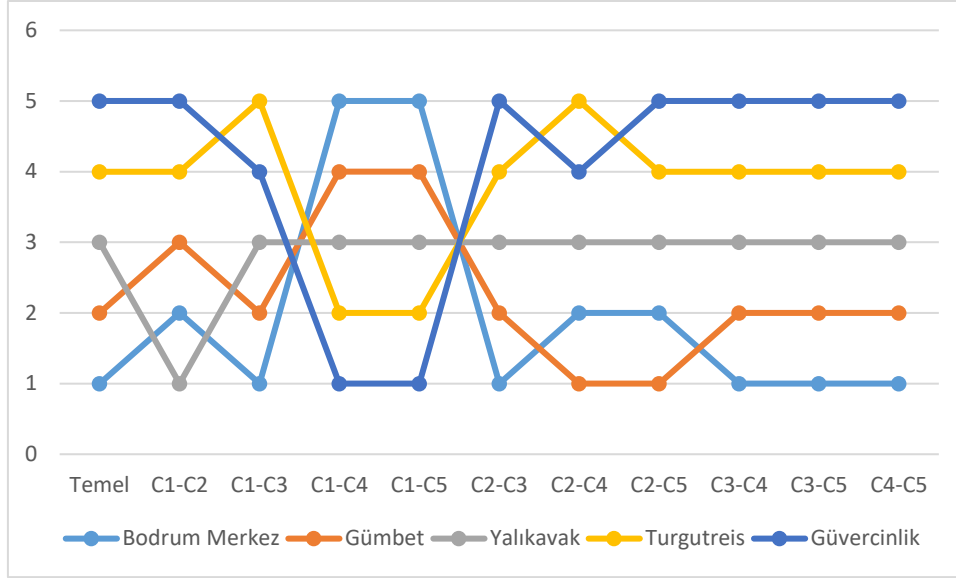
İkinci sırada yer alan Gümbet ($CC = 0,726$), erişilebilirlik skorunun yüksekliği ve Bodrum Merkez'e yakın konumuyla onu yakından takip etmektedir. İlk iki bölge arasındaki fark (0,053) görece küçüktür; bu durum, ek uzman değerlendirmeleriyle Gümbet'in de öncelikli yatırım bölgesi olarak değerlendirilebileceğine işaret etmektedir. Bu yakınlığın sıralama sağlamlığı açısından taşıdığı anlam, Bölüm 6'da sunulan duyarlılık analiziyle ayrıca sınanmaktadır.

Yalıkavak, $CC = 0,601$ ile üçüncü sıraya yerleşmektedir. Yüksek talep skoru (en yüksek puan = 9) bu bölgenin güçlü yönü olmakla birlikte, Bodrum Merkez'e kıyasla daha düşük teknik/altyapı skoru genel sıralamada belirleyici olmaktadır. Öte yandan lüks segment turizmi göz önüne alındığında Yalıkavak'ın hızlı şarj altyapısı için stratejik bir konum oluşturduğu söylenebilir.

Turgutreis ($CC = 0,358$) ve Güvercinlik ($CC = 0,219$), erişilebilirlik ve talep boyutlarındaki düşük performansları nedeniyle sıralamada geride kalmaktadır. Bu iki bölge için yakın vadede büyük ölçekli EV şarj altyapısı yatırımının maliyet-fayda dengesinin sınırlı kalacağı değerlendirilebilir.

6. Duyarlılık Analizi

Bu çalışmada Bodrum'da kurulacak şarj istasyonları için farklı alternatif bölgeler karşılaştırılmıştır. Çalışmada uzman görüşlerinden faydalanılarak kriterler ağırlıklandırılmış ve alternatifler karşılaştırılmıştır. Uzman görüşleri kişiden kişiye farklılık gösterebileceği için bu etkinin azaltılması için çalışmada bulanık yöntemlerden faydalanılmıştır. Ancak kriter önceliklerinin zaman içinde değişebilmesi veya uzmanların görüşlerinde değişkenlik olması gibi nedenlerin sıralama üzerindeki etkilerinin incelenebilmesi için literatürde duyarlılık analizinden faydalanılmaktadır (Özyörük vd., 2025). Bu yüzden bu bölümde kriter ağırlıklarındaki değişimin sıralama üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizinde kriter ağırlıklarının ikili değişimleri alınarak 10 farklı senaryo oluşturulmuş ve her senaryo için bulanık TOPSIS yöntemi ile yeniden hesaplama yapılarak yeniden alternatifler sıralanmıştır. İncelenen temel durum ile kriter ağırlıklarının ikili değişimleri ile oluşturulan 10 senaryoda elde edilen sonuçlar ile Şekil 2 oluşturulmuştur.



Şekil 2. Duyarlılık sonucu elde edilen sıralamaların karşılaştırılması

Şekil 2 incelendiğinde oluşturulan 10 senaryodan 5 tanesinde en iyi alternatifin Bodrum Merkez olduğu görülmektedir. Bu durum, belirlenen kriterler ve hesaplanan alternatifler için Bodrum Merkez'in iyi bir seçim olduğunu göstermektedir. Yapılan hesaplamalarda Gümbet ise 5 senaryoda 2. Sırada, 2 senaryoda ise 1. sırada yer almıştır. Bu durum Bodrum Merkez'den sonra en iyi alternatifin Gümbet olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, Bodrum Merkez'in yalnızca 10 senaryonun 5'inde (yaklaşık %50) birinci sırada yer aldığı; kalan senaryolarda ise Gümbet'in (2 senaryo) veya diğer alternatiflerin öne çıktığı görülmektedir. Bu oran, sıralamanın kriter ağırlıklarındaki değişime orta düzeyde duyarlı olduğuna işaret etmekte olup Bodrum Merkez'in üstünlüğü mutlak değil, koşullu bir bulgu olarak değerlendirilmelidir; kalan senaryolarda hangi alternatiflerin öne çıktığının ayrıntılı biçimde raporlanması, bu bulgunun sağlamlığının okuyucu tarafından daha iyi değerlendirilmesine imkân tanıyacaktır. Kriter ağırlıklarının ikili değişimlerinde ağırlıkların farkı 0,15'i aştığında sıralamada değişiklik olduğu görülmektedir. Bu durum ise diğer alternatiflerin, daha düşük öneme sahip olan 4. Ve 5. kriterlerde daha üstün olduklarını göstermektedir.

7. Tartışma

Çalışmanın bulguları, mevcut literatürle hem örtüşen hem de ayrışan noktalar barındırmaktadır. Erişilebilirlik kriterinin baskın ağırlık aldığı ($\omega = 0,479$) bu çalışmada, Erbaş vd. (2018)'nin Ankara'daki çalışmasıyla benzer bir örüntü gözlemlenmektedir; söz konusu çalışmada da ulaşım erişilebilirliği en yüksek ağırlıklı boyut olarak ortaya çıkmıştır. Kaya vd. (2020)'nin İstanbul'daki taksiler için geliştirdiği modelde enerji ve kentsel erişim boyutlarının birinci ve ikinci sıraya yerleşmesi; bu çalışmada talep ve erişilebilirlik kriterlerinin öne çıkmasıyla kavramsal olarak örtüşmektedir. Bölge sıralamaları açısından Bodrum Merkez'in $CC = 0,779$ ile birinci sırayı alması, yüksek nüfus yoğunluğu ve altyapı olgunluğunu önceliklendiren büyük kent modellerinin (Bilgilioğlu, 2022; Guler & Yomralıoğlu, 2020a) temel bulgularıyla tutarlıdır. Bununla birlikte bu çalışma birkaç noktada mevcut yazından ayrışmaktadır.

Birinci ayrışma, mevsimsel talep dalgalanmasının kriter yapısına dahil edilmesidir. Standart modeller yıllık ortalama talep üzerinden kurgulanmaktadır; Bodrum gibi destinasyonlarda ise yaz dönemi talebi yılın büyük bölümündeki talep düzeyinin birkaç katına çıkabilmektedir. Bu dinamik, hem talep kriterinin ağırlıklandırılmasında hem de bölge puanlamalarında dikkate alınmıştır.

İkinci ayrışma, kıyı ve doğal koruma alanlarına mesafe kriterinin çevresel boyuta açıkça dahil edilmesidir. Bodrum'daki yasal kısıtlamalar, bazı lokasyonları pratik olarak değerlendirme dışı bırakmaktadır; bu durum büyük kent modellerinde genellikle göz ardı edilmektedir.

Üçüncü olarak, kriter havuzunda (Tablo 2) turizm ve konaklama tesislerine yakınlık, 'Kentsel/Mekânsal' ana kriteri altında ayrı bir alt kriter olarak tanımlanmıştır; ancak bu ana kriter nihai Bulanık AHP-TOPSIS modelinde (Tablo 3) bağımsız bir boyut olarak yer almamaktadır. Söz konusu

etki modele örtük biçimde, Talep kriteri üzerinden yansımaktadır: Yalıkavak'ın diğer bölgelere kıyasla en yüksek talep puanını alması, bu bölgedeki otel ve konaklama yoğunluğuyla doğrudan ilişkilendirilmektedir. Dolayısıyla turizm/konaklama yakınlığı bu çalışmada bağımsız bir ana kriter olarak değil, talep kriterinin dolaylı bir belirleyicisi olarak ele alınmıştır; bu ilişkinin ayrı bir alt kriterle açıkça modellenmesi gelecek çalışmalara bırakılmıştır. Bu örtük ilişkinin ampirik dayanağı da açıklığa kavuşturulmalıdır: talep kriterinin bölge puanlaması oluşturulurken kullanılan ikincil veriler arasında turizm yoğunluğu ve konaklama kapasitesi göstergeleri doğrudan yer almış olup Yalıkavak'ın talep boyutunda aldığı en yüksek puan, bu bölgedeki otel yatak kapasitesinin ve turizm sezonu doluluk oranlarının diğer dört bölgeye kıyasla belirgin biçimde yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu bakımdan turizm/konaklama yakınlığının etkisi modelden dışlanmamış, ölçülebilir bir bileşen olarak talep kriterinin içine taşınmıştır; ancak bu içselleştirme, kriterin kendi başına bir ağırlık taşımadığı ve dolayısıyla Bölüm 6'daki duyarlılık analizine bağımsız bir boyut olarak konu edilemediği anlamına gelmektedir. Benzer bir tercih literatürde de görülmektedir: Kaya vd. (2020) ve Guo ve Zhao (2015) gibi çalışmalarda talep veya gelir potansiyeli kriterleri, ticari veya turistik yoğunluk göstergelerini bağımsız bir boyut olarak değil dolaylı biçimde temsil etmektedir; bu açıdan mevcut çalışmanın tercihi literatürdeki yaygın uygulamalarla tutarlıdır. Bununla birlikte yazarlar, Öz ve Giriş bölümlerinde sunulan özgünlük iddiasının bu haliyle Tablo 3'teki metodolojik yapıyla tam örtüşmediğini kabul etmekte ve gelecek çalışmalar için iki alternatif yol önermektedir: (i) turizm/konaklama yakınlığının Bulanık AHP'ye bağımsız bir ana kriter olarak dahil edilip kriter ağırlıklarının bu beşinci boyutu da kapsayacak şekilde yeniden hesaplanması, ya da (ii) özgünlük iddiasının metinde "bağımsız bir ana kriter" yerine "talep kriteri içinde örtük biçimde modellenen ölçülebilir bir bileşen" olarak yeniden ifade edilmesi. Mevcut haliyle çalışma ikinci okumayı yansıtacak biçimde güncellenmiştir.

Metodolojik açıdan değerlendirildiğinde, Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS'in birlikte kullanımı belirsizlik koşullarında sağlam bir karar çerçevesi sunmaktadır. Bu bölümün ilerleyen kısmında çalışmanın sınırlılıkları da ele alınmaktadır.

YBS perspektifinden değerlendirildiğinde, bu çalışma EAŞİ yer seçimini bir örgütsel karar problemi olarak yeniden çerçevelemek ve belediye bilgi sistemleri literatürüne özgün bir katkı sunmaktadır. Çalışmada uygulanan Bulanık AHP + Bulanık TOPSIS kombinasyonu, Simon'ın (1960) İstihbarat-Tasarım-Seçim modelinin her üç aşamasını da sayısal olarak karşılamaktadır; bu özellik, söz konusu modeli sezgisel bir yönetici kararının yerine geçebilecek yapılandırılmış bir Karar Destek Sistemi olarak meşrulaştırmaktadır. Belediye bilgi sistemleri bağlamında bu tür yarı-yapılandırılmış problemler çok sayıda kriter, birden fazla paydaş ve belirsiz verinin bir arada bulunduğu kararlar klasik anlamda hesaplama gerektiren değil, karar yönetimi gerektiren problemler olarak tanımlanmaktadır. Modelin geliştirilmesini sağlayacak sonraki çalışmalarda açık kentsel veri platformlarından (OpenStreetMap, belediye SCADA sistemleri) gerçek zamanlı veri sağlanması, hem veri kalitesini artıracak hem de sistemi dinamik bir karar destek aracına dönüştürecektir. Bu gelişim potansiyeli, çalışmayı yalnızca bir ÇKKV uygulaması olarak değil; YBS alanında belediye karar altyapılarının dijitalleşmesine yönelik somut bir mimari öneri olarak konumlandırmaktadır.

Bu çalışmanın başlıca sınırlılıkları şu şekilde özetlenebilir. Birinci sınırlılık, hem kriter ağırlıklarının hem de bölge-kriter giriş puanlarının aynı on kişilik uzman panelinin tek turlu değerlendirmesine dayanmasıdır. Puanlar ikincil kaynaklarla çapraz doğrulanmış olmakla birlikte, çok turlu ve geri bildirimli bir Delphi süreci bu tek turlu değerlendirmenin yerini almadıkça bulgular doğrudan politika kararına esas teşkil etmemelidir; gelecek çalışmalarda daha geniş bir uzman panelinin çok turlu Delphi yöntemiyle görüşüne başvurularak hem kriter ağırlıkları hem de bölge puanları yeniden kalibre edilmelidir. İkinci sınırlılık, CBS katmanının bulunmamasıdır. Mekânsal veri kısıtları nedeniyle bölge sınırları piksel çözünürlüğüyle değil bütünsel değerlendirmeyle belirlenmiştir; CBS entegrasyonu lokasyon hassasiyetini önemli ölçüde artıracaktır. Üçüncü sınırlılık, kapsam açısından: Beş bölge ve beş kriter üzerinden yürütülen analiz, ilçenin tüm mahallelerini ve potansiyel noktalarını kapsamının dışında bırakmaktadır. Dördüncü sınırlılık, Bölüm 6'da sunulan duyarlılık analizinin kapsamının kısmi kalmasıdır: analiz, kriter ağırlıklarının yalnızca ikili değişimlerine dayanan 10 senaryoyla sınırlı tutulmuştur; ağırlıkların eş zamanlı ve sistematik biçimde pertürbe edildiği daha geniş kapsamlı bir senaryo seti, bulguların sağlamlığını daha kapsamlı biçimde test edecektir.

8. Sonuç ve Politika Önerileri

Bu çalışma, Bodrum ilçesinde elektrikli araç şarj istasyonu (EAŞİ) yer seçimine yönelik Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS temelli bütünleşik bir karar modeli sunmuştur. Analiz sonuçları, Bodrum Merkez ve Gümbet'in kısa vadeli yatırım önceliğine sahip olduğunu; Yalıkavak'ın ise premium hızlı şarj altyapısı için stratejik bir konum sunduğunu ortaya koymaktadır. Turgutreis ve Güvercinlik, düşük CC skorlarına karşın orta-uzun vadede turizm baskısı arttıkça ve şebeke altyapısı iyileştikçe yeniden değerlendirilebilir. Politika yapıcılar açısından bu çalışma üç somut çıktı sunmaktadır. İlk olarak, öncelikli yatırım bölgelerinin belirlenmiş olması belediye bütçe planlamasını kolaylaştırmaktadır. İkinci olarak, mevsimsel talep bileşeninin modele dahil edilmesi turistik şehirlere yönelik altyapı planlama süreçlerine metodolojik bir katkı sağlamaktadır. Üçüncü olarak, kriter yapısının açık biçimde sunulması çalışmanın farklı kıyı destinasyonlarına uyarlanmasına zemin hazırlamaktadır.

Elde edilen bulgular, benzer coğrafyalarda yürütülen EAŞİ yer seçimi çalışmalarıyla karşılaştırıldığında hem yakınsayan hem de ayrışan yönler sergilemektedir. Erişilebilirlik kriterinin bu çalışmada en yüksek ağırlığı alması ($\omega = 0,479$), Erbaş vd. (2018)'in Ankara'da ulaşım erişilebilirliğini birincil belirleyici olarak öne çıkaran bulgusuyla ve Bilgilioğlu (2022)'nin büyükşehir ölçekli modelindeki altyapı odaklı önceliklendirmeye örtüşmektedir; bu yakınsama, erişilebilirlik ve mevcut altyapı olgunluğunun EAŞİ konumlandırmasında büyük ölçüde bağlamdan bağımsız bir öncelik taşıdığını düşündürmektedir. Buna karşın bu çalışma, Kaya vd. (2020)'nin İstanbul'daki elektrikli taksi şarj ağı için enerji şebekesi kapasitesini birinci sıraya yerleştiren bulgusundan farklı olarak, talep ve mevsimsellik kriterlerine görece daha yüksek ağırlık atfetmektedir. Bu farklılığın olası nedeni, iki çalışma bağlamı arasındaki yapısal farktır: İstanbul örneğinde talep, sürekli ve öngörülebilir bir ticari filo hareketliliğine dayanırken, Bodrum'da talep yaz aylarında keskin biçimde yükselen turizm kaynaklı bir dalgalanma göstermektedir; dolayısıyla şebeke kapasitesi yerine talebin zamansal dağılımı modelde daha belirleyici hale gelmektedir. Benzer biçimde, kıyı ve doğal koruma alanlarına mesafenin bu çalışmada çevresel boyuta ayrı bir kriter olarak dahil edilmesi, Guo ve Zhao (2015) ile Rane vd. (2023) gibi büyük metropol ölçekli çalışmalarda gözlenmeyen bir unsurdur; bu ayrışma, Bodrum'un kıyı turizmi ve doğa koruma rejimlerine tabi arazi kullanım kısıtlarından kaynaklanmakta olup metropol modellerinin doğrudan kıyı destinasyonlarına uyarlanmasının sınırlı kalabileceğine işaret etmektedir. Bu karşılaştırma, EAŞİ yer seçimi modellerinin evrensel bir kriter setiyle değil, hedef bölgenin sosyo-ekonomik ve mekânsal özelliklerine duyarlı biçimde uyarlanarak geliştirilmesi gerektiğini göstermekte; politika yapıcılar açısından da metropol ölçekli EAŞİ planlama modellerinin turistik kıyı ilçelerine doğrudan aktarılması yerine, yerel talep dinamiklerini ve arazi kullanım kısıtlarını yansıtan bölgeye özgü ağırlıklandırmaların benimsenmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Gelecekteki araştırmalar, gerçek uzman anketleriyle kriter ağırlıklarının yeniden kalibre edilmesini, CBS tabanlı mekânsal analiz katmanlarının modele entegre edilmesini ve alternatif senaryolar aracılığıyla duyarlılık analizlerinin gerçekleştirilmesini içerebilir. Ayrıca gelecek çalışmalarda farklı ÇKKV yöntemleri ile farklı bulanık yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

Kaynakça

- Atan, M., Atan, S., & Altın, K. (2008). İnsan kaynakları seçiminde analitik hiyerarşi süreci kullanımı ve bir yazılım önerisi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(3), 143–162.
- Bilgilioğlu, S. S. (2022). 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. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.1013244>
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), 233–247. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(85\)90090-9](https://doi.org/10.1016/0165-0114(85)90090-9)
- Carra, M., Maternini, G., & Barabino, B. (2022). On sustainable positioning of electric vehicle charging stations in cities: An integrated approach for the selection of indicators. *Sustainable Cities and Society*, 85, 104067. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104067>
- Erbaş, M., Kabak, M., Özceylan, E., & Çetinkaya, C. (2018). Optimal siting of electric vehicle charging stations: A GIS-based fuzzy multi-criteria decision analysis. *Energy*, 163, 1017–1031. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.140>

- Feng, J., Xu, S. X., & Li, M. (2021). A novel multi-criteria decision-making method for selecting the site of an electric-vehicle charging station from a sustainable perspective. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102623. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102623>
- Ghosh, A., Ghorui, N., Mondal, S. P., Kumari, S., Mondal, B. K., Das, A., & Gupta, M. S. (2021). Application of hexagonal fuzzy MCDM methodology for site selection of electric vehicle charging station. *Mathematics*, 9(4), 393. <https://doi.org/10.3390/math9040393>
- Ghodusinejad, M. H., Noorollahi, Y., & Zahedi, R. (2022). Optimal site selection and sizing of solar EV charge stations. *Journal of Energy Storage*, 56, 105904. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105904>
- Guler, D., & Yomralioglu, T. (2020a). 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. <https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1737226>
- Güler, D., & Yomralioğlu, T. (2020b). Açık kaynak kodlu CBS yazılımı ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemini içeren elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi önerisi. *Harita Dergisi*, 163, 17–28.
- Guo, S., & Zhao, H. (2015). Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective. *Applied Energy*, 158, 390–402. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.08.082>
- Kaya, Ö., Alemdar, K. D., & Çodur, M. Y. (2020). A novel two stage approach for electric taxis charging station site selection. *Sustainable Cities and Society*, 62, 102396. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102396>
- Özyörük, B., Desticioğlu Taşdemir, B., Kumcu, S., & Karacaer, B. (2025). Hastane içi tedarik zinciri yönetimi performansının PBAHP ve PBTOPSIS yöntemleriyle karşılaştırmalı analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 40(4), 2839–2850. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1739731>
- Rane, N., Achari, A., Saha, A., Poddar, I., Rane, J., Pande, C., & Roy, S. (2023). An integrated GIS, MIF and TOPSIS approach for evaluating and ranking the suitability of sites for EV charging infrastructure. *Sustainable Cities and Society*, 94, 104573. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104573>
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
- Zhou, J., Wu, Y., Wu, C., He, F., Zhang, B., & Liu, F. (2020). A geographical information system based multi-criteria decision-making approach for location analysis and evaluation of urban photovoltaic charging station: A case study in Beijing. *Energy Conversion and Management*, 205, 112340. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112340>
- Nevo, D., & Chan, Y. E. (2007). A Delphi study of knowledge management systems: Scope and requirements. *Information & Management*, 44(6), 583–597. <https://doi.org/10.1016/j.im.2007.06.001>
- Power, D. J. (2007). A brief history of decision support systems. *DSSResources.com*. <http://dssresources.com/history/dsshistory.html>
- Simon, H. A. (1960). *The new science of management decision*. Harper & Brothers.
- Turban, E., Sharda, R., & Delen, D. (2011). *Decision support and business intelligence systems* (9th ed.). Pearson.

Research Article**Belediye Bilgi Sistemleri Perspektifinden Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi: Bulanık AHP-TOPSIS Temelli Bir KDS Modeli***Electric Vehicle Charging Station Site Selection from a Municipal Information Systems Perspective: A Fuzzy AHP-TOPSIS Based DSS Model*

Merve ASİLOĞULLARI AYAN Dr, Milli Savunma Üniversitesi Savunma Yönetimi merve.asilogullari@msu.edu.tr https://orcid.org/0000-0001-7522-0911	Beste DESTİCİOĞLU TAŞDEMİR Doç.Dr., Erasmus University Rotterdam, Econometrics desticioglutasdemir@ese.eur.nl https://orcid.org/0000-0001-8321-4554
---	--

Extended Summary

Choosing where to put a charging station is not a purely technical question. Land cost matters, grid capacity matters, but so does whether people will actually drive there. In tourist towns the problem gets messier because the population that shows up in August looks nothing like the population in January. The infrastructure that makes sense for a city of 170,000 people does not necessarily make sense for a city that receives several times that number over a three-month window. Planning tools built around stable urban populations tend to miss this, and most of the EVCS location literature was built around exactly those kinds of cities.

This study builds a site selection model for electric vehicle charging stations (EVCS) in Bodrum, a coastal district in Muğla Province, Turkey. The broader motivation is the rapid growth of electric vehicle adoption globally, which has created real pressure on municipalities to plan charging infrastructure before demand outpaces supply. In Turkey this pressure is beginning to be felt, but location selection methodologies remain underdeveloped, particularly for non-metropolitan contexts. Bodrum offers an interesting test case precisely because its demand profile does not fit standard urban assumptions.

The method combines Fuzzy AHP, following Buckley's (1985) formulation, for criterion weighting and Fuzzy TOPSIS for ranking five candidate locations: Bodrum Centre, Yalıkavak, Gümbet, Turgutreis, and Güvercinlik. Both methods extend their classical counterparts to handle the kind of linguistic uncertainty that shows up when experts make judgments about criteria that are genuinely hard to quantify. Rather than asking an expert to say accessibility is exactly 4.7 times more important than environmental factors, fuzzy methods allow the response to be expressed as a range, which is closer to how expert judgment actually works. Triangular fuzzy numbers are used throughout, and criterion weights are calculated using the geometric mean approach with centroid defuzzification. The consistency of the pairwise comparison matrix was tested and returned $\lambda_{\max} = 5.337$, $CI = 0.084$ and $CR = 0.075$, which is within the accepted threshold of 0.10. The five criteria evaluated are accessibility, demand, technical and infrastructure capacity, environmental factors, and economic considerations.

Accessibility came out as the dominant criterion by a considerable margin, with a normalized weight of 0.479. Demand followed at 0.223. The other three criteria clustered well below those two. In a city like Ankara or Istanbul that gap would probably be narrower, but Bodrum's seasonal traffic pattern likely explains it. During peak summer months the bottleneck for EV users is simply getting to and from the station efficiently, not the electricity cost or the land price. Experts weighting the criteria appear to have internalized that reality, even if the model does not make it explicit.

Bodrum Centre ranked first with a closeness coefficient of 0.779, Gümbet second at 0.726. The difference between them is small enough that a fuller expert study with a larger panel could reasonably produce a different order, and that should be kept in mind when reading the results. Yalıkavak came third at 0.601. It actually scored highest on demand among all five locations, which reflects its concentration of high-end marina facilities and luxury accommodation. But its infrastructure score pulled the overall result down, meaning the grid capacity and existing technical infrastructure in the area are not yet at the level needed to fully support the demand that is theoretically there. Turgutreis and Güvercinlik finished fourth and fifth, at 0.358 and 0.219 respectively. For those two locations the cost-benefit case for near-term investment looks weak given current accessibility and demand conditions, though that assessment could change as the district's road network and grid infrastructure develop over the medium term.

The more original part of this work is probably the criterion structure rather than the rankings themselves. Most EVCS location studies in the literature focus on large metropolitan areas where the resident population is roughly stable across the year. The methodological choices that make sense for Istanbul or Beijing, where you are essentially distributing infrastructure across a dense and predictable population, do not transfer cleanly to a place like Bodrum. Bodrum's permanent population of around 170,000 rises several times over during summer, which means the bulk of charging demand arrives in a short window and then largely disappears. Standard urban models built on annual average figures are simply not well suited to that situation, and applying them without modification would likely produce a misleading picture of where demand is actually concentrated and when. To deal with this, the study incorporates seasonal demand fluctuation directly into the demand criterion rather than treating it as background context. Coastal and nature conservation area proximity is treated as an explicit environmental constraint, not a background assumption that gets mentioned in the discussion section but does not affect the numbers. In Bodrum's case, certain locations are effectively ruled out by coastal protection regulations, and a model that does not represent that constraint is not particularly useful for actual municipal planning. Proximity to hotels and tourism accommodation facilities was also defined as a sub-criterion in the initial criteria pool, but it was not carried forward as an independent dimension in the final Fuzzy AHP-TOPSIS model. Its effect is instead captured implicitly through the demand criterion: Yalıkavak's highest demand score is directly linked to its hotel and accommodation density, since the secondary data used to score demand incorporated tourism intensity and accommodation capacity indicators. In most metropolitan models this kind of proximity is captured indirectly through population density or commercial land use categories; the present study follows the same indirect logic rather than treating hotel proximity as a stand-alone weighted criterion, consistent with common practice in the literature (e.g., Kaya et al., 2020; Guo & Zhao, 2015). Formalizing this relationship as an explicit sub-criterion is left for future work.

The model is framed as a Decision Support System (DSS) prototype, using Simon's (1960) three-stage decision model as a conceptual backbone. This framing is not just a rhetorical move. It is meant to situate the study within the management information systems literature, where the design of tools that support structured organizational decision-making is a central concern, rather than treating the work purely as an operations research application. In the Intelligence stage, secondary data from TÜİK population statistics, Bodrum Municipality infrastructure reports and tourism density figures are compiled to define the boundaries of the decision problem. In the Design stage, Fuzzy AHP generates criterion weights and Fuzzy TOPSIS ranks the alternative locations. In the Choice stage, the closeness coefficient scores translate the model's output into a prioritized list that a municipal decision-maker can use directly without needing to interpret raw mathematical results. The three stages map cleanly onto the model's structure, and that alignment is what justifies calling it a DSS prototype rather than simply an MCDM application.

Looking further ahead, the data layer of the model could in principle be connected to real-time urban data streams. Traffic sensor networks integrated into smart city platforms could update accessibility and demand scores continuously rather than relying on static secondary data. Grid load data from electricity distribution companies could automatically refresh the technical infrastructure scores. That kind of integration would move the model from a static pilot tool toward something closer to a live municipal decision support module. The literature on urban information systems suggests that data-driven spatial

decision support tools of this kind do improve organizational decision quality, and the framework presented here is designed with that potential extension in mind.

There are real limitations worth naming. The location scores come from the researcher's assessment of secondary sources, not from a structured multi-expert survey. A Delphi-based approach with a larger panel would produce more robust criterion weights and location scores, and the rankings should not be used directly as a basis for capital investment decisions without that additional validation. GIS spatial layers are absent because suitable open data for Bodrum at sub-district resolution was not available during the study period. The analysis covers five locations and five main criteria, which leaves most of the district outside the scope. And the sensitivity analysis, while conducted, is partial. Systematic weight perturbation across a wider range of scenarios would give a stronger test of whether the rankings are stable or depend heavily on the specific weights generated by the expert assessment.

For practitioners, the main takeaway is straightforward. Bodrum Centre and Gümbet are the clearest short-term investment priorities. Yalıkavak is worth considering specifically for fast-charging infrastructure aimed at the premium tourism segment, even though it ranks third overall. The criterion structure, particularly the seasonal demand and coastal conservation constraint components, was designed to transfer to other coastal tourism destinations facing similar planning problems rather than being specific to Bodrum alone. Municipalities in comparable contexts, where a small permanent population hosts a much larger seasonal visitor population and where coastal regulations constrain site options, should find the framework adaptable without major restructuring.