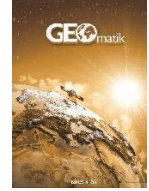




Geomatik

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik>

e-ISSN 2564-6761



İstanbul'da kentsel yeşil altyapı için çatı tarımı potansiyelinin CBS tabanlı karar analizi ile değerlendirilmesi

Rabia Bovkır*¹

¹ Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, rbovkir@hacettepe.edu.tr

Kaynak Göster: Bovkır, R. (2025). İstanbul'da kentsel yeşil altyapı için çatı tarımı potansiyelinin CBS tabanlı karar analizi ile değerlendirilmesi. Geomatik, 10 (1), 91-104

DOI: 10.29128/geomatik.1517186

Anahtar Kelimeler

Yeşil Altyapı
Çatı Tarımı
Sürdürülebilir Gelişme
CBS
Çok Kriterli Karar Verme

Araştırma Makalesi

Geliş: 16.07.2024
Revize: 07.10.2024
Kabul: 30.10.2024
Çevrim İçi Yayınlanma:
13.11.2024



Öz

Çatı tarımı, sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile olan uyumu sebebiyle son yıllarda toplumlar ve karar vericiler tarafından giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bu uygulamalar, yerel gıda üretimini ve güvenilirliğini artırmakta, lojistik ihtiyaçları azaltmakta ve kendi kendine yeterliliği geliştirmektedir. Ayrıca çatı tarımı, kentsel ısı adası etkisini azaltmakta, binaların soğutma enerjisini düşürmekte ve yeşil alanları arttırarak iklim nötrlüğüne katkı sağlamaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile çok kriterli karar analizleri (ÇKKA) entegrasyonu, farklı konumsal kriterleri bütüncül ve eş zamanlı olarak analiz edilebilme olanağı sunmaktadır. CBS tabanlı karar analizleri, uzman görüşlerine dayalı olarak belirlenen öncelikler doğrultusunda, ekonomik ve sürdürülebilir yer seçimi kararlarını desteklenmektedir. Bu çalışmada, İstanbul'da çatı tarımı için potansiyel uygun alanların belirlenmesi amacıyla CBS ve ÇKKA entegre bir şekilde kullanılmıştır. Analitik hiyerarşi süreci (AHP) kriterlere ağırlık atamada, ideal çözüme benzerliğe göre tercih sıralaması tekniği (TOPSIS) ise uygun alanların sıralanmasında kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre çatı tarımı uygunluğunun Bakırköy, Başakşehir, Beşiktaş, Beykoz, Kadıköy Küçükçekmece, Sarıyer ve Üsküdar gibi yoğun nüfuslu, ulaşım imkânları gelişmiş ve yeşil alan yoğunluğu yüksek ilçelerde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Uygun alanlar arasında yapılan sıralamada ise Caddebostan, Göktürk Merkez ve Fenerbahçe mahalleleri İstanbul genelinde çatı tarımı için en ideal yerler olarak belirlenmiştir.

Urban green infrastructure for a climate neutral future: assessment of urban rooftop agriculture potential in İstanbul with GIS-based decision analysis

Keywords

Green Infrastructure
Rooftop Farming
Sustainable Development
GIS
Multi-criteria Decision
Making

Research Article

Received: 16.07.2024
Revised: 07.10.2024
Accepted: 30.10.2024
Online Published:
13.11.2024

Abstract

Due to its alignment with sustainable development goals, rooftop agriculture has gained increasing interest from communities and decision-makers, especially in recent years. These practices increase local food production and security, reduce logistical needs and promote self-sufficiency. Furthermore, rooftop agriculture reduces the urban heat island effect, reduces cooling energy consumption in buildings and contributes to climate neutrality by increasing green spaces. The integration of geographic information systems (GIS) and multi-criteria decision analysis (MCDA) enables holistic and simultaneous analysis of various spatial criteria. GIS-based decision analyses guided by expert opinions support economic and sustainable site selection decisions based on predetermined priorities. In this study, GIS and MCDA were integrated to identify potential suitable areas for rooftop agriculture in İstanbul. Analytical hierarchy process (AHP) was used for weighting the criteria and the technique for order of preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) was used for ranking the suitable areas. According to the results, the suitability of rooftop agriculture is concentrated in districts with high population, good transport connectivity and dense green areas such as Bakırköy, Başakşehir, Beşiktaş, Beykoz, Kadıköy, Küçükçekmece, Sarıyer and Üsküdar. Among the listed suitable areas, Caddebostan, Göktürk Merkez and Fenerbahçe neighbourhoods were identified as the most ideal locations for rooftop agriculture in İstanbul.

1. Giriş

Yirminci yüzyılın başından itibaren hızla artan kentleşme, küresel çapta plansız ve yoğun yapılaşma ile birlikte ulaşım, çevre ve hava kirliliği gibi bir dizi sorunu tetiklemiştir. Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi Başkanlığı tarafından yayınlanan rapor uyarınca 2018 yılında %50'nin üzerinde olan küresel kent nüfusunun 2050 yılına kadar %70'i bulması tahmin edilmektedir (BM, 2019). Bu hızlı kentleşme ve artan nüfusun kentsel alanlara doğru yoğun göçü, ekolojik devamlılık kaynaklarının adil dağılımı, gıda güvenliği, hava kirliliği, yaşam kalitesi ve finansal refah gibi sürdürülebilirliğin tüm yönleriyle ilgili büyük endişeleri beraberinde getirmiştir (Webb ve ark., 2018; Mittal ve ark., 2020; Langemeyer ve ark., 2020; Aydınoglu ve ark., 2022; GTÖ, 2022;2023). Yoğun betonlaşma, doğrudan kırsal tarım arazilerinin daralmasına ve vatandaşların gıda güvenliklerini tehlikeye girmesine neden olmaktadır (GTÖ, 2022). Kentleşme ile birlikte ayrıca beton veya yansıtıcı yapay malzemelerden oluşan yoğun sert zeminler kentsel ısı adası gibi birçok problemi beraberinde getirir (GTÖ, 2023; Özer ve Yetkin, 2023). Bu anlamda kentsel faaliyetler, dünya çapında sera gazı emisyonlarının %70'ini sebebi olarak iklim değişikliğinin en büyük nedenleri arasında gelmektedir (GTÖ, 2023).

Günümüz küresel kentleşme sürecinin devam eden eğilimi ve olumsuz etkileri göz önüne alındığında, kent merkezlerinin gerçekten sürdürülebilir ve dirençli olabilmesi ancak yeşil altyapı, yenilenebilir enerji ve atıkların azaltılması yoluyla ekolojik ayak izinin en aza indirilmesi sonucu gerçekleşebilir (Ahvenniemi ve ark., 2017). Bu anlamda, sürdürülebilir ve dirençli kentlere geçişin merkezinde iklim nötrlüğü kavramı yer almaktadır. Bu kavram, sera gazı emisyonlarını mümkün olan en düşük seviyeye indirmeyi ve kalan emisyonları dengeleme önlemleriyle telafi ederek net emisyonu sıfıra düşürmeyi hedeflemektedir (Obracht-Prondzyńska ve ark., 2022; AB, 2024a). Bu bağlamda, Avrupa Komisyonu iklim eylemine öncülük etme ve iklim kaynaklı problemleri en aza indirmeye anlamında iddialı hedefler ve direktifler ortaya koymuştur (Biesaga ve ark., 2023). Horizon 2020 ve Horizon Europe araştırma ve inovasyon programları, Avrupa Yeşil Anlaşması (European Green Deal) ve diğer politika ve direktifler ile Avrupa Birliği üye devletlerinin 2030 yılına kadar emisyonlarda %55 azaltmasını ve 2050 yılına kadar iklim ve karbon nötrlüğe ulaşmasını hedeflemektedir (NSS, 2024; AK, 2024b).

İklim nötrlüğüne yönelik kent stratejilerinin uygulanması kentsel planlama başta olmak üzere enerji, çevre yönetimi ve ulaşım gibi sektör uygulamalarının entegrasyonunu içerir (Turci ve ark., 2021). Bu uygulamalar kapsamında, yeşil altyapı girişimlerinin farklı olumlu etkilerine ilişkin farkındalık ve algının özellikle son yirmi yılda akademik literatürde ve ulusal ile uluslararası politika girişimlerinde giderek artan bir ilgiye sahip olduğu söylenebilir (Berger, 2013; Larsen, 2015; Grunwald ve ark., 2017; Russo ve ark., 2017; GTÖ, 2018;2022;2023; Feola ve ark., 2020; SBB, 2023). Yeşil altyapı uygulamaları kapsamında en öne çıkan uygulama yaklaşımı olarak yeşil çatı uygulamaları gelmektedir. Çatı bahçesi, çatı çiftliği ve bitkilendirilmiş çatı olarak da

isimlendirilen yeşil çatı kavramı, binaların üst çatı alanlarının yeşil doku ile kaplanarak organik ürün yetiştirmeye olanaklı hale dönüştürüldükleri alanlar olarak tanımlanabilir (Walters ve Midden, 2018; Aras, 2019; Giannopoulou ve ark., 2019; AK, 2020; Özer ve Yetkin, 2023).

Çatı tarımı, yeterince kullanılmayan kentsel alanları tarımsal amaçlarla kullanarak, yerel gıda üretimini artırarak, taze gıdaya erişim mesafelerini azaltarak ve kendi kendine yeterliliği teşvik ederek sürdürülebilir kalkınma hedeflerine önemli katkıda bulunur (Akıncı ve ark., 2013; Yalaw ve ark., 2016; Walters ve Midden, 2018; Appolloni ve ark., 2021; Taylor ve ark., 2021). Çünkü kentsel tarımın başarılı şekilde gerçekleştirilebilmesi için geleneksel tarım amaçlı kullanılan boş arsalar, potansiyel gelişime karşı hassas alanlardır. Bu nedenle, kentsel çatı tarımı bina inşaatı sırasında kaybedilen yeşil alanın etkin bir şekilde yerine konması ile geleneksel kentsel tarımda karşılaşılan zorluklara çözüm sunar ve yerel kentsel tarımı artırmak için cazip bir seçenek olarak görülür (Ouellette ve ark., 2013; Walters ve Midden, 2018).

Çatı tarımı ile yetiştirilen ürünler, kent nüfusu için yerel olarak üretilen taze gıda kaynağı olmasının yanı sıra çok sayıda ekolojik ve ekonomik faydaya da sahiptir (Specht ve ark., 2014; Appolloni ve ark., 2021). Yeşil çatılar, kentsel ortamda daha önce var olmayan bir yaşam alanı yaratarak biyolojik çeşitliliğin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır (Grunwald ve ark., 2017; Appolloni ve ark., 2021). Yeşil çatılar ile oluşturulan mikro yaşam alanları böcekler, kuşlar ve memeliler de dâhil olmak üzere çeşitli yaban hayatı türlerini destekler. Ayrıca, yeşil çatı uygulamaları kentsel alanlarda kentsel ısı adası etkisini azaltarak binaların soğutulmasına, soğutma için harcanan enerjinin azaltılmasına, bitki büyümesi yoluyla karbondioksit tutulma oranlarının artırılmasına ve yağmur suyu akışı ile ilişkili su kirliliği sorularının azaltılmasına yardımcı olarak iklim nötrlüğü için önemli avantajlar sağlar (Specht ve ark., 2014; Zolekar ve Bhagat, 2015; Saha ve Eckelman, 2017; Attia ve ark., 2022).

Kentsel çatı tarımının etkin ve başarılı şekilde uygulanmasının temel koşullarından biri ilgili sistemin kurulacağı konumdur (Stoudt, 2015; Kil ve ark., 2023). Çevresel ve iklimsel uygunluk, fiziksel altyapı uygunluğu, hizmet erişilebilirliği ve potansiyel tüketicilerin belirlenmesi çatı tarımına uygunlukların belirlenmesi ve başarılı uygulamalar için oldukça önemli faktörlerdir (Grunwald ve ark., 2017; Saha ve Eckelman, 2017; Langemeyer ve ark., 2020; Kazemi ve Hosseinpour, 2022; Montealegre ve ark., 2022; Kil ve ark., 2023). Bunların yanı sıra çatı tarımı için dikkate alınması gereken faktörler arasında çatı alanı ve yüksekliği, eğim ve yük gibi yapısal unsurlar da bulunmaktadır (Berger, 2013; Stoudt, 2015; Kil ve ark., 2023). Bu şekilde bir mekânsal çok kriterli bir karar probleminin çözümü için coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) konumsal analiz yetenekleri ön plana çıkmaktadır. Uygunluk analizlerinde, çok kriterli karar analizleri (ÇKKA) ve CBS entegrasyonu ile belirlenen probleme yönelik tüm kriterlerin ağırlıkları ve öncelikleri belirlenerek, konumsal özellikleri uyarınca analiz edilmesi ile kentsel ve bölgesel karar alma

önemli etmen olarak görülmektedir. Yıl içerisinde yüksek seviyelerde güneş ışığı (solar radyasyon) alan alanlar bitki verimliliğine pozitif etki yapar. Bunun yanında ısı adalarının yoğunlaştığı ve yüzey sıcaklığının arttığı alanlara kurulacak yeşil çatı sistemleri albedoyu (güneş yansımaları) arttırarak kentsel ısı adası etkisini de azaltıcı etki gösterir (Langemeyer ve ark., 2020; Montealegre ve ark., 2022).

Gıda üretimi ana grubunda sağlıklı gıda üretimi, dağıtımı ve güvenliğine yardımcı olabilecek faktörler yer almaktadır. Meenar ve Hoover (2012) tarafından yapılan çalışmada, mevcut halk bahçelerine katılımın ilgili bahçenin yakınındaki mahalle sakinleri tarafından sağlandığını göstermektedir. Bu nedenle, mevcut kent bahçeleri ve kentsel tarım alanlarına yürüme mesafesi, yeni çatı tarımına yönelik talebin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Langemeyer ve ark., 2020). Kent sakinleri sebze ve meyvelerini genellikle marketlerden ve bakkallardan temin etmektedir, bu nedenle mevcut market ve bakkallar ve bunların erişilebilirliği çatı tarımı gibi alternatif ürün kaynaklarına olan ihtiyacı etkiler (Walker ve ark., 2010; Langemeyer ve ark., 2020). Gıda çöllerinin oluşum sebebinin başında taze meyve ve sebzelere sınırlı erişim olduğu düşünülmektedir (Stoudt, 2015). Bu kapsamda halkın ürünlere kolaylıkla erişebilmesini için kurulacak çatı tarımı sistemlerinin ana erişim yollarına ve otobüs, metro, tramvay durakları gibi toplu taşıma noktalarının yakınlığı önem arz etmektedir (Stoudt, 2015; Kil ve ark., 2023).

Rekreasyon alanlarının varlığı ve biyoçeşitlilik, yeşil çatı sistem aktivitelerinin başarısında etkili rol oynamaktadır (Langemeyer ve ark., 2020). Kentsel florayı tozlaştırıcı ve istilacı zararlıları düzenleyen başta böcekler, arılar ve bazı kuşlar olmak üzere kentsel alanlarda yerel faunanın varlığı biyolojik çeşitliliğin teşvik edilmesinde ve tarımsal ürünlerin verimliliğine pozitif etki sağlamaktadır (MacIvor ve Lundholm, 2011). Açık hava spor tesisleri de (açık havada yer alan koşu ve yürüyüş parkurları, aletli spor alanları vb.) bu anlamda yeşil örtünün fazla olduğu, bitki çeşitliliği alanlar olduğundan kentsel tarımı destekleyici bir etkiye sahiptir. Bunun yanında, kurulacak sistemin biyoçeşitliliğe negatif etki yapabilecek ve tarımsal ürünlerin potansiyelini ve kalitesini düşürebilecek sanayi, üretim ve arıtma tesisleri gibi yoğun endüstriyel faaliyet gösteren alanlardan uzak olması önemlidir (Berger, 2013).

Sosyal ve toplumsal uyum kentsel tarım faaliyetleri için üretim-tüketim dengesi, iş birliği ve güveni kolaylaştıran bir etkiye sahiptir (Langemeyer ve ark., 2017;2020). Bu anlamda gelir düzeyi ve nüfus yoğunluğunun kentsel tarım faaliyetlerinin üretim-tüketim dengesi için önemli bir kriter olduğu söylenebilir. Gelir yüzeyinin düşük olduğu alanlarda yaşayan vatandaşların uygun fiyatlı ve besleyici gıdaya sınırlı erişim olduğundan bu bölgelerde gıda çöllerinin

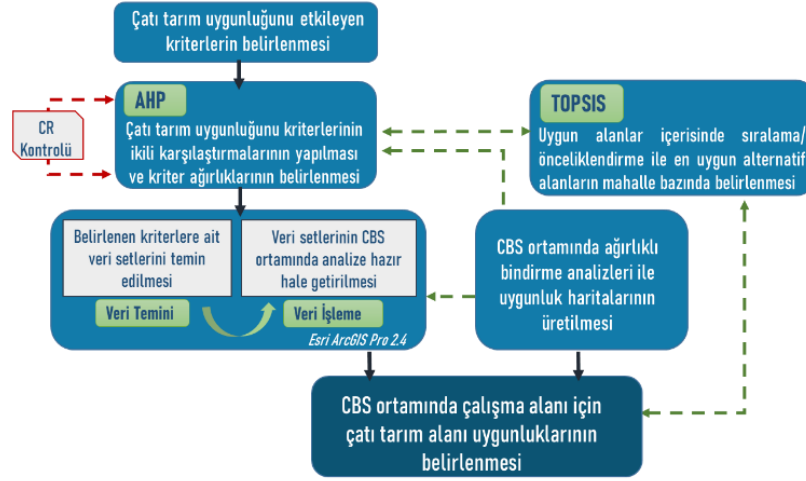
oluşması oldukça olası olarak değerlendirilmektedir (Stoudt, 2015). Diğer taraftan nüfus yoğunluğu, gıda üretimine olan talebin bir aracısı olarak kabul edildiğinden çatı tarım uygulamaları için önemli bir etmen olarak görülmektedir (Langemeyer ve ark., 2020). Dünya Tarım Örgütü (DTÖ) tarafından sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında özellikle ilk ve orta düzeydeki eğitim tesislerinde öğrencilere çiftçilik faaliyetlerinin öğretilmesi konusunda çalışmalar sürdürülmektedir (Stoudt, 2015). Bu anlamda çatı tarım faaliyetlerinin toplum tarafından benimsenmesini sağlamak için okullara ve eğitim merkezlerine yakınlık toplumsal değer katma potansiyeline yardımcı olmaktadır (Stoudt, 2015; Langemeyer ve ark., 2017). Ayrıca üretilen ürünlerin öğrenciler tarafından tüketimi yine SKA kapsamında güvenilir gıda erişimi ile Hedef 2. Açlığa Son ve Hedef 3. Sağlıklı ve Kaliteli Yaşam kapsamında önemli bir uygulama olarak görülebilir.

2.3. CBS tabanlı karar analizleri

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve çok kriterli karar analizlerinin (ÇKKA) tarihsel gelişim süreçlerine bakıldığında, her ikisinin de temelinde operasyon araştırmaları, mühendislik ve yönetim bilimi olduğu söylenebilir (Malczewski, 1999; Belton ve Stewart, 2002; Brimicombe, 2002; Malczewski ve Rinner, 2015). 1960'lı yıllarda gelişmeye başlayan ÇKKA, karmaşık ve birden çok kriterin yer aldığı karar verme problemlerinin optimal ve hızlı çözümlerine odaklanmaktadır (Gök, 2015). Benzer şekilde 1960'ların sonlarına doğru gelişmeye başlayan CBS, bilgisayar teknolojisinin ve coğrafi bilimlerin birleşimiyle ortaya çıkmıştır (Brimicombe, 2002; Longley ve ark., 2015). Bu iki disiplin de yirminci yüzyıldan itibaren coğrafya, kentsel ve bölgesel planlama alanlarındaki araştırmaları birlikte şekillendirmiş, yeni bakış açıları ve ilerlemeler sunmuştur (Malczewski, 1999; Malczewski ve Rinner, 2015).

ÇKKA ve CBS entegrasyonu 1980'lerin sonlarına doğru, CBS'nin sağladığı konumsal analiz yeteneklerinin çok kriterli karar problemlerinde sağladığı potansiyelinin keşfedilmesi ile gerçekleşmiştir (Malczewski, 1999; Malczewski ve Rinner, 2015). Bu iki yöntemin hibrit olarak kullanılması, karmaşık coğrafi nitelikli problemlere ilişkin karar verme süreçlerini iyileştirmek ve daha etkili sonuçlar elde etmek için önemli bir araç haline gelmiştir (Yıldız ve Er, 2023). CBS entegre karar analizleri, başta yer seçim uygulamaları olmak üzere çevre ve ulaşım planlaması, afet yönetimi, risk analizi gibi karmaşık kararlar almak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Ustaoglu ve Aydınoglu, 2020a; Sarı ve Koyuncu, 2021; Jonuzi ve ark., 2024).

Çalışmada uygulanan metodolojik süreç ve kullanılan teknikler arasındaki ilişkiler Şekil 2'de özetlenmiştir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan yöntem adımları.

Tablo 1. Yeşil çatı tarımı coğrafi kriter özeti.

Ana Grubu	Kriter	Alt Kriterler	Birim	Uygunluk İlişkisi	Veri Kaynağı	Kullanılan Veri Seti	Kullanılan Analiz	Referans
Çevre/ Habitat Özellikleri (0.25)		Eğim	Derece (°)	Lineer (-)	ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) - SRTM	Sayısal Yükseklik Modeli Raster Verisi (2018)	Eğim Analizi	Grunwald ve ark., 2017; Saha ve Eckelman, 2017; Montealegre ve ark., 2022
		Hava Kalitesi	Hava kalitesi indeksi - HKI	Lineer (-)	ÇŞİDB - Sürekli İzleme Merkezi (SİM)	İstasyon Günlük Ortalama HKI Değeri (Mayıs 2023/2024)	Enterpolasyon Analizi	Grunwald ve ark., 2017; Kazemi ve Hosseinpour, 2022
		Arazi Kullanımı Akış Katsayısı	Akış Katsayısı (ROC)	Lineer (+)	Copernicus CORINE	CORINE Arazi Örtüsü/Kullanımı Raster Yüzeyi (2018)	Yeniden Sınıflandırma	Langemeyer ve ark., 2020
İklim Özellikleri (0.28)		Isı Adaları	Isı Alanı Yoğunluğu İndeksi (HFI)	Lineer (+)	ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS)	Landsat 8 (Mayıs 2023/2024)	Raster Hesaplayıcı & Yeniden Sınıflandırma	Grunwald ve ark., 2017; Langemeyer ve ark., 2020
		Solar Radyasyon	Watt saat (WS) / (m ²)	Lineer (+)	ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) - SRTM	Sayısal Yükseklik Modeli Raster Verisi (Mayıs 2023/2024)	Alansal Solar Radyasyon Analizi	Berger, 2013; Montealegre ve ark., 2022
Gıda (0.10)	Üretimi	Halk Bahçeleri/ Kentsel Tarım Mesafe	Metre (m)	Mesafe Azalması (+)	Copernicus CORINE, Urban Atlas	CORINE ve Urban Atlas Arazi Örtüsü/ Kullanımı Raster Yüzeyi (2018)	Öklid Mesafe Analizi	Stoudt, 2015; Langemeyer ve ark., 2020; Kazemi ve Hosseinpour, 2022
		Anayol Erişim	Metre (m)	Mesafe Azalması (+)	Open Street Map (OSM)	Ana Kara Ulaşım Hatları Vektör Verisi (2024)	Öklid Mesafe Analizi	Stoudt, 2015; Kil ve ark., 2023
		Bakkal, Market Mesafe	Metre (m)	Mesafe Azalması (+)	İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB)	Bakkal ve Market POI Vektör Verisi (2020)	Öklid Mesafe Analizi	Stoudt, 2015; Langemeyer ve ark., 2020; Kil ve ark., 2023
		Otobüs/Metro Durakları Mesafe	Metre (m)	Mesafe Azalması (+)	İBB	Otobüs, Metro ve Tramvay Durakları POI Vektör Verisi (2023)	Öklid Mesafe Analizi	Stoudt, 2015; Kil ve ark., 2023
Rekreasyon/ Biyçeşitlilik (0.16)		Yeşil Alanlar Mesafe	Metre (m)	Mesafe Azalması (+)	İBB, Copernicus CORINE, Urban Atlas	Yeşil Alanlar Vektör Verisi (2020)	Öklid Mesafe Analizi	Grunwald ve ark., 2017; Langemeyer ve ark., 2020; Kazemi ve Hosseinpour, 2022
		Açık Hava Spor Tesisleri Mesafe	Metre (m)	Mesafe Azalması (+)	İBB	Açık Hava Spor ve Park Alanları Koordinatları (2020)	Öklid Mesafe Analizi	Langemeyer ve ark., 2020
		Sağlığa Zararlı Alanlar Mesafe	Metre (m)	Mesafe Azalması (-)	İBB, Copernicus CORINE, Urban Atlas	Atık ve Sanayi Tesis POI Verisi (2021), CORINE ve Urban Atlas Arazi Örtüsü/ Kullanımı Raster Yüzeyi (2018)	Öklid Mesafe Analizi	Berger, 2013
Sosyal/ Toplumsal Uyum (0.21)		Gelir Düzeyi	Kişi / TL	Lineer (-)	Adres Harita	Mahalle Bazında Kişi Başı Gelir Düzeyi (2024)	Yoğunluk Analizi	Stoudt, 2015; Langemeyer ve ark., 2020; Kil ve ark., 2023
		Nüfus Yoğunluğu Eğitim Merkezleri Mesafe	Kişi / m ²	Lineer (+)	Adres Harita	Mahalle Bazında Kişi Sayısı (2024)	Yoğunluk Analizi	Langemeyer ve ark., 2020; Kil ve ark., 2023
			Metre (m)	Mesafe Azalması (+)	İBB	İlk ve Öğretim Kurumları POI verisi (2020)	Öklid Mesafe Analizi	Stoudt, 2015; Langemeyer ve ark., 2017

2.3.1. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

Karmaşık sorunlarının niteliksel ve niceliksel analizini en iyi alternatiflerle birleştiren Analitik hiyerarşi prosesi (AHP), ilk olarak Saaty (1980) tarafından geliştirilmiştir. Literatürde en sık kullanılan ÇKKA yöntemlerinden olan AHP, farklı kriterlerin önem derecelerini belirlemek için kriterleri ikili karşılaştırmalar yaparak değerlendirir (Forman ve Gass, 2001; Ustaoglu ve Aydinoglu, 2020b). Bu yöntemde, her bir kriterin diğerlerine göre ne kadar önemli olduğunu dikkate alınır ve bu sayede kriterlere ait göreceli ağırlıklar hızlı ve etkin şekilde hesaplanır.

AHP yöntemi zor matematiksel işlemler içermemesi ve hem niceliksel hem de niteliksel veri setlerinin etkin bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlaması nedeniyle konumsal uygunluk için önceliklendirme ve yer seçimi analizi için yaygın olarak kullanılmaktadır. AHP, karar probleminin ayrıştırılması, ikili karşılaştırmaların yapılması ve ağırlıkların belirlenmesi olmak üzere üç temel kurala dayanmaktadır (Saaty, 1980; Malczewski ve Rinner, 2015). Bu anlamda yöntemin uygulanması için öncelikle kriterler ve alt kriterler belirlenerek hiyerarşik bir yapı oluşturulur. Daha sonra her bir kriterin ve alt kriterin önem seviyeleri ve ağırlıklarının belirlenmesi için ikili karşılaştırmalar yapılarak bir matris oluşturulur. Böylelikle, her bir alternatif için ağırlık katsayılarının son vektörünün yanı sıra özdeğerler de hesaplanır (Ustaoglu ve Aydinoglu, 2020b).

Örneğin, belirlenen kriterler için ($m \times m$) ikili karşılaştırma matrisi oluşturulması kapsamında, P_{ij} 'in, i kriterinin j kriterine tercih edildiği değerleri temsil ettiği varsayalım. Hesaplanan bu matris kullanılarak, sonuç matrisin en yüksek özvektörüne karşılık gelen özdeğer dikkate alınarak ve kriterlerin toplamı normalize edilerek her bir kriter için ağırlıklar belirlenir (Saaty, 1980). Matrisler oluşturulduktan sonra tutarlılık oranları (Consistency Ratio - CR) da hesaplanmalıdır (Bovkir ve ark., 2023). Son adım olarak belirlenen ağırlıklar ile problemin çözümüne ilişkin genel derecelendirme belirlenir ve sonuçlar hesaplanır.

2.3.2. İdeal çözüme benzerliğe göre tercih sıralaması tekniği (TOPSIS)

İdeal çözüme benzerliğe göre tercih sıralaması tekniği-TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution), 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından ortaya atılan bir ÇKKA tekniğidir (Hwang ve Yoon, 1981). Bu teknik, önceden belirlenen kriterlere göre olasılıkların/karar noktalarının değerlendirilmesi ilkesine dayanarak karar noktalarının önceliklendirilmesi ilkesine dayanır (Mitra ve Das, 2023; Rane ve ark., 2023). TOPSIS'in dayandığı temel, tanımlanan pozitif ideal çözüme (PİÇ) en yakın ve negatif ideal çözüme (NİÇ) en uzak karar noktalarının belirlenmesidir. TOPSIS, kullanımı ve değerlendirilmesi bakımından karmaşık matematiksel işlemler gerektirmediğinden oldukça kullanışlıdır ve başta AHP olmak üzere diğer ÇKKA yöntemleri ile entegre edilerek etkin bir şekilde kullanılabilir (Foroozesh ve ark., 2022; Topçu ve ark., 2023; Gumussoy ve ark., 2024).

Bu tekniğin hesaplama süreci temel olarak beş adımda gerçekleştirilir (Opricovic ve Tzeng, 2004; Ustaoglu ve ark., 2021):

- I. Karar kriterlerini içeren bir karar matrisi oluşturulur ve daha sonra normalleştirilerek *Normalize Matris* oluşturulur.
- II. Normalleştirilmiş karar matrisi ağırlıklandırılarak *Ağırlıklı Normalize Matris* (V_{ij}) oluşturulur. Ağırlıklandırma için çoğunlukla bir ÇKKA yöntemi ile hesaplanmış olan ağırlık değerleri kullanılır.
- III. Amaç kar elde etmek yani potansiyel getirinin maksimize edilmesi ve maliyetin minimize edilmesi olduğundan, problem için ideal ve ideal olmayan çözüm kümelerinin belirlenmesi gerekir. Pozitif (A^+) - ideal çözüm ve negatif (A^-) - ideal olmayan çözüm kümeleri sırası ile Eşitlik (1,2) yardımı ile hesaplanır. Eşitliklerde I fayda kriterini, J ise maliyet kriterini temsil eder.

$$A^+ = \{(max_j v_{ij} | i \in I), (min_j v_{ij} | i \in J)\} = \{v_1^+, \dots, v_{1n}^+\} \quad (1)$$

$$A^- = \{(min_j v_{ij} | i \in I), (max_j v_{ij} | i \in J)\} = \{v_1^-, \dots, v_{1n}^-\} \quad (2)$$

- IV. Değerlendirilen alternatifin A^+ 'ya yakın olması ve A^- 'ya uzak olması istendiğinden pozitif (S^+) - ideal çözüm noktasına olan uzaklık ve negatif (S^-) - ideal olmayan çözüm noktasına olan uzaklık belirlenmelidir. Bu uzaklıklar Eşitlik (3) ile ifade edilen denklemler yardımı ile hesaplanır. Bu mesafelerin hesaplanmasında genellikle Öklid uzaklığı yaklaşımı kullanılır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{ij}^+)^2}, \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{ij}^-)^2} \quad (3)$$

- V. Pozitif ve negatif ideal çözüm noktalarına olan mesafeler uyarınca, ideal çözüme göreceli yakınlığı ifade eden (C_i^*) değeri Eşitlik (4) yardımı ile hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (4)$$

Denklemden $0 \leq C_i^* \leq 1$ şeklinde tanımlanır ve C_i^* değerinin 0 olması karar noktasının negatif ideal çözüme yakın olduğu anlamına gelirken, 1 değeri ise karar noktasının pozitif ideal çözüme yakın olduğu anlamına gelir. Son olarak karar noktaları (bu çalışma için çatı tarım uygunluğu en yüksek olan mahalleler) C_i^* değerleri kullanılarak sıralanır.

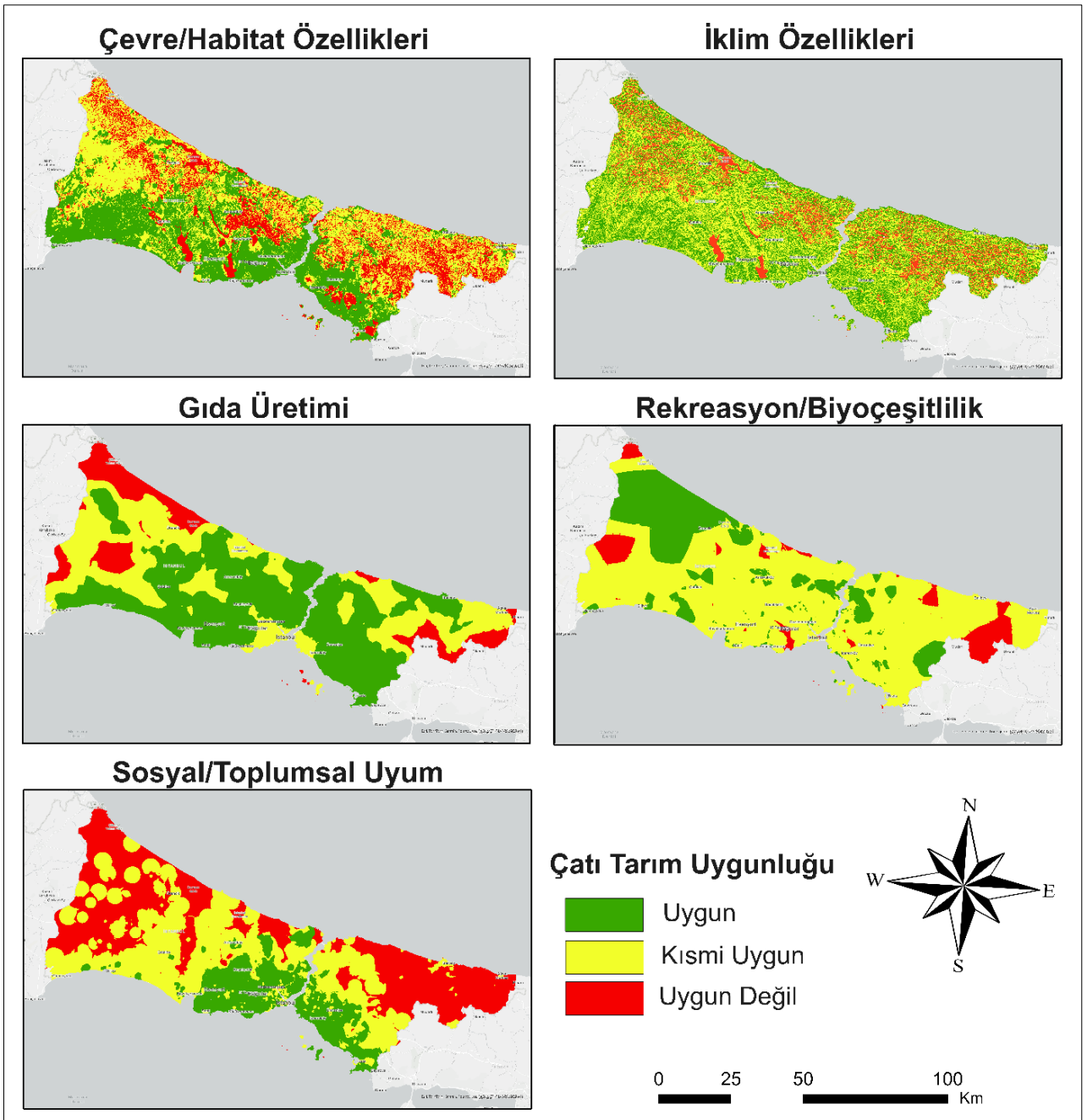
3. Bulgular

Tablo 1'de yer alan ana kriter grupları için ağırlıklar çalışma kapsamında literatürdeki benzer çalışmalar (Berger, 2013; Stoudt, 2015; Grunwald ve ark., 2017; Saha ve Eckelman, 2017; Langemeyer ve ark., 2020; Kazemi ve Hosseinpour, 2022; Montealegre ve ark., 2022; Kil ve ark., 2023) ışığında hesaplanmış ağırlıklar dikkate alınarak uzman görüş(ler) ile teyit edilerek

belirlenmiştir. Ana kriter grupları içerisinde yer alan alt kriter grupları için ise yine literatür çalışmalarında ÇKKA yöntemlerinde sıklıkla uygulanan ve eşit ağırlıklandırma (Jia ve ark., 1998) yaklaşımı belirlenmiştir (Salabun ve ark., 2020; Baczkiewicz ve ark., 2021; Ezell ve ark., 2021; Wieckowski ve Zwiech, 2021). Eşit ağırlıklandırma yaklaşımı, kriterlerin göreceli önemi hakkında detaylı bilgi olmadığı veya mevcut bilgilerin güvenilir olmadığı durumlarda tercih edilir (Ezell ve ark., 2021). Bu durumlarda, maksimum entropi argümanı kullanılarak tüm kriterlere eşit ağırlık verilir ve ağırlıkların tekdüze dağıldığı kabul edilir (Kapur, 1990). Bu yaklaşımda bir N dizi tercih kriteri verildiğinde, her bir kriterine ait w_i ağırlığı Eşitlik (5)'te gösterildiği şekilde atanır.

$$w_i = \frac{1}{N} \quad (5)$$

Kriter ağırlıkları Satty (1980) tarafından önerilen ve 9'un aşırı önemliliği, 1'in ise eşit önemi gösterdiği 1-9 arası ölçeği kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri ile hesaplanır. Daha sonra ilgili matematiksel işlem adımları uygulanarak karar matrisi ile hesaplanan ağırlıkların tutarlılığını analiz etmek için CR değerleri hesaplanır. Hesaplanan tüm CR değerleri 0,10'dan küçük olduğundan oluşturulan karar matrislerinin tutarlı olduğu görülmüş ve ağırlıklar, Çevre/Habitat Özellikleri (0.25), İklim Özellikleri (0.28), Gıda Üretimi (0.10), Rekreasyon/Biyçeşitlilik (0.16), ve Sosyal/Toplumsal Uyum (0.21) şeklinde belirlenmiştir. Alt kriterler ana kriter ağırlığı uyarınca eşit ağırlıklar ile değerlendirilmiş ve Şekil 3'te verilen tematik haritalar çalışma alanı İstanbul için oluşturulmuştur.



Şekil 3. Ana kriter gruplarına ait tematik çatı tarım uygunluğu haritaları.

Çevre/Habitat Özellikleri ana grubunda arazi eğimi, hava kalitesi ve arazi kullanımı akış katsayısı kriterleri ele alınmıştır. Arazi eğimi kriterini temsil eden veri seti olarak ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) tarafından servis edilen SRTM-sayısal yükseklik modeli (SYM) raster yüzey verisi kullanılmıştır. CBS ortamında eğim analizi gerçekleştirilerek çalışma alanı için eğim yüzeyi oluşturulmuştur. Arazi eğimi kriterinin çatı tarımı uygunluğu ile lineer azalan bir ilişkisi olduğu için eğimin artışının uygunluğu lineer olarak azalttığı dikkate alınarak ele alınmıştır. Hava kalitesi kriteri için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Sürekli İzleme Merkezi (SİM) tarafından saatlik olarak yayınlanan istasyon verilerinden faydalanılmıştır. İstanbul ve komşu Tekirdağ, Kırklareli ve Kocaeli illerde yer alan istasyonların son 1 yıllık ortalama Hava Kalitesi İndeksi (HKI) değerleri (1 Mayıs 2023 – 1 Mayıs 2024) belirlenerek CBS ortamında enterpolasyon analizi ile İstanbul için ortalama HKI yüzey haritası oluşturulmuştur. Hava kalitesi kriterinin çatı tarımı uygunluğu ile lineer azalan bir ilişkisi olduğu için HKI artışının uygunluğu lineer olarak azalttığı dikkate alınarak ele alınmıştır. Akış Katsayısı (ROC) kriteri, Puccinelli ve ark. (2012) tarafından uygulanan metodoloji ile elde edilmiştir. Arazi kullanım sınıflarından genel değerler göre belirlenmiş olan toprak geçirgenlik düzeyine göre Avrupa CORINE Arazi Örtüsü sınıfları esas alınarak 0 ila 1 aralığında doğrusal ve pozitif etki olacak şekilde ölçeklendirilmiştir. Çatı tarımı uygunluğu ile yüzey akış katsayısı arasında lineer pozitif bir ilişki olduğundan akış ne kadar fazla ise uygunluk o kadar fazla olur. Tüm alt kriterlere ait üretilen tematik yüzeyler normalize edilerek ve eşit ağırlıklar ile bindirilerek Çevre/Habitat Özellikleri sonuç tematik uygunluk haritası üretilmiştir. Elde edilen haritaya göre İstanbul'un güney sahil kesimlerinde yer alan Silivri, Büyükçekmece ve Avcılar, Zeytinburnu, Kadıköy, Maltepe, Kartal, Tuzla ve Pendik ilçeleri ile Beyoğlu, Fatih, Beşiktaş, Sarıyer, Üsküdar, Ataşehir ve Beykoz ilçelerinin özellikle boğaza bakan kısımları büyük ölçüde uygun olarak değerlendirilmiştir. İlgili kısımların uygun olarak değerlendirilmesinde arazi eğimlerinin görece az olması, yoğun kentleşmeden dolayı yüzey akış katsayılarının yüksek olmasının etkisi oldukça fazladır.

İklim Özellikleri grubunda solar radyasyon (güneş ışığı) ve ısı adaları kriterleri ele alınmıştır. Solar radyasyon kriteri için hesaplar CBS ortamında alansal solar radyasyon analizi kullanılarak yapılmıştır. İlgili analiz belirlenen alan için sayısal yükseklik modeli uyarınca eğim ve bakı özelliklerini ele alarak yıllık ortalama uyarınca metre kareye düşen güneş ışığı enerjisini hesaplamaktadır. Isı adalarının hesaplanması kapsamında ısı adası etkisinin yoğunlaştığı bölgeleri tespit etmek için Gao ve ark. (2019) tarafından ortaya atılan ısı alanı uygunluk indeksi (HFI) kullanılmıştır. HFI, termal alanının göreceli yüksek ve düşük sıcaklık aralığını net bir şekilde yansıtabilmesi olarak ifade edilebilir. Landsat 8'in Termal Kızılötesi Sensör (TIRS) bandı yardımı ile HFI değeri Eşitlik 6 uyarınca hesaplanmıştır.

$$HFI = \frac{T_i - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \quad (6)$$

Daha büyük HFI değeri, bir pikselin ısı adası aralığında olma olasılığının o kadar yüksek olduğunu göstermektedir. Solar radyasyon ve ısı adaları kriterlerinin çatı tarımı uygunluğu ile lineer artan bir ilişkisi olduğu için HKI artışının uygunluğu lineer olarak arttırdığı dikkate alınarak ele alınmıştır. Kriterlere ait üretilen tematik yüzeyler normalleştirildikten sonra eşit ağırlıklar ile bindirilerek sonuç *İklim Özellikleri* tematik uygunluk haritası üretilmiştir (Şekil 3). Üretilen haritaya göre uygunlukların İstanbul'un özellikle kentleşme yoğunluğunun arttığı alanlarda olması ilgili alanların yüksek ısı soğurma miktarlarının etkisi ile açıklanabilir.

Gıda Üretimi grubunda mevcuttaki halk bahçeleri veya kentsel tarım alanları, bakkal ve marketler ile anayol ve otobüs/metro durakları gibi ulaşım imkânlarına olan mesafe kriterleri ele alınmıştır. Halk bahçeleri ve kentsel tarım alanları kriterlerine ait veri setleri, CORINE ve Urban Atlas Arazi Örtüsü/ Kullanımı verisi kullanılarak belirlenmiştir. Anayollara ulaşım kriterine ilişkin veri seti, Open Street Map (OSM)'den çalışma alanı için vektör formatında elde edilmiştir. Mevcut bakkal ve marketler ile otobüs/metro duraklarına mesafe kriterlerini temsil eden ilgi noktası (POI) verileri ise İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) veri portallarından elde edilmiştir. Tüm veri setlerine CBS ortamında Öklid mesafe analizi uygulanarak uygunluk için kullanılmak üzere mesafe yüzeyleri oluşturulmuştur. Tüm kriterlere ait mesafe azalmasının çatı tarımı uygunluğu ile lineer artan bir ilişkisi olduğu için kriterlere ait tematik yüzeyler normalleştirilirken bu ilişki göz önünde bulundurulmuştur. Tematik yüzeyler normalleştirildikten sonra eşit ağırlıklar ile bindirilerek sonuç *Gıda Üretimi* tematik uygunluk haritası üretilmiştir (Şekil 3). *Gıda Üretimi* grubu için İstanbul genelinde kuzey batı ve kuzey doğu kısımlarındaki özellikle yerleşimin az olduğu ormanlık alanlar dışında uygunluğun yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Rekreasyon/Biyocoşetlilik grubunda ise mevcuttaki yeşil alanlar, açık hava spor tesisleri ve sağlığa zararlı alanlara mesafe kriterleri irdelenmiştir. Açık hava spor tesislerine ait ilgi noktası (POI) verileri İBB veri portallarından; mevcuttaki yeşil ve sağlığa zararlı alanlar ise CORINE ve Urban Atlas Arazi Örtüsü/ Kullanımı verisi ile İBB verisinin karşılaştırılması analizi ile elde edilmiştir. Tüm veriler ilgi noktası (POI) olarak üretilmiş ve CBS ortamında Öklid mesafe analizi ile tematik kriter yüzeyleri oluşturulmuştur. Yeşil alanlar ve açık hava spor tesislerine mesafenin azalmasının çatı tarımı uygunluğu ile lineer artan; sağlığa zararlı alanlara mesafe azalmasının ise çatı tarımı uygunluğu ile lineer azalan bir ilişkisi vardır. Bir başka deyişle kurulacak bir çatı tarım sisteminin yeşil alanlar ve açık hava spor tesislerine yakın; sağlığa zararlı alanlara ise uzak olması arzu edilir. Kriterlere ait üretilen tematik yüzeyler ilgili ilişkiler göz önünde bulundurularak normalleştirildikten sonra eşit ağırlıklar ile bindirilerek sonuç *Rekreasyon/Biyocoşetlilik* tematik uygunluk haritası üretilmiştir (Şekil 3). *Rekreasyon/Biyocoşetlilik* grubu için ise *Gıda Üretimi*'nin tersine Çatalca ilçesi ve kısmen Sarıyer, Beykoz ve Pendik'in kuzey doğu kesimi dışında İstanbul genelinde düşük bir uygunluk gözlemlenmiştir.

Sosyal/Toplumsal Uyum grubunda ise gelir düzeyi, nüfus yoğunluğu ve eğitim merkezlerine mesafe

Pozitif (A⁺) ve negatif (A⁻) ideal çözüm değerlerinin belirlenmesinin ardından pozitif (S⁺) ve negatif (S⁻) ideal noktalar arasındaki mesafeler (öklid) tüm alternatif mahalleler için hesaplanarak ideal çözüme göreli yakınlıklar hesaplanmıştır. Tüm hesaplamalar sonucu analiz edilen mahalleler arasındaki ilk 10 mahalle **Tablo 3**'te listelenmiştir.

Uygun mahalleler arasında ilk 10 sırada Kadıköy ilçesinden 4 mahalle (Caddebostan, Fenerbahçe, Suadiye, Caferağa) Bakırköy ilçesinden 3 mahalle (Ataköy 1. kısım, Ataköy 2-5-6. kısım, Ataköy 7-8-9. kısım), Başakşehir ilçesinden 2 mahalle (Başak, Başakşehir 1. kısım) ve Eyüpsultan mahallesinden 1 mahalle (Göktürk merkez) yer almaktadır (**Tablo 3**).

Tablo 3. Pozitif (S⁺) ve negatif (S⁻) ideal noktalara olan mesafelerin hesaplanması.

Mahalleler	S ⁺	S ⁻	S ⁺ +S ⁻	C _i [*]	Sıra
Ataköy 1. kısım	0,02238	0,02621	0,04858	0,53937	6
Ataköy 2-5-6. kısım	0,02250	0,02349	0,04600	0,51083	8
Ataköy 7-8-9-10. kısım	0,02225	0,02210	0,04435	0,49822	10
Bahçeşehir 1. kısım	0,02435	0,02440	0,04875	0,50057	9
Başak	0,02285	0,02462	0,04747	0,51870	7
Caddebostan	0,01564	0,02952	0,04516	0,65360	1
Caferağa	0,02434	0,03018	0,05452	0,55352	5
Fenerbahçe	0,01982	0,03033	0,05015	0,60476	3
Göktürk merkez	0,01938	0,03442	0,05379	0,63981	2
Suadiye	0,01973	0,02484	0,04458	0,55731	4

İlgili mahallelerin yüksek uygunlukta olmalarının temel sebepleri olarak yüksek ağırlığa sahip *Çevre/Habitat Özellikleri (0.25)*, *İklim Özellikleri (0.28)* ve *Sosyal/Toplumsal Uyum (0.21)* özelliklerinin bu mahalleler için yüksek değerde olmasıdır. Ayrıca sıralamada ilk sıralarda yer alan mahallelerin özellikle yüksek gelir düzeyine sahip olması, hava kalitesinin yüksek olması ve solar radyasyon oranının bu kısımlarda görece daha yüksek değerlerde olması ilgili mahalleleri uygunluk anlamında ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca ilgili mahallelerde, *Rekreasyon/Biyçeşitlilik (0.16)* ve *Gıda Üretimi (0.10)* kriter grup özelliklerinden yeşil alanların yüksek seviyede olması ve ulaşım imkanlarının fazlalığı gibi kriterler açısından da yüksek uyumluluk görüldüğünden bu mahalleler ön plana çıkmaktadır.

4. Sonuç ve Tartışma

Binaların çatılarında bitki yetiştirme uygulaması olan çatı tarımı, sürdürülebilir kalkınma hedeflerini destekleme potansiyeli nedeniyle son yıllarda toplumlar ve politika yapıcılar tarafından büyük ilgi görmektedir. Bu strateji, yerel gıda üretimini artırarak ve gıdanın kat etmesi gereken mesafeyi en aza indirerek gıda güvenliğini geliştirmekte ve kendi kendine yeterliliği teşvik etmektedir (*Walters ve Midden, 2018; Appoloni ve ark., 2021; Taylor ve ark., 2021*). Buna ek olarak, çatı tarımı, kentsel ortamlarda yeşil alanların varlığını teşvik etmekte, kentsel ısı adası etkisini azaltmakta ve bina soğutması için enerji kullanımını düşürerek iklim

nötrlüğünün sağlanmasına yardımcı olmaktadır (*Saha ve Eckelman, 2017; Attia ve ark., 2022*).

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve çok kriterli karar analizi (ÇKKA) metodolojileri, tarım uygulamaları kapsamında çatı konumlarının uygunluğunu değerlendirmek için oldukça önemli yaklaşımlardır. CBS, arazi kullanımı, toprak özellikleri, topografya ve suya yakınlık ile ilgili mekânsal verileri birleştirerek saha uygunluk modellerinin geliştirilmesini sağlar (*Yalew ve ark., 2016*). Bu modeller çatı tarımı için en uygun yerleri seçerek kaynak verimliliğini ve üretkenliği artırmaktadır. Bununla birlikte, ÇKKA ise arazi kalitesi, erişilebilirlik ve çevresel etki gibi birden fazla değişkeni eş zamanlı olarak değerlendirerek karar verme süreçlerinin iyileştirilmesinde etkin rol oynar (*Wati ve ark., 2022*). CBS ve ÇKKA'nın kentleşmiş alanlar için sunduğu bu avantajlar, sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesinde büyük bir rol oynamaktadır. Özellikle kentsel alanlarda sürdürülebilirlik, yapı çevre özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Çatı tarımı, şehirlerin ekolojik dengesini koruma ve doğal kaynak kullanımını optimize etme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, şehirlerde yeşil altyapının geliştirilmesi ve enerji tasarrufunun artırılması, kentsel sürdürülebilirliğin önemli bileşenleridir.

Bu çalışmada, iklim değişikliğine olan dirençliliği artırmak ve karbon nötrlüğünü sağlamak için kentsel yeşil altyapının geliştirilmesinde önemli bir bileşen olan yeşil çatıların tarımsal amaçlar için uygunluğunun değerlendirilmesi için CBS entegre bir karar analiz yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu kapsamda çatı tarım uygunluğu için konumsal faktörlere dayalı değerlendirmeler için CBS tabanlı karar verme metodolojisi ile çalışma alanı olan İstanbul'da kentsel çatı tarımı için potansiyel uygunluklar irdelenmiştir. Öncelikle literatür araştırması ile *Çevre/Habitat Özellikleri*, *İklim Özellikleri*, *Gıda Üretimi*, *Rekreasyon/Biyçeşitlilik* ve *Sosyal/Toplumsal Uyum* şeklinde 5 ana kriter grubu altında 14 alt kriter belirlenmiştir. Daha sonra analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ile literatür kapsamındaki çalışmalar öncülüğünde belirlenen ana kriter grupları için ağırlıklar hesaplanmıştır. **Tablo 1**'de belirtilen veri kaynaklarından temin edilen coğrafi veri setleri CBS ortamında farklı konumsal analiz teknikleri ile çalışma alanı için oluşturulmuş ve normalize edilmiştir. Her kriter grubu altındaki kriterler eşit ağırlık yaklaşımı ile değerlendirilip CBS ortamında bindirme analizleri ile birleştirilmiş ve her bir kriter grubu için tematik haritalar çalışma alanı İstanbul için oluşturulmuştur. Sonrasında AHP ile belirlenen ağırlıklar uyarınca oluşturulan tematik yüzeyler ağırlıklı olarak bindirilmiş ve sonuç uygunluk haritası üretilmiştir.

Çatı tarım uygunluklarının İstanbul genelinde Avcılar, Bakırköy, Başakşehir, Beşiktaş, Beykoz, Kadıköy Küçükçekmece, Sarıyer ve Üsküdar gibi yoğun nüfuslu kentleşmiş, ulaşım imkânları gelişmiş ve yeşil alan yoğunluğu yüksek ilçelerde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. İlgili ilçelerdeki potansiyel uygun alanları daha net bir şekilde tespit etmek ve uygun alanlar içerisinde en uygun alternatifleri belirleme amacı ile TOPSIS analizi ile mahalle ölçeğinde tekrar uygunluklar irdelenmiştir. CBS ortamında raster tabanlı

alansal istatistik analizi ile uygunları en yüksek 50 mahalle belirlenmiştir. Daha sonra AHP ile elde edilen ağırlıklar ile belirlenen her bir mahalle için pozitif (A⁺) ve negatif (A⁻) ideal çözüm değerleri ve pozitif (S⁺) ve negatif (S⁻) ideal noktalar arasındaki mesafeler belirlenerek ideal çözüme göreli yakınlıklar hesaplanmış ve çatı tarımına en uygun 10 mahalle belirlenmiştir. Özellikle ilk üçte yer alan sırası ile Kadıköy – Caddebostan, Eyüpsultan – Göktürk Merkez ve Kadıköy – Fenerbahçe mahalleleri İstanbul genelinde çatı tarımı için en ideal mahalleler olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen CBS entegre karar analizleri ile literatür kapsamında belirlenen konumsal özellikler doğrultusunda bir potansiyel uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular, kentlerin yapılı çevre özellikleri ile çatı tarımı gibi yeşil altyapı projeleri arasındaki bağlantıyı ön plana çıkardığından, kentsel sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesine katkı sağlayacak stratejik planlamalar için rehber niteliğindedir. Ancak çalışma sonuçları, karar verme süreçlerini desteklemek açısından önemli bulgular sunsa da elde edilen potansiyel uygunluklar, planlanan yeşil çatı sistem kurulumları için sadece bir fizibilite çalışması olarak değerlendirilmelidir. Önerilen metodoloji özellikle belediyeler için kentsel alanlarda yeşil çatı kurulumunun teşviki veya desteklenmesine yönelik öncelikli alanları tanımlamak için kullanılabilir. Ancak, bu öncü niteliğindeki çalışmanın bazı sınırlılıkları nedeniyle, potansiyel uygun olarak belirlenen alanların gerçek sistem kurulumları için gelecekteki kapsamlı çalışmalar ile yeniden değerlendirilmesi elzemdir.

Mevcut çalışmada, güneş ışığı alma potansiyeli ve hava kalitesi gibi kriterlerin yerel ölçekte daha detaylı olarak belirlenmesi ve rüzgâr hızı, nem ve yağış miktarı gibi çatı tarımının uygulanabilirliğini etkileyen meteorolojik faktörlerin mevcut kriterlere entegre edilmesi sonuçların doğruluğunu artıracaktır. Böylelikle yerel ölçekte daha detaylı bir inceleme yapılarak daha hassas değerlendirmeler gerçekleştirilebilir. Ayrıca, çalışmada potansiyel uygunluklar alan bazlı olarak mevcut açık veri kaynaklarından elde edilen sınırlı mekânsal veri ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, bina yükseklikleri, binaların birbirlerinin ışığını kesmesi, cephelerin birbirini engellemesi gibi unsurları içeren veri katmanları bu aşamada analizlere bu verilerin tüm İstanbul için açık kaynaklarda mevcut olmaması ve tam kapsamlı bir veri işleme sürecinin tüm İstanbul geneli için teknik olarak oldukça zor olması nedeni ile dahil edilememiştir. Bununla birlikte, gelecek çalışmalar ile, bu çalışmada elde edilen potansiyel uygun alanlar/mahalleler baz alınarak kadastral veriler ve LIDAR teknolojisi ile daha detaylı veriler ile kapsamlı analizler yapılması planlanmaktadır. Böylelikle çatıların fiziksel özellikleri daha detaylı analiz edilebilir ve çatı tarımı için kullanılabilir spesifik binaların belirlenmesi sağlanabilir.

Son olarak, gelecek çalışmalarda, bu makalede izlenen metodoloji farklı şehir ve bölgelerdeki çatı tarımı uygulamaları ile elde edilen bulgular genelleştirilebilir. Yerel yönetimler ve politika yapıcılar için uygulanabilir stratejiler geliştirmek amacıyla, bu tür çalışmaların sonuçları daha geniş ölçekli politikalarla entegre

edilebilir. Bu çalışmaların gerçekleştirilmesi, kentsel tarım ve sürdürülebilirlik stratejilerinin daha geniş ölçekte uygulanabilirliğini artıracak ve çatı tarımının kentsel ekosistemlere katkılarını optimize edecektir.

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2017). What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, 60, 234-245.
- Akıncı, H., Özalp, A. Y., & Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 71-82.
- Akkemik Ü., Tolunay, D., Erdönmez, C., Atmış, E., & Kurdoğlu, O. (2021). İstanbul'un Yeşil Alan Sorunları Çerçevesinde Yeşil Duvarların İrdelenmesi ve Öneriler. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(1), 337-345. doi: 10.24011/barofd.858230.
- Appolloni, E., Orsini, F., Specht, K., Thomaier, S., Sanyé-Mengual, E., Pennisi, G., & Gianquinto, G. (2021). The global rise of urban rooftop agriculture: A review of worldwide cases. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126556. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126556.
- Aras B. B. (2019). Kentsel Sürdürülebilirlik Kapsamında Yeşil Çatı Uygulamaları. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 469-504.
- Attia, A., Qureshi, A. S., Kane, A. M., Alikhanov, B., Kheir, A. M., Ullah, H., Datta, A., & Samasse, K. (2022). Selection of Potential Sites for Promoting Small-Scale Irrigation across Mali Using Remote Sensing and GIS. *Sustainability*, 14(19). doi: 10.3390/su141912040.
- Avrupa Komisyonu (AK). (2020). 2030 Avrupa Birliği Biyoçeşitlilik Stratejisi. Avrupa Komisyonu, Brüksel, Belçika.
- Avrupa Komisyonu (AK). (2024a). 5 facts about the EU's goal of climate neutrality. Erişim adresi: <https://www.consilium.europa.eu/en/5-facts-eu-climate-neutrality>. Erişim tarihi: 23.04.2024.
- Avrupa Komisyonu (AK). (2024b). The European Green Deal. Erişim adresi: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en. Erişim tarihi: 23.04.2024.
- Aydınoglu, A. C., Bovkir, R. & Bulut M. (2022). Akıllı şehirlerde büyük coğrafi veri yönetimi ve analizi: hava kalitesi örneği. *Geomatik*, 7(3), 174-186. doi: 10.29128/geomatik.938855.
- Baczkiwicz, A., Watróbski, J., Kizielewicz, B. & Salabun, W. (2021). Towards Objectification of Multi-Criteria Assessments: a Comparative Study on MCDA Methods. 16th Conference on Computer Science and Intelligence Systems (FedCSIS), Sofia, Bulgaria, pp. 417-425, doi: 10.15439/2021F61.
- Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Springer.
- Berger, D. (2013). *A GIS Suitability Analysis of The Potential for Rooftop Agriculture in New York City*.

- Yüksek Lisans Tezi, Columbia Üniversitesi Mimarlık, Planlama ve Koruma Enstitüsü.
- Biesaga, M., Domaradzka, A., Roszczyńska-Kurasińska, M., Talaga, & S., Nowak, A. (2023). The Effect of The Pandemic On European Narratives On Smart Cities and Surveillance. *Urban Studies*, 00420980221138317.
- Birleşmiş Milletler (BM). (2019). Dünya Kentleşme Beklentileri: 2018 Revizyonun (ST/ESA/SER.A/366). Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi Başkanlığı, New York, ABD.
- Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu (BMNF). (2024). Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu resmî web sitesi. Erişim adresi: <https://www.unfpa.org/data>. Erişim Tarihi: 23.04.2024.
- Brimicombe, A. (2002). GIS, Environmental Modeling and Engineering. CRC Press.
- Bovkir, R., Ustaoglu, E., & Aydinoglu, A. C. (2023). Assessment of Urban Quality of Life Index at Local Scale with Different Weighting Approaches. *Social Indicators Research*, 165, 655–678. doi: 10.1007/s11205-022-03036-y.
- Bozkurt, S.G., Kuşak, L. & Akkemik, Ü. (2023). Investigation of land cover (LC)/land use (LU) change affecting forest and seminatural ecosystems in Istanbul (Turkey) metropolitan area between 1990 and 2018. *Environ Monit Assess.*, 195, 196. doi: 10.1007/s10661-022-10785-3.
- Ezell, B., Lynch, C.J., Hester, P.T. (2021). Methods for Weighting Decisions to Assist Modelers and Decision Analysts: A Review of Ratio Assignment and Approximate Techniques. *Applied Sciences*, 11, 10397. doi:10.3390/app112110397.
- Feola, G., Suzunaga, J., Soler, J., & Wilson, A. (2020). Peri-urban agriculture as quiet sustainability: Challenging the urban development discourse in Sogamoso, Colombia. *Journal of Rural Studies*, 80, 1-12.
- Forman, E. H., & Gass, S. I. (2001). The analytic hierarchy process—An exposition. *Operations Research*, 49(4), 469–486. doi: 10.1287/opre.49.4.469.11231.
- Gıda ve Tarım Örgütü (GTÖ). (2018). Food for the cities Initiative. Erişim adresi: <http://www.fao.org/fcit/fcit-home/en>. Erişim tarihi: 23.04.2024.
- Giannopoulou, M., Roukouni, A., & Lykostratis, K. (2019). Exploring the benefits of urban green roofs: a GIS approach applied to a Greek city. *CES Working Papers*, 11(1), 55-72.
- Gök, M. (2015). G20 Ülkelerinin Enerji Göstergeleri Açısından Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Sıralanması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Mimarlık, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Grunwald, L., Heusinger, J., & Weber, S. (2017). A GIS-based mapping methodology of urban green roof ecosystem services applied to a Central European city. *Urban Forestry & Urban Greening*, 22, 54-63. doi: 10.1016/j.ufug.2017.01.001.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB). (2022). Yeşil İstanbul - Yeşil Alan Yönetim Sistemi - YAYSİS Mekânsal Analiz Raporu.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB). (2024). Yeşil İstanbul - Yeşil Alan Yönetim Sistemi - YAYSİS Planlama Yaklaşımı. Erişim adresi: <https://yaysis.istanbul/planlama-yaklasimi/istanbulda-yesil-alanlarin-arka-planlani#ulusal-standartlar>. Erişim Tarihi: 23.04.2024.
- Jia, J., Fischer, G.W. & Dyer, J.S. (1998). Attribute weighting methods and decision quality in the presence of response error: a simulation study. *J. Behav. Decis. Making*, 11, 85-105. doi:10.1002/(SICI)1099-0771.
- Jonuzi, E., Alkan, T., Durduran, S. S., & Selvi, H. Z. (2024). Using GIS-supported MCDA method for appropriate site selection of parking lots: The case study of the city of Tetovo, North Macedonia. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 9(1), 86-98. doi: 10.26833/ijeg.1319605.
- Kapur, J.N. (1990). Maximum Entropy Models in Science and Engineering. Wiley-Interscience, 1st Ed. ISBN: 978-0470214596.
- Kazemi, F., & Hosseinpour, N. (2022). GIS-based land-use suitability analysis for urban agriculture development based on pollution distributions. *Land Use Policy*, 123, 106426. doi: 10.1016/j.landusepol.2022.106426.
- Kil, S.-H., Park, H.-M., Park, M., Kim, Y.E, Lee, E. (2023). Location Selection of Urban Rooftop Greenhouses in Seoul Based on AHP and GIS. *Land*, 12, 2187. <https://doi.org/10.3390/land12122187>.
- Langemeyer, J., T., Camps-Calvet, M., Calvet-Mir, L., Bartheld, S., Gómez-Baggethun, E. (2017). Stewardship of urban ecosystem services: understanding the value(s) of urban gardens in Barcelona. *Landscape and Urban Planning*, 170, 79-89. doi: 10.1016/j.landurbplan.2017.09.013.
- Langemeyer, J., Wedgwood, D., McPhearson, T., Baro, F., Madsen, A. L., & Barton, D. N. (2020). Creating urban green infrastructure where it is needed: A spatial ecosystem service-based decision analysis of green roofs in Barcelona. *Science of The Total Environment*, 707, 135487. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135487.
- Larsen, L. (2015). Urban climate and adaptation strategies. *Front. Ecol. Environ.* 13(9), 486–492.
- Lundholm, J., & Williams, N. (2015). Effects of Vegetation on Green Roof Ecosystem Services. In: Sutton, R. (eds), *Green Roof Ecosystems*, 223, 211–232. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-14983-7_9.
- MacIvor, J. S., & Lundholm, J. (2011). Insect species composition and diversity on intensive green roofs and adjacent level-ground habitats. *Urban ecosystems*, 14, 225-241.
- Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons.
- Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). Multicriteria decision analysis in geographic information. Springer.
- Meenar, M., & Hoover, B. (2012). Community food security via urban agriculture: Understanding people, place, economy, and accessibility from a food justice perspective. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 3(1), 143–160. doi: 10.5304/jafscd.2012.031.013.
- Mittal S., Chadchan J., & Mishra S. K. (2020). Review of Concepts, Tools and Indices for the Assessment of Urban Quality of Life, *Soc Indic Res*, 149, 87–214.
- Montealegre, A. L., García-Pérez, S., Guillén-Lambea, S., Monzón-Chavarrías, M., Sierra-Pérez, J. (2022). GIS-

- based assessment for the potential of implementation of food-energy-water systems on building rooftops at the urban level. *Science of The Total Environment*, 803, 149963. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149963.
- Nasr, J., Komisar, J., & De Zeeuw, H. (2017). A panorama of rooftop agriculture types. In: Orsini, F., Dubbeling, M., de Zeeuw, H., Gianquinto, G. (eds), *Rooftop Urban Agriculture*, 9-29. Urban Agriculture, Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-57720-3_2.
- Net Sıfır Şehirler (NSS). (2024). Net Sıfır Şehirler Projesi Resmi Sitesi. Erişim adresi: <https://netzerocities.eu/>. Erişim Tarihi: 23.04.2024.
- Obracht-Prondzyńska, H., Duda, E., Anacka, H., & Kowal, J. (2022). Greencoin as an AI-Based Solution Shaping Climate Awareness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18), 11183.
- Ouellette, N. A., Walters, S. A., & Midden, K. S. (2013). Fertility management for tomato production on an extensive green roof. *J. Living Archit*, 1, 1–14.
- Öncel, H., & Levend, S. (2023). The effects of urban growth on natural areas: the three metropolitan areas in Türkiye. *Environ Monit Assess* 195, 816. doi: 10.1007/s10661-023-11383-7.
- Parry, J. A., Ganaie, S. A., & Bhat, M. S. (2018). GIS based land suitability analysis using AHP model for urban services planning in Srinagar and Jammu urban centers of J&K, India. *Journal of Urban Management*, 7(2), 46-56.
- Özer, G., & Yetkin, E. G. (2023). Yeşil Çatı Uygulamalarının Yaygınlaştırılması: Organik Tarıma Elverişli Yeşil Çatı. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 6(1), 74-81.
- Russo, A., Escobedo, F. J., Cirella, G. T., & Zerbe, S. (2017). Edible green infrastructure: an approach and review of provisioning ecosystem services and disservices in urban environments. *Agric. Ecosyst. Environ.* 242, 53–66. doi: 10.1016/j.agee.2017.03.026.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw Hill.
- Saha, M., & Eckelman M. J. (2017). Growing fresh fruits and vegetables in an urban landscape: A geospatial assessment of ground level and rooftop urban agriculture potential in Boston, USA. *Landscape and Urban Planning*, 165, 130-141. doi: 10.1016/j.landurbplan.2017.04.015.
- Salabun, W., Watróbski, J., & Shekhovtsov, A. (2020). Are MCDA Methods Benchmarkable? A Comparative Study of TOPSIS, VIKOR, COPRAS, and PROMETHEE II Methods. *Symmetry*, 12, 1549. doi: 10.3390/sym12091549.
- Sarı, F., & Koyuncu, F. (2021). Multi criteria decision analysis to determine the suitability of agricultural crops for land consolidation areas. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 6(2), 64-73. doi.org: 10.26833/ijeg.683754.
- Specht, K., Siebert, R., Hartmann, I., Freisinger, U. B., Sawicka, M., Werner, A., Thomaier, S., Henckel, D., Walk, H., & Dierich, A. (2014). Urban agriculture of the future: an overview of sustainability aspects of food production in and on buildings. *Agriculture and Human Values*, 31, 33–51. doi: 10.1007/s10460-013-9448-4.
- Sriwongsitanon, N., & Taesombat, W. (2011). Effects of land cover on runoff coefficient. *Journal of hydrology*, 410(3-4), 226-238. doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.09.021.
- Stoudt, A. E. (2015). *Redefining Urban Food Systems to Identify Optimal Rooftop Community Garden Locations: A Site Suitability Analysis in Seattle, Washington*. Yüksek Lisans Tezi, Güney California Üniversitesi Mimarlık, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB). (2023). T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028). Ankara, Türkiye.
- Taylor, J., Hanumappa, M., Miller, L., Shane, B., & Richardson, M. L. (2021). Facilitating multifunctional green infrastructure planning in Washington, DC through a tableau interface. *Sustainability*, 13(15), 8390. doi: 10.3390/su13158390.
- Thomaier, S., Specht, K., Henckel, D., Dierich, A., Siebert, R., Freisinger, U. B., & Sawicka, M. (2015). Farming in and on urban buildings: present practice and specific novelties of Zero-Acreage Farming (ZFarming). *Renew. Agric. Food Syst.*, 30(1), 43-54, doi: 10.1017/s1742170514000143.
- Turci, G., Alpagut, B., Civiero, P., Kuzmic, M., Pagliula, S., Massa, G., Albert-Seifried, V., Seco, O., & Soutullo, S. (2021). A Comprehensive PED-Database for Mapping and Comparing Positive Energy Districts Experiences at European Level. *Sustainability*, 14(1), 427.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK). (2024). Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2023-49684>. Erişim Tarihi: 23.04.2024.
- Ustaoglu, E., & Aydınoglu, A. C. (2020a). Suitability evaluation of urban construction land in Pendik district of Istanbul, Turkey. *Land Use Policy*, 99, 104783. doi: 10.1016/j.landusepol.2020.104783.
- Ustaoglu, E., & Aydınoglu, A. C., (2020b). Site suitability analysis for green space development of Pendik district (Turkey). *Urban Forestry & Urban Greening*, 47, 126542. doi: 10.1016/j.ufug.2019.126542.
- URL-1: <http://www.istanbul.gov.tr/bir-bakista-istanbul>
- Walters, S. A., & Midden, K. S. (2018). Sustainability of Urban Agriculture: Vegetable Production on Green Roofs. *Agriculture*, 8(168). doi:10.3390/agriculture8110168.
- Wati, S. F. A., Fitri, A. S. F., Kartika, D. S. Y., Wulansari, A., Safitri, E. M., & Agussalim, .. (2022). GIS land suitability to increasing agricultural production for the agriculture supply chain: a systematic literature review. *Ijconsist Journals*, 3(2), 13-18. doi: 10.33005/ijconsist.v3i2.67.
- Webb R., Bai, X., Smith M. S., Costanza R., Griggs D., Moglia M., Neuman M., Newman P., Newton P., Norman B., Ryan C., Schandl H., Steffen W., Tapper N., & Thompson G. (2018). Sustainable urban systems: Co-design and framing for transformation. *Ambio*, 47, 57–77.
- Walker, R. E., Keane, C. R., & Burke, J. G. (2010). Disparities and access to healthy food in the United States: A review of food deserts literature. *Health & Place*, 16(5), 876-884. doi: 10.1016/j.healthplace.2010.04.013.

- Wieckowski, J., & Zwiach, P. (2021). Can weighting methods provide similar results in MCDA problems? Selection of energetic materials study case. *Procedia Computer Science*, 192, 4592-4601. doi: 10.1016/j.procs.2021.09.237.
- World Cities Culture Forum (WCCF). Percentage of public green space (parks and gardens). Erişim Adresi: <http://www.worldcitiescultureforum.com/data/of-public-green-space-parks-and-gardens>. Erişim tarihi: 23.04.2024.
- Yalew, S. G., van Griensven, A., Mul, M. L. & van der Zaag, P. (2016). Land suitability analysis for agriculture in the Abbay basin using remote sensing, GIS and AHP techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(101). doi:10.1007/s40808-016-0167-x.
- Yıldız, E., & Er, F. (2023). Coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar verme yöntemleri: Hibrit çözüm yaklaşımı ile Siirt örneği. *Geomatik*, 8(3), 222-234.
- Zolekar, R. B., & Bhagat, V. S. (2015). Multi-criteria land suitability analysis for agriculture in hilly zone: Remote sensing and GIS approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 300-321.

