



Geomatik

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

e-ISSN 2564-6761



Yeşil alan uygunluk analizinin CBS tabanlı AHP ve TOPSİS yöntemleriyle değerlendirilmesi

Gamze Zeynep Topçu¹, Kader Bayır¹, Zeynep Ebrar Cavıldak¹, Murat Başeğmez², Cevdet Coşkun Aydın^{*1}

¹Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

²Milli Eğitim Bakanlığı, CBS ve Emlak Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yeşil Alan
AHP
TOPSİS
CBS

Araştırma Makalesi

Geliş: 05.09.2022
Revize: 07.02.2023
Kabul: 10.02.2023
Yayınlanma: 19.04.2023



Öz

Şehirler, artan nüfus yoğunluklarıyla sürekli gelişim halindedir. Bu durum kentlerin planlamasını ve sürdürülebilirliklerini sağlamak için planlılara çeşitli sorunlar oluşturmaktadır. Günümüz insanının şehirlerde en çok eksikliğini hissettiği alanlar yeşil alanlardır. İnsanların yaşam kalitesinin artırılmasında ve ortaya çıkan sorunların giderilmesinde en önemli faktörlerden biri olan yeşil alanların planlanması oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Ankara ili Çankaya ilçesine bağlı Emek, Bahçelievler ve Yukarı Bahçelievler mahalleleri çalışma alanı seçilmiş ve yeşil alan analizinin yapılabilmesi için on iki kriter belirlenmiştir. Bu kriterlerin birbirlerine göre ağırlıklarını tespit edilmesi için analitik hiyerarşi süreci (AHP) metodu kullanılmış ve kriterlerin konum analizleri için coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) yararlanılmıştır. En uygun yeşil alanların önem sıralarını belirlemek için ise TOPSİS metodu uygulanmıştır. TOPSİS yönteminde hem eşit ağırlıklı hem de AHP ağırlıklı hesaplar yapılmış ve analizler sonucunda, belirlenen dokuz bölgenin %44,4'ünün sıralamasının benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, çalışma alanının yeşil alanlar bakımından yetersiz olduğu belirlenerek, uygulanan yöntemin sürdürülebilir kent modelleri için kullanımı değerlendirilmiştir.

Evaluation of green spaces suitability analysis with GIS-based AHP and TOPSIS methods

Keywords

Green Spaces
AHP
TOPSİS
GIS

Research Article

Received: 05.09.2022
Revised: 07.02.2023
Accepted: 10.02.2023
Published: 19.04.2023

Abstract

Cities are in constant development with increasing population densities. This situation creates various problems for planners to ensure the planning and sustainability of cities. The areas where today's people feel the most lack in cities are green. It is essential to plan green spaces, which is one of the most critical factors in increasing the quality of life of people and eliminating the problems that arise. In this study, Emek, Bahçelievler, and Yukarı Bahçelievler neighbourhoods of Ankara province Çankaya district were selected as the study area, and twelve criteria were determined for the green spaces analysis. The analytical hierarchy process (AHP) method was used to determine the weights of these criteria relative to each other. Geographical information systems (GIS) were used for the location analysis of the criteria. The technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method was used to determine the order of importance of the most suitable green spaces. In the TOPSIS method, both equally weighted and AHP weighted calculations were made. As a result of the analysis, it was determined that the ranking of 44.4% of the nine regions was similar. As a result of the study, it was determined that the area was insufficient in terms of green spaces, and the use of the applied method for sustainable urban models was evaluated.

Sorumlu Yazar

(gamzetpcu99@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-7265-6864
(bayirkader1@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-4941-7336
(zeynepcavildak@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-3838-7442
(murat.basegmez@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-7704-9510
(ceaydin@hacettepe.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-2064-6936

Kaynak Göster (APA)

Topçu, G. Z., Bayır, K., Cavıldak, Z. E., Başeğmez, M., Aydın, C. C. (2023). Yeşil alan uygunluk analizinin CBS tabanlı AHP ve TOPSİS yöntemleriyle değerlendirilmesi. Geomatik, 8(3), 235-249

1. Giriş

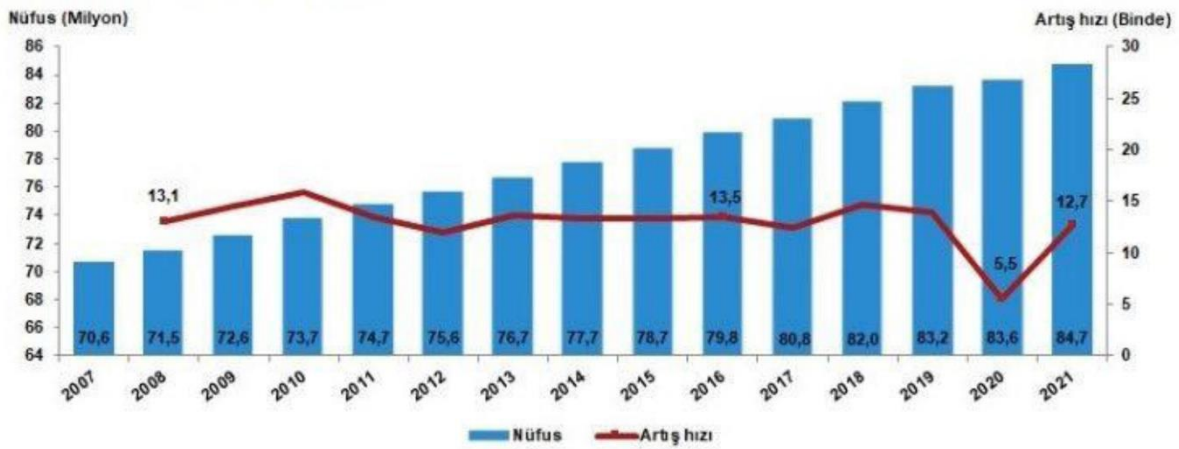
Küresel nüfus ortalamalarından daha yüksek nüfus yoğunlukları, yatay ve dikey yönde yapılaşmış yapılar, yoğun araç trafiği, çevre ve hava kirliliği ile kentsel ısı adası gibi olumsuz faktörler özellikle büyük kentlerin çekiciliğini ve kalitesini giderek azaltmaktadır (Gezer ve Gül, 2009). Yüksek kentleşme eğilimi ve insanların sağlık, eğitim, ekonomi gibi ihtiyaçlarını karşılama isteği de kırsal alanlardan kentlere göçü arttırmakta olup, bu durum sınırlı olan kaynaklar üzerinde baskı oluşturmaktadır (Mensah, 2014).

Günümüzde şehirleşme eğilimi sürecinde var olan sınırlı kaynakların yönetilmesi ve sürdürülebilir bir kent modelinin ortaya koyulması oldukça önemlidir. Ayrıca, kentlerde artan çevre ve hava kirliliği ile azalan yeşil alan

miktarı kentlerde yaşam kalitesini büyük ölçüde azaltmaktadır. Bu olumsuzlukların önlenmesi ve kentlerin yaşanılabilirliğinin artırılması için en önemli değerlerden biri yeşil alanlardır. Buna ek olarak, yeşil alanlar, kentlerin sağlıklı ve düzenli mekanlara dönüşmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. Bu özellikleri sebebiyle hem merkezi hem de yerel yönetimler şehirlerin planlanması ve kent politikalarının üretilmesi sürecinde yeşil alanlara ciddi önem vermektedir (Chaudhry ve ark., 2011; Pulighe ve ark., 2016; Stessens ve ark., 2017).

Türkiye’de 2020 yılında %93 olan il ve ilçe merkezlerinde yaşayanların oranı, 2021 yılında %93,2’ye ulaşmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2022) (Şekil 1).

Nüfus ve yıllık nüfus artış hızı, 2007-2021



Şekil 1. TÜİK (2022) nüfus verisi

Kentlerde sürekli artan nüfus için yeşil alan ihtiyacı ve bu alanların etkin yönetimi hayati derecede önemli bir meseledir. Bu kapsam da yaşanan çevrenin yaşam kalitesini arttırmak ve kentlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için yeşil alanların planlanmasına yönelik ülkemizde ve dünyada birçok çalışma yapılmaktadır.

Dünyada kent planlamasında yeşil alanlar için birçok kurum belirli standartlar üzerinde uzun yıllardan beri çalışmalar yapmaktadırlar. Yeşil alanlara yönelik çok değişik kriterlerde çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda kent alanları için kişi başına düşen yeşil alan miktarı üzerine yapılan çalışmalarda kişi başına düşen yeşil alan standardı Birleşmiş Milletler’in 30 m²/kişi, Avrupa Birliği’nin 26 m²/kişi, ABD Halk Sağlığı Bürosu ve İskân Bakanlığı’nın 18 m²/kişi ve Dünya Sağlık Örgütü’nün ise 9 m²/kişi olarak belirlenmiştir (Beatley, 2000; Stessens ve ark., 2017).

Yeşil alan tasarımı için önemli bir faktör de bu alanlara erişimdir. Bu konuda 1952 yılında "erişilebilirlik" ve "konum" temelli Stockholm Genel Planı oluşturulmuş ve yeşil alanlar için maksimum mesafe olarak 300 m’lik bir standart belirlenmiştir (General plan for Stockholm, 1952). Buna ek olarak, Van Herzele ve Wiedemann (2003)’in yaptıkları bir çalışmada, yeşil alanlara erişilebilirlik özelliğinin konut alanlarına olan maksimum mesafesini ele alarak analiz

etmişlerdir. Bu çalışmada erişilebilirlik mesafelerini yerleşim alanları için maksimum 150 m ve orman alanları için ise maksimum 5000 m olarak tanımlamışlardır. Mesafe ve boyut standartlarının insanlar için uygun olup olmadığını ele alan çalışmalara bakıldığında ise estetik ve erişilebilirlik kavramlarının daha kapsamlı bir şekilde ele alındığı görülmüştür (Van Herzele ve Wiedemann, 2003; De Clercq ve ark., 2007; Stähle, 2010). Bu çalışmalarda, yeşil alanların kentlerde yaşayan birçok yaş grubuna hitap ettiği ve her grubun farklı yürüme mesafelerini kullandığı değerlendirilmiştir (Gupta ve ark., 2016). Örneğin, konut alanı kullanıcılarının 0-5 dakika yürümeyi, mahalle parkı kullanıcılarının 10 dakikaya kadar yürümeyi ve topluluk parkı kullanıcılarının 15 dakika veya daha fazla yürümeyi tercih ettiği görülmüştür (Luthra ve Gupta, 2012). Avrupa Çevre Ajansı ve English Nature’in yaptığı çalışmalarda, yeşil alanlara yürüme mesafesinin en az 300 m, en fazla da 1000 m (15 dakikalık yürüme mesafesi) olması gerektiği değerlendirilmiştir (Khalil, 2014; Şenik ve Uzun, 2021). Amerika’da yeşil alanların bir hiyerarşisi oluşturularak bu alanların planlanmasında kullanılabilecek yürüme mesafeleri ortaya koyulmuştur. Bu planda yürüme mesafeleri, küçük çocuk parkları için 300-400 m, mahalle parkları için 400-800 m, bölge parkları için 800-5000 m olarak

önerilmiştir (Jia, 2001). Kore’de ise, çocuk parkları için 250 m, mahalle parkları için 500 m, alanı 30.000 m²’den büyük yürünebilir park alanları için 1000 m olması tavsiye edilmiştir (Oh ve Jeong, 2007).

Yeşil alanların erişebilirlik kriteri yanında çevre ile olan ilişkisi de oldukça önemlidir. Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi raporuna göre, yeşil alanlar, yaşam kalitesine katkıda bulunan düzenleyici faktörler olarak kabul edilmektedir (Reid, 2005; Bennett ve ark., 2016; Sandifer ve ark., 2015). Yeşil alanların varlığı yaşam alanlarının kalitesini yükseltmede, günlük yaşamın insanlar üzerindeki olumsuzluklarını azaltmada oldukça önemli bir etkiye sahiptir (Fuller ve ark., 2007; Lappé, 2009; Burkhard ve ark., 2010; Grahn ve Stigsdotter, 2010; Lee ve Maheswaran, 2010). Ayrıca yeşil alanlar çocukların fiziksel, sosyal ve zihinsel gelişimleri için ihtiyaç duydukları oyun alanlarını da kapsamaktadır (Bird, 2009; Amoly ve ark., 2014). Yapılan araştırmalarda, erken yaşlarda yeşil alanlarla tanışma ile zihinsel gelişim arasında güçlü bir ilişki bulunduğu görülmektedir (Dadvand ve ark., 2015). Bu nedenle yeşil alanların tasarımında buldukları bölgelerdeki insanlara ait yaş, ekonomik durum ve kültürel kriterlere dikkat edilmesi oldukça önemlidir. Buna ek olarak, yeşil alanların işlevlerini yerine getirmesi için bu alanların büyüklüklerine, yoğunluklarına, sayılarına ve birbirleriyle olan bağlantılarına göre bütünlük bir planlamanın yapılması gerekmektedir (Heidt ve Neef, 2008).

Bu olumlu etkilerinin yanı sıra iklim değişikliğinin etkileri, artan sıcaklık dalgaları, kuraklık, sel ve su temini sorunları yeşil alanları olumsuz yönde etkileyen çevre faktörleridir (IPCC, 2007; Demuzere ve ark., 2014). Kentlerin karşılaştığı çevresel sorunların azaltılması ve sürdürülebilir kent modellerinin oluşturulması için yeşil alanların bir araç olarak kullanılması birçok çalışmada ifade edilmektedir (Haq, 2011; Galeeva ve ark., 2014).

Türkiye’de ise yeşil alanların planlanmasına yönelik politikalar T.C. Cumhurbaşkanlığınca yayımlanan On Birinci Kalkınma Planında açıklanmıştır. Bu planda özellikle küresel ısınmanın en çok etkilediği alanlardan olan şehirlerin yeşil şehir vizyonu kapsamında yeniden planlanmasına yönelik bazı politikalar üretilmiştir. Üretilen bu politikalarda şehirlerde Millet Bahçelerinin yapılması ve yeşil alan miktarının artırılmasına yönelik çalışmalara yer verilmiştir. Bunlara ek olarak, “Ulusal Yeşil Bina Sertifika Sistemi”nin kurulması ve kentlerin sürdürülebilirliğin sağlanması için “Yeşil Liman” uygulamalarının desteklenmesi de istenilmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2019). On birinci kalkınma planında belirlenen bu politikaların uygulanmasının sağlanması için 3194 sayılı İmar Kanunu’nda ve Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliğinde yeşil alanların planlanmasına ilişkin hususlara dikkat edilmiştir (URL 1; URL-2). İlgili yönetmeliğin 12. maddesinde yeşil alanların planlanmasında yürüyüş mesafesi, topoğrafya, yapılaşma, yoğunluk, mevcut doku, doğal ve yapay eşiklerin dikkate alınacağı belirtilmiştir. Belirlenen bu kriterler arasında en önemli kriterlerden biri olan yürüme mesafesinin, çocuk bahçesi ve oyun alanları için 500 metre olarak planlanabileceği ifade edilmektedir. Yine aynı yönetmeliğin 21. maddesine göre yeşil alan merkezlerinin, toplayıcı veya tali yolların kesiştiği noktalarda hizmet ettiği alanın büyüklüğüne, nüfusuna,

otopark ihtiyacına göre belirlenmesi gerektiği de belirtilmektedir. Ayrıca, taşıt ve bisiklet yolları ile yeşil alanlara erişilebilirliğin sağlanması da önemli bir planlama kriteri olarak dikkate alınmıştır.

Türkiye ve dünyadaki çalışmalar incelendiğinde kentlerdeki yeşil alanların analizi ve planlanması oldukça hayati bir öneme sahip olmuştur. Bu analiz ve planlanmanın yapılabilmesi için konuma dayalı bir planlamanın gelişen teknoloji ile birlikte yapılması gerekmektedir. Son yıllarda mekân ve öznelik verilerini birlikte kullanarak gerekli planlamaların yapılmasını kolaylaştıran CBS, kent planlanmasına önemli katkılarda bulunmaktadır (İşcan ve İlgez, 2017; Sarı ve Türk, 2021). Ayrıca, CBS büyük veri setlerinin analizlerini kolaylaştırarak plan yapıcılara yönetsel anlamda avantajlar sağlamaktadır. Bu özellikleri ile CBS kentlerin gelişimi, planlanması, sürdürülebilirlik ve yaşanabilirliği üzerine analizlerde sıklıkla kullanılmaktadır (Sotoudehnia ve Comber, 2011; Koohsari, 2011; La Rosa, 2014; Baskurt ve Aydın, 2018; Keleş ve Aydın, 2020; Salihoğlu, 2020; Aydınoğlu ve ark., 2022; Fadhil ve Kurban, 2022).

Bu çalışmada, Ankara ili Çankaya ilçesinde yer alan Bahçelievler, Yukarı Bahçelievler ve Emek mahalleleri çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Mevcut yeşil alanların analizini yapmak ve bu alanların uygunluk haritalarını oluşturmak için CBS ve ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen kriterlerin ve alt kriterlerin birbirlerine göre karşılaştırmalarını oluşturmak için uzman kişilerden oluşan 50 kişiyle anket çalışması yapılmıştır. Elde edilen verilerden yararlanılarak ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP ile her bir kriter ağırlıklandırılmış ve bu kriterin uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar ArcMap yazılımının Map Algebra tool’u ile analiz edilerek karar haritası oluşturulmuştur. Karar haritasında belirlenen yaşanabilir alanlar, TOPSIS ile piksel değerlerine göre kendi aralarında karşılaştırılarak en uygun alanların sıralaması yapılmıştır. Ayrıca çalışmada, yeşil alanların geliştirilmesine yönelik politika önerileri de sunulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

Yapılan çalışmada, literatür taraması sonucu belirlenen kriterlerin temin edilmesi ve sayısallaştırılması, bu kriterlerin CBS ortamına aktarılması, veri tabanı oluşturulması, çalışma alanının belirlenmesi ve verilerin sorgulanması ile analiz edilmesini içeren bir süreç oluşturulmuştur. Literatür taraması sonucu belirlenen kriterler çalışma alanındaki mevcudiyetlerine göre irdelenerek yer seçimi sürecinde kullanılacak kriterler tespit edilmiştir. Yer seçim sürecinde kullanılacak kriterlerin uygunluğu ve önem derecesi öğrencilere, akademisyenlere ve kent tasarım alanındaki uzmanlara anket yoluyla sorulmuştur. Bu süreç sonunda elde edilen bilgilerin geometrik ortalamaları alınarak kriterlerin sıralaması oluşturulmuştur (Tablo 4). Benzer şekilde çalışma alanındaki halihazır durum ve literatür taramasında yapılan incelemelere göre kriterlerin alt kriterleri de belirlenmiştir (Tablo 5). Yürütülen süreç sonunda AHP

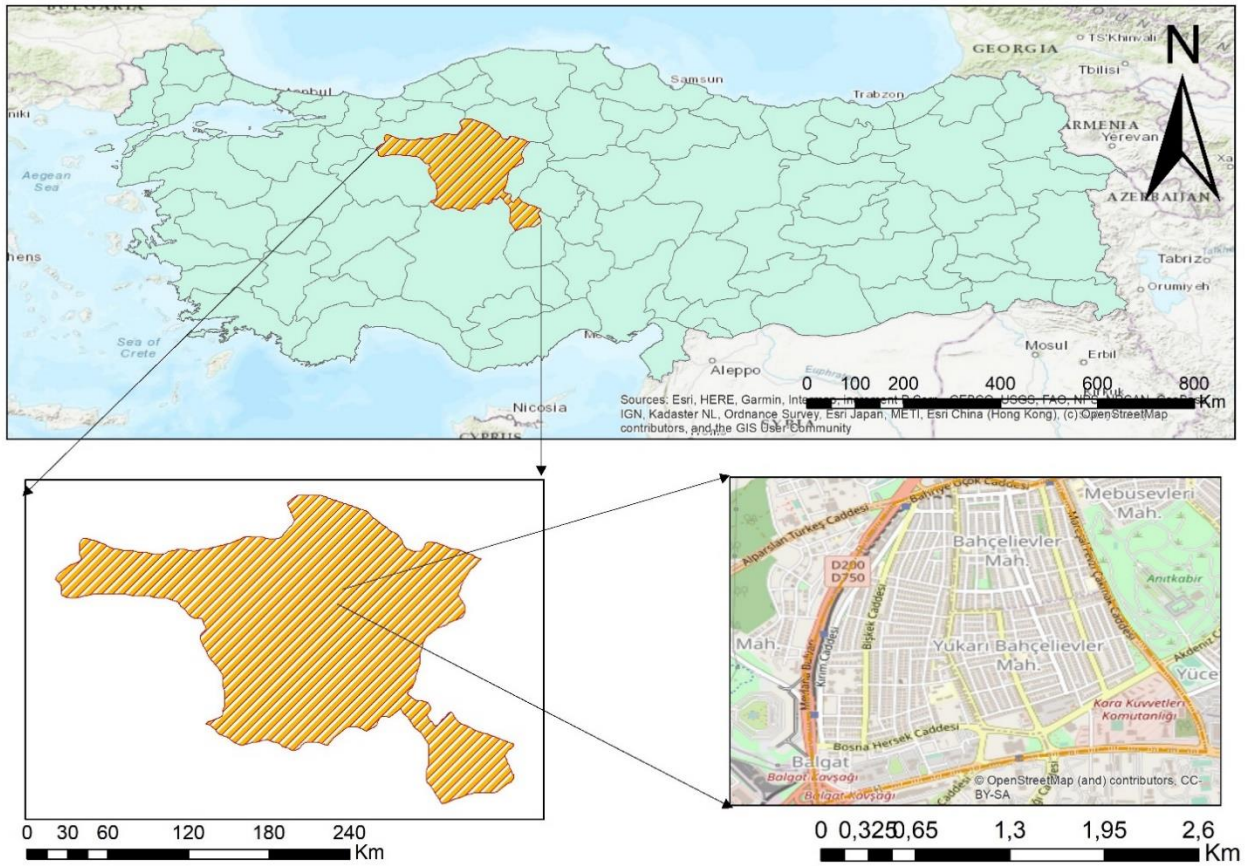
yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları hesaplanarak ön hazırlık aşaması tamamlanmıştır.

ArcGIS yazılımıyla yeşil alanlar için belirlenen yer seçim kriterlerinin alt kriterleri kullanılarak buffer analizleri yapılmıştır. Ardından vektör formatındaki buffer analiz çıktılarında 10x10 metre çözünürlüklü raster veriler elde edilmiştir. Elde edilen raster veriler sınıflandırılarak uygunluk haritaları oluşturulmuş ve mevcut durum analizi yapılmıştır. Analizlerin sonucunda, AHP yöntemiyle elde edilen ağırlıklar ve uygunluk haritaları raster calculator modülünde işleme konularak karar haritaları oluşturulmuştur. Çalışmanın

sonunda ise yeşil alanlara yönelik değerlendirmeler yapılarak çeşitli politika önerilerinde bulunulmuştur.

2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı olarak Ankara ilinin Çankaya ilçesinin Emek, Bahçelievler ve Yukarı Bahçelievler mahalleleri belirlenmiştir (39°.931137, 32°.819939) (Şekil 2). Bu bölgenin seçilmesinin nedeni, şehrin merkezi bir konumunda yer alması ve yerleşim alanı olarak gelişimini tamamlamasıdır. Çalışma alanının toplam nüfusu 50.318 (TÜİK, 2022) olup bu alanda 12 yeşil alan bulunmaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanı

2.2. Yöntem

ÇKKVY, birden fazla farklı özelliklerdeki kriterler değerlendirilerek en uygun kararı vermeye imkân sağlayan bir yöntemdir. ÇKKVY yaklaşımları karar verme sürecini iyileştiren, farklı veri türlerini seçim değerlendirmelerine dahil eden, kararların kalitesini iyileştirme ve karar verme sürecindeki potansiyel belirsizlikleri gideren özelliklere sahiptir. ÇKKVY, inşaat, endüstriyel sistemler, altyapı, ulaşım, lojistik, tedarik zincirleri ve CBS gibi çeşitli mühendislik ve yönetim araştırmalarında çok kriterli problemlerin çözümü için kullanılmaktadır (Sánchez-Lozano ve ark., 2013; Braun ve Murdoch, 2016; Villacreses ve ark., 2017; Baskurt ve Aydın, 2018; Midatana ark., 2018; Stević ve ark., 2020; Caner ve Aydın, 2021; Shorabeh ve ark., 2021).

Birçok alanda ortaya çıkan karar verme problemlerinin aşılmasında kullanılan en yaygın ÇKKV

yöntemleri; WLC (Drobne ve Lisec, 2009; Triantaphyllou, 2000), Weighted Multiplication (Yoon ve Hwang, 1995), Cost/benefit function based approaches (Malczewski, 1999), TOPSIS method (Yoon ve Hwang, 1995), ELECTRE method (Massam, 2013) ve AHP (Saaty, 2008)'dir.

2.2.1. AHP

AHP, 1970'li yıllarda Saaty tarafından geliştirilen ÇKKV yöntemlerinden birisidir (Saaty, 1972). AHP, ÇKKVY için en uygun matematiksel yöntem olarak kabul edilmektedir. Bir kararın hem nitelik hem de nicelik yönlerini ele alarak seçim kriterlerinin ağırlıklandırılmasını sağlamaktadır. Bu da karar verme sürecindeki zorlukların aşılmasını kolaylaştırmaktadır (Ahmad ve Matori, 2016). AHP yöntemi ÇKKV yönteminin uygulandığı çalışmaların neredeyse tamamında kullanılmaktadır. Uygulanışının karar

vericiler tarafından kolay anlaşılır olması bunun önemli bir sebebidir (Ho, 2008). AHP uygulama adımları şu şekildedir:

Adım 1: AHP'nin uygulanmasındaki ilk adım, sorunu tanımlamaktır. Daha sonra hiyerarşik yapı oluşturulur. En üstte ulaşılması gereken ana hedef belirlenir. Bunun altında temel ve alt kriterler tespit edilir. Alternatifler yapının en altında yer alır.

Adım 2: Bir sonraki adım ikili karşılaştırma matrisi oluşturmaktır. 1'den 9'a kadar değerler alan bir önem ölçeği kullanılarak ve tüm kriterler dikkate alınarak karar verme seçeneklerinin karşılaştırıldığı matrisler oluşturulur. Karşılaştırma matrisi, aşağıdaki gibi köşegen elemanları 1 olan bir kare matristir (Eşitlik 1):

$$A = \begin{matrix} & 1 & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & & 1 & a_{2n} \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & & 1 \end{matrix} \quad (1)$$

Karar seçenekleri her bir kritere göre ayrı ayrı karşılaştırılır. Karar matrisleri aşağıdaki tabloda Saaty tarafından önerilen 1-9 karşılaştırma ölçeği kullanılarak oluşturulur (Tablo 1).

Tablo 1. Saaty tarafından geliştirilen derecelendirme ölçüm tablosu (Saaty, 1972)

Önem Düzeyi	Tanım
1	Eşit önemde
3	Biraz daha önemli
5	Oldukça önemli
7	Çok önemli
9	Son derece önemli
2,4,6,8	Ara değerler

Tablo 2. N=1-14 için rastgelelik indeksi değerleri (Saaty, 1972)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.49	1.53	1.56	1.57

CI ve RI değerleri belirlendikten sonra "Consistency Ratio-CR" hesaplanır (Eşitlik 7):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

CR değeri 0.10'dan küçük çıkarsa karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğuna karar verilir.

2.2.2. TOPSIS

TOPSIS, 1980 yılında Yoon ve Hwang tarafından geliştirilen bir ÇKKVY metodudur (Hwang ve Yoon, 1981). TOPSIS, alternatiflerin ideal çözüme göre sıralanmasını sağlayarak bu alternatiflerin içerisinde en uygun çözümü seçmeye imkân sağlayan bir metodur (Hwang ve ark., 1993; Behzadian ve ark., 2012; Bakioglu ve Atahan, 2021; Jafari-Sırızı ve ark., 2022). TOPSIS, günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Personel seçimi, tedarikçi değerlendirmesi ve seçimi, performans değerlendirmesi, risk alanlarının yer seçimi, elektrikli araçların yer seçimi, kuruluş yeri seçimi gibi çalışmalarda tercih edilen bir yöntemdir (Kelemenis ve

Adım 3: Daha sonra matristeki her eleman, sütunların toplamına bölünerek normalleştirme işlemi gerçekleştirilir. Normalleştirilmiş matrisin her sütununun toplamı 1 olacak şekilde düzenlenir. Normalleştirilmiş matrisin her satırının toplamı, matrisin boyutuna bölünerek ortalaması alınır. Elde edilen değerler her bir kriter için hesaplanan önem ağırlıklarıdır. Bu ağırlıklar öncelik vektörünü (W) oluşturur.

Adım 4: İkili karşılaştırmalar yapıldıktan ve öncelikleri belirlendikten sonra karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı hesaplanır. Matrisin tutarlı olup olmadığını belirlemek için "Tutarlılık İndeksi (CI)" adı verilen bir katsayının hesaplanması gerekir. CI katsayısı Eşitlik 2'de hesaplanmaktadır:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \quad (3)$$

$$A \times W = \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{matrix} \quad (4)$$

$$d_i = \frac{x_i}{w_i}, i=1,2,\dots,n \quad (5)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (6)$$

Tutarlılığı değerlendirmek için "Random İndeks (RI)" adı verilen katsayının bilinmesi gerekmektedir. N boyutlu karşılaştırma matrisleri için tanımlanan RI değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Askounis, 2010; Marzouk ve Sabbah, 2021; Sönmez, 2021; Zeng ve ark., 2021).

TOPSIS uygulama adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: TOPSIS'in uygulanmasında ilk adım karar matrisinin normalleştirilmesidir. Her bir kritere ait değerler bu kriterlerin "kareler toplamının kareköküne" bölünerek normalizasyon işlemi gerçekleştirilir.

Adım 2: Normalleştirilmiş karar matrisi, AHP yönteminden elde edilen ağırlık değerleri ile çarpılır ve "Ağırlıklandırılmış Normalize Matris" oluşturulur.

Adım 3: Her bir sütun için en kötü ve en iyi değerler ağırlıklandırılmış normalize matristeki değerlerle belirlenir. Daha sonra her bir satır için "en iyi ideal çözüme uzaklık değerleri" ve "en kötü ideal çözüme uzaklık değerleri" (S^+ ve S^-) belirlenir. Bu değerler Eşitlik 8 ve Eşitlik 9 ile hesaplanır:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (8)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=i}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (9)$$

$i=1,2,3,\dots,n$

Adım 4: Bir sonraki adım performans puanının hesaplanması olup aşağıdaki formülle bulunur:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^+) + (S_i^-)}, \quad 0 < C_i^* < 1, i = 1,2,3, \dots, n \quad (10)$$

Adım 5: Son adımda hesaplanan performans değerlerinden sıralama oluşturulur ve gerekli çıkarımlarda bulunulur (Hwang ve ark., 1993).

2.3. Veri toplama ve veri tabanı tasarımı

Çalışmanın bu aşamasında, yeşil alanların yer seçimi üzerine yapılan mevcut çalışmalar, yönetmelikler ve raporlar incelenerek kriterler ve alt kriterler belirlenmiştir (Meisel ve Thiele, 2014; Başeğmez ve ark., 2019; Şahin ve ark., 2019; Navarro ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2019; Baig ve ark., 2022; Campisi ve ark., 2022) (Tablo 4-5). Çalışma alanının eğim verisi DEM verisi olarak NASA'dan, nüfus verisi de TÜİK'den elde edilmiştir (NASA, 2022; TÜİK, 2022). Diğer veriler ArcMAP 10.8 yazılımı kullanılarak nokta, çizgi ve poligon formatlarında sayısallaştırılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Uygulama çalışmasında kullanılan veri katmanları

Veri Katman Adı	Veri Tipi	Edinim Tarihi	Veri Kaynağı
Yeşil alanlar	Poligon	2021	Google Maps
Ana ve ara yollar	Çizgi	2021	Google Maps
Sağlık kurumları	Nokta	2021	Google maps
Güvenlik kurumları	Nokta	2021	Google Maps
Eğitim kurumları	Nokta	2021	Google Maps
Metro ve otobüs durakları	Nokta	2021	Google Maps
Otoparklar	Nokta	2021	Google Maps
Marketler	Nokta	2021	Google Maps
Nüfus	-	2021	TÜİK
Eğim	DEM	2021	NASA

Tablo 4. Çalışmada kullanılan kriterler

Sıra	Kriterler
1	Alan Büyüklüğü
2	Ulaşım
3	Eğim
4	Nüfus
5	Erişilebilirlik
6	Güvenlik merkezlerine yakınlık
7	Anayola yakınlık
8	Sağlık merkezlerine yakınlık
9	Eğitim alanlarına yakınlık
10	Marketlere yakınlık
11	Otoparklara yakınlık
12	Diğer yeşil alanlara yakınlık

3. Uygulama

3.1. Kriterlerin tanımlanması

3.1.1. Eğim

Topografya, yeşil alan analizi çalışmalarında çok önemli bir rol oynamaktadır (Kumar ve Pandey, 2016). Özellikle DEM verisinden üretilen eğim verisi, mevcut durum analizinin yapılması ve yeşil alanların planlanmasında kullanılan önemli bir kriterdir. Çalışmada sayısal yükseklik modeli kullanılarak ESRI ArcMAP yazılımı ile elde edilen eğim verisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Eğim faktörü için belirlenen alt kriterler ve bu değerlere verilen puanlar Tablo 6'da yer almaktadır.

Bu alt kriterlerden 46° üzeri yerler yeşil alanları için uygun olmayan, 19°-36° ve 37°-45° aralıkları yer seçimi için daha uygun olarak belirlenmiş alanlardır. 0°-9° ve 10°-18° niteliğine sahip yerler ise yeşil alanlar için en uygun alanlardır.

Tablo 6. Eğim kriterleri

Kriter (°)	Puan
0-9	5
10-18	4
19-36	3
37-45	2
≥46	1

Tablo 5. Kriterler ve alt kriterleri

Kriterler	Alt Kriterler
Alan Büyüklüğü	0-250 m
	250-500 m
	500-750 m
	750-1000 m
	1000 m <
Eğim	%0-9
	%9-18
	%18-36
	%36-45
	%45 <
Ulaşım	0-250 m
	250-500 m
	500-750 m
	750-1000 m
	1000 m <
Güvenlik merkezlerine yakınlık	0-250 m
	250-500 m
	500-750 m
	750-1000 m
	1000 m <
Erişilebilirlik	0-250 m
	250-500 m
	500-750 m
	750-1000 m
	1000 m <
Markete Yakınlık	0-100 m
	100-200 m
	200-300 m
	300-400 m
	400 m <
Anayola Yakınlık	0-250 m
	250-500 m
	500-750 m
	750-1000 m
	1000 m <
Sağlık Merkezlerine Yakınlık	0-500 m
	500-1000 m
	1000-1500 m
	1500-2000 m
	2000 m <
Eğitim Alanlarına Yakınlık	0-300 m
	300-600 m
	600-900 m
	900-1200 m
	1200 m <
Otoparklara Yakınlık	0-250 m
	250-500 m
	500-750 m
	750-1000 m
	1000 m <
Diğer Yeşil Alanlara Yakınlık	0-250 m
	250-500 m
	500-750 m
	750-1000 m
	1000m <

3.1.2. Nüfus ve alan büyüklüğü

Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliğinin EK-2 tablosunda ilçe sınırları dahilinde yapılan planlamalarda; çocuk bahçesi, park, botanik parkı, hayvanat bahçesi, mesire yeri ve rekreasyon alanını kapsayan yeşil alanlar için kişi başına 10 m² alanın planlanması gerektiği ifade edilmektedir. İl sınırları bütününde yapılan planlamalarda ise, hayvanat bahçesi, kent ormanı,

ağaçlandırılacak alan, fuar, panayır ve festival alanı, hipodrom alanlarında kişi başına 5 m² olarak planlanması gerektiği belirtilmektedir (URL 2). Çalışma alanında bulunan yeşil alanların toplam yüzölçümü 67.790,00 m² ve bölgenin toplam nüfus ise 50318 kişidir. Bu hususlar göz önüne alındığında kişi başına düşen yeşil alan miktarı 1.34 m² olduğu tespit edilmiş olup, mevcut yeşil alan miktarının yetersiz olduğu belirlenmiştir.

3.1.3. Konuma göre kriterlerin incelenmesi

Çalışmada mesafe faktörüne bağlı olan kriterler konumlarına göre analiz edilmiştir (Şekil 4-10). Belirlenen kriterlerin alt kriterleri tablolarda gösterilmiştir (Tablo 7-13). En uygun alt kriter 5 puan, uygun olmayan kriter ise 1 puan olarak ifade edilmektedir.

Tablo 7. Eğitim kurumlarına yakınlık kriterleri

Kriter (°)	Puan
0-300	5
301-600	4
601-900	3
901-1200	2
≥1201	1

Tablo 8. Anayola yakınlık kriterleri

Kriter (°)	Puan
0-250	1
251-500	3
501-750	5
751-1000	4
≥1001	2

Tablo 9. Sağlık merkezlerine yakınlık kriterleri

Kriter (°)	Puan
0-500	5
501-1000	4
1001-1500	3
1501-2000	2
≥2001	1

Tablo 10. Güvenlik merkezlerine yakınlık kriterleri

Kriter (°)	Puan
0-500	5
501-1000	4
1001-1500	3
1501-2000	2
≥2001	1

Tablo 11. Otoparklara yakınlık kriterleri

Kriter (°)	Puan
0-250	5
251-500	4
501-1000	3
1001-1500	2
≥1501	1

Tablo 12. Marketlere yakınlık kriterleri

Kriter (°)	Puan
0-100	5
101-200	4
201-300	3
301-400	2
≥401	1

Tablo 13. Duraklara yakınlık kriterleri

Kriter (°)	Puan
0-250	5
251-500	4
501-750	3
751-1000	2
≥1001	1

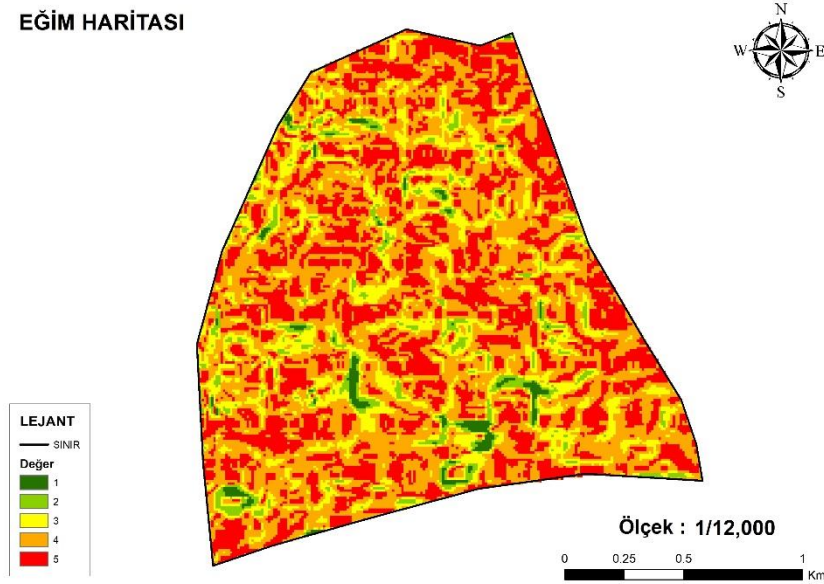
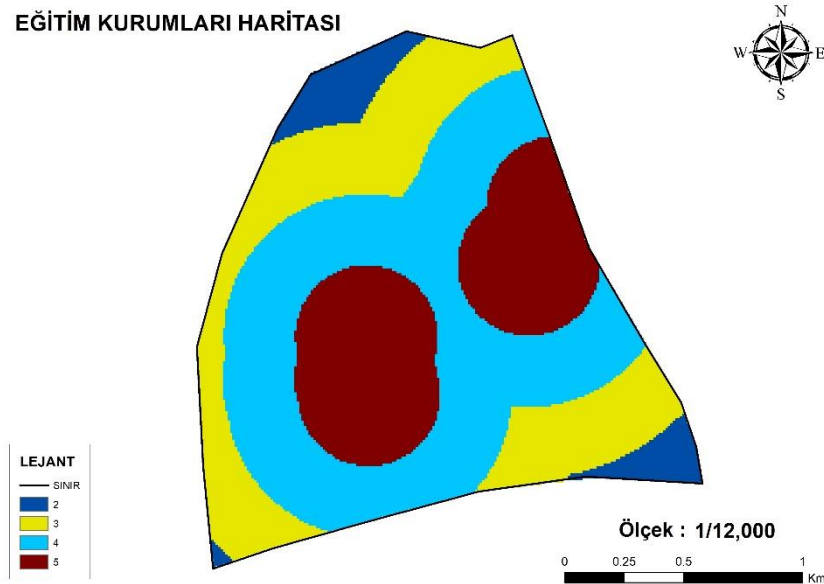
3.2. AHP ile kriterlerin ağırlıklandırılması

Çalışmada AHP yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için bir iş süreci oluşturulmuştur. Öncelikle kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için anket çalışması yapılmış ve elde edilen verilerin geometrik ortalaması alınarak kriterler sıralanmıştır. Ardından kriterlerin önem dereceleri 1 ile 9 arasında puanlanarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Elde edilen ikili karşılaştırma matrisi normalize edilerek normalizasyon matrisi oluşturulmuş ve bu işlem sonrası kriter ağırlıkları belirlenmiştir (Tablo 14).

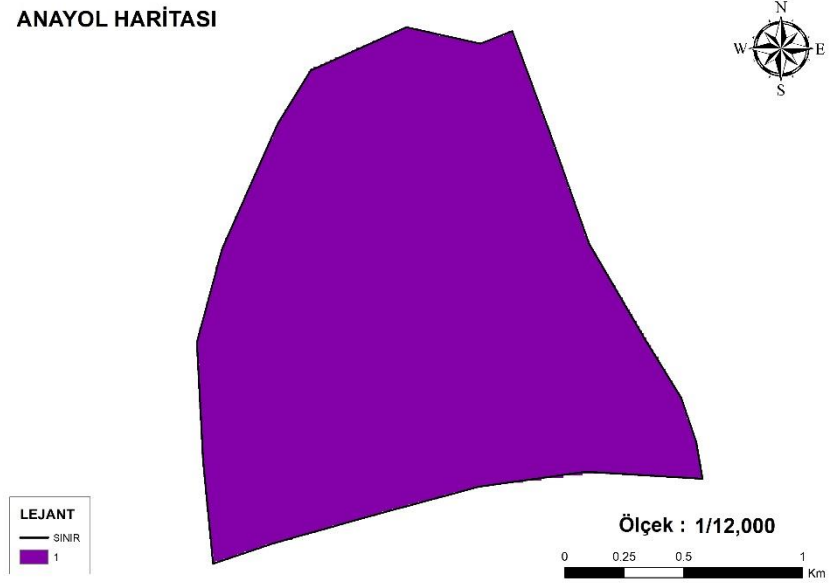
Uygulanan yöntemde, ikili karşılaştırma matrisinin uygulanabilirliğinin kontrolü tutarlılık oranı belirlenerek yapılmıştır. Yapılan hesaplamaların sonucunda, tutarlılık indeksi (CI) 0.13, tutarlılık oranı endeksi (CR) ise 0.08 olarak belirlenmiştir. CR değeri 0,1'den düşük olduğu için yapılan analiz tutarlı olduğu görülmüştür.

Tablo 14. Kriterler ve AHP ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar
Alan Büyüklüğü	0.06
Eğim	0.06
Ulaşım	0.12
Nüfus	0.18
Güvenlik	0.07
Erişilebilirlik	0.09
Markete Yakınlık	0.05
Anayola Yakınlık	0.08
Sağlık Merkezlerine Yakınlık	0.07
Eğitim Alanlarına Yakınlık	0.05
Otoparklara Yakınlık	0.10
Diğer Yeşil Alanlara Yakınlık	0.05

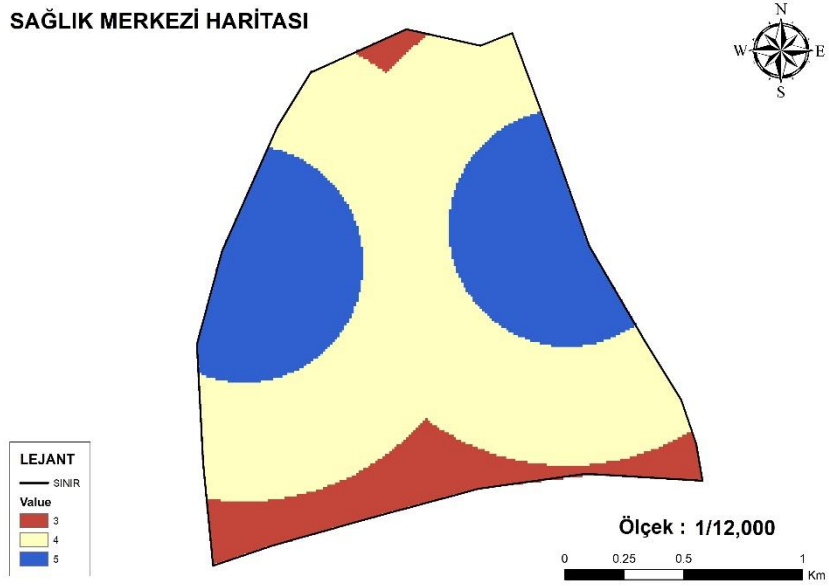
EĞİM HARİTASI**Şekil 3.** Eğim haritası**EĞİTİM KURUMLARI HARİTASI****Şekil 4.** Eğitim kurumlarına yakınlık haritası

ANAYOL HARİTASI



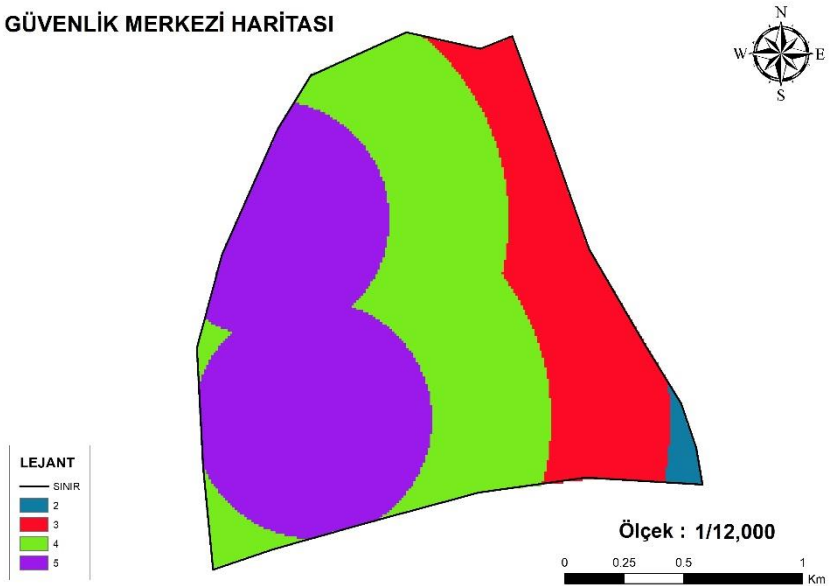
Şekil 5. Anayola yakınlık haritası

SAĞLIK MERKEZİ HARİTASI



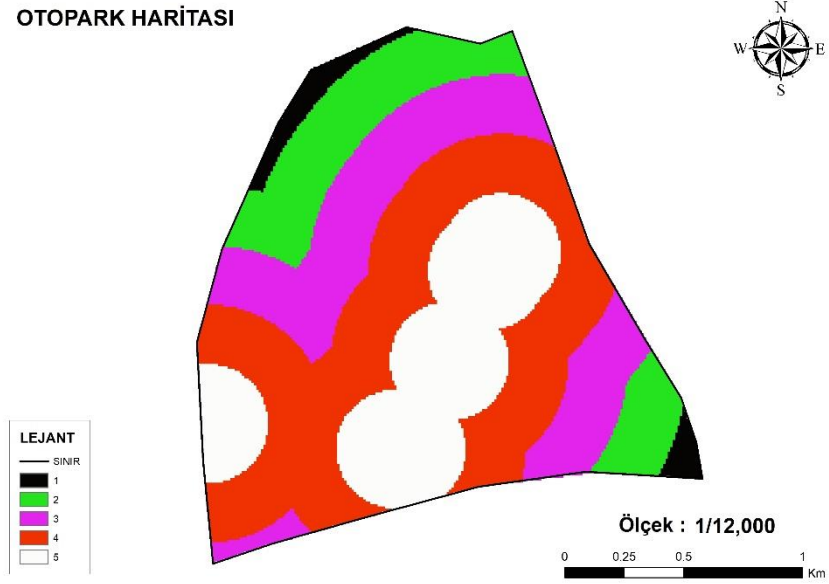
Şekil 6. Sağlık merkezlerine yakınlık haritası

GÜVENLİK MERKEZİ HARİTASI



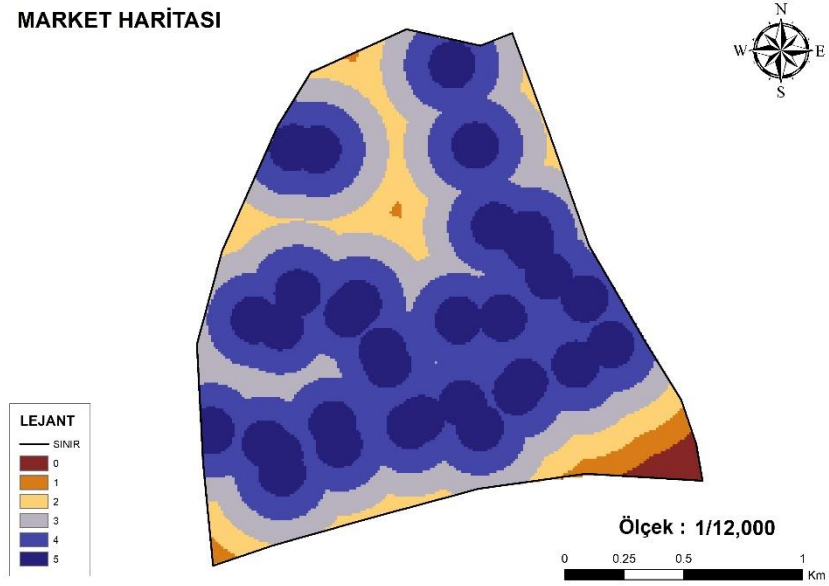
Şekil 7. Güvenlik merkezlerine yakınlık haritası

OTOPARK HARİTASI



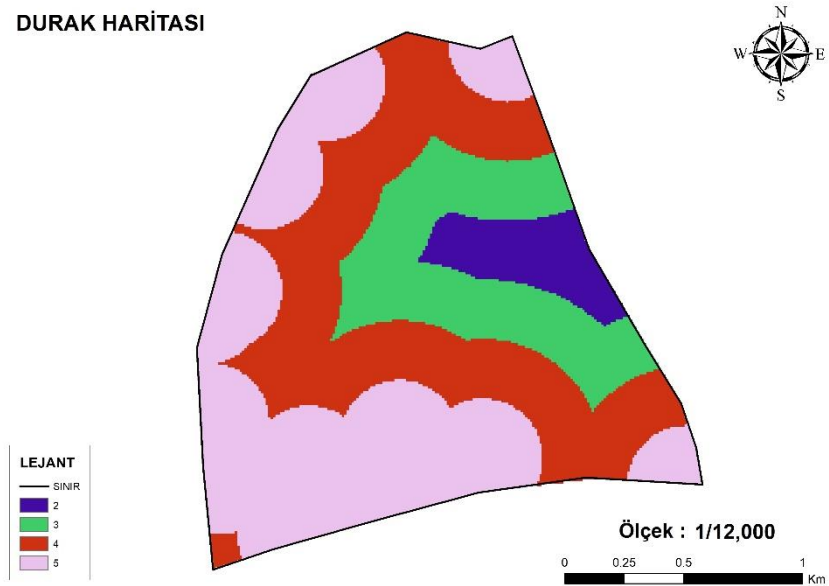
Şekil 8. Otoparklara yakınlık haritası

MARKET HARİTASI



Şekil 9. Marketlere yakınlık haritası

DURAK HARİTASI



Şekil 10. Duraklara yakınlık haritası

4. Bulgular

4.1. Karar haritasının oluşturulması

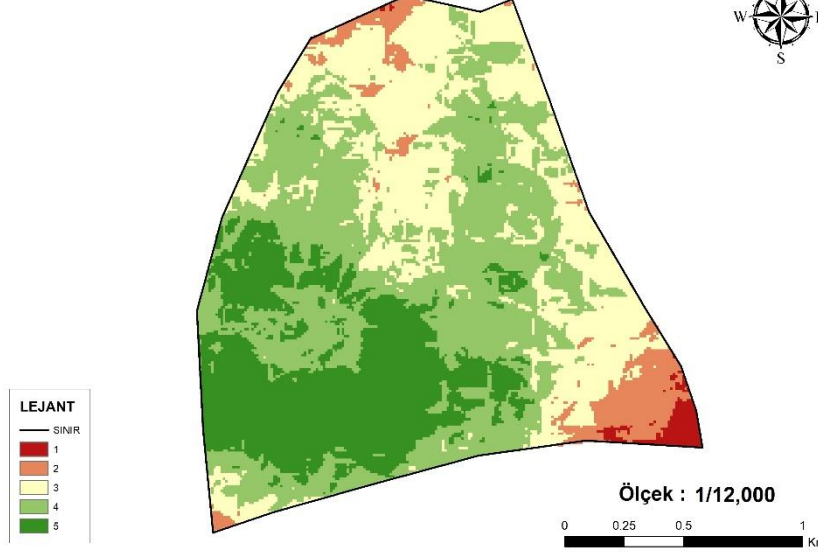
Çalışma alanındaki en uygun yeşil alanların belirlenmesi için ArcGIS yazılımının Raster Calculator metodu kullanılmıştır. Her bir kriter için hazırlanan uygunluk haritaları ile AHP analizi sonucu belirlenen kriterlerin ağırlıkları çarpılarak toplanmış ve karar haritası elde edilmiştir (Şekil 11).

Karar haritasında, 5 puan alan yerlerin en uygun olduğu yerler, 1 puan alan yerlerin ise en az uygun

olduğu gösterilmiştir. Çalışma alanının güney ve güneybatı bölgesi yeşil alanlar bakımından en uygun, kuzeydoğuya uzanan bölgelerin uygun, kuzey ve güneydoğuda bulunan bölgelerin daha az uygun ve uygun olmayan bölgeleri içerdiği tespit edilmiştir.

AHP analizi sonucunda yeşil alanlar için en fazla ağırlığa sahip 3 kriter (nüfus, ulaşım ve otoparklara yakınlık) Tablo 7’de gösterilmiştir. Yer seçim sürecinde özellikle çalışma alanının güney kısmında en uygun alanların fazla olmasında bu kriterlerin etkisi bulunmaktadır.

UYGUN YEŞİL ALAN HARİTASI



Şekil 11. Karar haritası

4.2. En uygun yerlerin TOPSIS ile sıralanması

Çalışmanın bu aşamasında, TOPSIS yöntemi kullanılarak sonuç haritasındaki en uygun yerler 9 bölgeye ayrılarak sıralanmıştır (Şekil 12). Bu sıralamalar yapılırken hem ağırlıkların eşit olarak alınması hem de AHP’den elde edilen ağırlıkların kullanılmasıyla iki farklı sıralama sonucu elde edilmiştir (Tablo 15-16). Bu sonuçlar elde edilirken, belirlenen bölgeler her bir kriterin piksel değerine göre birbirleriyle kıyaslanmıştır.

İki sıralama arasında farklar bulunsa da ikisinde de D1 bölgesinin en yüksek, D8 bölgesinin en düşük puana sahip olduğu görülmektedir. Sıralama sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 13’te gösterilmiştir.

Tablo 15. Eşit ağırlıklı sıralama sonuçları

	S+	S-	PS (Cİ)	Sıralama
D1	0,0316882	0,0234873	0,57431568	1
D2	0,0221262	0,0280576	0,440902796	3
D3	0,0184886	0,0369395	0,333560174	6
D4	0,0122701	0,0354214	0,257281377	8
D5	0,0225498	0,0277183	0,448591204	2
D6	0,0149249	0,0343873	0,30266234	7
D7	0,0169638	0,0291192	0,368114193	4
D8	0,0086763	0,0384775	0,184000476	9
D9	0,0184395	0,0327824	0,359992478	5

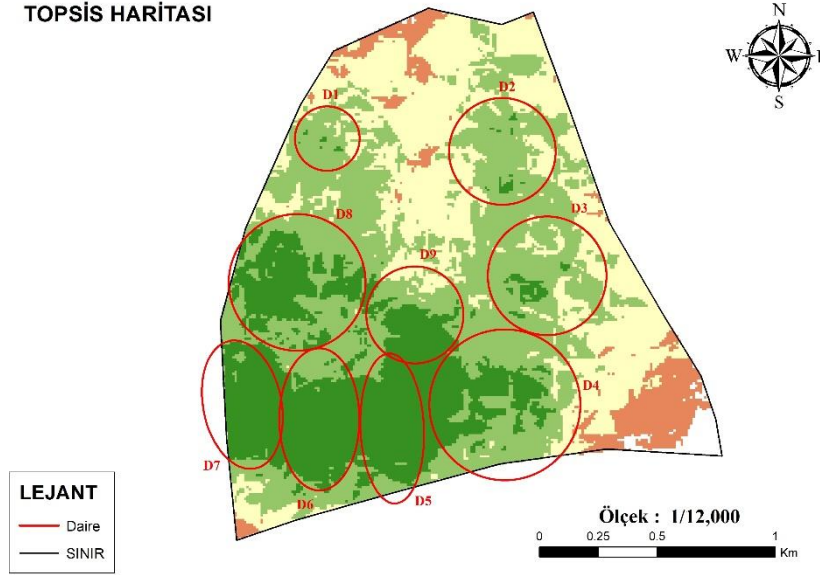
Tablo 16. AHP ağırlıklı sıralama sonuçları

	S+	S-	PS (Cİ)	Sıralama
D1	0,0244811	0,0260939	0,484056405	1
D2	0,0209865	0,0242738	0,463684221	2
D3	0,0211876	0,0298507	0,415131126	4
D4	0,0084879	0,0335237	0,202037618	8
D5	0,0142786	0,0296584	0,324979791	6
D6	0,0153165	0,0318612	0,324655809	7
D7	0,0185338	0,0239880	0,435864908	3
D8	0,0054660	0,0353602	0,13388649	9
D9	0,0187953	0,0266184	0,413869145	5

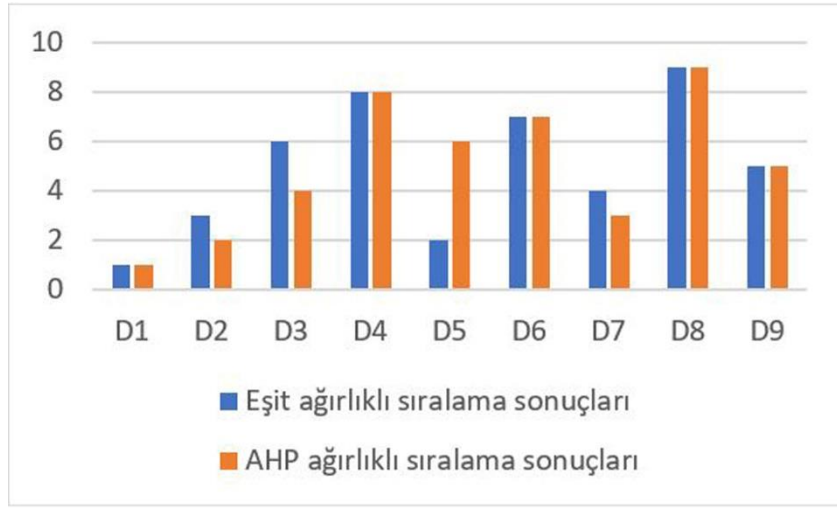
5. Sonuçlar

Bu çalışmada, kentlerde insan yaşamı ve gereksinimleri açısından büyük önem taşımakta olan yeşil alanlar incelenmiştir. Kentlerin sürdürülebilirliği için oluşturulan politikalarda ve uygulamalarda yeşil alanların nesnel kriterlere göre planlanması kentlerin yaşanabilirlik düzeylerinin artmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca kentlerde yeşil alanların varlığı iklim değişikliği, çevre kirliliği ve sağlık üzerinde önemli katkı verecektir. Bu çalışmada yeşil alanlar için en uygun yer seçimi yapılmaya çalışılmıştır. Çalışma için gereken kriterler ülkemizde ve dünyadaki örnek çalışmalarından elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, çalışma alanının güney ve güneybatı bölgesi yeşil alanlar bakımından en uygun yerler olarak tespit edilmiştir. Bu durumun oluşmasında seçilen kriterlerin ağırlıkları ve alt kriterler etkili olmuştur.

TOPSİS HARİTASI



Şekil 12. TOPSİS ile sıralanacak bölgeler



Şekil 13. TOPSİS ile en uygun yer sıralama sonuçları

Tablo 17. TOPSİS sıralama sonuçları

	Eşit Ağırlıklandırma	AHP ile Ağırlıklandırma
1	D1	D1
2	D5	D2
3	D2	D7
4	D7	D3
5	D9	D9
6	D3	D5
7	D6	D6
8	D4	D4
9	D8	D8

Yaptığımız bu çalışmada, literatürde sıklıkla kullanılan ve yer tespit analizi kolayca anlaşılabilen AHP yöntemi ile en yakın uzaklığa dayanan TOPSİS yöntemi birlikte kullanılmıştır. TOPSİS yönteminde hem eşit ağırlıklı hesaplama hem de AHP ağırlıkları ile hesaplama yapılmıştır. İki yöntemdeki sonuçlar karşılaştırıldığında D1, D4, D6 ve D8 bölgeleri aynı önem derecesine sahip bölgeler olduğu belirlenmiştir (Tablo 17).

Çalışma bölgesinde bulunan yeşil alanlar, mevcut durum analizi ve yasal düzenlemeler dikkate alınarak

incelendiğinde bölgedeki yeşil alanların bölge nüfusuna göre yetersiz olduğu görülmüştür.

Sürdürülebilir kentler için önemli faktörlerinden olan yeşil alanlara ait uygun yerlerin belirlendiği bu çalışma, her alanda uygulanabilir nitelikte olup belirlenen kriterlerin yanında birçok kriterin de analiz sürecine dâhil edilmesiyle kentlerin yaşanılabilirlik seviyelerinin artmasına ve sürdürülebilir kent modellerinin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Ayrıca, yapılan çalışma ile kentlerin oluşturulması ve sürdürülebilirliğin sağlanmasında görev yapan birçok meslek disiplini (şehir planlayıcıları, mühendislik grupları, politika yapımcılar gibi) nesnel kriterlere dayalı bir değerlendirme sürecinin parçası olabilecektir. Böylece yaşadığımız kentlerin yapısal sorunlarının giderilmesi ve yeni kent alanı olarak planlanan bölgelerin sağlıklı, güvenilir ve yaşanabilir bir boyutta planlanmasına katkı sunabileceklerdir.

Bilgilendirme/Teşekkür

Bu makale Hacettepe Üniversitesi Geomatik Mühendisliği bölümü öğrencilerinin bitirme projesinden üretilmiştir.

Araştırmacıların katkı oranı

Kader Bayır, Gamze Zeynep Topçu, Zeynep Ebrar Cavıldak: Literatür taraması, Arazi çalışması, Modelleme, Makale yazımı; **Murat Başeğmez, Cevdet Coşkun Aydın:** Düzenleme

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Ahmad, R., & Matori, A. N. (2016). Prioritizing the criteria for urban green space using AHP-multiple criteria decision model. In *Engineering Challenges for Sustainable Future: Proceedings of the 3rd International Conference on Civil, Offshore and Environmental Engineering (ICCOEE 2016, Malaysia, 15-17 Aug 2016)* CRC Press, 355-359
- Amoly, E., Dadvand, P., Forn, J., López-Vicente, M., Basagana, X., Julvez, J., Alvarez-Pedrerol, M., Nieuwenhuijsen, M. J., & Sunyer, J. (2014). Green and blue spaces and behavioral development in Barcelona schoolchildren: the BREATHE Project. *Environ. Health Perspect.* 122, 1351-1358, <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1408215>.
- Aydinoğlu, A. Ç., Bovkir, R., & Bulut, M. (2022). Akıllı şehirlerde büyük coğrafi veri yönetimi ve analizi: hava kalitesi örneği. *Geomatik*, 7(3), 174-186. <https://doi.org/10.29128/geomatik.938855>
- Baig, F., Zhang, D., Lee, J., & Xu, H. (2022). Shaping inclusiveness of a transportation system: Factors affecting seat-yielding behavior of university students in public transportation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 155, 79-94. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.11.004>
- Bakioglu, G., & Atahan, A. O. (2021). AHP integrated TOPSIS and VIKOR methods with Pythagorean fuzzy sets to prioritize risks in self-driving vehicles. *Applied Soft Computing*, 99, 106948. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106948>
- Baskurt, Z. M., & Aydın, C. C. (2018). Nuclear power plant site selection by Weighted Linear Combination in GIS environment, Edirne, Turkey. *Progress in Nuclear Energy*, 104, 85-101. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2017.09.004>.
- Başeğmez, M., Yıldırım, V., & Bediroğlu, Ş. (2019). CBS ve AHP yöntemiyle en uygun okul yer seçimi analizi: Uşak-Merkez örneği. *TMMOB 6. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, October*.
- Beatley, T. (2000). Preserving biodiversity: challenges for planners. *Journal of the American Planning Association*, 66(1), 5-20.
- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with applications*, 39(17), 13051-13069.
- Bennett, G., Cassin, J., & Carroll, N. (2016). Natural infrastructure investment and implications for the nexus: A global overview. *Ecosystem Services*, 17, 293-297.
- Bird, A. (2009). Federal legislation aims to get kids off the couch and exploring the outdoors. https://www.mlive.com/outdoors/2009/09/legislation_aims_to_get_kids_o.html.
- Braun, W. J., & Murdoch, D. J. (2021). *A first course in statistical programming with R*. Cambridge University Press.
- Burkhard, B., Petrosillo, I., & Costanza, R. (2010). Ecosystem services—bridging ecology, economy and social sciences. *Ecological complexity*, 7(3), 257-259
- Campisi, T., Caselli, B., Rossetti, S., & Torrisi, V. (2022). The evolution of sustainable mobility and urban space planning: exploring the factors contributing to the regeneration of car parking in living spaces. *Transportation Research Procedia*, 60, 76-83.
- Caner, H. I., & Aydın, C. C. (2021). Shipyard site selection by raster calculation method and AHP in GIS environment, Iskenderun, Turkey. *Marine Policy*, 127, 104439.
- Chaudhry, P., Bagra, K., & Singh, B. (2011). Urban greenery status of some Indian cities: A short communication. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2(2), 98-101.
- Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Esnaola, M., Forn, J., Basagaña, X., Alvarez-Pedrerol, M., ... & Sunyer, J. (2015). Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(26), 7937-7942. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1503402112>.
- De Clercq, E. M., De Wulf, R., & Van Herzele, A. (2007). Relating spatial pattern of forest cover to accessibility. *Landscape and Urban Planning*, 80(1-2), 14-22.
- Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., ... & Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of environmental management*, 146, 107-115.
- Drobne, S., & Lisec, A. (2009). Multi-attribute decision analysis in GIS: weighted linear combination and ordered weighted averaging. *Informatica*, 33(4), 459-474
- Fadhil, A., & Kurban, T. (2022). Hücresel otomata markov zincir yöntemi ile kentsel yayılmanın modellenmesi: Kerkük ili örneği. *Geomatik*, 7(1), 58-70. <https://doi.org/10.29128/geomatik.852900>
- Fuller, R. A., Irvine, K. N., Devine-Wright, P., Warren, P. H., & Gaston, K. J. (2007). Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. *Biology letters*, 3(4), 390-394. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2007.0149>.
- Galeeva, A., Mingazova, N., & Gilmanshin, I. (2014). Sustainable urban development: urban green spaces and water bodies in the city of Kazan, Russia. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(24), 356-360
- General plan for Stockholm (1952). Stockholm (Sweden). Stadsplanekontoret. Town Planning Office of the city of Stockholm, pp. 74.
- Gezer, A., & Gül, A. (2009). Kent ormanlığı-kavramsal-teknik ve kültürel boyutu. SDU Orman Fakültesi, Kitap

- Yayın No: 86, s 245. (ISBN: 978-9944-452-30-4) SDU Basım evi- Isparta.
- Grahn, P., & Stigsdotter, U. K. (2010). The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration. *Landscape and urban planning, 94*(3-4), 264-275. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.10.012>
- Gupta, K., Roy, A., Luthra, K., & Maithani, S. (2016). GIS based analysis for assessing the accessibility at hierarchical levels of urban green spaces. *Urban forestry & urban greening, 18*, 198-211. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol>.
- Haq, S. M. A. (2011). Urban green spaces and an integrative approach to sustainable environment. *Journal of environmental protection, 2*(5), 601-608.
- Heidt, V., & Neef, M. (2008). Benefits of urban green space for improving urban climate. *Ecology, planning, and management of urban forests: International perspectives*, 84-96. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71425-7_6
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications–A literature review. *European Journal of operational research, 186*(1), 211-228. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.01.004>.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Multi attribute decision making methods and applications. Springer-Verlag.
- Hwang, C. L., Lai, Y. J., & Liu, T. Y. (1993). A new approach for multiple objective decision making. *Computers & operations research, 20*(8), 889-899. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(93\)90109-V](https://doi.org/10.1016/0305-0548(93)90109-V)
- IPCC (2007). Climate Change 2007-impacts, adaptation and vulnerability: Working Group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC. Cambridge University Press.
- İşcan, F., & İlgaz, A. (2017). Analysis of geographic/urban information system web presentations of local governments in Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences, 2*(3), 75-83. <https://doi.org/10.26833/ijeg.317088>
- Jafari-Sirizi, R., Oshnooei-Nooshabadi, A., Khabbazi-Kenari, Z., & Sadeghi, A. (2022). Determination of the Quality of Life using Hybrid BWM-TOPSIS Analysis: Case study of Tabriz (District 1, 2, 3 and 8), Iran. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 4*(1), 7-17. <https://doi.org/10.51489/tuzal.1066578>
- Jia, J. (2001). Planning and design of green space system. Chinese Forestry Press, Beijing.
- Kelemenis, A., & Askounis, D. (2010). A new TOPSIS-based multi-criteria approach to personnel selection. *Expert systems with applications, 37*(7), 4999-5008. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.12.013>
- Keleş, M. D., & Aydın, C. C. (2020). Mobil lidar verisi ile kent ölçeğinde cadde bazlı envanter çalışması ve coğrafi sistemleri entegrasyonu-Ankara Örneği. *Geomatik, 5*(3), 193-200. <https://doi.org/10.29128/geomatik.643569>
- Khalil, R. (2014). Quantitative evaluation of distribution and accessibility of urban green spaces (Case study: City of Jeddah). *International journal of geomatics and geosciences, 4*(3), 526-535.
- Koohsari, M. J. (2011). Access to public open space: is distribution equitable across different socio-economic areas. *Journal of Urban and Environmental Engineering, 5*(2), 67-72.
- Kumar, A., & Pandey, A. C. (2016). Geoinformatics based groundwater potential assessment in hard rock terrain of Ranchi urban environment, Jharkhand state (India) using MCDM-AHP techniques. *Groundwater for Sustainable Development, 2*, 27-41. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2016.05.001>
- Lappé, F. M. (2009). Questions to ask strategies to save our planet. *Solutions, 1*(1), 34-35.
- La Rosa, D. (2014). Accessibility to greenspaces: GIS based indicators for sustainable planning in a dense urban context. *Ecological Indicators, 42*, 122-134.
- Lee, A. C., & Maheswaran, R. (2011). The health benefits of urban green spaces: a review of the evidence. *Journal of public health, 33*(2), 212-222. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdq068>
- Luthra, K., & Gupta, K. (2012). Evaluation of urban green spaces based on social criteria. Indian institute of remote sensing, dehradun, Unpublished report.
- Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons, New York.
- Marzouk, M., & Sabbah, M. (2021). AHP-TOPSIS social sustainability approach for selecting supplier in construction supply chain. *Cleaner environmental systems, 2*, 100034. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100034>
- Massam, B. H. (2013). Spatial search: Applications to planning problems in the public sector, 23, Pergamon Press, Exeter.
- Meisel, F., & Thiele, N. (2014). Where to dispose of urban green waste? Transportation planning for the maintenance of public green spaces. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 64*, 147-162.
- Mensah, C. A. (2014). Nature and challenges of urban green spaces in Africa, [http://www.jhbcityparks.com/pdfs/urban greenspaces.pdf](http://www.jhbcityparks.com/pdfs/urban%20greenspaces.pdf).
- Midatana, S., Saran, S., & Ramana, K. V. (2018). Site suitability analysis for industries using GIS and multi criteria decision making. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 4*(5).
- NASA (2022). Advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (aster) global digital elevation model. <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>. Erişim Tarihi: 28 Haziran 2022.
- Navarro, J. G. M., Jaramillo, L. A., & Magan, E. L. (2019). Assessing connectivity in single and multimodal networks using Geographic Information Systems (GIS). *Transportation Research Procedia, 40*, 1473-1480.
- Oh, K., & Jeong, S. (2007). Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS. *Landscape and urban planning, 82*(1-2), 25-32. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.014>
- Pulighe, G., Fava, F., & Lupia, F. (2016). Insights and opportunities from mapping ecosystem services of urban green spaces and potentials in planning. *Ecosystem services, 22*, 1-10.

- Reid, W. V. (2005). Ecosystems and human well-being: general synthesis: A report of the millennium ecosystem assessment. Island Press, Washington, DC.
- Saaty, T. L. (1972). An eigenvalue allocation model for prioritization and planning. Energy Management and Policy Center, University of Pennsylvania, 28-31.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- Salihoğlu, T. (2020). CBS Yardımıyla İstanbul'daki Merkez Alanların Sınırlarının Belirlenmesi. *Geomatik*, 5(3), 201-208. <https://doi.org/10.29128/geomatik.644562>
- Sánchez-Lozano, J. M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P. L., & García-Cascales, M. S. (2013). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and sustainable energy reviews*, 24, 544-556.
- Sandifer, P. A., Sutton-Grier, A. E., & Ward, B. P. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem services*, 12, 1-15.
- Sarı, S., & Türk, T. (2021). An investigation of urban development with geographical information systems: 100-year change of Sivas City, Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 6(1), 51-63. <https://doi.org/10.26833/ijeg.690216>
- Shorabeh, S. N., Argany, M., Rabiei, J., Firozjaei, H. K., & Nematollahi, O. (2021). Potential assessment of multi-renewable energy farms establishment using spatial multi-criteria decision analysis: A case study and mapping in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126318. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126318>
- Sotoudehnia, F., & Comber, L. (2011, April). Measuring perceived accessibility to urban green space: an integration of GIS and participatory map. In *14th AGILE Conference on Geographic Information: Advancing Geoinformation Science for a Changing World*.
- Sönmez, Z. (2021). Sürdürülebilir kent planlamasında cbs tabanlı çok kriterli çevresel risk analizi: Ankara Gölbaşı örneği. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- Stähle, A. (2010). More green space in a denser city: Critical relations between user experience and urban form. *Urban Design International*, 15, 47-67.
- Stessens, P., Khan, A. Z., Huysmans, M., & Canters, F. (2017). Analysing urban green space accessibility and quality: A GIS-based model as spatial decision support for urban ecosystem services in Brussels. *Ecosystem services*, 28, 328-340. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.016>
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., & Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COmpromise solution (MARCOS). *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106231.
- Şahin, T., Ocak, S., & Top, M. (2019). Analytic hierarchy process for hospital site selection. *Health Policy and Technology*, 8(1), 42-50.
- Şenik, B., & Uzun, O. (2021). Düzce Kentinde Açık Yeşil Alan Sisteminin Oluşturulmasına Yönelik Bazı Öneriler. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 17(2), 367-396.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2019). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), s. 172. <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlanı.pdf>. Erişim Tarihi: 28 Haziran 2022.
- Triantaphyllou, E., & Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria decision making methods* (pp. 5-21). Springer US.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2022). <https://www.tuik.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 28 Haziran 2022.
- URL 1. İmar kanunu. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.3194.pdf>. Erişim Tarihi: 28 Haziran 2022.
- URL 2. Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği. <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=19788&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeliği&mevzuatTertip=5>. Erişim Tarihi: 28 Haziran 2022.
- Van Herzele, A., & Wiedemann, T. (2003). A monitoring tool for the provision of accessible and attractive urban green spaces. *Landscape and urban planning*, 63(2), 109-126. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00192-5](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00192-5)
- Villacreses, G., Gaona, G., Martínez-Gómez, J., & Jijón, D. J. (2017). Wind farms suitability location using geographical information system (GIS), based on multi-criteria decision making (MCDM) methods: The case of continental Ecuador. *Renewable energy*, 109, 275-286. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.041>
- Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: an introduction*. Sage publications.
- Zeng, J., Lin, G., & Huang, G. (2021). Evaluation of the cost-effectiveness of Green Infrastructure in climate change scenarios using TOPSIS. *Urban Forestry & Urban Greening*, 64, 127287. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127287>
- Zhang, Z., Meerow, S., Newell, J. P., & Lindquist, M. (2019). Enhancing landscape connectivity through multifunctional green infrastructure corridor modeling and design. *Urban forestry & urban greening*, 38, 305-317.

