



BİSİKLET PAYLAŞIM SİSTEMLERİNDE KENETLENME İSTASYONU YER SEÇİMİ İÇİN BİR ÇKKV MODELİ

İzel VİŞNE*¹, Özay ÖZAYDIN², Y. İlker TOPCU³

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, İSTANBUL, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0003-1584-441X>

²Doğuş Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, İSTANBUL, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-2202-8923>

³İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, İSTANBUL, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-9717-7854>

Anahtar Kelimeler Öz

*Analitik Hiyerarşi Süreci
Coğrafi Bilgi Sistemleri
Bisiklet Paylaşımı
Akıllı Şehir Yönetimi*

Bisikletler, sağlık, ekonomik, çevresel olumlu etkileri nedeniyle birçok ülkede ulaşım aracı olarak da kullanılmaktadırlar. Ayrıca, paylaşım ekonomisinin başlıca örnekleri arasında bisiklet paylaşım sistemleri gelmektedir. Bu sistemler farklı istasyonlarda bulunan bisikletleri, kullanıcıların istedikleri sürelerde kullanılabilmesine izin verirken; trafik ve hava kirliliğinin azaltılmasını, bisiklet sahibi olmayanların uygun ve hesaplı bir ulaşım aracına erişmelerini sağlar. Faydalarının yanı sıra, bisiklet paylaşım sistemleri çeşitli zorluklarla da karşılaşmaktadır. Kenetlenme istasyonlarının doğru konumlandırılmaması bazı istasyonlarda bisiklet eksikliğine, bazı istasyonlarda ise boş kenetleme ünitesi eksikliğine neden olmaktadır. Bu durum sistemin bütününe verimliliğine olumsuz etki etmektedir. Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve çok kriterli karar verme yöntemlerini bütünlük

*Sorumlu yazar; e-posta: visne16@itu.edu.tr

doi: <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.1245614>

olarak kullanıp, sisteme eklenecek yeni istasyonların konumlarını belirleyen bir model önerilmektedir. Bu modelde öncelikle olurlu bölgeler CBS uygulaması desteği ile belirlenmiştir. CBS girdileri, İBB'den temin edilen verilerin yanı sıra açık kaynak veri bankalarından derlenmiştir. Olurlu bölgelerin belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılarak kriterler ağırlıklandırılmış, belirlenen bu ağırlıklar ile ısı haritaları oluşturulmuştur. Kriter ağırlıklandırılmasında ve olurlu bölgedeki alternatifler arasından en iyiyi belirlemede paydaşların oluşturduğu bir karar verici grubuna başvurulmuştur. Önerilen bu melez yöntem var olan bisiklet istasyonlarını da dikkate alıp, yeni istasyonların en uygun yerlere kurulmasını amaçlamakta ve sistemin her yeni istasyonla birlikte etkinliği ve verimliliğini arttırmayı hedeflemektedir.

AN MCDM MODEL FOR DOCKING STATION LOCATION SELECTION IN BICYCLE SHARING SYSTEMS

Keywords	Abstract
Analytical Hierarchy Process Geographic Information Systems Bicycle Sharing Smart City Management	<i>Bicycles are used not only for hobby and sports purposes but also as a means of transportation in many countries due to their positive health, economic and environmental effects. Bicycle sharing systems are the leading examples of the sharing economy, which is generally based on the principle of increasing efficiency by sharing resources. These systems generally allow the users to use the docked bikes at the stations scattered throughout the city for as long as they want/need. When the users' needs are over, they can dock the bikes to any station in the sharing network and end the process. These systems are frequently used in cities to reduce traffic and air pollution, and they also provide non-cyclists with a convenient and affordable transportation option. Besides their benefits, bike sharing systems also face several challenges. Incorrect positioning of the docking stations causes a lack of bicycles at some stations and a lack of empty docking units at some stations. This situation negatively affects the efficiency of the whole system. In this study, a model is proposed to determine the locations of new stations to be added to the bike sharing system by using Geographic Information Systems (GIS) and multi-criteria decision-making methods in an integrated way. In this model, first, eligible</i>

regions were determined with the support of GIS application. GIS entries were compiled from open-source databases as well as data from IMM. These resources were also used in the creation of base maps. Criteria were weighted by using the Analytical Hierarchy Process to determine the feasible regions, and heat maps were created with these determined weights. A decision maker group formed by the stakeholders was consulted in weighting the criteria and determining the best among the alternatives in the feasible region. This proposed hybrid method also considers the existing bicycle stations, aims to establish new stations in the most suitable places and aims to increase the effectiveness and efficiency of the system with each new station.

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 31.01.2023	Submission Date : 31.01.2023
Kabul Tarihi : 24.07.2023	Accepted Date : 24.07.2023

1. Giriş

Günümüzde nüfusun hızla artması, sınırlı kaynakların tükenmesi tehlikesi ile dünyada yeni sürdürülebilir hedeflerin oluşmasına yol açmıştır. Sürdürülebilirlik sorunlarını çözmek için yeni bir ekonomi modeli olan döngüsel ekonomi son zamanlarda politika yapıcıların gündeminde yer almaktadır (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, ve Hultink, 2017). Sürdürülebilirlik sağlamayan doğrusal ekonomi yerine, sürdürülebilir kalkınma ile ilişkili olan döngüsel ekonomiye (Yılmaz, 2019) geçiş yapmak bir hedef olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilirlik ve çevre konuları ile ilişkili olan ve iş modelleri her gün artmaya, gelişmeye ve değişmeye devam eden döngüsel ekonomi modeli birçok ülke tarafından desteklenmektedir.

Döngüsel ekonominin iş modellerinden birisi olan paylaşım ekonomisi, paylaşılan mal veya hizmetin tedarikçileri, paylaşılan mal veya hizmet, malı talep eden müşteriler ve tedarikçi ve müşteri arasında aracı olan bir firma veya hizmet sağlayıcısını içerir (Kumar, Lahiri, ve Dogan, 2018). Paylaşım ekonomisi sadece sürdürülebilirlik ve çevre konularında döngüsel ekonomi gibi olumlu sonuçlar sağlamakla kalmaz aynı zamanda hizmet ve mallara erişimi kolaylaştırır ve paylaşım aktivitelerinin sağladığı bireysel faydaları da içerir. Bu sistem yetersiz kullanılan bir mal veya hizmetin daha fazla kullanılmasını sağlar ve böylece sürdürülebilirliğe katkıda bulunur.

Paylaşım ekonomisi en önemli etkilerini turizm ve ulaştırma sektörlerinde ve genel olarak ekonomide göstermiştir. Aynı zamanda çevresel ve sürdürülebilirlik konuları üzerindeki etkileri de çevre bilimcilerin ve politika

analistlerinin ilgi odağı olmuştur (Mallinson ve diğ., 2020). Ulaşım sektöründe paylaşım ekonomisi kullanılmasının arkasındaki nedenler arasında ekolojik fayda sağlama, ekonomik nedenler ve kolaylıklar yer almaktadır (Standing, Standing, ve Biermann, 2019). Bisiklet paylaşımı, araba paylaşımı, sürüş paylaşımı (ridesharing), e-scooter paylaşımı gibi paylaşılan mobilite seçenekleri paylaşım ekonomisinin en yaygın olarak kullanılan örnekleri arasındadır (Mouratidis, Peters, ve van Wee, 2021).

Bisiklet paylaşımı, birey sağlığına ve çevreye faydaları ile şehirlere ve kullanıcılara sunduğu avantajlar nedeniyle son zamanlarda kamusal ve özel organizasyonlar tarafından ilgi görmektedir. Birçok farklı iş modeline sahip olan bisiklet paylaşım sistemleri, şehirlerin mevcut zorlukları ve taleplerine göre büyüklük ve çalışma şekillerinde farklılıklar göstermektedir (Zhang, Meng, Koh, ve Wong, 2021). Şehir yönetimleri, bisiklet paylaşımı sistemlerini toplu taşımaya destek olarak eklemek için çalışmalar yapmaktadır ve bu sayede bisiklet paylaşım hizmetleri dünya genelinde yaygınlaşmıştır.

Bisiklet paylaşımının tarihsel gelişimi, birinci nesil ücretsiz bisiklet paylaşım sistemi olan "Beyaz Bisikletler"in Amsterdam'da başladığı 1960'ların ortalarından, ikinci nesil bozuk para veya jetonlarla alınan ve geri bırakılan sistemlere ve sonrasında internet, GPS gibi teknolojilerin kullanıldığı üçüncü nesil sistemlere doğru ilerlemiştir (Shaheen, Guzman, ve Zhang, 2010). Günümüzde hala kurulmakta olan bisiklet paylaşım sistemlerinden bazıları başarılı olurken bazıları başarısız olmaktadır. Bisiklet paylaşım sistemi programlarının başarısını etkileyen birçok faktör arasında bisikletlerin kenetlendiği istasyonların konumlarının doğru belirlenmesi faktörü, sistemin yolculuk talebine göre daha çok kullanıcıya ulaşması ve başarılı olmasının anahtarıdır (Lin ve Yang Ta-Hui, 2011). Kenetlenme istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi için İsbike ile yapılan görüşme sonucu İstanbul'da bu konumlarını sezgisel karar verme ile belirlendiği öğrenilmiştir. Kurulu istasyonların geliştirilmesi üzerine yapılan bu çalışma, İstanbul'un Kadıköy ilçesinde bulunan paylaşımlı bisiklet sistemi İsbike'nin kenetlenme istasyonlarını dikkate alarak Kadıköy ilçesinde istasyon konumlandırması ile bir sistem geliştirme önerisi sunmaktadır. Bu çalışmada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) entegre edilen bir yaklaşım uygulanmıştır.

Bisiklet paylaşımı sistemlerinde istasyon konumlandırması için literatürde çeşitli matematiksel optimizasyon modelleri, ÇKKV yöntemleri, CBS analizleri gibi yöntemler uygulanmıştır. Bu çalışma gibi çeşitli çalışmalar da entegre yöntemlerin uygulanması ile sistem kurulumu önerileri geliştirmiştir. Çalışma ile bu literatüre katkının yani sıra halihazırda işletmede olan İsbike sistemine öneri geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada hem İsbike çalışanlarının tecrübelerine yer verilmesi için onlarla anket uygulaması yapılmıştır hem de kullanıcıların beklentilerini de anlayabilmek için kullanıcı anketleri yapılmıştır ve bu sonuçlar karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir.

Karar problemi için etkileyen kriterler literatür yoluyla belirlenmiştir. Bisiklet kullanıcıları ve İsbike yöneticilerinden oluşan iki farklı grubun görüşleri Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılarak ikili karşılaştırma anketleri ile toplanmıştır. Bu anketler sonucunda kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Kriterlerin belirlenmesi sonrası, uzlamsal veriler toplanmış ve CBS yazılımı olan ArcGIS 10.8 kullanılarak işlenmiştir. Kriter ağırlıkları ile uzlamsal veri katmanları birleştirilerek bir uygunluk haritası oluşturulmuştur. Oluşan harita bölümlendirilmiş ve bölümler İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıra Tercihi Tekniği (TOPSIS) ile sıralanmıştır. Yöneticiler ve kullanıcıların cevaplarına göre ayrı sıralamalar ve uygunluk haritaları oluşturulmuş ve sonuçlar arasındaki farklılaşmalar incelenmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde bilimsel yazın taraması ile problem irdelenmiş ve literatürde uygulamalar incelenmiş, üçüncü bölümde uygulanan CBS ve ÇKKV yöntemleri açıklanmıştır. Dördüncü bölümde yöntemlerin uygulanması ile elde edilen bulgular ifade edilmiştir. Son olarak beşinci bölümde bulguların yorumlanması ile sonuçlar oluşturulmuş ve tartışılmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Bisiklet kullanımı tercihi, günümüz toplumlarında motorlu araç trafiği ve kirletici madde emisyonlarını azaltmak, iklim, sağlık ve çevre perspektiflerinden fayda sağlamak gibi birçok potansiyele sahiptir ve son yıllarda düşük maliyetli ve çevreci olması gibi özellikleriyle bisiklet, sürdürülebilir ulaşım çerçevesinde önem kazanmıştır. (Kaplan ve Haenlein, 2010; Sezen ve Erben, 2019). Son dönemlerde, büyük kentlerde yolculuk talebi giderek artmış ve özel otomobil kullanımının artması sonucu trafik tıkanıklığı, kazalar ve atmosferik kirlilik gibi birçok sorun ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, şehir yönetimleri bisiklet paylaşımı uygulamalarını devreye sokmuşlardır. Bu uygulamalar, trafik yoğunluğunu azaltmak ve çevre dostu bir alternatif sağlamak amacıyla düzenlenmiştir (dell'Olio, Ibeas, ve Moura, 2011). Goodman, Green, ve Woodcock (2010), bisiklet paylaşım sistemlerinin, bireylere hem anında bisiklet sağlaması hem de diğer bireylere bisiklet kullanımını teşvik etmesi nedeniyle bisiklet kullanımını arttırdığını öne sürmektedirler. Çalışmalarında, sistem kullanıcılarının görünürlüğünün, bisiklet kullanımını teşvik edici bir etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir.

Nikitas (2018) bisiklet paylaşım sistemlerinin karşılaştığı sorunları incelemiştir. Bu sorunlar arasında sistematik olarak yetersiz kullanım, hırsızlık ve vandalizm, karışık planlama prosedürleri, aşırı hırslı veya yavaş şema genişletme, nüfusun tamamına uygun olmayan iş modelleri, katı bisiklet düzenlemelerinin ülkeler arasındaki farklılıkları, trafik güvenliği endişeleri, bisiklet altyapısının eksikliği gibi maddelerde belirtilmiştir.

Chiariotti, Pielli, Zanella, ve Zorzi, (2018) çalışmalarında bisiklet paylaşım sistemlerinin karşılaştığı istasyonlar arasındaki bisiklet sayısının dengelenmesi problemine odaklanmıştır. Bu çalışma, dinamik bir yaklaşım kullanarak, gerçek zamanlı olarak bisikletlerin istasyonlar arasında dengeli bir şekilde dağıtımını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, veriye dayalı bir model kullanılarak, bisikletlerin istasyonlar arasında dağılımının analiz edilmesi ve dengelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu model, kullanıcı istekleri, mevcut bisiklet sayıları ve diğer faktörler gibi çeşitli verileri kullanarak bisikletlerin en iyi şekilde dağıtılmasını amaçlamaktadır.

Bisiklet paylaşım sistemlerinde istasyonların yanlış konumlandırılması sistemin başarısını riske atmaktadır ve ideal bir bisiklet paylaşım sistemi ağı istasyonlar arasında bisiklet alma ve bırakma işlemlerini dengeleyecek bir istasyon konumlandırması ile mümkündür (Frade ve Ribeiro, 2015; Liu ve diğ., 2016). Bisiklet paylaşım sistemlerinin başarısını etkileyen faktörlerden olan istasyon konumlandırması üzerine literatürde birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda CBS, AHP ve çeşitli ÇKKV yöntemleri sıkça kullanılmıştır.

García-Palomares, Gutiérrez, ve Latorre (2012), çalışmada bisiklet paylaşım sistemlerinde istasyonların konumunun nasıl optimize edilebileceği hakkında bir CBS yaklaşımı önerilmektedir. Çalışmada bisiklet paylaşım programlarının potansiyel kullanıcıların ihtiyaçlarını ve bisiklet sirkülasyonunu dikkate alarak istasyonların konumlarını belirleme yollarını belirlemek için ayrıca minimum empedans ve maksimum kapsama uygulaması yapılmıştır. Ayrıca, önerilen yaklaşımın gerçek bir bisiklet paylaşım programı için uygulanmasının sonuçları da sunulmaktadır.

Başka bir çalışmada Kabak, Erbaş, Çetinkaya, ve Özceylan (2018), bisiklet paylaşım sistemlerinde istasyonların konumlandırılması problemini ele almıştır. Bu çalışmada CBS ve ÇKKV yöntemlerinden AHP ve MOORA bütünleşmiş bir şekilde uygulanmıştır. ÇKKV ile istasyonların fiziksel özellikleri, ulaşılabilirlik, talep, trafik ve diğer faktörler gibi çeşitli kriterleri dikkate alarak, istasyonların değerlendirilmesi yapılmıştır, CBS ise istasyonların coğrafi konumlarını analiz etmek ve haritalamak için kullanılmıştır.

Jahanshahi, Minaei, Kharazmi, ve Minaei (2019), Mashhad şehrindeki bisiklet paylaşım sistemi için istasyonların değerlendirilmesi ve yeniden yerleştirilmesi üzerine çalışmıştır. Bu amaçla, çoklu kriter analizi kullanılarak istasyonların fiziksel özellikleri, ulaşılabilirlik, talep, trafik ve diğer faktörler gibi çeşitli kriterler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme için CBS, AHP, VIKOR, Jenks ve Bulanık üyelik haritaları kullanılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda, istasyonların en uygun yerlere yeniden yerleştirilmesi önerilmiştir.

Literatür incelemesinde bisiklet paylaşım sistemlerinde istasyon konumlandırması üzerine yoğun olarak çalışıldığı görülmüştür. ÇKKV ve CBS entegrasyonu yoğun olarak kullanılmaktadır. Çalışmamızda istasyon konumu

belirleme problemi için ÇKKV yöntemlerinden AHP ve TOPSIS'in CBS ile entegre edilmesi önerilmiştir. Çalışma kapsamında literatürden belirlenen 4 ana ve 17 alt kriter kullanılarak İstanbul'un Kadıköy ilçesinde uygun bölge belirlenmiş ve hem yöneticilerin hem de kullanıcıların görüşleri alınarak kriter ağırlıkları ile en uygun alanlar sıralanmıştır.

3. Yöntem

Bu çalışmada, CBS tabanlı bir yaklaşımla İstanbul'da bisiklet paylaşım sistemleri için istasyon konumlandırması problemine ÇKKV ile bir çözüm önerisi geliştirilmiştir. Çalışmada AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmada uygulanacak yöntemler bu bölümde ayrıntılarıyla tanıtılmıştır. Çalışma araştırma ve yayın etiğine uygundur.

3.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) coğrafi verileri depolayabilen, alabilen, işleyebilen, analiz edebilen ve haritalayabilen sistemlerdir. Belirli bir konum ile ilgili verilerin diğer konumlarla ilişkisi içinde analiz edebilmesi için bir konum referanslama sistemi kullanılır (Church, 2002). CBS, tek bir harita üzerinde birden çok bilgi katmanını görüntüleyebilir. Uydu görüntüleri veya yazılımlarla oluşturulan halihazırda dijital biçimde tutulan veriler kolaylıkla CBS'ye yüklenebilir (Lepuschitz, 2015).

CBS, karar destek teknikleri ile başarılı bir şekilde tamamlayıcı olarak çalışabilmektedir. CBS karar verici için tüm coğrafi bilgilerin analizini, yönetimini, depolanmasını ve görselleştirmesini sağlarken çok kriterli karar verme yöntemleri karar problemlerini yapılandırmaya ve incelenen alternatifleri değerlendirmeye izin veren bir dizi teknik ve prosedür sağlar, CBS ve çok kriterli karar verme yayınlandıklarından beri bölgesel planlama ve enerji santrallerinin kurulumu gibi birçok çalışmada kullanılmışlardır (Sánchez-Lozano, Teruel-Solano, Soto-Elvira, ve Socorro García-Cascales, 2013). Literatürde bisiklet paylaşım sistemlerinde istasyon konumlandırması çalışmaları çoğunlukla CBS ve çok kriterli karar verme tekniklerini kullanmışlardır. Bu çalışmada toplanan veriler uzlamsal hale getirilip CBS katmanları haline getirilerek CBS tabanlı çok kriterli karar verme yaklaşımı kullanılmıştır. CBS yazılımı olarak Esri'nin ArcGIS 10.8 yazılımından faydalanılmıştır.

3.2. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), bireylerin veya grupların karar verme süreçlerini matematikselleştirerek analiz etmeye yarayan bir yöntem sunar. Saaty (1980) tarafından geliştirilen yöntem, ikili karşılaştırmalar yapılarak önceden belirlenen kriterlerin ve alternatiflerin sıralanmasına ve ağırlıklandırılmasına imkân verir. Yöntem, işlemler sonucunda ikili karşılaştırma kararlarının tutarlılık oranının da belirlenmesini sağlar. Tutarlılık oranı ikili karşılaştırma matrisinin tamamen rastgele doldurulma olasılığının bir ölçüsüdür (Byun, 2001). AHP yöntemi literatür çalışmalarına dayalı olarak karar verme problemleri için en ünlü ÇKKV aracı olarak kabul edilmektedir (Aziz, Sorooshian ve Mahmud, 2016).

AHP yöntemi yapısal hiyerarşinin inşa edilmesi, ikili karşılaştırma matrisleri ile karşılaştırmaların yapılması, normalizasyon ile ağırlıkların belirlenmesi, son olarak da tutarlılık testinden oluşur. Yapısal hiyerarşi hedef, ana ve alt kriterler, karar verilmesi gereken alternatiflerin hiyerarşik bir yapıda belirtilen sırayla seviyelendirilmesidir. İkili karşılaştırma matrisleri ile karşılaştırmaların yapılması için Saaty'nin (1980) geliştirdiği Tablo 1'de gösterilen temel ölçek kullanılır. Ölçek, i faktörlerinin ve j faktörlerinin birbirlerine göre öneminin derecelendirilmesi için geliştirilmiştir. A_{ij} ölçek yardımıyla karar verilen seviye, n faktörleri karşılaştırma sayısı olmak üzere, aşağıdaki formülde gösterilen $n \times n$ karşılaştırma matrisi üretilir. $i \neq j$ için $A_{ij} = \frac{1}{A_{ji}}$ olarak matris doldurulur.

Tablo 1.

İkili karşılaştırma için temel ölçek (Saaty, 1980).

Önem Derecesi	Tanım	Ayrıntılı açıklama
1	Eşit önemli	Karşılaştırılan kriterler amaca eşit katkıda bulunmaktadır.
3	Biraz daha fazla önemli	i kriteri j kriterine göre biraz daha fazla tercih edilmektedir.
5	Daha fazla önemli	i kriteri j kriterine göre daha fazla tercih edilmektedir.
7	Çok daha fazla önemli	i kriteri j kriterine göre kuvvetle tercih edilir ve hakimiyeti pratikte gösterilir
9	Aşırı derecede daha fazla önemli	i kriterini j kriterine tercih eden kanıt, mümkün olan en yüksek doğrulama derecesine sahiptir.
2, 3, 4, 6, 8	İki bitişik önem derecesi arasındaki ara değerler	Ara bir karar verilmesi gerektiğinde kullanılmaktadır.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$[A_{ij}], \quad i, j = 1, 2, \dots, n,$$

$$i = j \text{ için } A_{ij} = 1,$$

$$i \neq j \text{ için } A_{ji} = \frac{1}{A_{ij}}$$

Normalizasyon ile ağırlıkların belirlenmesi için öncelikle A ikili karşılaştırma matrisinin sütun elemanları her bir sütunun toplamına bölünerek bir "normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi" elde edilir. Elde edilen matristeki satır elemanları toplanır ve toplam değer satırdaki eleman sayısına bölünür. Bu şekilde bir öncelik vektörü veya ağırlık vektörü elde edilir. Ağırlıklar 0-1 aralığında olup toplamları 1'e eşittir.

Karar amacına etki eden kriterler çok fazla olduğunda, ikili karşılaştırmaların yapılması güçleşmektedir. Bu durumda kriterler için bir kriter hiyerarşisi oluşturulmalıdır (Öztürk ve Batuk, 2010). Ana kriterlerden ve alt kriterlerden oluşan bir hiyerarşide sonuç ağırlığı, öncelikle ana kriterlerin kendi aralarında ikili karşılaştırmalar ile değerlendirilip ağırlıklandırılmaları, ardından aynı ana kritere bağlı olan alt kriterlerin ikili karşılaştırmalar ile kendi aralarında değerlendirilip ağırlıklandırılmaları sonucunda elde edilen ağırlıkların çarpımıdır. Hiyerarşinin en altında bulunan kriterlerin ağırlıkları toplandığında 1'e eşittir.

Ağırlıkların belirlenmesinin ardından ikili karşılaştırmalarda mantıksal tutarsızlığın oluşup oluşmadığı test edilmelidir. Saaty (1980) karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını ölçmek için tutarlılık oranı belirlenmesi ve değerlendirilmesi yöntemini önermektedir. Tutarlılık oranı belirlendikten sonra 0,10 değeri ile karşılaştırılır, eğer sonuç bu değerden daha büyük bir değerse karşılaştırmalar tekrar gözden geçirilmelidir. Tutarlılık oranı şu şekilde belirlenir:

- Bulunan kriter ağırlık değerleri ile bu kriterlerin ilgili sütunlarındaki değerler çarpılır.
- Bulunan değerler tüm satırlar arasında toplanır, böylece $n \times 1$ boyutlu bir ağırlıklı toplam vektörü elde edilir.
- Ağırlıklı toplam vektörü kriterlerin ağırlık değerlerine bölünerek tutarlılık vektörü hesaplanır.

- λ tutarlılık vektörünün ortalama değeri, n karşılaştırılan kriter sayısı ve CI ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık indeksi olmak üzere denklem (2) ile tutarlılık indeksi hesaplanır.

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

Tablo 2'deki tesadüfilik göstergesi değerlerinden kriter sayısına göre kullanılması gereken değer seçilir ve CR tutarlılık oranı, RI tesadüfilik göstergesi değeri olmak üzere denklem (3) ile tutarlılık oranı bulunur.

Tablo 2.

Tesadüfilik göstergesi (Saaty, 1980).

n	1	2	3	4	5	...	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	...	1.57	1.59

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

AHP ile ağırlıklandırma işlemi karar alternatiflerinin sıralanması ve ağırlıklandırılmasında kullanılabilir olmakla beraber, konumsal karar verme analizlerinde alternatifler çok fazla sayıda olup piksellerle temsil edildiği için ikili karşılaştırma ile tüm alternatiflerin karşılaştırılması imkansızdır (Öztürk ve Batuk, 2010). Çalışmada AHP yöntemi kriter ağırlıklandırması için kullanılmıştır.

3.3. İdeal Çözüme Benzerlikler Tercih Düzeni Tekniği (TOPSIS)

TOPSIS (İdeal Çözüme Benzerlikler Tercih Düzeni Tekniği - The Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution), Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiş bir ÇKKV tekniğidir. Teknik alternatif seçenekleri ideal olarak belirlenen noktaya en fazla yakınlığın /benzerliğin ve negatif ideal olarak belirlenen noktaya en az yakınlığın/ benzerliğin hesaplanması ile sıralamaktadır. Sıralamada ilk seçenek pozitif ideal noktaya en yakın ve negatif ideal noktadan en uzak, en son seçenek ise pozitif ideal en uzak ve negatif ideal en yakın seçenektir. Karar vericilere önceden belirlenen alternatifleri ideale en yakından en uzağa sıralayarak gerçek hayattaki ÇKKV problemleri için pragmatik bir yöntem sunar. TOPSIS yöntemi aşağıdaki altı adımdan oluşur:

Adım 1: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve karar matrisinin oluşturulması:

TOPSIS yöntemi kararı etkileyen kriterlerin tanımlanması ve ağırlıklandırılması üzerine oluşturulmuştur. Bu ağırlıklandırma kriterlerin önem derecelerine göre yapılmalıdır. Karar verme süreci bu ana adım üzerine oluşturulduğu için

kriterlerin ağırlıkları belirlenirken yüksek hassasiyet gereklidir (Jozaghi ve diğ., 2018).

Tzeng, Chen ve Wang (1998), kriter ağırlıklandırma yaklaşımlarını öznel ve nesnel olarak sınıflandırmıştır. Öznel yaklaşımda ağırlıklar kriterlerin tercih edilme bilgilerinin toplanması, subjektif görüşlerin alınması ve karar vericinin bilgisine dayalı olarak oluşturulmaktadır. Nesnel yaklaşımda ise ağırlıklar matematiksel hesaplamalar sonucu bulunur.

Çalışmada nesnel kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan AHP yönteminde elde edilen ağırlıklar kullanılarak TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. AHP yöntemi ile ilgili ayrıntılı bilgilere 3.2. bölümde yer verilmiştir.

Karar matrisinin yapısı, A_i alternatifleri ($i = 1, 2, \dots, n$) ve C_j kriterleri ($j = 1, 2, \dots, m$) ile oluşturulan X_{ij} performans ölçümü ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) verileri denklem (4) ile $(x_{ij})_{m \times n}$ yapısındaki M matrisinde ifade edilmiştir.

$$M = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

Adım 2: Normalize karar matrisinin hesaplanması:

Oluşturulan M karar matrisini normalize etmek için tüm elemanlara denklem (5) ile gösterilen normalizasyon yöntemi kullanılır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Adım 3: Kriter ağırlıkları ile ağırlıklandırılmış normalize vektörün oluşturulması:

Bu adımda ikinci adımda elde edilen normalize vektörün elemanlarının ilgili oldukları kriter ağırlık değerleri ($w_i = 1, 2, \dots, n$) çarpılır. Böylece tüm elemanlar ağırlıklandırılmış ve denklem (6) ile gösterilen V matrisi (ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi) oluşturulmuş olur.

$$V = \begin{bmatrix} r_{11}w_1 & r_{12}w_2 & \dots & r_{1n}w_n \\ r_{21}w_1 & r_{22}w_2 & \dots & r_{2n}w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1}w_1 & r_{m2}w_2 & \dots & r_{mn}w_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

TOPSIS yönteminde ağırlıkların toplamı 1 olmalıdır, bu nedenle gerekli ise W ile ifade edilen ağırlıklar denklem (7) ile toplamları 1 olacak şekilde normalize edilir (Jozaghi ve diğ., 2018). Çalışmada ağırlıkların belirlenmesi için AHP yönteminde elde edilen ağırlıklar kullanılmıştır ve AHP yönteminde ağırlıkların toplamı 1 olacak şekilde kriter ağırlıkları elde edilmektedir. Bu nedenle ağırlıkların normalize edilmesi uygulanmamıştır.

$$w_i = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (7)$$

Adım 4: Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerinin belirlenmesi:

Pozitif ideal çözüm değeri (A^+) ve negatif ideal çözüm değeri (A^-), V matrisinin sütunlarındaki değerler kendi aralarında karşılaştırılarak bulunur. Denklem (8) ve (9) (Roszkowska, 2011) ile ifade edildiği gibi, sütunun ilgili olduğu kriter amaca fayda sağlayan kriter ise pozitif ideal çözüm değeri sütunun en büyük değeri, negatif ideal çözüm değeri ise sütunun en küçük değeridir. Sütunun ilgili olduğu kriter maliyet kriteri ise pozitif çözüm değeri sütunun en küçük değeri ve negatif çözüm değeri sütunun en büyük değeridir. Pozitif ideal çözüm değeri A^+ şu şekildedir:

$$A^+ = (r_1 w_1^+, r_2 w_2^+, \dots, r_n w_n^+) = \left(\left(\max_i r_{ij} w_j \mid j \in I \right), \left(\min_i r_{ij} w_j \mid j \in J \right) \right) \quad (8)$$

Negatif ideal çözüm değeri A^- şu şekildedir:

$$A^- = (r_1 w_1^-, r_2 w_2^-, \dots, r_n w_n^-) = \left(\left(\min_i r_{ij} w_j \mid j \in I \right), \left(\max_i r_{ij} w_j \mid j \in J \right) \right) \quad (9)$$

i fayda kriteri, j maliyet kriteri ile ilişkilendirilmiştir, $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$.

Adım 5: Alternatiflerin hem pozitif hem negatif ideal çözümden uzaklığının hesaplanması:

TOPSIS yöntemi pozitif ve negatif ideal çözümden alternatiflerin uzaklığının hesaplanması için Öklid uzaklığından yararlanır. Her karar değişkeni için her alternatifin ideal çözümlere uzaklık değeri denklem (10) ve (11) yardımıyla bulunur.

Pozitif ideal çözüme uzaklık denklemi şu şekildedir:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} w_j - r_j w_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m. \quad (10)$$

Negatif ideal çözüme uzaklık denklemi şu şekildedir:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij}w_j - r_jw_j^-)^2}, i = 1,2, \dots, m. \quad (11)$$

Adım 6: İdeal çözüme görelî yakınlığın hesaplanması:

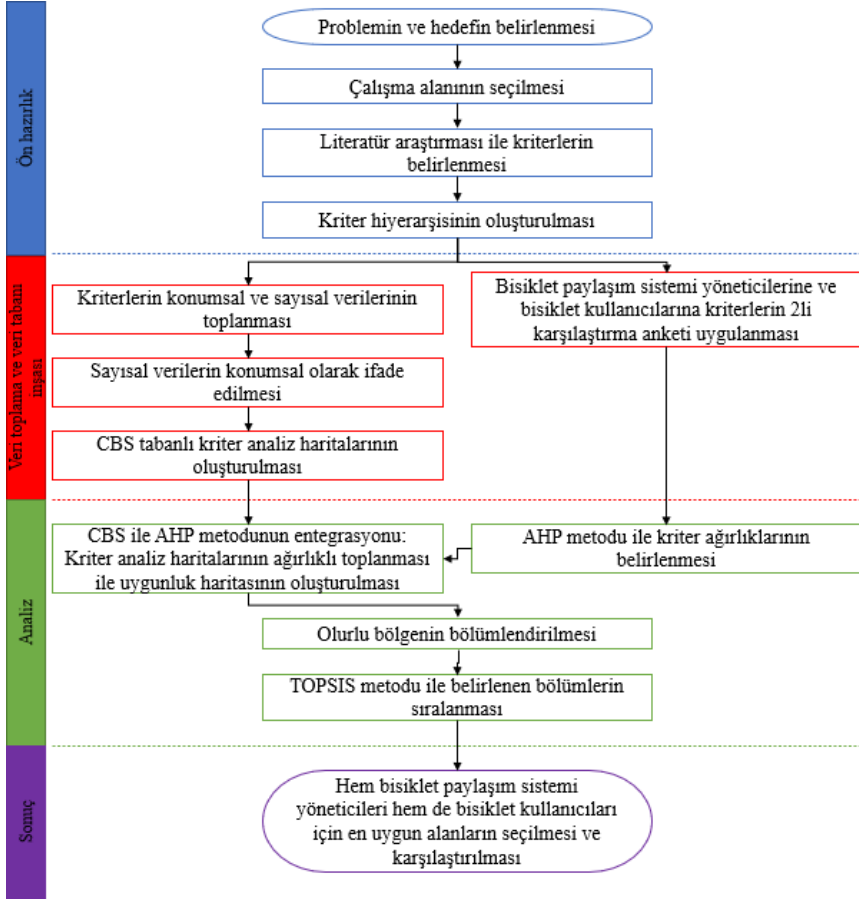
Her alternatifin önceki adımda hesaplanan ideal çözümlere uzaklıkları kullanılarak alternatiflerin ideal çözüme görelî yakınlık değeri bulunur. Görelî yakınlık değeri alternatifin performans değerini vermektedir. Tüm alternatifler için eşitlik (12) ile alternatifin performans değeri bulunur.

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, 0 \leq P_i \leq 1, i = 1,2, \dots, m. \quad (12)$$

Görelî yakınlık değeri 1'e en yakın değere sahip alternatif en öncelikli alternatif olacak şekilde bu adımlar sonucu alternatifler önceliklerine göre sıralanabilir. İlk sırada bulunan alternatif en olurlu ve tercih edilebilir alternatiftir ve son sıradaki alternatif ise ideal çözümden en uzak alternatiftir. Görelî yakınlık 1 değerine ne kadar yakınsa alternatifin performansı o kadar yüksektir (Nyimbili, Erden ve Karaman, 2017).

4. Bulgular

İstanbul'un Kadıköy ilçesi çalışma alanı olarak seçilmiştir ve çalışmada literatür araştırması ile 4 ana kriter ve 17 alt kriter belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıkları ikili karşılaştırma anketi yöntemiyle belirlenmiştir. Anket 83 kişilik bir kullanıcı grubuna ve 8 kişilik İstanbul bisiklet paylaşım sistemleri yöneticileri grubuna ayrı ayrı uygulanmıştır. CBS ve AHP entegre edilerek coğrafi uygunluk haritası oluşturulmuş ve uygun bölge 250m x 250m büyüklüğünde bölümlere ayrılmıştır. Bölümler TOPSIS yöntemi kullanılarak en uygun olandan en uygun olmayana doğru sıralanmıştır. Şekil 1'de uygulamanın adımları iş akışı olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada Uygulanan Yöntemin İş Akışı

Çalışma İstanbul ilinin Kadıköy ilçesinde uygulanmıştır. Bu çalışmada, Kadıköy ilçesinde mevcut olan bisiklet paylaşım sistemine yeni kurulacak istasyonlar için uygun konumlar belirlenmektedir. Kadıköy ilçesi deniz kıyısında, yoğun nüfuslu ve çekici alanlar içeren bir bölgedir ve bu nedenle birçok ulaşım sistemi bulunur. İlçede mevcut olan 16 Isbike paylaşımli bisiklet istasyonu ITDP (2013) tarafından belirtilen şehirlerde 1000 kişi başına 10 ila 30 paylaşımli bisiklet gerekliliği ve bir kilometrekarede 10 ila 16 kenetlenme istasyonu bulunması gerektiği kriterlerine henüz ulaşamamıştır. Çalışmada kriter haritaları Kadıköy sınırlarının içi ve sınırlara 500m ve daha az uzaklıkta olan bölgeler dikkate alınarak hazırlanmıştır ve uygunluk haritaları Kadıköy sınırları içerisinde

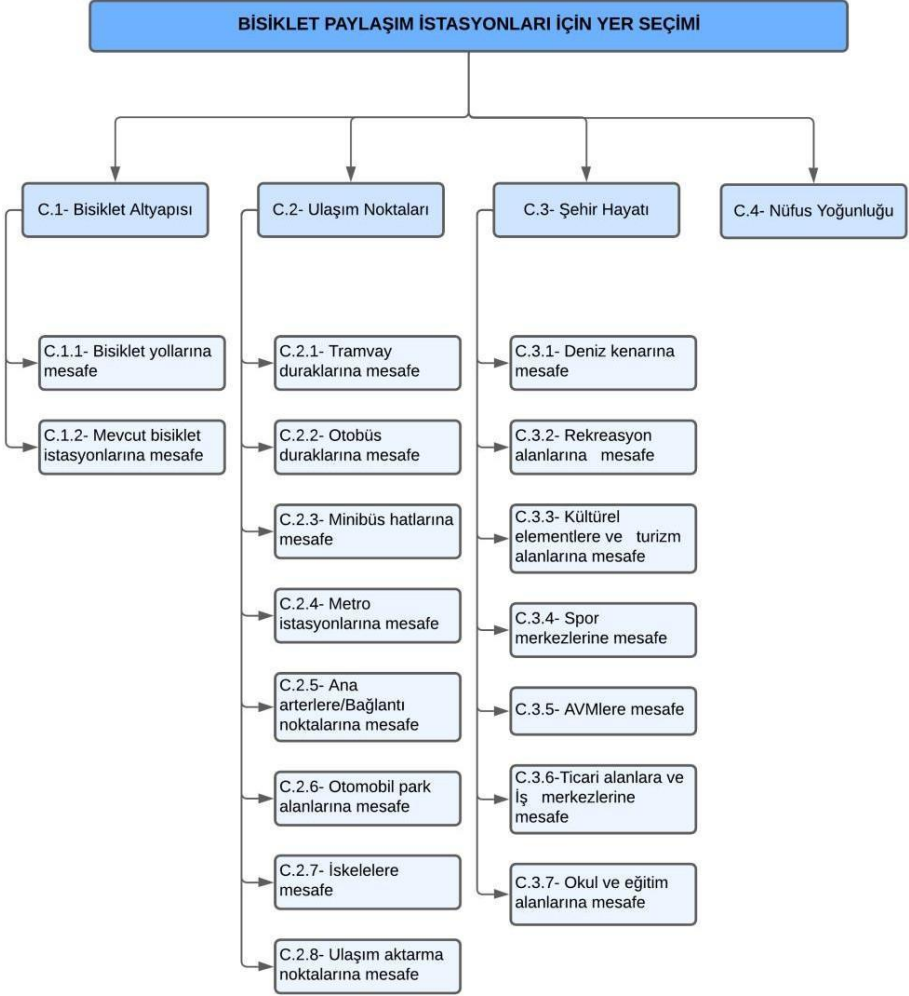
oluşturulmuş, aday bölgeler sınırlar içerisinde seçilmiştir. Şekil 2’de çalışma alanının haritası gösterilmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanı (OpenStreetMap, t.y.)

4.1. Belirlenen Kriterler ve Analiz Katmanlarının Oluşturulması

Çalışmada literatür taraması ile belirlenen dört ana kriter ve 17 alt kriterin hiyerarşisi Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Belirlenen Ana Ve Alt Kriterlerin Bulunduğu Kriter Ağacı

Çalışmada kriterler belirlenirken faydalanılan literatür ve kriter verilerinin kaynakları Tablo 3'te belirtilmiştir. Toplanan verilerin görselleştirilebilmesi ve gerçek hayatı daha iyi yansıtabilmesi için uzlamsal olarak ifade edilerek CBS analizlerinde kullanılabilir hale getirilmiştir.

Tablo 3.

Kriterler, Kriter Verilerinin Kaynağı Ve Literatür Kaynakları

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Veri Kaynağı	Literatür Kaynakları
C1- Bisiklet Altyapısı	C1.1- Bisiklet yollarına mesafe	İBB	1,2,4,5,6,7,8,11,12,13
	C1.2- Mevcut bisiklet istasyonlarına mesafe	İBB	5,6,9
C2- Ulaşım Noktaları	C2.1- Tramvay duraklarına mesafe	Open Street Map (t.y.)	1,7
	C2.2- Otobüs duraklarına mesafe	Open Street Map (t.y.)	4,9,10,11,12,13
	C2.3- Dolmuş hatlarına mesafe	Trafi Verileri	7,13
	C2.4- Metro istasyonlarına mesafe	Open Street Map (t.y.)	1,4,6,10,11,13
	C2.5- Ana arterlere/Bağlantı noktalarına mesafe	İBB	2,6
	C2.6- Ulaşım aktarma noktalarına mesafe	İBB	1,7
	C2.7- Otomobil park alanlarına mesafe	İBB	4,1
	C2.8- İskelelere mesafe	Open Street Map (t.y.)	1,13
C3- Şehir Hayatı	C3.1- Deniz kenarına mesafe	Open Street Map (t.y.)	1
	C3.2- Rekreasyon alanlarına mesafe	Open Street Map (t.y.)	1,3,5,6,7,11,12,13
	C3.3- Kültürel elementlere ve turizm alanlarına mesafe	Open Street Map (t.y.)	1,6,7,11,13
	C3.4- Spor merkezlerine mesafe	Open Street Map (t.y.)	1,13
	C3.5- AVMLere mesafe	Open Street Map (t.y.) ve Google Maps (t.y.)	1,5,7,11
	C3.6- Ticari alanlara ve İş merkezlerine mesafe	Open Street Map (t.y.) ve Google Maps (t.y.)	6,7,10,11,13
	C3.7- Okul ve eğitim alanlarına mesafe	Open Street Map (t.y.) ve Google Maps (t.y.)	1,3,5,6,7,11,12,13
C4- Nüfus Yoğunluğu		TÜİK (2021), Wikimapia (t.y.)	1,3,4,5,6,7,10,11,12,13

Literatür Kaynakları: 1: Kabak ve diğ. (2018), 2: Moshref Javadi, Ghandehari ve Hamidi Pouyandeh (2013), 3: Alkılınç, Cenani ve Çağdaş (2021), 4: Cheng ve Wei (2020), 5: Guler ve Yomralioglu (2021), 6: Jahanshahi ve diğ. (2019), 7: Çetinkaya (2017), 8: Kanjanakorn ve Piantanakulchai (2013), 9: Veillette, Grisé ve El-Geneidy (2018), 10: Fazio, Giuffrida, le Pira, Inturri ve Ignaccolo (2020), 11: Kurniadhini ve Roychansyah (2020), 12: Wuerzer, Mason ve Youngerman (2012), 13: Eren ve Katanalp (2022)

Walker (2011), tüm yaya yürüme yollarının tanımlı olduğu ayrıntılı bir CBS verisine ulaşmanın zorluğundan bahsetmiştir ve bu durumda şehir planlamacıların yapılacak analizlerde uzaklıkları yollar üzerinden hesaplamak yerine varılacak noktaya kuş uçuşu uzaklık yarıçapları ile hesaplanabileceğini öne sürmüştür. CBS veri tabanlarının açık erişimli platformlarda bulunması büyük bir avantajdır ancak şehir yönetimlerinin ve erişime açık platformların CBS veri tabanları İstanbul şehri için henüz hem güncel hem de ayrıntılı hale getirilememiştir. Bu nedenle çalışma analizlerdeki tüm mesafeleri kuş uçuşu uzaklık olarak almıştır.

Bisiklet paylaşım sistemleri, şehrin altyapısının bisiklet kullanımına uygun olması durumunda güvenle kullanılabilir. El-Assi, Salah Mahmoud, ve Nurul Habib (2017), gerçekleştirdikleri çalışmada bisiklet altyapısının (bisiklet şeridi, yollar vb.) etkisinin bisiklet paylaşım talebinin artmasında çok önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumda, bisiklet paylaşım istasyonlarının konumları bisiklet kullanımı için şehir planlamasına yerleştirilmiş unsurlarla doğrudan alakalıdır. Paylaşımli bisiklet istasyonları bisiklet yollarına yakın veya üzerinde olmalıdır ve istasyonlar arası mesafe dengeli dağılımı sağlayacak ve istasyonlar arası yürümeye imkan verecek şekilde olmalıdır. (ITDP, 2013; NACTO, 2015). Bu nedenlerle bisiklet altyapısı ana kriteri, bisiklet yollarına mesafe ve mevcut bisiklet istasyonlarına mesafe alt kriterleri belirlenmiştir.

Bisiklet paylaşım sistemlerinin bir amacı da ulaşımında ara geçiş unsuru olarak hizmet etmektir. Bisiklet paylaşım sistemi ile diğer ulaşım modlarının entegre olması verimli ulaşım için önemlidir. Bu nedenle istasyonların bu bağlantıyı sağlayacak noktalara yakın olması gerekmektedir (Jahanshahi ve diğ. 2019). Ulaşım noktaları ana kriteri ve tabloda belirtilen alt kriterler bu durum göz önüne alınarak seçilmiştir.

Bisiklet paylaşım istasyonları, şehir hayatında kullanıcıları çeken ve bisiklet talebi oluşturabilecek alanlara yakın olmalıdır. Bu nedenle ulaşım noktaları ana kriteri ve tabloda belirtilen alt kriterler çalışmada yer almışlardır.

Bisiklet paylaşım sistemlerine olan talebi dengelemek için istasyonlar kurulacak çevredeki nüfus yoğunluğu göz önüne alınarak yerleştirilir. Ricci (2015), çalışmasında bisiklet paylaşım istasyonları çevresindeki nüfus yoğunluğu ve iş yoğunluğunun talebi ve kullanım oranlarını pozitif olarak etkilediğini belirtmiştir. Çalışmada TÜİK'ten alınan 2021 mahalle nüfus sayımı verileri ve Wikimapia açık kaynaklı çevrimiçi eşlem ve uydu fotoğrafı veri tabanından alınan Kadıköy ilçesi mahallelerinin sınırları kullanılarak mahallelerin 1 km² başına düşen insan sayısı ile nüfus yoğunluğu hesaplanmıştır

Tüm belirlenen mesafe kriterlerinin verileri kullanılarak analiz harita katmanları şu şekilde oluşturulmuştur:

- Kadıköy ilçesi içerisindeki tüm noktaların her bir mesafe kriteri için ayrı ayrı olarak verilere öklit uzaklığının bulunmasını sağlayan öklit analizi yardımı ile ve bu uzaklıklar en uzak noktadan en yakın noktaya derecelendirilmiştir.
- Uzaklıklar 50m aralıklarla sınıflandırılmış, her sınıfa en olurlu bölge en küçük, en olurlu olmayan bölge en büyük değeri alacak şekilde bir performans değeri verilmiştir.
- Tüm mesafe kriter analiz haritalarının sınıflarının performans değerleri 1-0 arasında doğrusal azalacak şekilde normalize edilmiştir. Normalizasyon için denklem (13) minimum-maksimum normalizasyon denklemi kullanılmıştır. x' normalize edilmiş performans değerini, x orijinal performans değerini, X kriter analiz haritasının sınıflarının performans değerleri kümesini ifade etmektedir.

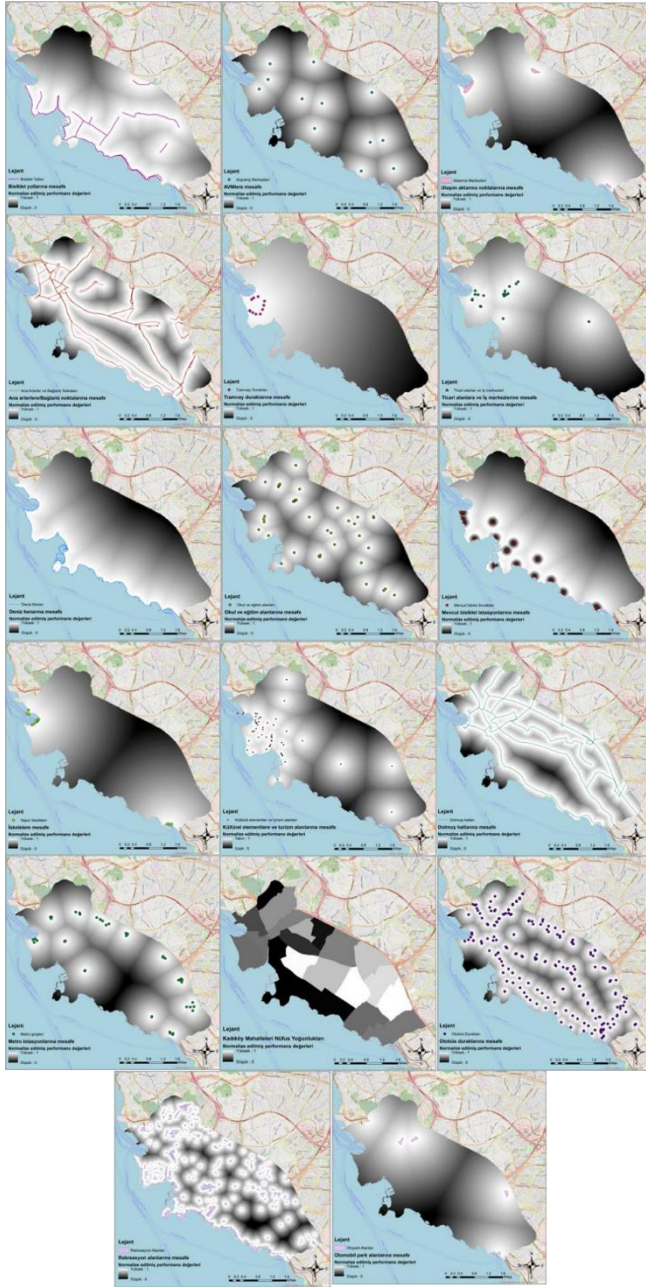
$$x' = \frac{x - \min(X)}{(\max(X) - \min(X))} \quad (13)$$

- 1 değeri kriter için en olurlu bölgenin değeri olup saf beyaz renktedir ve 0 değeri kriter için en olurlu olmayan bölge olup siyah renkle gösterilmiştir. Ara değerler gri geçiş tonlarıdır, 0'a yaklaştıkça daha koyu tonlarda renklendirilmiştir.

Nüfus yoğunluğu kriterinin verileri kullanılarak analiz harita katmanı şu şekilde oluşturulmuştur:

- 2021 TÜİK mahalle nüfus verileri ve yoğunluk analizi kullanılarak Kadıköy'deki her mahallenin nüfus yoğunluğu bulunmuştur.
- Nüfus yoğunluk değerleri en yüksek yoğunluğa sahip mahalle 1, en düşük yoğunluğa sahip mahalle 0 olacak şekilde 0 ve 1 arasında normalize edilmiştir. Normalizasyon için mesafe kriter analiz haritalarının sınıflarının performans değerlerini normalize etmek için kullanılan denklem (13) kullanılmıştır.

Yukarıda anlatılan yöntem ile Şekil 4'te gösterilen analiz haritası katmanları olarak kullanılacak ısı haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 4. Analiz Haritası Katmanları

4.2. AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklandırması

Kriterler ağırlıklandırılırken kullanılan AHP yönteminde İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin paylaşımlı bisiklet sistemi olan ISBIKE'in 8 yöneticisi ile yöneticiler grubu olarak ortak görüşlerini almak için toplantı düzenlenmiştir. Yöneticiler tartışma ve uzlaşma ile ikili karşılaştırma anketini doldurmuşlardır ve yöneticilerin seçimlerine göre kriterler ağırlıklandırılmıştır.

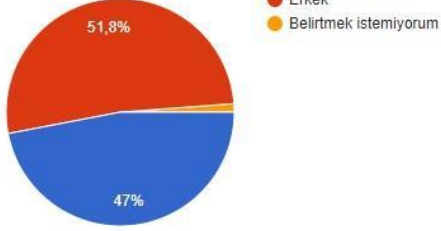
İSBİKE yöneticileri ile paylaşılan soruların ayınlarına sahip başka bir anket online platform olan Google Forms üzerinden paylaşılmıştır ve 83 bisiklet kullanıcısının katılımı sonucu farklı bir kriter ağırlıklandırması elde edilmiştir. Anket çeşitli üniversite sosyal paylaşım gruplarında, sosyal medyada paylaşılmıştır ve ulaşılan kitlenin cinsiyet, meslek ve yaş dağılımı Şekil 5'te verilmiştir. Görüldüğü gibi cinsiyet dengeli bir dağılım göstermiş, meslek öğrenci ve çalışan arasında dengeli dağılmış ancak emekli ve işsiz kimseye ulaşamamıştır. Yaş dağılımı ise yüksek oranda 20-24 yaş arasında yoğunlaşmıştır. Bunun nedeninin anketin paylaşıldığı kanalların kullanıcılarının yüksek oranda bu yaş grubuna yakın yaştaki insanlardan oluşması olduğu düşünülmektedir. Anket bir ay süresince açık kalmıştır.

Yöneticilerin ve kullanıcıların ağırlıklandırmaları ayrı hesaplanmıştır ve bu iki ağırlıklandırma kullanılarak nihai karar modelindeki farklılaşma incelenmiştir.

Yöneticilerin ve kullanıcıların Saaty'nin (1980) 9'lu ölçeği ile yaptığı ikili karşılaştırmalar kullanılarak yapılan AHP uygulaması sonucu belirlenen kriter ağırlıkları Tablo 4'te gösterilmiştir.

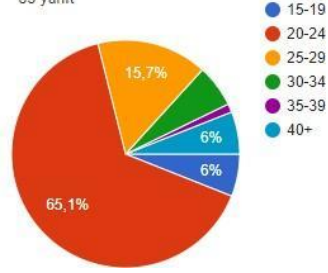
Cinsiyetiniz?

83 yanıt



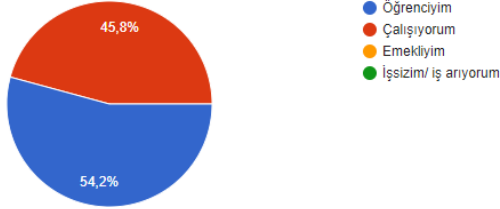
Yaşınız?

83 yanıt



İş durumunuz? (Öğrenciyken çalışıyorsanız lütfen "Çalışıyorum" seçeneğini işaretleyiniz)

83 yanıt



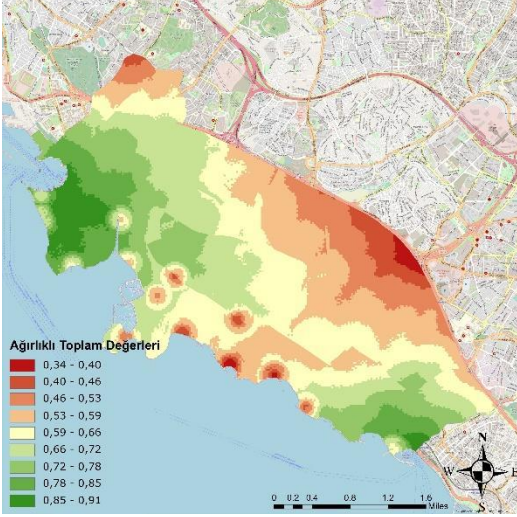
Şekil 5. Kullanıcılara Yapılan İkili Anketin Demografik Verileri

4.3. CBS ve AHP Entegrasyonu ile Uygunluk Haritalarının Oluşturulması

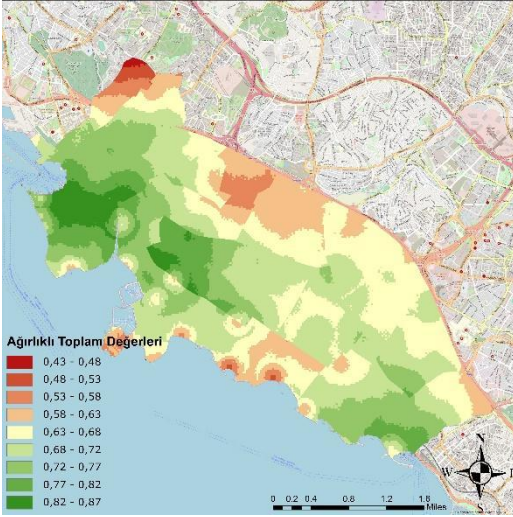
Çalışmanın bu aşamasında, kriter analiz katmanları ve kriter ağırlıkları kullanılarak ArcGIS 10.8 uygulamasında bulunan "Ağırlıklı Toplama" (Weighted Sum) aracı ile AHP yöntemi ve CBS verileri entegre edilmiştir. Bu entegrasyon sonucu Kadıköy ilçesi sınırları içerisindeki noktalar, yönetici kitlesinin cevaplarına göre bisiklet istasyonunun yerleştirilmesi için 0,34 değeri en olurlu olmayan bölge, 0,91 değeri en olurlu bölgeyi ifade edecek şekilde 0,34 - 0,91 arasında değerler almışlardır (Şekil 6). Bunun yanında kullanıcı kitlesinin cevaplarıyla ise Kadıköy ilçesindeki noktalar istasyon yerleştirilmesi için 0,43 en olurlu olmayan bölgenin, 0,87 en olurlu olan bölgenin değeri olacak şekilde 0,43 - 0,87 arasında değer almışlardır (Şekil 7).

Tablo 4.
Kriter Ağırlıkları

Kriter Numarası	Kriter İsmi	% Kriter Ağırlığı (Yöneticiler)	% Kriter Ağırlığı (Kullanıcılar)
C1	İstasyon konumunun bisiklet altyapısına mesafesi	25,56	24,92
C2	İstasyon konumunun ulaşım noktalarına mesafesi	32,09	33,10
C3	İstasyon konumunun şehir hayatına mesafesi	35,40	30,55
C4	İstasyonun bulunduğu mahallenin nüfus yoğunluğu	6,95	11,43
C1.1	Bisiklet yollarına mesafe	2,56	12,27
C1.2	Mevcut bisiklet istasyonlarına mesafe	23,00	12,64
C2.1	Ana arterlere/bağlantı noktalarına mesafe	0,15	2,70
C2.2	Dolmuş hatlarına mesafe	0,22	2,35
C2.3	İskelelere mesafe	4,59	1,74
C2.4	Metro duraklarına mesafe	1,25	7,47
C2.5	Otobüs duraklarına mesafe	0,36	8,81
C2.6	Otomobil park alanlarına mesafe	0,83	0,96
C2.7	Tramvay duraklarına mesafe	1,97	5,95
C2.8	Ulaşım aktarma noktalarına mesafe	22,72	3,13
C3.1	AVM'lere mesafe	1,02	2,59
C3.2	Deniz kenarına mesafe	10,66	4,65
C3.3	Kültürel elementlere ve turizm alanlarına mesafe	5,79	5,06
C3.4	Okul ve eğitim alanlarına mesafe	6,80	6,66
C3.5	Rekreasyon alanlarına mesafe	8,69	5,63
C3.6	Spor merkezlerine mesafe	1,25	3,16
C3.7	Ticari alanlara ve iş merkezlerine mesafe	1,19	2,80



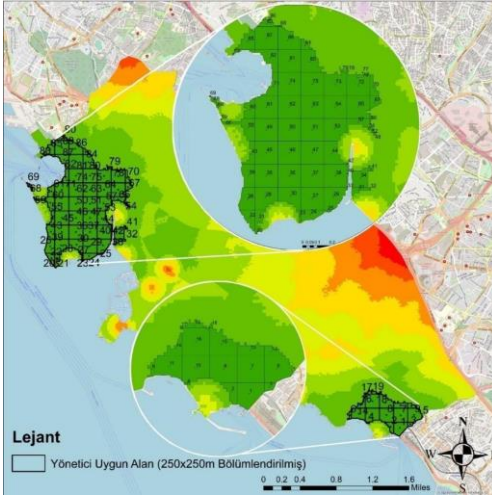
Şekil 6. Uygunluk haritası (yöneticiler)



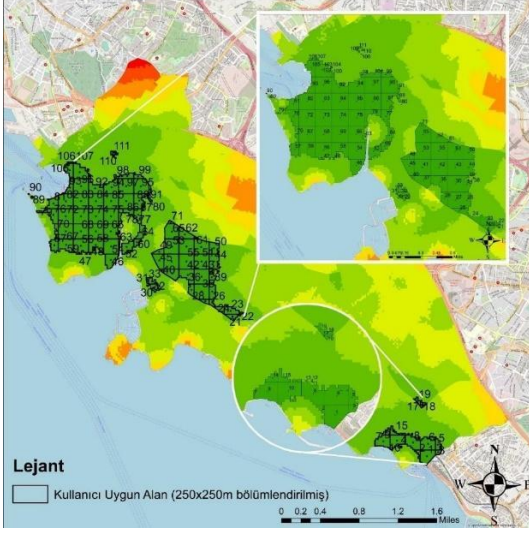
Şekil 7. Uygunluk haritası (kullanıcılar).

Elde edilen değerler, 1 istasyon yerleştirilmesi en az uygun olan bölge, 9 istasyon yerleştirilmesi en fazla uygun bölge olacak şekilde haritalarda (Şekil 6. ve Şekil 7.) 9 eşit aralıklı sınıfa ayrılmıştır. Kadıköy sınırları içerisinde hesaplanan ağırlıklı toplam değerlerine göre en az uygun bölge koyu kırmızı ile renklendirilmiş ve en uygun bölge koyu yeşil ile renklendirilmiştir. Ara bölgeler yeşil ve kırmızının daha açık tonları ile yeşilden kırmızıya geçiş renkleri ile renklendirilmiştir. 8 ve 9. sınıflar iki haritada da uygun bölge seçilmiştir.

Uygun bölge belirlendikten sonra kurulacak yer alternatifleri belirlenmelidir. ITDP (2013), bisiklet istasyonu kurulacak bölgenin şehirde üç farklı seçenek göz önünde bulundurularak seçilmesini önermiştir. Biri bisiklet istasyonuna dönüştürülen yol kenarı otomobil park yerleri, diğeri kaldırımların yaya akışının çok olmadığı sık kullanılmayan ve akışı engellemeyecek bölgeleri ve son olarak şehrin üst geçitlerin alt kısımları gibi atıl boşluklarıdır. Bu kararın verilmesi için şehir yöneticilerinin uygun alan bilgilerine ihtiyaç vardır, bu nedenle çalışma alternatif konumun belirlenmesi için uygun bölgeyi 250 metrelik bölümlere ayırması ve bu bölümler arasında bir karar verme çalışması yapmıştır. Seçilen bölüm içerisinde tam konumun belirlenmesi ileriki bir çalışma olarak uygulanabilir. Şekil 8 ve Şekil 9'da yöneticilerin ve kullanıcıların seçimlerine göre oluşturulmuş uygunluk haritaları bölümlendirilmiş ve numaralandırılmıştır. 8. ve 9. bölge uygun bölge olarak belirlendiği için haritalarda bölgeler aynı renk olacak şekilde koyu yeşil ile renklendirilmiştir. TOPSIS ile sıralama yapılabilmesi için tüm bölümlerin merkez noktaları belirlenmiş ve bu noktaların konumlarının ilgili bölümü temsil etmesi sağlanmıştır.



Şekil 8. Bölümlendirilmiş Ve Numaralandırılmış, Yönetici Cevaplarına Göre Uygunluk Haritası.



Şekil 9. Bölümlendirilmiş Ve Numaralandırılmış, Kullanıcı Cevaplarına Göre Uygunluk Haritası.

4.4. TOPSIS ile Uygun Bölgelerin Sıralanması ve En Uygun Bölgenin Seçilmesi

AHP yöntemi ile belirlenen ağırlıklar kullanılarak kriter analiz katmanları toplanmasının ardından elde edilen uygunluk haritalarında, yönetici kitlesinin cevaplarıyla 90 adet, kullanıcı kitlesinin cevaplarıyla ise 111 adet bölge oluşturulmuştur.

Oluşturulan bölgelerin orta noktaları baz alınarak, bu noktaların tüm kriter haritalarındaki performans değerleri ve AHP yönteminde elde edilen kriter ağırlıkları ile TOPSIS uygulaması yapılmıştır. TOPSIS uygulamasında öncelikle karar matrisi oluşturulmuş ve karar matrisi normleştirilmiştir. Ardından ağırlıklı karar matrisi ile pozitif ve negatif ideal çözümler bulunmuştur. Daha sonra her alternatif için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri hesaplanmıştır. Alternatifler arasında sıralama P_i ile gösterilen ideal çözüme göreli yakınlık değerlerinin büyükten küçüğe sıralanması ile oluşmuştur. Yapılan TOPSIS uygulamasının ayrıntılı tablosuna eklerde yer verilmiştir.

Tablo 5'te yönetici kitlesinin ikili karşılaştırma anketi cevaplarına göre oluşturulan uygunluk haritasındaki bölgelerin tekrar bu cevapların ağırlıkları ile yapılan TOPSIS uygulamasının performans değerlerinin sıralaması görülmektedir. Görüldüğü üzere 51 numaralı bölge ilk olarak tercih edilmesi

gereken bölge olarak sonuçlanırken 20 numaralı bölge ise en son tercih edilmesi gereken bölgedir.

Tablo 6'da ise kullanıcı kitlesinin ikili karşılaştırma anketi cevaplarına göre oluşturulan uygunluk haritasındaki bölgelerin tekrar bu cevapların ağırlıkları ile yapılan TOPSIS uygulamasının performans değerlerinin sıralaması görülmektedir. Görüldüğü üzere 74 numaralı bölge ilk olarak tercih edilmesi gereken bölge olarak sonuçlanırken 22 numaralı bölge ise en son tercih edilmesi gereken bölgedir.

5. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada İstanbul'un Kadıköy ilçesinde bulunan paylaşımlı bisiklet sistemi için yeni kenetlenme istasyonu yer seçimi ele alınmıştır. Bu seçim CBS tabanlı verilerle çok kriterli karar verme yöntemleri olan AHP ve TOPSIS ile yapılmıştır. Ele alınan karar probleminde amaç öncelikle ilçedeki kenetlenme istasyonu kurulmaya uygun yerleri belirlemek ve ardından bu yerleri bölgelere bölerek kurulum için tercih edilmesi gereken bölgeyi seçmektir. Bu seçimi yapabilmek için literatürdeki çalışmalar yardımıyla 4 ana kriter ve 17 alt kriter belirlenmiştir. Tüm kriterlerin CBS tabanlı haritaları oluşturulmuş ve analize uygun hale getirilmiştir. Kriterler İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin yönetiminde olan İstanbul şehrinin paylaşımlı bisiklet sistemi İsbike yöneticileri ve bisiklet kullanıcıları tarafından hazırlanan ikili karşılaştırma anketi ile ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırma işleminde AHP yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen ağırlıklar ile kriter haritaları CBS uygulaması olan ArcGIS kullanılarak katmanlar haline getirilmiştir ve uygulama yardımıyla hem yöneticilerin hem de kullanıcıların cevapları için uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Ardından oluşturulan uygunluk haritalarında olurlu noktalar belirlenmiş ve 250m'ye 250m alanında bölgelere bölümlendirilmiştir. Bu bölgelere TOPSIS yöntemi uygulanmıştır.

Bisiklet paylaşım istasyonlarına yer seçimi, sistemlerin düzgün çalışabilmesi için çözümü birinci dereceden önem arz eden bir problemdir. Şehirlerin ulaşım sorunlarından trafik problemine çözüm sağlaması, vatandaşların sağlıklarına pozitif etkileri gibi birçok çevresel ve toplumsal etkisi ile paylaşımlı bisiklet sistemleri şehirler yöneticilerinin vatandaşları teşvik etmek için öncelik verdikleri bir ulaşım sistemidir. Bu çalışma, sistemlere daha fazla talep çekecek noktalara bisiklet istasyonları yerleştirilmesi için gerçekleştirilmiştir. Bu sayede bisiklet paylaşım sistemleri daha verimli çalışabilecektir.

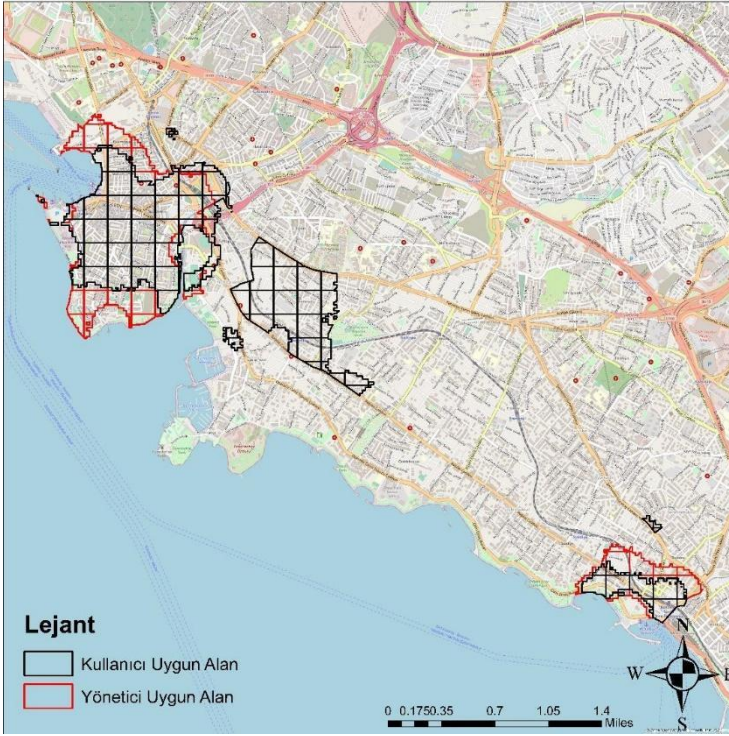
Tablo 5.
Yönetici Kitlesinin Yanıtları ve Uygunluk Haritası Bölgeleri İle Yapılan TOPSIS Uygulaması Sonuçları.

Bölge Nu.	Pi	Uygunluk Sırası	Bölge Nu.	Pi	Uygunluk Sırası	Bölge Nu.	Pi	Uygunluk Sırası
51	0,7984	1	88	0,6958	31	85	0,6297	61
62	0,7936	2	46	0,6943	32	2	0,6294	62
63	0,7909	3	90	0,6923	33	11	0,6263	63
64	0,7865	4	87	0,6918	34	16	0,6219	64
53	0,7809	5	45	0,6880	35	5	0,6214	65
50	0,7772	6	89	0,6875	36	18	0,6207	66
65	0,7765	7	40	0,6857	37	17	0,6206	67
61	0,7735	8	57	0,6734	38	34	0,6200	68
74	0,7679	9	56	0,6732	39	6	0,6179	69
49	0,7670	10	58	0,6693	40	4	0,6176	70
72	0,7611	11	38	0,6660	41	15	0,6147	71
70	0,7593	12	52	0,6645	42	69	0,6129	72
67	0,7577	13	54	0,6620	43	36	0,6123	73
60	0,7527	14	43	0,6610	44	19	0,6075	74
71	0,7481	15	48	0,6576	45	32	0,6051	75
76	0,7476	16	59	0,6550	46	35	0,5982	76
77	0,7476	17	66	0,6471	47	29	0,5979	77
73	0,7468	18	33	0,6451	48	31	0,5962	78
79	0,7444	19	1	0,6442	49	83	0,5885	79
78	0,7408	20	41	0,6409	50	39	0,5884	80
44	0,7395	21	7	0,6375	51	27	0,5570	81
55	0,7377	22	68	0,6372	52	25	0,5492	82
75	0,7353	23	9	0,6369	53	30	0,5409	83
81	0,7213	24	12	0,6364	54	24	0,5116	84
47	0,7165	25	37	0,6363	55	28	0,5081	85
82	0,7143	26	3	0,6360	56	26	0,4982	86
86	0,7139	27	8	0,6352	57	23	0,4834	87
84	0,7089	28	14	0,6332	58	22	0,4393	88
80	0,6991	29	10	0,6318	59	21	0,4360	89
42	0,6990	30	13	0,6311	60	20	0,3972	90

Tablo 6.
Kullanıcı Kitlesinin Yanıtları ve Uygunluk Haritası Bölgeleri İle Yapılan TOPSIS Uygulaması Sonuçları

Bölge Nu.	Pi	Uygunluk Sırası	Bölge Nu.	Pi	Uygunluk Sırası	Bölge Nu.	Pi	Uygunluk Sırası
74	0,7265	1	106	0,6495	38	90	0,5805	75
83	0,7234	2	67	0,6493	39	64	0,5795	76
84	0,7176	3	55	0,6353	40	43	0,5758	77
73	0,7112	4	45	0,6338	41	48	0,5757	78
85	0,7098	5	40	0,6323	42	10	0,5756	79
82	0,7085	6	51	0,6320	43	47	0,5749	80
72	0,7060	7	65	0,6313	44	46	0,5731	81
75	0,7048	8	49	0,6286	45	11	0,5728	82
96	0,7032	9	63	0,6280	46	12	0,5728	83
86	0,6967	10	79	0,6244	47	4	0,5716	84
97	0,6913	11	70	0,6198	48	36	0,5712	85
93	0,6882	12	41	0,6195	49	13	0,5709	86
92	0,6823	13	54	0,6192	50	14	0,5685	87
98	0,6822	14	88	0,6184	51	60	0,5679	88
81	0,6786	15	53	0,6165	52	15	0,5672	89
76	0,6776	16	80	0,6114	53	52	0,5660	90
95	0,6758	17	58	0,6103	54	9	0,5630	91
109	0,6755	18	37	0,6079	55	44	0,5609	92
110	0,6738	19	17	0,6031	56	35	0,5539	93
94	0,6734	20	16	0,6008	57	27	0,5515	94
101	0,6729	21	42	0,6001	58	7	0,5514	95
108	0,6721	22	87	0,6001	59	28	0,5489	96
111	0,6716	23	18	0,5978	60	38	0,5312	97
99	0,6685	24	89	0,5976	61	32	0,5309	98
71	0,6680	25	19	0,5970	62	34	0,5307	99
69	0,6669	26	56	0,5970	63	39	0,5295	100
66	0,6651	27	1	0,5963	64	33	0,5271	101
102	0,6630	28	78	0,5957	65	31	0,5254	102
61	0,6594	29	50	0,5930	66	29	0,5234	103
91	0,6590	30	59	0,5923	67	25	0,5216	104
105	0,6579	31	2	0,5906	68	30	0,5203	105
107	0,6572	32	77	0,5886	69	26	0,5078	106
68	0,6549	33	5	0,5884	70	20	0,5033	107
103	0,6542	34	57	0,5878	71	23	0,5021	108
104	0,6542	35	3	0,5878	72	24	0,4991	109
100	0,6523	36	6	0,5868	73	21	0,4889	110
62	0,6505	37	8	0,5817	74	22	0,4842	111

Uygulama sonucu yöneticilerin tercihlerine göre oluşturulan uygunluk haritası ve kullanıcıların tercihlerine göre oluşturulan en uygunluk haritasının büyük oranda keşiştiğini göstermiştir (Şekil 10). En büyük fark olarak kullanıcıların cevaplarına göre oluşturulan haritada yöneticilerin cevaplarına göre oluşturulan haritada olmayan bir bölgenin daha istasyon yerleşimine uygun olarak gözükmesidir.



Şekil 10. Kullanıcı Ve Yöneticilerin Cevaplarına Göre Oluşturulan Uygunluk Haritalarının Karşılaştırılması.

TOPSIS uygulaması ile bu uygunluk haritasında belirlenen alanlar sıralandığında ise çok yüksek oranda benzerlik görülmektedir. Yöneticilerin ve kullanıcıların cevaplarıyla oluşturulmuş uygunluk haritalarında TOPSIS uygulaması ile belirlenen ilk beş yüksek performans değerli bölgeden dördü keşismektedir. Bu bölgelerin hepsi Kadıköy'ün batısında yer alan Söğütlüçeşme Caddesi çevresindedir. Bu nedenle çalışma yöneticilere bu bölgeye istasyon kurulmasını önermektedir.

Belediyenin bisiklet istasyonu kurulmasına elverişli noktaları seçme yetkisi olduğu için çalışmada aday noktalarla değil aday bölgelerle işlem yapılmıştır. Çalışmanın ileri aşamasında yöneticilerin ellerindeki veriler ışığında seçilen bölge içerisinde istasyon yerleşimine uygun noktayı bulmaları gereklidir.

Çalışma birçok şehirde uygulanabilir ve sistem kurulumundaki karar vericilere karar destek modeli sağlayabilir. Çalışma bisiklet paylaşım sistemlerinin başarılarını etkileyen faktörlerden biri olan kenetlenme istasyonlarının konum seçimi kararını ÇKKV yöntemlerinden olan AHP ve TOPSIS yöntemlerinin CBS ile entegre edildiği yöntemi önermiştir.

Çalışmada seçilen alanın ulaşım yollarının keskin ayrımları olmaması ve bu durumun ulaşım için gereken tüm uzlamsal verilere erişimi imkansızlaştırması nedeniyle uzaklıkları kuş uçuşu hesaplanmıştır. Yeterli uzlamsal veriye ulaşabilen araştırmacılar ileriki çalışmalarda mesafe ölçümünü yürüme mesafesi olarak çalışabilir.

Çalışmada 250 metrekairelik bölümler oluşturularak yapılan alternatif belirleme, araştırmacıların elinde kurulum yapılabilir alanların verisi bulunması durumunda noktasal alternatifler olarak belirlenebilir. Ayrıca ileriki çalışmalarda sonuçlar için duyarlılık analizi yapılabilir.

Teşekkür

Anket yanıtlarından ve veri paylaşımlarından dolayı İBB Isbike ekibine, veri paylaşımlarından dolayı İBB Ulaşım Daire Başkanlığına, İBB Raylı Sistemler Daire Başkanlığına ve Metroİstanbul'a teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; İzel VİŞNE konunun belirlenmesi, bilimsel yayın araştırması, anketin tasarımı, uygulanması, bilgisayara ortamına aktarılması, yorumlanması ve makalenin düzenlenmesinde; . Özay ÖZAYDIN konunun belirlenmesi, anketin uygulanması, bilgisayar ortamına aktarılması, makalenin oluşturulması, sonuçların yorumlanması; Y. İlker TOPCU konunun belirlenmesi, anketin tasarlanması, ÇKKV yöntemlerinin uygulanması, makalenin oluşturulması ve sonuçların yorumlanması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Alkılınc, E., Cenani, Ş. ve Çağdaş, G. (2021). Bisiklet paylaşım istasyonlarının belirlenmesi: CBS tabanlı çok kriterli karar verme yaklaşımı. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(2), 471-489. Doi: <https://doi.org/10.25092/baunfbed.893434>
- Aziz, N. F., Sorooshian, S. ve Mahmud, F. (2016). MCDM-AHP method in decision makings. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(11), 7217-7220.
- Byun, D. H. (2001). The AHP approach for selecting an automobile purchase model. *Information and Management*, 38(5), 289-297. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(00\)00071-9](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(00)00071-9)
- Çetinkaya, C. (2017). Bike sharing station site selection for Gaziantep. *Sigma J Eng & Nat Sci*, 35(3), 535-543.
- Cheng, M., ve Wei, W. (2020). An AHP-DEA Approach of the Bike-Sharing Spots Selection Problem in the Free-Floating Bike-Sharing System. *Discrete Dynamics in Nature and Society*. (2020), 1-15. Doi: <https://doi.org/10.1155/2020/7823971>
- Chiariotti, F., Pielli, C., Zanella, A., ve Zorzi, M. (2018). A Dynamic Approach to Rebalancing Bike-Sharing Systems. *Sensors*, 18(2), 512. MDPI AG. Doi: <https://doi.org/10.3390/s18020512>
- Church, R. L. (2002). Geographical information systems and location science. *Computers and Operations Research*, 29(6), 541-562. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(99\)00104-5](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00104-5)
- dell'Olio, L., Ibeas, A., ve Moura, J. L. (2011). Implementing bike-sharing systems. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*, 164(2), 89-101. Doi: <https://doi.org/10.1680/muen.2011.164.2.89>
- El-Assi, W., Salah Mahmoud, M., ve Nurul Habib, K. (2017). Effects of built environment and weather on bike sharing demand: a station level analysis of commercial bike sharing in Toronto. *Transportation*, 44(3), 589-613. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11116-015-9669-z>
- Eren, E., ve Katanalp, B. Y. (2022). Fuzzy-based GIS approach with new MCDM method for bike-sharing station site selection according to land-use types. *Sustainable Cities and Society*, 76 (Ekim), 1-16. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103434>
- Fazio, M., Giuffrida, N., le Pira, M., Inturri, G., ve Ignaccolo, M. (2021). Bike oriented development: Selecting locations for cycle stations through a spatial approach. *Research in Transportation Business and Management*, 40 (Eylül), 1-12. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100576>

- Frade, I., ve Ribeiro, A. (2015). Bike-sharing stations: A maximal covering location approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 82 (Aralık), 216–227. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.09.014>
- García-Palomares, J. C., Gutiérrez, J., ve Latorre, M. (2012). Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS approach. *Applied Geography*, 35(1–2), 235–246. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.07.002>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., ve Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143(Şubat), 757–768. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Goodman, A., Green, J., ve Woodcock, J. (2014). The role of bicycle sharing systems in normalising the image of cycling: An observational study of London cyclists. *Journal of Transport and Health*, 1(1), 5–8. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2013.07.001>
- Google. (t.y.). [Google Maps Kadıköy İlçesi Haritası]. Erişim tarihi: 10.04.2022, Erişim adresi: <https://www.google.com/maps/place/Kad%C4%B1k%C3%B6y%2F%C4%B0stanbul/@40.9811925,29.0280336,13z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x14cac790b17ba89d:0xd2d24ea0437a7ee2!8m2!3d40.981867!4d29.05763022>
- Guler, D., ve Yomralioglu, T. (2021). Location evaluation of bicycle sharing system stations and cycling infrastructures with best worst method using GIS. *Professional Geographer*, 73(3), 535–552. Doi: <https://doi.org/10.1080/00330124.2021.1883446>
- Hwang, C.L. ve Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York, USA: Springer-Verlag. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- Institute for Transportation and Development Policy “ITDP” (2013) “*the bike-share planning guide*”. New York, USA: ITDP.
- Jahanshahi, D., Minaei, M., Kharazmi, O. A., ve Minaei, F. (2019). Evaluation and relocating bicycle sharing stations in mashhad city using multi-criteria analysis. *International Journal of Transportation Engineering*, 6(3), 265–283. Doi: <https://doi.org/10.22119/IJTE.2018.96377.1365>
- Jozaghi, A., Alizadeh, B., Hatami, M., Flood, I., Khorrami, M., Khodaei, N., ve Ghasemi Tousi, E. (2018). A comparative study of the AHP and Topsis techniques for dam site selection using GIS: A case study of Sistan and Baluchestan Province, Iran. *Geosciences*, 8(12), 494. Doi: <https://doi.org/10.3390/geosciences8120494>

- Kabak, M., Erbaşı, M., Çetinkaya, C., ve Özceylan, E. (2018). A GIS-based MCDM approach for the evaluation of bike-share stations. *Journal of Cleaner Production*, 201(Kasım), 49–60. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.033>
- Kanjanakorn, T., ve Piantanakulchai, M. (2013). Prioritizing suitable locations of bike sharing station by using the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*. Doi: <https://doi.org/10.13033/isahp.y2013.066>
- Kaplan, S., Wrzesinska, D. K., ve Prato, C. G. (2019). Psychosocial benefits and positive mood related to habitual bicycle use. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64(Temmuz), 342–352. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.05.018>
- Kumar, V., Lahiri, A., ve Dogan, O. B. (2018). A strategic framework for a profitable business model in the sharing economy. *Industrial Marketing Management*, 69(Şubat), 147–160. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.08.021>
- Kurniadhini, F., ve Roychansyah, M. S. (2020). The suitability level of bike-sharing station in Yogyakarta using SMCA technique. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 451(1), 1-10. Doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/451/1/012033>
- Lepuschitz, E., (2015). Geographic information systems in mountain risk and disaster management, *Applied Geography*, 63(Eylül), 212–219. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.06.014>
- Lin, J. R., ve Yang Ta-Hui, T. H. (2011). Strategic design of public bicycle sharing systems with service level constraints. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(2), 284–294. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2010.09.004>
- Liu, J., Li, Q., Qu, M., Chen, W., Yang, J., Xiong, H., Zhong, H., ve Fu, Y. (2016). Station site optimization in bike sharing systems. *IEEE International Conference on Data Mining, ICDM*, 2016, 883–888. Doi: <https://doi.org/10.1109/ICDM.2015.99>
- Mallinson, D. J., Morçöl, G., Yoo, E., Azim, S. F., Levine, E., ve Shafi, S. (2020). Sharing economy: A systematic thematic analysis of the literature. *Information Polity*, 25(2), 143–158. Doi: <https://doi.org/10.3233/IP-190190>
- Moshref Javadi, M. H., Ghandehari, M., ve Hamidi Pouyandeh, V. (2013). Locating of Bicycle Stations in the City of Isfahan Using Mathematical Programming and Multi-Criteria Decision Making Techniques. *International Journal of Academic Research in Accounting*, 3(4), 18–26. Doi: <https://doi.org/10.6007/IJARAFMS/v3-i4/271>

- Mouratidis, K., Peters, S., ve van Wee, B. (2021). Transportation technologies, sharing economy, and teleactivities: Implications for built environment and travel. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 92(Mart), 1-23. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102716>
- National Association of City Transit Officials "NACTO" (2015) "*Walkable station spacing is key to successful, equitable bike share*", New York, USA: NACTO.
- Nikitas, A. (2018). Understanding bike-sharing acceptability and expected usage patterns in the context of a small city novel to the concept: A story of 'Greek Drama.' *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 56(Temmuz), 306-321. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.04.022>
- Nyimbili, P.H., Erden, T. ve Karaman, H. (2018). Integration of GIS, AHP and TOPSIS for earthquake hazard analysis. *Natural Hazards*, 92(Mart), 1523-1546. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3262-7>
- Open Street Map. (t.y.) [Open Street Map Kadıköy İlçesi Haritası]. Erişim tarihi: 10.04.2022, Erişim adresi: <https://www.openstreetmap.org>
- Öztürk, D. ve Batuk, F., (2010). Konumsal Karar Problemlerinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin Kullanılması. *Yıldız Teknik Üniversitesi Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 28, 124-137.
- Ricci, M. (2015). Bike sharing: A review of evidence on impacts and processes of implementation and operation. *Research in Transportation Business and Management*, 15(Haziran), 28-38. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2015.03.003>
- Roszkowska, E. (2011). Multi-Criteria Decision Making Models By Applying the Topsis Method To Crisp. and Interval Data, *Multiple Criteria Decision Making*, 10-11, 200-230.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Sánchez-Lozano, J. M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P. L., ve Socorro García-Cascales, M. (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(Ağustos), 544-556. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.019>
- Sezen, B., ve Erben, B. (2019). Sürdürülebilir ulaşımda önemli bir yere sahip olan bisikletin Gams küme kapsama modeli ile konumlandırılması: Gebze Teknik Üniversitesi örneği. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 2(1), 45-56.

- Shaheen, S., Guzman, S., ve Zhang, H. (2010). Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia. *Transportation Research Record*, 2143, 159– 167. Doi: <https://doi.org/10.3141/2143-20>
- Standing, C., Standing, S., ve Biermann, S. (2019). The implications of the sharing economy for transport. *Transport Reviews*, 39(2), 226– 242. Doi: <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1450307>
- Trafi İstanbul – Navigate Public Transit. (t.y.). [İstanbul toplu taşıma haritası]. Erişim tarihi: 30.04.2022, Erişim adresi: <https://web.trafi.com/tr/istanbul>
- Tzeng, G.-H., Chen, T.-Y., ve Wang, J.-C. (1998). A weight-assessing method with habitual domains. *European Journal of Operational Research*, 110, 342-367. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00246-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00246-4)
- Veillette, M., Grisé, E., ve El-Geneidy, A. (2018). Park ‘n’ roll: Identifying and prioritizing locations for new bicycle parking in Québec City, Canada. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2672(36), 73-82. Doi: <https://doi.org/10.1177/0361198118776522>
- Walker, J. (2016). Basics: Walking distance to transit — Human transit. Human Transit. Erişim tarihi: 10.05.2022, Erişim adresi: <https://humantransit.org/2011/04/basics-walking-distance-to-transit.html>
- Wikimapia. (t.y.). [Wikimapia Kadıköy İlçesi Haritası]. Erişim tarihi: 24.04.2022, Erişim adresi: <https://wikimapia.org/>
- Wuerzer, T., Mason, S., ve Youngerman, R. (2012). Boise Bike Share Location Analysis. *Community and Regional Planning*, 1–13.
- Yılmaz, V. (2019). Sürdürülebilir Kalkınma ve Döngüsel Ekonominin Bibliyometriği. *Enderun Dergisi*, 3(2), 60–72.
- Zhang, J., Meng, M., Koh, P. P., ve Wong, Y. D. (2021). Life duration of bike sharing systems. *Case Studies on Transport Policy*, 9(2), 674– 680. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.03.005>