



Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı bisiklet yolu güzergâhı araştırması Geographical information systems based cycle route research

Ahmet Atalay^{1,*} , İbrahim Say² 

^{1,2} Atatürk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum Türkiye (8 punto)

Öz

Son yıllarda kişisel sağlık, enerji, çevre ve ekonomi açısından sağladığı faydalardan dolayı kent içi ulaşımda bisikletin kullanım oranının arttırılması gündeme gelmiştir. Bisiklet kullanım oranının artmasında önemli olan faktör kentlerde bisiklet yollarının yapılmasıdır. Bisiklet yolları bisiklet kullanıcılarının talebi dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Bisiklet kullanıcılarının yoğun olarak kullandıkları güzergahların belirlenmesi bisiklet yolunun verimliliği açısından önemlidir. Çalışma kapsamında bisiklet kullanıcılarının coğrafi konum verilerini kullanarak en uygun bisiklet yolu güzergahı belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışma alanı olarak Erzincan ili seçilmiştir. Çalışma kapsamında bisiklet kullanıcılarının mobil uygulama olarak telefonlarına yüklenen GPS takip programı aracılığıyla coğrafi veri elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak, bisiklet kullanıcılarının günlük seyahatlerinde başlangıç ve varış noktaları arasındaki kullandıkları güzergahlar belirlenmiştir. Elde edilen verilerle mekânsal analiz yapılarak bisiklet kullanıcılarının yoğun olarak kullandığı güzergahlar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Erzincan ili için bisiklet yolu güzergâh önerileri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bisiklet, Güzergah belirleme, CBS, Kernel yoğunluk

1 Giriş

Bisiklet ulaşım türü kent içi ulaşımın rahatlatılmasında son yıllarda öne çıkan bir seçenek haline gelmektedir. Kent içi ulaşım; kentlerin insanlar için olduğu düşüncesinden yola çıkarak, öncelikli olarak insanların rahat hareket etmesini sağlayacak yaya ve bisiklet ulaşım türleri üzerinde durulmasının, kentlilerin kentsel etkinliklere erişimlerini kolaylaştıracağıdır [1]. Kentlerde etkin bir erişilebilirlik sağlamak için bisikleti önemli bir ulaşım aracı olarak göz önünde bulundurmamak gerekir [2]. Son yıllarda çevre ve sağlık açısından insanların daha da bilinçlenmesi ile bisiklet kullanımı hızla artmaktadır. Bundan dolayı bisiklet kent içi ulaşımın önemli bir parçası olarak görülmektedir [3]. Bisiklet ulaşım türü düşük erişim maliyeti ve orta seyahat hızına sahiptir. Bunun yanında, trafik tıkanıklığını azaltır, çevrenin korunmasına yardımcı olur ve sağlık yönünden birçok fayda sağlar [4]. Bisikletin sağlık yönünden sağladığı faydalar; zinde ve sağlıklı hissetmek, mutlu hissetmek, iş ve normal yaşantının getirdiği stres faktörlerinden uzaklaşmak olarak sıralanmaktadır [5]. Kentlerde bisiklet kullananların

Abstract

In recent years, increasing the use of bicycles in urban transportation has come to the fore due to the benefits it provides in terms of personal health, energy, environment and economy. The important factor in increasing the rate of bicycle use is the construction of bicycle paths in cities. Bicycle paths should be designed considering the demand of bicycle users. Determining the routes frequently used by bicycle users is important for the efficiency of the bicycle path. Within the scope of the study, it is aimed to determine the most suitable bicycle path route by using the geographical location data of bicycle users. Erzincan province was chosen as the study area. Within the scope of the study, geographic data was obtained through the GPS tracking program installed on the mobile application of the bicycle users. Using this data, the routes used by bicycle users between the starting and destination points in their daily trips were determined. Spatial analysis was made with the data obtained and the routes used by bicycle users were determined. As a result of the study, bicycle route suggestions for Erzincan province were determined.

Keywords: Bcycle, Route chose, GIS, Kernel density

sayısını arttırmak başlıca bir amaç değildir. Ayrıca bisiklet günlük yaşam, iş ve belki de turizm için kentin erişilebilirliğini, yaşanılabilirliğini ve genel çekiciliğini arttırmanın bir yoludur [6]. Trafik sıkışıklığı, iklim değişikliği ve hareketsiz yaşam tarzlarının zararlı sonuçları konusundaki kaygılar, son zamanlarda bir ulaşım türü olarak bisiklet kullanımını teşvik edici çalışmalara neden olmuştur [7]. Bisikletin kent içi ulaşımda verimli bir şekilde kullanılması bisiklet altyapısının oluşturulmasına bağlıdır. Bu amaçla, ABD'nin Palo Alto şehrinde 1998-2010 yıllarını kapsayan Bisiklet Planı yapılmıştır. Bu plandaki amaç; tek kişilik taşıt kullanımını azaltmak, yaya ve bisiklet sürücülerine yüksek güvenlik seviyesini sağlamak ve insanlara bisiklet ve yürüyüşü teşvik edecek altyapı olanaklarını sağlamaktır. Ayrıca kentte bulunan kamu alanlarına erişimi sağlamada, yapılacak cadde tasarımları ile otomobil kullanımının azaltılması için özel programlar hazırlanmıştır [8].

Bisiklet altyapısının eksikliği bisiklet kullanıcılarını alternatif yollar aramaya sevk etmektedir [9]. Bisiklet

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: ahatalay@atauni.edu.tr (A. Atalay)

Geliş / Received: 26.10.2021 Kabul / Accepted: 14.03.2022 Yayımlanma / Published: 15.04.2022

doi: 10.28948/ngumuh.1014733

kullanıcılarına, seyahatlerinin başından sonuna kadar kendilerini güvende hissedebileceği kapsamlı bir bisiklet yol ağı sağlanmalıdır [6]. Bisiklet ulaşımı kentlerde genellikle motorlu araç trafiği ile birlikte ve nadiren ayrılmış olarak kullanılmaktadır. Ayrılmış bir bisiklet altyapısının hızlı bir şekilde geliştirilmesinin, daha önce bisiklete binme kültürü olmayan şehirlerde bisiklet kullanımının kent içi hareketliliğin önemli bir parçası olabileceğini göstermektedir [10]. Bisiklet altyapısının şehir planları, ulaşım uzmanları ve halk sağlığı yetkilileri arasında bisiklet kullanma ve aktif yaşam tarzlarını teşvik etmek için anahtar bir bileşen olduğu kabul edilmiştir [7]. Bisiklet altyapısı hazırlanırken dikkate alınması gereken etkenlerden biri de bisiklet yolunun güzergâhıdır. Güzergâhın ana gezi kuşağında, cazibe noktaları ile bağlantılı olması ve yürüme mesafesinin altında olup şehrin diğer kısımlarından kolayca erişilebilir olması gerekir. Bisiklet yol ağlarının güvenlik, tutarlılık, yakınlık, rahatlık ve eğlence olmak üzere beş gereksinimi karşılaması gerekir [11]. Ulaşım aracı olarak bisikletin diğer ulaşım sistemlerine entegrasyonu için belirlenen bisiklet yolu güzergâhlarının mevcut kent içi ulaşım hatları ile kesişen hatlar olarak tasarlanması gerekmektedir [12]. Bisiklet yolu güzergâhı belirlenirken şehrin fiziksel, çevresel ve görsel özellikleri göz önüne alındığı bir türel çerçevesinde çalışılmalıdır. Bisiklet yolu planlaması için genellikle ilk olarak bir aday bisiklet yolu seçilir. Geliştirme yöntemi ve önceliği, seçilen güzergâhın güvenliği ve bisiklet kullanıcılarının seyahat davranışları incelendikten ve mevcut alan değerlendirildikten sonra belirlenir. Bisikletler tarafından yoğun talep gören güzergâhlar, birçok durumda ağı çerçevesini oluşturacak olan ağ aday güzergâhı olarak seçilmektedir [3]. Bu çalışmada, bisiklet kullanıcılarının günlük kullandıkları güzergâhlar esas alınarak bisiklet yolu güzergâhı araştırması yapılmıştır. Bisiklet kullanıcılarının güzergâhları coğrafi konum verileri kullanılarak belirlenmiştir. Coğrafi konum verileri bisiklet kullanıcılarının akıllı cep telefonlarına FollowMee GPS takip programı yüklenerek elde edilmiştir. Elde edilen veriler ile mekansal analiz yöntemi kullanılarak bisiklet kullanıcılarının yoğunluk haritası elde edilmiştir. Mekansal analiz için Arcgis CBS(Coğrafi Bilgi Sistemleri) yazılımı kullanılmıştır.

Bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle kent içi ulaşım planlamaları sürecinde kitle kaynaklı verilerin kullanılması üzerinde durulmaktadır. Romanillos vd. [13] GPS (Global Positioning System) verilerinin, hareketlilik verilerinin ve yolculuk verilerinin son yıllarda kent ve ulaşım planlaması çalışmalarında yaygın olarak kullanıldığını vurgulamışlardır. Ayrıca bu veri kümelerinin birbirleriyle ve daha geleneksel olarak sağlık, sosyo-demografik ve ulaşım verileri ile birleştirip kentler için yeni öngörüler yapılabileceğini belirtmişlerdir. Musakwa ve Selala [14] bisiklet seyahatleri için en kapsamlı verinin GPS verileri ile elde edilebileceğini ve araştırmacılar için en kapsamlı veriyi oluşturduğunu belirtmişlerdir. Ton et al., [15] türel tahmini için DDPI (Data Driven Path Identification) yaklaşımı, ek bilgi veya güzergâh oluşturma için ağ verilerine ihtiyaç duymadan bireylerin tercihleri hakkında bilgi sağladığından, mevcut seçim seti oluşturma yöntemlerine faydalı bir katkı

sağladığını belirlemişlerdir. Park & Akar [9] bisiklet kullanıcılarının akıllı telefonları aracılığı ile toplanan GPS verileri kullanarak bisiklet seyahatlerinin sapma uzunluğunu ve güzergâh seçiminin çevresel faktörlerle ilişkilerini incelemişlerdir. McArthur & Hong [16] insanların hangi güzergâhlarda bisiklet kullandığını ve bisiklet ulaşım türünü daha iyi analiz etmek için yeni veri formlarının nasıl kullanılabileceğini incelemek amacıyla Strava mobil uygulaması verilerini kullanmışlar. Krenn et al., [17] GPS ve CBS ölçüm yöntemleri kullanarak Avusturya'nın Graz şehrinde kullanılan ve mümkün olan en kısa bisiklet yollarındaki farklılıkları mesafe, cadde türü ve çevresel özellik göstergelerini dikkate alarak incelemişlerdir. Hochmair et al., [18] yolculuk amaçları ve haftanın günlerinin bisiklet yolculuğuna etkisini belirlemişlerdir. Çalışmada Strava mobil uygulamasının GPS verilerinin yüksek çözünürlüklü ve kapsamlı veriler olduğundan dolayı bu verilerin çalışmanın başarısına büyük katkı sağladığını belirtmişlerdir. Thigpen et al., [19] bisiklet kullanıcılarının yoğun olarak kullandıkları güzergâhları mekansal analiz yöntemini kullanarak belirlemişlerdir. Ayrıca çalışmada altyapı yönünden eksiklik olan bakım ihtiyacı bulunan yerler belirlenmiştir. Musakwa ve Selala [14] bisiklet seyahatleri için en kapsamlı verinin GPS verileri ile elde edilebileceğini ve araştırmacılar için en kapsamlı veriyi oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Suzuki et al., [3] bisiklet yol güzergâhı, bisiklet trafiği hacmine ve bisikletlilerin güzergâh seçim tercihine göre belirlenmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Boss, et al., [20] bisiklet ulaşım türü için gerekli altyapının yapılması veya geçici olarak bisiklet yolunun kapatılmasının şehirdeki birden fazla yerleşim alanındaki etkisini ve bisiklet trafik hacmindeki değişiklikleri Strava mobil uygulaması verilerini kullanarak tespit etmişlerdir.

Lee ve Sener [21] şehir ulaşım ağlarında bisiklet türellerini ortaya çıkaran Strava Metro verilerini kullanarak, Teksas El Paso'daki bisikletlilerin trafikle ilgili hava kirliliğine maruz kalma riskini incelemişler. Trafik yoğun olduğu yollarda ve trafiğin yoğun olduğu saatlerde düzenli olarak seyahat eden bisikletlilere rehberlik edecek ve kentte yaşayan insanlar için karayolunda bisiklet sürmenin sağlık açısından etkilerini belirlemişlerdir.

Bisiklet kullanıcıların seyahatlerini akıllı telefon uygulamaları ile kaydetmeye başlaması, araştırmacıları bisiklet kullanım oranlarını izlemek ve bisiklet ulaşım türü ile ilgili çalışmalarını değerlendirmek için bu uygulamalardan üretilen verileri kullanmaya yönlendirmiştir [22]. GPS verileri ile seyahat davranışlarının araştırılması bisiklet altyapısının nasıl kullanıldığını daha kolay anlaşılmasını sağlamaktadır. Ayrıca planlamacılar, politika yapıcılara ve mühendisler için güvenli ve çekici insan odaklı kentsel alanlar oluşturma çabalarında yardımcı olmaktadır [23].

Yapılan literatür incelemesinde GPS konum bilgileri kullanılarak bisiklet yolu güzergâhı belirlenmesi çalışması dünya genelinde belirli sayıda olmakla beraber ülkemizde böyle bir çalışma olmadığı belirlenmiştir. Bu çalışma bu yönüyle literatürdeki boşluğu doldurması ve katkı sağlaması umulmaktadır.

Bu çalışmada hali hazırda bisiklet yolunun olmadığı bir şehirde bisiklet kullanıcılarına ait GPS verileri ile seyahat başlangıç noktası ile varış noktası arasında bisiklet kullanıcıları tarafından tercih edilen rotalar belirlenerek bisiklet yolu güzergâhı için bir öneri sunulmak amaçlanmıştır.

2 Materyal ve metot

Bu çalışmanın materyalini bisiklet kullanıcılarından elde edilen GPS verileri oluşturmaktadır. Çalışmanın metodu ise GPS verileri kullanılarak CBS yazılımında mekânsal analiz araçlarından yoğunluk analizi yapılmış ve Kernel yoğunluk haritası elde edilmiştir.

2.1 Materyal

Bu çalışmada bisiklet kullanıcılarının günlük kullandıkları başlangıç ve varış noktaları arasındaki güzergahları gözlemek için mobil uygulama kullanılmıştır. Bunun için server aboneliği alınan FollowMee GPS Tracker uygulaması 48 gerçek bisiklet kullanıcısının akıllı cep telefonuna yüklenmiştir. Uygulamayı yükleyen bisiklet kullanıcılarından her bisiklet seyahati başlangıcında uygulamayı açıp seyahat sonunda ise kapatmaları istenmiştir. Bu sayede bisiklet kullanıcılarının seyahatleri başlangıç ve varış noktaları arasındaki kullandıkları güzergah verileri elde edilmiştir. Bu kapsamda 15 Ekim-15 Kasım 2019 tarihleri arasında bisiklet kullanıcılarının seyahat verileri toplanmıştır.

Bu çalışmada Erzincan şehri bisiklet kullanımına elverişli topoğrafyası, ortalama yağışlı gün sayısı ülke ortalaması 134 iken Erzincan şehrinde 107.7 olması, bisiklet kullananların oranının yüksek olması ve şehir merkezinde mevcut bir bisiklet yolunun olmaması gibi özelliklerinden ötürü çalışma alanı olarak seçilmiştir.

2.2 Metot

Literatürde CBS tanımlarına göre; verileri toplayan, işleyen ve sunan bir araç; ya da karmaşık konumsal bilgileri kontrol eden bir sistemdir[24]. Çeşitli veri kümelerini birçok şekilde birleştirme yeteneği ile CBS, arkeolojiden zoolojiye kadar neredeyse her bilgi alanı için yararlı bir araçtır [25].

Bazı araştırmacılar, CBS'yi mekansal bilgi sistemlerinin tamamını kapsayan ve coğrafi bilgiyi araştıran bilimsel bir kavram olarak tanımlamışlardır. Bazıları ise konumsal bilgileri sayısallaştıran bilgisayar destekli bir araç olarak tanımlamışlardır [26; 27]. CBS'de her veri kümesi bir katman olarak yönetilir ve analitik operatörler kullanılarak (grafik analizi olarak adlandırılır) grafiksel olarak birleştirilebilir. CBS, işleçleri ve ekranları kullanarak katmanları birleştirerek, kritik önemdeki soruları keşfetmek ve bu soruların yanıtlarını bulmak için bu katmanlarla çalışmaya olanak tanır [28].

GPS çalışmalarına ABD Savunma Bakanlığı tarafından ilk olarak 1973 yılında askeri amaçlarla NAVSTAR (Navigation System Using Time And Ranging) tarafından başlanmıştır. GPS uydulardan yayınlanan radyo sinyalleri yardımıyla her türlü hava koşullarında, gece ve gündüz, süratli, doğru ve ekonomik olarak noktalar arası üç boyutta konum belirleme sistemidir. Navigasyon ihtiyacına yönelik olarak tasarlanan sistem, konumlanmanın yanı sıra çok

duyarlı zaman ve hız belirleme olanağı sunar [29]. GPS, bir bireyin konumunu herhangi bir zamanda ve dünyanın yüzeyinde herhangi bir noktada tanımlamak için kullanılabilen uydu tabanlı bir küresel navigasyon sistemidir. GPS'in bir diğer avantajı, objektif dijital harita verilerinin kullanılmasıyla GPS güzergahındaki çevresel özellikleri analiz etmek için CBS ile birleştirilebilmesidir [17].

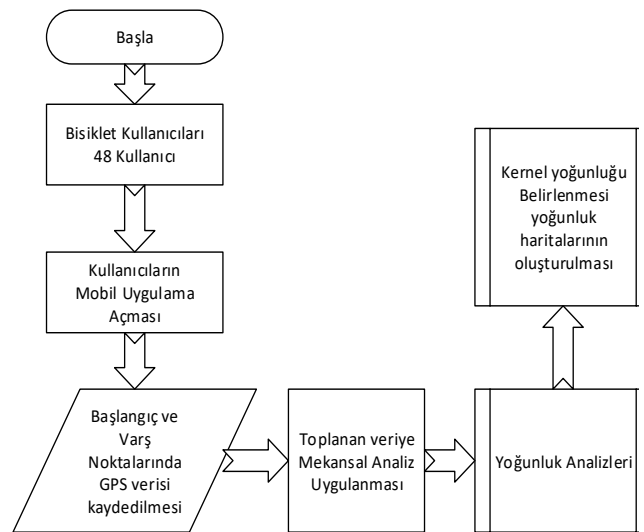
2.2.1 Mekansal analiz

Mekânsal analiz, mekansal verinin hesaplamalı analizini, optimum güzergahların bulunmasını, yer seçimini ve gelişmiş tahmin yapabilen kapsamlı bir yöntemdir. Ancak son kırk yılda, karmaşık mekansal problemleri çözmeye kabiliyeti, küresel konumlandırma sistemleri, gerçek zamanlı sensörler, navigasyon sistemleri ve en önemlisi CBS'yi içeren teknolojilerle gün geçtikçe artmaktadır[30].

Coğrafi konumlarla ilişkilendirilen birçok veri ve ölçüm, haritaya yerleştirilebilir. Mekânsal veriler kullanılarak hem neyin mevcut olduğu hem de nerede olduğu belirlenebilir. Farklı veri türlerini içeren katmanları ve bu katmanlarda bulunan her verinin nerede bulunduğu ve birbirleriyle karşılaştırma fikri, mekânsal analizin temel kavramlarıdır [28].

Navigasyondan eğlence amaçlı kullanımlara, haritalamadan hassas ölçüm ve CBS'ye kadar, GPS'in her yerde bulunan doğası hayatımızı olumlu bir şekilde etkilemektedir. Bu uygulamaların çoğu, bazıları gerçek zamanlı olmak üzere kesin pozisyonlar sağlamaktadır. GPS, CBS kullanıcılarının coğrafi verileri toplama ve yönetme biçimini değiştirmektedir. GPS'in sağladığı yüksek doğruluk, CBS uzmanlarının verilerini yeni yollarla depolamasına ve yönetmesine sahiptir [25].

Bu çalışmada bisiklet kullanıcılarının GPS verilerinin analizi bir CBS uygulaması olan ArcGis uygulaması üzerinde mekânsal analiz aracı kullanılarak yapılmıştır. GPS verileri kullanılarak bisiklet seyahatlerinin yoğunluk haritaları Kernel yoğunluğu kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışmanın akış diyagramı Şekil 1'de belirtilmiştir.



Şekil 1. Çalışmanın akış diyagramı

2.2.2 Yoğunluk analizleri

Olasılık yoğunluğu fonksiyonu istatistiklerde temel bir kavramdır. Olasılık yoğunluğu fonksiyonu f olan rastgele herhangi bir X miktarını düşünün. f işlevinin belirtilmesi, X dağılımının doğal bir tanımını verir ve X ile ilişkili olasılıkların **Denklem (1)** de belirtildiği üzere ilişkiden bulunmasını sağlar [31].

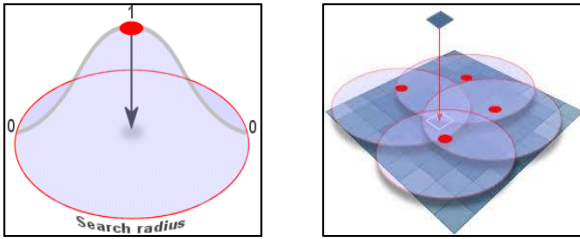
$$P(a < X < b) = \int_a^b f(d)dx, a < b \text{ için} \quad (1)$$

Yoğunluk fonksiyonu nokta ve çizgi yoğunluklarını belirlemek için kullanılır. Örneğin, kilometrekareye düşen nüfus yoğunluğu, kilometrekareye düşen yağmur vb. Yoğunluk analizi sayılabilir nesnelere (iş yerleri, ağaçlar, deprem merkezleri vb.) ve bunların öznelikleri (işyerinde çalışan kişi sayısı, ağaç tipleri, deprem merkezi büyüklükleri vb.) üzerinde uygulanır [25].

Yoğunluk fonksiyonu yoğunluğu hesaplamak için iki metot kullanılır: simple ve kernel. Her iki metotta da yoğunluğu hesaplamak için dairesel bir bölge veya tarama bölgesi kullanılır. Bu çalışmada Kernel yoğunluk metodu kullanılmıştır.

2.2.3 Kernel yoğunluğu

Kernel metotta her bir hücreye değil, örnek her bir nokta etrafına dairesel bir alan çizilir ve noktanın bulunduğu yerden dairesel alan sınırına doğru 1'den 0'a doğru giden matematiksel bir fonksiyon uygulanır (**Şekil 2**).



Şekil 2. Kernel yoğunluğu

2.2.4 Kernel tahmincisi

(x_1, x_2, \dots, x_n) serisinin, olasılık dağılım fonksiyonu $f(x)$ bilinmeyen bir X popülasyonundan alınan n sayıda gözlemin bağımsız ve aynı şekilde dağıtılmış bir örneği olmasına izin verilir. Orijinal $f(x)$ 'in çekirdek tahmini $f^{\wedge}(x)$, her i 'inci örnek veri noktasına x_i , çekirdek işlevi olarak adlandırılan bir işlev $K(x_i, t)$ atar [31]:

$$f^{\wedge}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K(x_i, t) \quad (2)$$

$K(x, t)$ negatif değildir ve tüm x ve t için sınırlıdır:
 $0 \leq K(x, t) < \infty$ tüm gerçek x, t için ve tüm gerçek x için,

$$\int_{-\infty}^{\infty} K(x, t) dt = 1 \quad (3)$$

Denklem (3) çekirdek yoğunluğu tahmininin **Denklem (2)** normleştirilmesini sağlar:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f^{\wedge}(t) dt = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} K(x_i, t) dt = 1 \quad K(t) \quad (4)$$

$$= f(x) \quad (4)$$

$$= \begin{cases} \frac{15}{16} (1 - t^2)^2 & \text{for } |t| < 1 \\ 0 & \text{for } |t| \geq 1 \end{cases}$$

Başka bir deyişle, çekirdek x_i 'nin "keskin" (nokta) konumunu x_i etrafında ortalanan (simetrik olarak ya da simetrik olmayan) bir aralığa dönüştürür (**Denklem (4)**).

Bant genişliği olarak da bilinen arama yarıçapını belirlemek için kullanılan formül aşağıda açıklanmıştır:

$$h = 0.9 * \min \left(SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)}} * D_m \right) n^{-2} \quad (5)$$

Denklem (5) de; h , bant genişliği. D_m , ağırlıklı ortalama; merkezden ağırlıklı ortanca mesafedir. n , popülasyon alanı kullanılmadığında veya bir popülasyon alanı sağlandığında nokta sayısıdır, n , popülasyon alanı değerlerinin toplamıdır. SD standart mesafedir.

Not: Denklemdeki $\left(\sqrt{\frac{1}{\ln(2)}} * D_m \right)$, SD değerlerinden küçük olanı kullanılır.

$$SD_w = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i (x_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n w_i} + \frac{\sum_{i=1}^n w_i (y_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n w_i} + \frac{\sum_{i=1}^n w_i (z_i - \bar{Z})^2}{\sum_{i=1}^n w_i}} \quad (6)$$

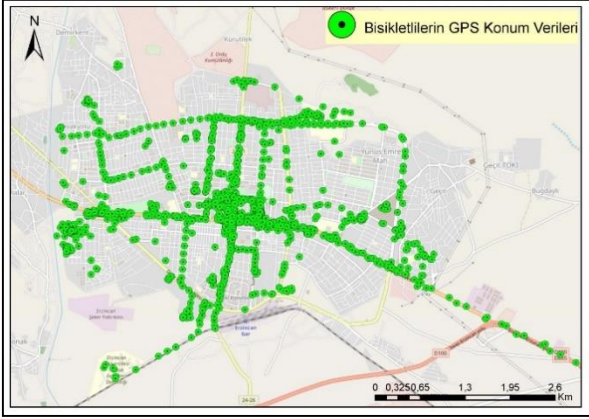
Denklem (6) da w_i , i özelliğindeki ağırlıktır. $\{x_w, y_w, z_w\}$ ağırlıklı ortalama merkezi temsil eder.

3 Bulgular ve tartışma

Geleneksel veri toplama yöntemlerinden bisiklet sayımları genellikle pahalıdır, sınırlı bir mekânsal kapsamı içerir ve güncel değildir [14]. Bundan dolayı çalışmada bisiklet kullanıcılarının GPS verileri kullanılarak günlük olarak seyahat başlangıcından varış noktasına kadar kullandıkları güzergahları belirlenmiştir. Ayrıca gerçek zamanlı seyahat davranış verileri elde edilmiştir. Bisiklet kullanıcılarının seyahat esnasında çizdikleri güzergâhlar yüksek doğruluklu güzergâh tercih verisi olarak elde edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan GPS takip programın Apple marka mobil telefonlarda saniyede 1 gps noktası, diğer android telefonlarda 10 saniyede 1 gps noktası göstermektedir.

Erzincan ilinde bisiklet yolu mevcut olmadığından bisiklet kullanıcıları motorlu taşıt yolunu kullanmaktadırlar. Bundan dolayı bisiklet kullanıcılarının GPS verileri daha çok ana caddelerde toplandığı görülmektedir (**Şekil 3**).

Düşük sokak bağlantısı ve bisiklet altyapısı eksikliği, bisiklet kullanıcılarının ara sokaklarda verimli bir şekilde gezinmelerini zorlaştırmaktadır [9].



Şekil 3. Bisiklet kullanıcılarının GPS verileri [31]

Bu çalışmada bisiklet kullanıcılarının seyahat davranışlarını elde etmek amacıyla kitle kaynaklı veri sağlayıcısı olan FollowMee mobil uygulaması kullanılmıştır. Literatürde kitle kaynaklı veri sağlayıcılar kullanılarak bisiklet güzergah araştırması yapılan çalışmalar az sayıda bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde McArthur ve Hong, bisiklet kullanıcılarının başlangıç ve varış güzergahları, hangi yolları kullandıkları ve kavşaklarda ne kadar bekleyecekleri hakkında bilgileri elde etmek için kitle kaynaklı (Strava) uygulamasını kullanmışlardır[16]. Bu konuda yapılmış başka çalışmada Musakwa ve Selala, bisiklet ulaşım türü hakkında karar alma ve politikaların oluşturulması söz konusu olduğunda, kitle kaynaklı verilerin faydalı bir araç olabileceğini vurgulamışlardır[14].

GPS ve CBS'nin birleşik uygulaması, büyük çalışma popülasyonlarında bisiklete binmeyi destekleyen veya engelleyen çevresel özellikleri tanımlamak için yararlıdır

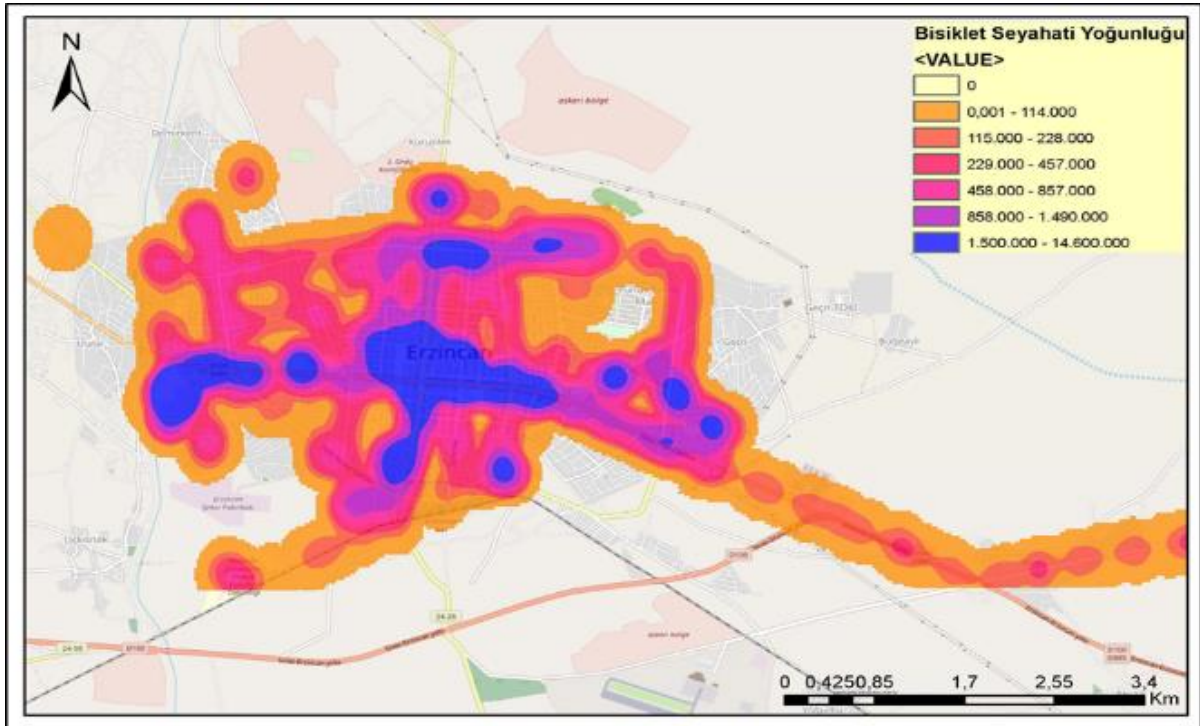
[17]. Çalışmada bisiklet kullanıcılarının yoğun olarak kullandıkları güzergâhları belirlemek amacıyla CBS yazılımında mekânsal analiz araç kutusunda bulunan yoğunluk analizi yöntemi ile yoğunluk haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4).

Bisiklet kullanıcılarının yoğun olarak kullandıkları güzergâhlar kullanıcı tercihleri hakkında fikir verdiğinden dolayı yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Bu yoğun güzergâhlar bisiklet kullanıcıları için bisiklet yolu ihtiyacı olan güzergâhlar olarak kabul edilebilir (Şekil 4).

Yoğunluk haritasının lejantındaki değerler, her hücre için birim alan başına çekirdek yoğunluk değerini temsil eder.

Bisiklet seyahatlerinin en yoğun olduğu bölgeler lacivert rengi ile boyalı kesimlerdir. Mor renk ile boyalı bölgeler, lacivert boyalı bölgelere göre daha az yoğunluklu bisiklet seyahatlerinin olduğu bölgelerdir. Bisiklet seyahatinin en az olduğu bölgeler ise sarı renk ile boyalı bölgelerdir (Şekil 4).

Yoğunluk haritasında bisiklet seyahatlerinin şehrin ticaret merkezleri ve kamu binaları etrafında yoğunlaştığı gözlemlenmektedir (Şekil 4). Mevcutta bir bisiklet yolu tesisi olmaması yüksek çekim merkezleri olan bu bölgelerde bisiklet kullanıcılarını motorlu taşıt trafiği içinde seyahat etmeye yönlendirmektedir. Motorlu taşıt trafiği içinde bisiklet kullanma aynı zamanda trafik güvenliği bakımından risk oluşturmaktadır. Aynı zamanda bisiklet kullanım oranlarını azaltmaktadır. Bisiklet yolu tesislerinin olmayışı bisiklet kullanmayı zorlaştırmakta ve bunun neticesinde çocukların veya bisiklet kullanmaya yeni başlayanların bisikleti bir ulaşım aracı olarak kullanmamasına neden olmaktadır. İnsanları motorlu taşıt yolundan farklı bir güzergâha yönlendirmek zor olabilir. Bunun yerine bisiklet kullanıcılarının kullandıkları güzergâhların güvenli bisiklet yoluna dönüştürülmesi gerekmektedir.



Şekil 4. Bisiklet kullanıcı güzergahlarının yoğunluk haritası [31]

4 Sonuçlar

Bu çalışmada bisiklet kullanıcılarının seyahat başlangıç ve varış noktaları arasında GPS verileri kullanılarak bisiklet yolu güzergâh araştırması yapılmıştır. GPS verileri kitle kaynaklı veri sağlayıcısı FollowMee mobil uygulaması kullanılmıştır. Bisiklet kullanıcıları ile yüz yüze görüşülerek mobil uygulamayı kullanmaları sağlanmıştır. Bisiklet kullanıcılarının seyahat başlangıcından varış noktasına kadar uygulamayı açık tutmaları belirtilmiştir. Bu şekilde bisiklet kullanıcılarının başlangıç ve varış noktaları arasındaki güzergâhlarına ait GPS verileri elde edilmiş ve yoğun olarak kullanmış oldukları güzergâhlar belirlenmiştir. Elde edilen GPS verileri içerisinde uygun olmayan eksik veriler excell programında ayıklanmıştır. Düzenlenen veriler CBS yazılımına aktarılmış ve mekânsal analiz araç kutusunda ham veri dağılımı ve yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Yoğunluk haritası Kernel yoğunluk haritası olarak oluşturulmuştur. Oluşturulan yoğunluk haritasından Erzincan ilindeki bisiklet kullanıcılarının güzergâhları yoğunluk derecelerine göre belirlenmiştir.

Çalışmada mevcut bisiklet kullanıcılarının yoğun olarak kullandıkları güzergâhların bisiklet yolu güzergâhı için uygun olduğu görüşü benimsenmiştir. Bisiklet kullanıcılarının şehrin ticaret ve kamu binalarının etrafında yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Ayrıca bisiklet kullanıcıların yolculuklarında daha çok ana caddeleri kullandıkları tespit edilmiştir. Ana caddelerdeki motorlu taşıt trafiği içinde yüksek bisikletli yoğunluğu bulunması güvenlik problemini düşündürmektedir. Ana caddelerin etrafında kamu ve ticaret binalarının bulunması bisikletlileri bu caddelere çekmektedir. Ayrıca ana caddelerin erişebilir olması, bu yoğunluğun ana caddelerde olmasında bir etkidir. Bisiklet kullanıcılarının günlük ihtiyaçları için (alışveriş, resmi işler vb.) ana caddeleri kullandıkları düşünülürse onları daha güvenli seyahat için daha az motorlu taşıt trafiği olan yan caddelere yönlendirmek pek muhtemel görünmemektedir. Çünkü şehrin ticaret ve kamu binaları ana cadde üzerinde toplanmıştır. Bunun yerine ana caddelerde araba yolunun en sağına güvenli bir bisiklet şeridi yapmak çok daha mantıklı bir fikir olarak düşünülebilir.

Tüm bisiklet kullanıcılarının akıllı cep telefonu kullanmaması, kullandığımız GPS takip programının internet ile çalışması, insanların güven eksikliğinden dolayı GPS takip programını telefonlarına yüklemek istememesi çalışmadaki verilerin elde edilmesi aşamasındaki olumsuz unsurlardır. Bundan dolayı çalışmada kısıtlı veri ile analiz yapılmıştır. Gelecek çalışmalarda daha fazla bisiklet kullanıcının GPS verisine ulaşılması halinde motorlu araç trafiğinin bisiklet kullanıcılarının tercih ettikleri rotalara etkisi araştırılabilir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %12

Kaynaklar

[1] Y. Kuyumcu, Bir ulaşım aracı olarak bisiklet ve Çorum ili kent içi ulaşımında bisiklet yolu önerisi. Yüksek

- Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2017.
- [2] H. Gonzalo-Orden, A. Linares, L. Velasco, J.M. Diez, and M. Rojo, Bikeways and cycling urban mobility. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 160, 567-576, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.170>
- [3] K. Suzuki, Y. Kanda, K. Doi, and N. Tsuchizaki, Proposal and application of a new method for bicycle network planning. *Procedia-social and behavioral sciences*, 43, 558-570, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.04.129>
- [4] G. Akar, and K. J. Clifton, Influence of individual perceptions and bicycle infrastructure on decision to bike. *Transportation research record*, 2140(1), 65-172, 2009. <https://doi.org/10.3141/2140-18>
- [5] F. Koçak, Türkiye’de bisiklet kullanımı: bisiklet kullanma nedenleri ve elde edilen faydalar. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 5760-5771, 2016. <https://doi.org/10.14687/jhs.v13i3.4190>
- [6] P. Note, Smart choices for cities Cycling in the City, 2016.
- [7] J. Larsen, and A. El-Geneidy, A travel behavior analysis of urban cycling facilities in Montréal, Canada. *Transportation research part D: transport and environment*, 16(2), 172-177, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.07.011>
- [8] A. Narcı, Bisiklet Yolu Planlaması, İstanbul-haliç Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2004.
- [9] Y. Park, and G. Akar, Why do bicyclists take detours? A multilevel regression türel using smartphone GPS data. *Journal of transport geography*, 74, 191-200, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.11.013>
- [10] R. Marqués, V. Hernández-Herrador, M. Calvo-Salazar, and J. A. García-Cebrián, How infrastructure can promote cycling in cities: Lessons from Seville. *Research in Transportation Economics*, 53, 31-44, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.10.017>
- [11] R. Tolley, Sustainable transport. Elsevier, 2003.
- [12] ÇŞB, Şehir İçi Bisiklet Yolları Kılavuzu. 98, 2017.
- [13] Romanillos, G., M. Zaltz Austwick, D. Ettema, and J. De Kruijff, Big data and cycling. *Transport Reviews*. 36(1), 114-133, 2016.
- [14] W. Musakwa, and K.M. Selala, Mapping cycling patterns and trends using Strava Metro data in the city of Johannesburg, South Africa. *Data in brief*, 9, 898-905, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2016.11.002>
- [15] D. Ton, D. Duives, O. Cats, and S. Hoogendoorn, Evaluating a data-driven approach for choice set identification using GPS bicycle route choice data from Amsterdam. *Travel behaviour and society*, 13, 105-117, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2018.07.001>
- [16] D. P. McArthur, and J. Hong, Visualising where commuting cyclists travel using crowdsourced data. *Journal of transport geography*, 74, 233-241, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.11.018>

- [17] P. J. Krenn, P. Oja, and S. Titze, Route choices of transport bicyclists: a comparison of actually used and shortest routes. *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, 11(1), 31, 2014. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-11-31>
- [18] H. H. Hochmair, E. Bardin, and A. Ahmouda, Estimating bicycle trip volume for Miami-Dade county from Strava tracking data. *Journal of transport geography*, 75, 58-69, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.01.013>
- [19] C. Thigpen, J. Fischer, T. Nelson, S. Therrien, D. Fuller, L. Gauvin, and M. Winters, Who is ready to bicycle? Categorizing and mapping bicyclists with behavior change concepts. *Transport policy*, 82, 11-17, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.07.011>
- [20] D. Boss, T. Nelson, M. Winters, and C. J. Ferster, Using crowdsourced data to monitor change in spatial patterns of bicycle ridership. *Journal of Transport & Health*, 9, 226-233, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.02.008>
- [21] K. Lee, and I. N. Sener, Understanding Potential exposure of bicyclists on roadways to traffic-related air pollution: Findings from El Paso, Texas, using Strava metro data. *International journal of environmental research and public health*, 16(3), 371, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030371>.
- [22] M. D. Garber, K. E. Watkins, and M. R. Kramer, Comparing bicyclists who use smartphone apps to record rides with those who do not: Implications for representativeness and selection bias. *Journal of Transport & Health*, 15, 100661, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100661>
- [23] R. Pritchard, D. Bucher, and Y. Frøyen, Does new bicycle infrastructure result in new or rerouted bicyclists? A longitudinal GPS study in Oslo. *Journal of transport geography*, 77, 113-125, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.05.005>
- [24] T. Yomralıoğlu, Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamalar, İber Ofset, İstanbul, 2000.
- [25] A. Leick, GIS Best Practices—Using GIS with GPS. Environmental Science Research Institute. 2009.
- [26] O. Altan, G. Toz, and S. Külür, Bilgi Sistemindeki Gelişmeler ve Fotogrametri. CBS Sempozyumu, 63-66, İstanbul, Türkiye, 26-28 Eylül 1996.
- [27] C. Harder, and C. Brown, The ArcGIS book: 10 big ideas about applying the science of where. Esri Press, 2017.
- [28] D. Wells, N. Beck, A. Kleusberg, E. J. Krakowsky, G. Lachapelle, R. B. Langley, K.P. Schwarz, J. M. Tranquilla, P. Vanicek, and D. Delikaraoglu. Guide to GPS positioning. in Canadian GPS Assoc. Citeseer, 1987.
- [29] Esri, The language of spatial analysis. Esri Press. 49, Redlands, USA, 2013.
- [30] B. W. Silverman, Density estimation for statistics and data analysis, 26. CRC press, 1986.
- [31] İ. Say, Erzincan İli Bisiklet Yolu Güzergahı Araştırması, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 2020.

