



Bisiklet Paylaşım Sisteminin Kullanımına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi: İzmir BİSİM Örneği

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Mehmet İhsan Pekdemir

ORCID-0000-0002-0442-7218

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Oruç Altıntaş

Mayıs 2022

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **Mehmet İhsan Pekdemir** tarafından hazırlanan **Bisiklet Paylaşım Sisteminin Kullanımına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi: İzmir BİSİM Örneği** başlıklı bu çalışma tarafımızca okunmuş olup, yapılan savunma sınavı sonucunda kapsam ve nitelik açısından başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

ONAYLAYANLAR:

Tez Danışmanı: **Dr. Öğr. Üyesi Oruç Altıntaş**
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Tez Eş-danışmanı: **Doç. Dr. Murat Özen**
Mersin Üniversitesi

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Serhan Tanyel
Dokuz Eylül Üniversitesi

Doç. Dr. Süheyla Pelin Çalışkanelli
Dokuz Eylül Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ziya Çakıcı
İzmir Demokrasi Üniversitesi

Savunma Tarihi: 25.05.2022

Yazarlık Beyanı

Ben, **Mehmet İhsan Pekdemir**, başlığı **Bisiklet Paylaşım Sisteminin Kullanımına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi: İzmir BİSİM Örneği** olan bu tezimin ve tezin içinde sunulan bilgilerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim. Ayrıca:

- Bu çalışmanın bütünü veya esası bu üniversitede Yüksek Lisans derecesi elde etmek üzere çalıştığım süre içinde gerçekleştirilmiştir.
- Daha önce bu tezin herhangi bir kısmı başka bir derece veya yeterlik almak üzere bu üniversiteye veya başka bir kuruma sunulduysa bu açık biçimde ifade edilmiştir.
- Başkalarının yayımlanmış çalışmalarına başvurduğum durumlarda bu çalışmalara açık biçimde atıfta bulundum.
- Başkalarının çalışmalarından alıntıladığımda kaynağı her zaman belirttim. Tezin bu alıntılar dışında kalan kısmı tümüyle benim kendi çalışmamdır.
- Kayda değer yardım aldığım bütün kaynaklara teşekkür ettim.
- Tezde başkalarıyla birlikte gerçekleştirilen çalışmalar varsa onların katkısını ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

Tarih: 25.05.2022

Bisiklet Paylaşım Sisteminin Kullanımına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi: İzmir BİSİM Örneği⁴

ÖZ

Bisikletin bir ulaşım aracı olarak kullanılması kentsel ulaşım problemlerinde en önemli çözümlerden biri olarak görülmektedir. Bu bağlamda, kentlerde bisiklet kullanımının yaygınlaştırılması için şehirlerde bisiklet paylaşım sistemlerinin kurulması, diğer ulaşım türleri ile entegrasyonunun sağlanması, bisiklet yollarının tasarımı gibi stratejilerin uygulanması önemlidir. Bisiklet paylaşım sisteminin şehirlerdeki kullanımını artırmak için öncelikle bu sistemi kullanan yolcuların seyahat davranışını ve örüntüsünü çıkartmak gerekmektedir. Bu tezin ana konusu bisiklet paylaşım sistemi kullanıcılarının i.) yolculuk davranışını ve ii.) bisiklet paylaşım sistemi kullanımına etki eden faktörleri incelemektir. Bu kapsamda, 2019 yılı için İzmir'deki 39 bisiklet paylaşım sistemi istasyonundan kullanıcı bazlı bisiklet yolculuk verileri alınmıştır. Her bir istasyonun mekânsal ve zamansal kullanım sıklıkları çıkartılmıştır. Bisiklet yolculukları kullanım amaçlarına göre sınıflandırılıp; istasyon kullanımını arazi kullanım yapısı, bisiklet altyapısı ve toplu taşıma sistemi parametreleri ile ilişkilendirilmiştir. Bisiklet yolculuk verileri incelendiğinde, yolculukların %89'nun aktivite amaçlı yapıldığı sonucuna ulaşılmıştır. İstasyon kullanım sayısı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki çoklu regresyon modelleriyle açıklanmıştır. Aktivite amaçlı bisiklet yolculukları için vapur iskelesine yakınlığın, sosyal tesis alanlarının, konut alanı oranının, konut-ticaret alanı oranının ve mevcut istasyon kapasitesinin istasyon kullanımını pozitif yönde etkileyen en önemli faktörler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ulaşım amaçlı bisiklet yolculukları için ise, konut-ticaret alanı (karma kullanım), sosyal tesis alanı, vapur iskelesine ve raylı sistem duraklarına olan

mesafe ve otopark alanı istasyon kullanımına etki eden faktörler olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, bisiklet paylaşım sistemi kullanıcılarının yolculuk amaçlarına göre farklı karakteristik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Bisiklet paylaşım sistemleri, çoklu doğrusal regresyon, yolculuk davranışı, istatistiksel modelleme, yolculuk örüntüsü

Identification of Factors Affecting the Bicycle Sharing System Usage: The Case Study of Izmir BISIM

Abstract

The use of bicycles as a means of transportation can be regarded as one of the most important solutions to urban transportation problems. In this context, to encourage bicycle use, it is essential to implement strategies such as the establishment of bicycle sharing systems, their integration with other modes of transport, and the design of bicycle lanes in cities. To increase the use of the bike sharing systems in cities, it is necessary to first determine the travel behavior and pattern of the users which is the focus of this thesis. The main aim of this thesis is to examine the i.) travel behavior of bike sharing system users, and ii.) the factors affecting the use of bike sharing system stations. For this purpose, bike sharing system travel data were obtained from 39 bicycle sharing system stations for 2019 in Izmir. Spatial and temporal usage frequencies of each station were examined. Bicycle trips were classified according to trips aim either for recreation or cycling for transport. Later, the station usage was associated with land use around the bike station, bicycle infrastructure and public transport system parameters. It was concluded that 89% of the journeys were made for activity purposes. The relationship between station usage and the independent variables were explained via multiple regression models. It has been concluded that the proximity to the ferry port, social facility areas, residential area ratio, residential-commercial area ratio (mixed use) , and existing station capacity were found the most important factors that positively affected the use of the bike station for activity trips. However, residential-commercial area ratio, social facility area, distance to ferry port and existence to rail transit stations, and car parking area ratio were found to be influential factors for cycling for transport trips. As a result, bike sharing system users have different characteristics according to their travel purposes.

Keywords: Bicycle sharing systems, multiple regression models, travel behavior, statistical modeling, travel pattern

Teşekkür

Tezimin gerçekleştirilmesinde ve yazılmasında beni yüreklendiren, destekleyen ve değerli deneyimlerini, bilgilerini, benimle paylaşan; karşılaştığım her sorunda çözüme ulaşmamda büyük bir özveri ile arkamda hissettiğim; bundan sonraki akademik geleceğimde bilgisi ve birikimi ile yanımda olacağına güvenini hissettiren; en büyük bilgi kaynağım, değerli büyüğüm danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Oruç ALTINTAŞI'na en içten teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Yine kendisine her danıştığım da bilgisini, emeğini ve desteğini benden esirgemeyen bu tezimi gerçekleştirirken yolumu bilgisi ile aydınlatan değerli eş danışmanım Doç. Dr. Murat ÖZEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Lisans dönemimde beni yüksek lisans yapmaya teşvik eden, her türlü bilgi birikimi ve tecrübesi ile yanımda olan, bu günlere gelmemde büyük emeği geçen Uşak Üniversitesi'nden değerli hocalarım rahmetli Prof. Dr. İsfendiyar EGELİ'ye, Doç. Dr. Onur MERTER'e ve Doç. Dr. Ali MORTAZAVİ'ye teşekkür ederim.

Ayrıca katkılarından dolayı değerli jüri üyeleri Prof. Dr. Serhan TANYEL'e, Doç. Dr. Süheyla Pelin ÇALIŞKANELLİ'ye ve Dr. Öğr. Üyesi Ziya ÇAKICI'ya teşekkür ederim.

Beni her zaman destekleyen ve eğitim hayatımda aldığım kararları geçiştirmemde hep yanımda hissettiğim, hayatımın bir parçası olan, en büyük destekçilerim; canım annem Esmâ PEKDEMİR, değerli babam Ali PEKDEMİR, sevgili ablam Sevgim PEKDEMİR ve sevgili kardeşim Mustafa Bahadır PEKDEMİR'e teşekkür ederim.

Bu çalışmada kullanılan bisiklet paylaşım sistemi verisi İzmir Büyükşehir Belediyesi (İBB) Ulaşım Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı İBB Ulaşım Daire Başkanlığı'na teşekkür ederim.

İçindekiler

Yazarlık Beyanı.....	ii
Öz	iii
Abstract	v
Teşekkür.....	vii
İçindekiler	viii
Şekiller Listesi.....	x
Tablolar Listesi.....	xii
Semboller Listesi.....	xiii
1 Giriş	1
1.1 Tezin Amacı ve Motivasyonu.....	2
1.2 Tezin Akışı	2
2 Literatür Çalışması.....	3
2.1 Yolculuk Davranışı ve Örüntüsü ile İlişkili Çalışmalar	3
2.2 BPS İstasyonlarının Mekânsal ve Zamansal Analizi.....	4
3 Çalışma Alanı ve BPS Verisi.....	9
3.1 Çalışma Alanı	9
3.2 Veri Yapısı	10
4 Yolculuk Davranışlarının İncelenmesi	13

4.1	Ön Analiz Sonuçları.....	18
4.2	Zamana Bağlı BPS Kullanım Yoğunluğunun İncelenmesi	21
4.3	Yolculuk Süresi Dağılımlarının İncelenmesi.....	24
4.3.1	Ulaşım Amaçlı Yolculukların Yolculuk Süresi Dağılımı	25
4.3.2	Aktivite Amaçlı Yolculukların Yolculuk Süresi Dağılımı	30
4.4	İstasyon Kullanım Yoğunluklarının İncelenmesi.....	33
4.4.1	Ulaşım Amaçlı Yolculukların İstasyon Kullanım Yoğunlukları	34
4.4.2	Aktivite Amaçlı Yolculukların İstasyon Kullanım Yoğunlukları.....	37
5	Bisiklet Paylaşım Sisteminin Kullanımına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi	40
5.1	Korelasyon Analizi.....	45
5.2	Model Sonuçları	47
6	Sonuçlar ve Gelecekteki Çalışmalar için Öneriler.....	53
7	Kaynaklar.....	56
Ek A	63
Ek B	70

Şekiller Listesi

Şekil 3.1 İzmir BPS istasyonlarının mekânsal dağılımı.....	9
Şekil 4.1 Birinci yolculuk durumuna ait yolculuk rotası	15
Şekil 4.2 İkinci yolculuk durumuna ait yolculuk rotası	15
Şekil 4.3 Başlangıç-Bitiş yolculuklarına ait yolculuk mesafesi- yolculuk süresi grafiği	16
Şekil 4.4 Akış şeması	17
Şekil 4.5 Ulaşım amaçlı yolculuk sayılarının zamana bağlı değişimi	22
Şekil 4.6 Ulaşım amaçlı abone ve abone olmayan yolculuk sayılarının zamana bağlı değişimi.....	22
Şekil 4.7 Aktivite amaçlı yolculuk sayılarının zaman bağlı değişimi.....	23
Şekil 4.8 Aktivite amaçlı abone ve abone olmayan yolculuk sayılarının zamana bağlı değişimi.....	24
Şekil 4.9 Hafta içi yolculuk süresi dağılım grafiği (Ulaşım amaçlı).....	27
Şekil 4.10 Hafta sonu yolculuk süresi dağılım grafiği (Ulaşım amaçlı)	27
Şekil 4.11 Hafta içi yolculuk süresi dağılım grafiği (Aktivite amaçlı)	31
Şekil 4.12 Hafta sonu yolculuk süresi dağılım grafiği (Aktivite amaçlı)	31
Şekil 4.13 Ulaşım ve aktivite amaçlı yolculuklar için en uygun dağılımlara ait kümülatif dağılım fonksiyon grafiği	33
Şekil 4.14 İstasyon kullanım sıklıkları (Ulaşım amaçlı, hafta içi).....	35

Şekil 4.15 İstasyonlar arası hareketlilik (ulaşım amaçlı, hafta içi)	35
Şekil 4.16 İstasyon kullanım sıklıkları (Ulaşım amaçlı, hafta sonu)	36
Şekil 4.17 İstasyonlar arası hareketlilik (ulaşım amaçlı, hafta sonu).....	36
Şekil 4.18 İstasyon kullanım sıklıkları (Aktivite amaçlı, hafta içi)	38
Şekil 4.19 İstasyonlar arası hareketlilik (aktivite amaçlı, hafta içi).....	38
Şekil 4.20 İstasyon kullanım sıklıkları (Aktivite amaçlı, hafta sonu).....	39
Şekil 4.21 İstasyonlar arası hareketlilik (aktivite amaçlı, hafta sonu)	39
Şekil 5.1 Karşıyaka bölgesi 1/5000 Nazım İmar Planı	43
Şekil 5.2 Karşıyaka iskele istasyonu etrafındaki toplu taşıma ve arazi kullanım yapısı	43

Tablolar Listesi

Tablo 3.1: 2019 yılına ait 39 istasyonun isimleri ve kod bilgileri	10
Tablo 3.2: Örnek BİSİM verisi	11
Tablo 3.3: Kullanıcı gruplarına ait yolculuk sayısı bilgileri	12
Tablo 4.1: Farklı yolculuk durumu örnekleri	14
Tablo 4.2: BPS 2019 yılı yolculuk sayıları	19
Tablo 4.3: Aktivite ve ulaşım amaçlı BPS kullanıcılarının ortalama yolculuk süreleri (dk)	20
Tablo 4.4: Yolculuk süresi Uygunluk Testi Sonuçları (ulaşım amaçlı)	29
Tablo 4.5: Yolculuk süresi uygunluk testi sonuçları (aktivite amaçlı)	32
Tablo 5.1: Çalışma kapsamında kullanılan bağımsız değişkenler	42
Tablo 5.2: Bağımsız değişkenlerin korelasyon matrisi sonuçları	46
Tablo 5.3: Ulaşım amaçlı hafta içi yolculukların model sonuçları	48
Tablo 5.4: Ulaşım amaçlı hafta sonu yolculukların model sonuçları.....	49
Tablo 5.5: Aktivite amaçlı hafta içi yolculukların model sonuçları	50
Tablo 5.6: Aktivite amaçlı hafta sonu yolculukların model sonuçları.....	51
Tablo 5.7: Çoklu doğrusal regresyon analizleri sonucu anlamlı bulunan değişkenler	52

Semboller Listesi

σ	Standart Sapma
μ	Ortalama
β	Gamma değişkeni (oran)
α	Gamma değişkeni (şekil)
$\ln(\delta_u^{hi})$	Hafta içi ulaşım amaçlı istasyon kullanımı
$\ln(\delta_u^{hs})$	Hafta sonu ulaşım amaçlı istasyon kullanımı
$\ln(\delta_a^{hi})$	Hafta içi aktivite amaçlı istasyon kullanımı
$\ln(\delta_a^{hs})$	Hafta sonu aktivite amaçlı istasyon kullanımı

Bölüm 1

Giriş

Ulaşım için günlük hayatta harcadığımız zamanın yüksek olması insanların yaşam kalitesini olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Trafik sıkışıklığından kaynaklanan gecikmeler, hava kirliliği ve trafik sıkışıklığının insanlarda meydana getirdiği sinirsel gerginlikler vb. birçok sorun günümüzdeki ulaşım sorunları olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilir ulaştırma politikaları kapsamında özel araç kullanımının sınırlandırılması ve motorsuz ulaşım araçlarının kullanımının teşvik edilmesi oldukça önemlidir. Sıfır karbon salınımlı bir ulaşım türü olarak bisiklet, karbon emisyonunu, hava kirliliğini ve trafik sıkışıklığını azaltmanın yanı sıra kentsel gelişim (fiziksel aktivite vb. gibi) için de birçok fayda sağlamaktadır. Bisikletin diğer ulaşım türleri ile entegre edilerek kullanımının yaygınlaştırılması son yıllardaki en öncelikli kentsel ulaşım stratejilerinin başında yer almaktadır. Bu bağlamda, bisiklet paylaşım sistemleri (BPS) günümüzde birçok şehirde aktif olarak kullanılmaktadır. Bisiklet paylaşım sistemleri şehirlerde ulaşım problemlerinin çözümünde çevreci bir yaklaşım sunmaktadır. Günümüzde, dünyada gelişen çevre bilinci ve sürdürülebilir ulaşım hedeflerine erişmek amacıyla çevre dostu bisikletli ulaşımın yaygınlaşması için birçok projeler geliştirilmektedir.

Son yıllarda, ülkemizde de bisikletli ulaşımın geliştirmesi ve teşvik edilmesi kapsamında birçok proje hayata geçirilmiştir. 2019 yılında yayımlanan “Bisiklet Yolları Yönetmeliği”; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye bisiklet ağı master planı; İstanbul, Ankara, İzmir, Konya, Mersin Büyükşehir Belediyeleri tarafından hazırlanan bisiklet ulaşım ana planları bu proje ve/veya çalışmalardan bazılarıdır.

Ülkemizde BPS üzerine yapılan çalışmalar kısıtlıdır. Bu tez çalışması 2022 yılı itibari ile İzmir’de yer alan BPS’nin detaylı karakteristik özelliklerinin tanımlandığı ve kullanımına etki eden faktörlerin belirlendiği nadir çalışmalardan bir tanesidir.

1.1 Tezin Amacı ve Motivasyonu

Bu tezin amacı: 1) BPS kullanıcılarının yolculuk davranışlarının incelenmesidir. Bu bağlamda, abone ve abone olmayan kullanıcıların yolculuk süreleri, ortalama yolculuk mesafeleri, mekânsal ve zamansal kullanım sıklıkları incelenmiştir. Bisiklet yolculukları kullanım amaçlarına (aktivite veya ulaşım) göre sınıflandırılarak, kullanıcıların yolculuk karakteristikleri çıkartılmıştır. 2) İstasyon kullanımına etki eden faktörler matematiksel modellerle açıklanmıştır. Bisiklet paylaşım sistemi istasyonunu kullanan yolcu sayısının istasyon çevresindeki arazi kullanım yapısı, toplu taşıma sistemi ve bisiklet altyapısı parametreleri ile ilişkisi araştırılmıştır. Böylece, şehirlerde bisiklet kullanımının arttırılmasına yönelik politikaların desteklenmesi stratejisine uygun olarak BPS istasyonlarının şehir içerisinde doğru konumlandırılması ve tasarlanması hedeflenmektedir.

1.2 Tezin Akışı

Tez çalışması 6 bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, yolculuk davranışları ve örüntüsü ile ilişkili çalışmalara ve BPS istasyon kullanımının mekânsal ve zamansal analizi ile ilişkili yapılan literatür çalışmalarına yer verilmiştir. Üçüncü bölüm tez kapsamında kullanılan veri seti ve çalışma alanı hakkında bilgiler içermektedir.

Yolculuk davranışlarının incelenmesi dördüncü bölümde dört ana başlık altında incelenmiştir. İlk olarak BPS yolculukları kullanım amaçlarına göre sınıflandırılarak ön analiz sonuçları sunulmuştur. Daha sonra ise, zamana bağlı istasyon kullanım yoğunlukları araştırılarak, yolculuk süresi dağılımları ve istasyon kullanım sıklıkları analiz edilmiştir. Beşinci bölümde, BPS kullanımına etki eden faktörler incelenmiş, regresyon analizleri yapılarak istasyon kullanımına etki eden parametreler belirlenmiştir. Altıncı bölümde çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar özetlenmiş ve çalışmanın sınırlılıkları belirtilerek gelecekteki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

Bölüm 2

Literatür Çalışması

2.1 Yolculuk Davranışı ve Örüntüsü ile İlişkili Çalışmalar

Bisiklet paylaşım sistemlerinden elde edilen yolculuk verisi ile yolculuk örüntüsünün çıkartılması ve yolculuk sürelerinin incelenmesi birçok çalışmanın ana konusu olmuştur[1-6]. Caulfield ve diğ. [1] İrlanda'nın Cork şehrinde yaptıkları çalışmada, bir yıllık veri kullanarak bisiklet yolculuk sürelerinin farklı hava koşullarında değişimini incelemişlerdir. Kullanıcıların iyi hava koşullarında daha uzun yolculuklar yaptığı tespit edilmiştir. Talavera-Garcia ve diğ. [2] İspanya, Madrid'de bulunan BPS bisiklet yolculuk verisini incelemişlerdir. Çalışmada, ana çekim bölgelerinin (alışveriş merkezi, eğlence merkezleri, üniversiteler, vb.) yakınlarındaki istasyonların daha yoğun kullanıldığı ve yolculukların kullanıcının türüne (abone veya abone olmayan) ve yolculuk zamanına göre (gün, ay ve mevsim) değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Fakat çalışma kapsamında bu sonuçları destekleyen bir istatistiksel model sunulmamıştır. Benzer bir çalışmada, Xing ve diğ. [3] Çin'in Shanghai kentinde, BPS kullanıcılarının yolculuk örüntüsünü ve yolculuk amaçlarını araştırmışlardır. Çalışmada hafta içi ve hafta sonu yolculukları ayrı ayrı incelenmiştir. Alışveriş merkezi bölgelerinde bulunan bisiklet istasyonlarının daha yoğun kullanılan istasyonlar olduğu görülmüştür. Yolculuk mesafesinin ve süresinin yolculuk amacına ve gününe bağlı olarak değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. Singapur'da yapılan diğer bir çalışmada ise, Zhang ve diğ. [4] 4 aylık (Haziran-Eylül) BPS verisini kullanarak yolculuk davranışlarını incelemişlerdir. Çalışma kapsamında, bisiklet yolculuklarının, hafta içi ve hafta sonu farklı yoğunlukta kullanım sergilediği gözlemlenmiştir.

Kou ve diğ. [5] ABD’de sekiz farklı şehirde kullanılan bisiklet paylaşım sistemlerindeki gezinti amaçlı yolculukların yolculuk sürelerinin ve mesafelerinin istatistiksel dağılımlarını incelemiştir. Sonuçlar, yolculuk süresi ve yolculuk mesafesinin lognormal dağılıma uyduğunu göstermiştir. Kaltenbrunner ve diğ. [6] İspanya’nın Barcelona şehrinde, şehir içerisindeki bisiklet kullanımının saatlik değişimini incelemiştir. Çalışmada, BPS istasyonlarının hafta içi günlerde, trafiğin yoğun olduğu özellikle işe gidiş ve geliş saatlerinde yoğun olarak kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

2.2 BPS İstasyonlarının Mekânsal ve Zamansal Analizi

Bisiklet paylaşım sistemi istasyonlarının mekânsal ve zamansal kullanım örüntülerinin çıkartılması ve istasyonların kullanımına etki eden faktörlerin belirlenmesi birçok çalışmanın temel konusu olmuştur. Bu çalışmaların bir kısmı, mekânsal ve zamansal kullanım örüntülerini kümeleme analiz yöntemleri kullanarak belirlerken [7-12], bazılarında ise bisiklet yolculuklarındaki mekânsal ve zamansal farklılıklar, regresyon modelleri ile incelenmiştir [13-18]. Bisiklet paylaşım sistemine etki eden faktörlerin incelendiği çalışmalarda, istasyon bazlı bisiklet kullanım sayısı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki matematiksel modellerle açıklanmıştır. Arazi kullanım yapısı (yapılı çevre durumu, merkezi iş bölgelerine yakınlık vs.), toplu taşıma sistemleri (otobüs duraklarına mesafe, raylı sistem yolcu sayısı, ana transfer noktaları vs), bisiklet altyapısı (bisiklet yolları, kilit sistemi, bisiklet istasyon kapasitesi, etkileşimli bisiklet sayısı), nüfus yoğunluğu, yaş grubu, cinsiyet, sosyoekonomik veriler, BPS kullanımına etki eden faktörler olarak tanımlanmaktadır [19].

Hyland ve diğ. [7] Chicago ABD’de çoklu doğrusal regresyon modeli ile BPS kullanımına etki eden faktörleri araştırmışlardır. Regresyon modelleri tüm, abone ve abone olmayan kullanıcı grupları için ayrı ayrı incelenmiştir. Tüm kullanıcılar için yapılan regresyon analizinde etki alanı içerisindeki; tren istasyonları sayısı, bisiklet yolu uzunluğu, restoran sayısı, istasyon kapasitesi ve hava sıcaklığı faktörleri bisiklet kullanımını pozitif yönde etkilerken, etkileşimli istasyon sayısı ve trafik kazaları sayısının negatif olarak etki ettiği belirtilmiştir.

Liu ve Lin [8], yapmış oldukları çalışmada, arazi kullanım yapısı ile BPS istasyonu arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bisiklet yolculukları öncelikle hiyerarşik kümeleme yöntemiyle sınıflandırılıp, her bir kümeye etki eden faktörler Multinomial Logit model (MNL) ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, BPS istasyon kullanımının arazi kullanım yapısı ile ilişkili olduğu kanıtlanmıştır. Hafta içi ve hafta sonlarında gün içerisinde farklı saatlerde kullanım yoğunluklarının farklı olduğu görülmüştür. Yoğun kullanılan BPS istasyonlarının bulunduğu kümeye etki eden değişkenler; ticari alan (m^2), eğlence tesislerine ve metro istasyonlarına yakınlık olarak bulunmuştur. Orta yoğunlukta kullanılan BPS istasyonlarının bulunduğu kümeye etki eden değişkenlerin ise çekim noktalarına ve metro istasyonlarına olan mesafe olduğu sonucuna varılmıştır.

Chen ve diğ. [13] Çoklu doğrusal regresyon (OLS) modeli kullanarak yaptıkları araştırma sonucunda; kilitli bisiklet istasyonlarındaki kullanım için konut alanının pozitif yönde anlamlı bir parametre olduğunu belirtmişlerdir. Üniversiteye yakınlık, restoran sayısı, alışveriş merkezine yakınlık, ticari alanlar ile istasyon kullanımı arasında bir ilişki bulunamamıştır. Ayrıca, bisiklet istasyonu etki alanı içindeki toplu taşıma durakları, transfer noktaları ile de bir ilişki bulunamamıştır. Fakat, kırsal bölgelere uzaklık ile istasyon kullanımı arasında ters bir ilişki bulunmuştur.

Faghih-Imani ve Eluru [14] New York, ABD’de BPS verisini kullanarak, bisiklet kullanımına etki eden faktörleri mekânsal etkileşim modelleri ile incelemişlerdir. Hava koşulları, istasyon kapasitesi, istasyonların 250 m etki alanı içerisindeki park alanları (m^2), restoran sayısı, bisiklet yolu uzunluğu verileri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak, hava sıcaklığının bisiklet kullanımına etki eden bir faktör olmadığı, aşırı yağışın ise bisiklet kullanımını olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca, bisiklet yolu uzunluğunun abone olmayan kullanıcılar için en önemli parametre olduğu; abone kullanıcılar için ise etken bir parametre olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kim ve Cho [15] arazi kullanımı (konut alanı, ticari alan, üniversite alanları), bisiklet alt yapısı (istasyon kapasitesi, etkileşimli bisiklet sayısı), toplu taşıma (otobüs durak sayısı, metro istasyonu sayısı) ile BPS istasyon kullanımı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bisiklet yolculukları, yolculuk mesafelerine göre sınıflandırılmış ve sadece farklı başlangıç-bitiş istasyonlarına sahip yolculuklar analiz kapsamında

değerlendirilmiştir. 10 km'den uzun ve 10 km'den kısa bisiklet yolculuklarını etkileyen faktörler incelendiğinde, arazi kullanım yapısı ile ilişkili tüm değişkenler her iki yolculuk sınıfı için %95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur. İstasyon kapasitesi ve etkileşimli BPS istasyon sayısı (800 m etki alanı içerisindeki) pozitif yönde etki eden değişkenler olduğu gözlemlenmiştir. Otobüs durak sayısının, istasyon kullanımını etkileyen bir faktör olmadığı, metro durak sayısındaki artışın ise istasyon kullanımını arttıran bir faktör olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Schimohr ve Scheiner [17] Negatif Binomial modeli kullanarak yaptıkları çalışmada, üniversitelere, ticaret bölgelerine ve çekim merkezlerine (sinema, müze, tiyatro binaları, restoranlar vs) olan mesafe ile istasyon kullanımı arasında negatif ilişki bulmuşlardır. Singapur'da yapılan çalışmada ise, istasyonların çevresindeki mekânsal özellikler ile istasyon kullanımı arasındaki ilişki Mekânsal Otoresif modeli (*Spatial Autoregressive Model*) ile açıklanmıştır [18]. Model sonuçlarında, metro istasyonlarına uzaklık ile istasyon kullanımı arasındaki ilişki negatif bulunmuştur. BPS istasyonu çevresindeki otobüs durağı sayısı istasyon kullanımını pozitif etkilemiştir. Ayrıca, merkezi iş bölgelerine uzak konumda olan istasyonların daha yoğun kullanıldığı belirtilmiş ve konut alanının istasyon seçiminde etkin değişken olmadığı görülmüştür.

Li ve diğ. [20] Shanghai, Çin'de yapmış oldukları çalışmada, istasyonların çevresindeki mekânsal özellikler ile istasyon kullanımı arasındaki ilişkiyi çoklu doğrusal regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemleri ile incelemişlerdir. Çalışma, 2018 yılına ait 14 günlük bisiklet yolculuk verisi ile yapılmıştır. Bisiklet yolculukları sadece farklı başlangıç-bitiş istasyonu yolculuklarından oluşmaktadır. Çoklu doğrusal regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon modelleri ile R^2 değerleri sırasıyla 0.55 ve 0.83 olarak bulunmuştur. Her iki model için istasyon etki alanı içerisindeki metro istasyonlarını kullanan ortalama yolcu sayısı ile bisiklet istasyonu kullanımını negatif ilişkili bulunmuştur. Aynı veri seti kullanılarak yapılan diğer bir çalışmada ise bisiklet yolculukları, döngü yolculuklar ve farklı başlangıç-bitiş (O-D) yolculukları olarak ikiye ayrılmış ve yolculuk karakteristikleri incelenmiştir [21]. Döngü yolculuklar; eğlence amaçlı yapılan yolculuklar kategorisinde değerlendirilirken, farklı başlangıç-bitiş yolculukları için net bir tanımlama yapılmamıştır. Döngü yolculuklar, tüm yolculukların %1,1'ini oluşturmaktadır.

Negatif Binomal regresyon modeli sonucunda park alanı yakınlarına konumlu bisiklet istasyonlarının döngü yolculuklarında sıklıkla kullanılan istasyonlar olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, ortalama yolculuk süreleri döngü ve başlangıç-bitiş yolculukları için sırasıyla 15.9 dk ve 10.4 dk hesaplanmıştır. Metro istasyonu yakınlarındaki BPS istasyonlarının ve karma arazi kullanımının (konut+ticaret) farklı başlangıç-bitiş yolculuklarını pozitif yönde etkileyen faktörler olduğu açıklanmıştır.

Radzimski ve Dziecielski [22] Poznan, Polonya’da 139 istasyondan oluşan BPS bisiklet yolculuğu verisini (2019 yılına ait) incelemişlerdir. Çalışma kapsamında bisiklet yolculukları, yolculuk mesafelerine göre i.) kısa mesafeli (0-1500m), ii.) orta mesafeli (1500 m-3000 m), ve iii.) uzun mesafeli yolculuklar (>3000 m) olarak sınıflandırılmıştır. Uzun mesafeli yolculuklar toplam yolculukların %20’sini oluşturmaktadır. Her bir yolculuk sınıfı için uygulanan çoklu doğrusal regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon modelleri sonucunda, 500 m istasyon etki alanı içerisindeki etkileşimli istasyon sayısının tüm yolculuk sınıfları için pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir. Sosyal aktivite alanının bulunup bulunmamasının (kukla değişken) kısa ve orta mesafeli bisiklet yolculuklarına pozitif yönde etki eden parametre olduğu görülmüştür. Etki alanı içindeki üniversitenin ve raylı sistem durağının bulunup bulunmamasının, yeşil alanların ve bisiklet altyapısı (bisiklet yolu uzunluğu) değişkenlerinin istasyon kullanımını etkileyen faktörler olmadığı belirtilmiştir.

Wang ve diğ. [23] Montreal Kanada’da yapmış oldukları çalışmada arazi kullanımı, sosyo-demografik ve ulaşım altyapısının bisiklet kullanımına etkisini makine öğrenme yöntemleri (destek vektör makineleri, yapay sinir ağı, karar destek) ve regresyon modelleri ile ayrı ayrı modellemişlerdir. Çalışma sonucunda, makine öğrenme yöntemlerinin klasik regresyon modellerine kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ayrıca, istasyon kapasitesi ve nüfus yoğunluğu BPS kullanımına etki eden en önemli parametreler olduğu belirtilmiştir.

Çin’inin Shanghai kentinde yapılan çalışmada [24], BPS kullanımına etki eden faktörler incelenmiştir. Çalışma kapsamında çoklu doğrusal regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemleri kullanılarak istasyon kullanım sayısı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki çıkartılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda, coğrafi ağırlıklı regresyon yönteminin çoklu doğrusal regresyon yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Metro istasyonu yoğunluğu (binen ve inen kişi sayılarının

toplama), otopark yoğunluğu (sayı/km²) ve yaya yolu yoğunluğu (km/km²) ile istasyon kullanımı arasındaki ilişki pozitif bulunmuştur. Ayrıca, merkezi iş bölgelerine olan mesafenin artmasına bağlı olarak istasyon kullanım sayısı artış göstermiştir. İstasyon kullanımı ile otobüs durağı yoğunluğu (sayı/km²) arasında ise negatif bir ilişki tespit edilmiştir.

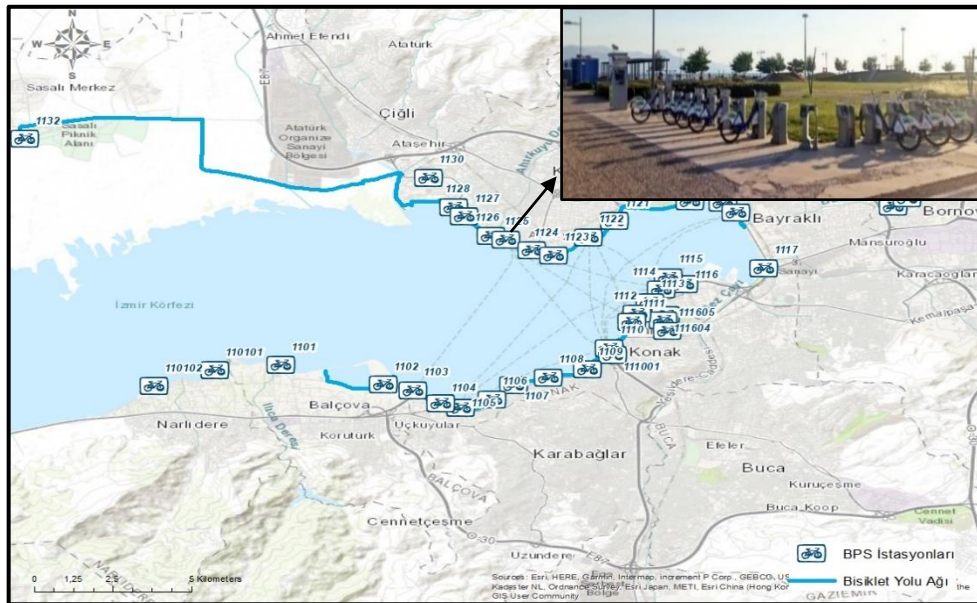
Çin'in Shanghai kentinde yapılan çalışmada [25], 1 aylık BPS yolculuk verisi kullanılmıştır. Bağımsız değişkenler ile istasyon kullanımı arasındaki ilişki rassal orman algoritması ile belirlenmiştir. Konut alanı, yeşil alanlar ve nüfus yoğunluğu BPS istasyonunun kullanımını pozitif yönde etkileyen en önemli faktörler olarak bulunmuştur.

Bölüm 3

Çalışma Alanı ve BPS Verisi

3.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı İzmir ili sınırları içerisindeki bisiklet paylaşım sistemi (BPS) istasyonlarını kapsamaktadır (Şekil 3.1). 2014 yılında 14 adet istasyon ve 311 bisiklet ile kullanıma açılan İzmir Bisiklet Paylaşım Sistemi istasyonları çoğunlukla şehrin kıyı kesimleri boyunca bisiklet yolu üzerinde yer almaktadır. 2019 yılı başlarında 34 istasyonla faaliyet gösteren BPS'ne, 2019 yılı Haziran ayında 1, Aralık ayında 4 yeni istasyon eklenmesi ile sistemdeki istasyon sayısı 39'a çıkmıştır. Sistem 2022 yılı itibariyle 60 istasyon ve 890 bisiklet ile hizmet vermektedir. 24 saat faaliyet gösteren sistemde abone olan kullanıcılar için üye kartı ile, abone olmayan kullanıcılara ise kredi kartı ile kiralama yapılabilmektedir. (BPS, abone olmayan kullanıcılar için 06:00-23:00 arasında hizmet vermektedir.) İstasyonların mekânsal dağılımı Şekil 3.1'de, isimleri Tablo 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.1: İzmir BPS istasyonlarının mekânsal dağılımı

Tablo 3.1: 2019 yılına ait 39 istasyonun isimleri ve kod bilgileri

İsim	Kodu	İsim	Kodu
İnciraltı Rekreasyon Alanı	1101	Alaybey Tersane Kafe	1121
İnciraltı Kent Ormanı	1102	Karşıyaka iskele	1122
Üçkuyular İskelesi	1103	Karşıyaka Evlendirme	1123
A.A Saygun	1104	Yunuslar	1124
Göztepe Köprü	1105	Bostanlı iskele	1125
Susuzdede	1106	Bostanlı Odağı	1126
Köprü	1107	Bostanlı Spor Tesisleri	1127
Karantina	1108	Mavişehir Balıkçı B.	1128
Karataş	1109	Mavi Bahçe	1130
Konak İskele	1110	Kuş Cenneti	1131
Pasaport İskele	1111	Doğal Yaşam Parkı	1132
Vasıf Çınar	1112	Sahilevleri 1	110101
Ali Çetinkaya Bulvarı	1113	Sahilevleri 2	110102
Alsancak İskele	1114	Konak Metro	111001
Liman	1115	Fuar Lozan	111603
Alsancak Garı	1116	Fuar Montrö	111604
Meles Rekreasyon Alanı	1117	Fuar Basmane	111605
Bayraklı İskele	1118	Buz Pisti 1	111701
Bayraklı Nikah Salonu	1119	Buz Pisti 2	111702
İzban Turan	1120		

3.2 Veri Yapısı

Tez kapsamında, bisiklet kullanıcılarının yolculuk davranışını incelemek amacıyla Covid-19 pandemi dönemi öncesine ait veriler kullanılmıştır. Bu bağlamda, 39 istasyona ait kullanıcı bazlı bisiklet yolculuk verisi 2019 yılı için (1-yıllık) İzmir Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Abone kartı veya kredi kartı kullanılarak yapılan bisiklet yolculuklarına ait örnek veri seti Tablo 3.2'de gösterilmiştir. Söz konusu veriler, her bir yolculuğa ait bisiklet numarasını, kullanıcı grubunu (1: abone, 3: abone olmayan), yolculuğun başlangıç ve bitiş zamanını, yolculuğun başlangıç ve bitiş istasyonunu ve yolculuk süresi bilgilerini içermektedir. Örnek olarak, "154" numaralı bisiklet, abone kullanıcı tarafından

17.04.2019 tarihinde saat 14:31’de “1110” kodlu Konak iskele istasyonundan kiralanıp, aynı tarihte saat 14:43’te “1108” kodlu Karantina istasyonuna bırakılmıştır. Toplam bisiklet yolculuğu süresi 12 dk’dır. Başka bir örnekte ise, “281” numaralı bisiklet, abone olmayan kullanıcı tarafından “1109” kodlu Karataş istasyonundan kiralanıp 54 dk sonra aynı istasyona bırakılmıştır. 2019 yılına ait BPS istasyonları kullanılarak toplamda 369.196 adet bisiklet yolculuğu yapılmıştır. Tablo 3.2’de görüldüğü üzere BPS verisi, bisiklet takip verisini (*GPS track data*) ve kullanıcıların hangi amaçla bisikleti kiraladıkları bilgilerini içermemektedir.

Tablo 3.2: Örnek BİSİM verisi

Bisiklet No	Kullanıcı Grubu	Başlama Zamanı	Variş Zamanı	Başlangıç İstasyonu Kodu	Variş İstasyonu Kodu	Yolculuk Süresi (dk)
...
154	1	17.04.2019 14:31	17.04.2019 14:43	1110	1108	12
281	3	17.04.2019 14:31	17.04.2019 15:25	1109	1109	54
225	3	17.04.2019 14:32	17.04.2019 15:24	1102	1101	52
...

Yolculuk davranışları ve bisiklet kullanımına etki eden faktörler belirlenmeden önce, BPS veri setine filtreleme işlemi uygulanarak hatalı olduğu düşünülen yolculuk verileri elimine edilmiştir. Bu bağlamda, yolculuk süresi 5 dakikadan az olan ve aynı istasyondan kiralanıp aynı istasyona bırakılan bisiklet yolculukları çıkartılmıştır. Bu süre, kullanıcıların bisikletin mekanik aksamını kontrol edip (fren, lastik basıncı vs), sorun olması durumunda ücretsiz değişim yapıldığı süreyi kapsamaktadır. Ayrıca, 150 dk’dan uzun bisiklet yolculukları da analiz kapsamına dahil edilmemiştir. Filtreleme işlemi sonucunda 49.050 yolculuk verisi çıkartılmıştır. Bu sayı toplam yolculuğun (369.196) %13’üne tekabül etmektedir. Tablo 3.3’te abone ve abone olmayan kullanıcı gruplarına ait 1 yıllık toplam yolculuk sayısı bilgileri verilmektedir. Filtreleme işlemi sonucunda, abone kullanıcı grubu için 303.908 yolculuk sayısı 262.386’ya düşmüştür (Tablo 3.3). Abone olmayan kullanıcı grubu için ise 65.288 olan yolculuk sayısı 57.760’a düşmüştür. Sonuç olarak, filtrelenmiş yolculuk verileri incelendiğinde, bisiklet yolculuklarının %82’sini abone kullanıcı grubunun oluşturduğu söylenebilir.

Tablo 3.3: Kullanıcı gruplarına ait yolculuk sayısı bilgileri

	2019 Yılı BİSİM Kullanıcı Sayıları	
	Ham Veri	Filtrelenmiş Veri
Abone	303.908	262.386
Abone Olmayan	65.288	57.760
Toplam	369.196	320.146

Bölüm 4

Yolculuk Davranışlarının İncelenmesi

Bu bölümde, BPS kullanıcılarının yolculuk davranışları ve örüntüsünün çıkartılması amaçlanmıştır. Bölüm 3'te bahsedildiği üzere, bisiklet yolculuklarının hangi amaçla yapıldıkları bilinmemektedir. Veri seti incelendiğinde, bazı yolculukların kiralama ve bırakma istasyonlarının aynı olduğu görülmüştür. Literatürde yapılan çalışmalarda bu tür yolculuklar, döngü yolculuklar (*loop trips*) olarak isimlendirilip aktivite amaçlı yapılan yolculuklar kategorisinde değerlendirilmiştir [5, 21, 26]. Kou ve Cai [5] döngü yolculuklarının haricindeki bisiklet yolculuklarını evden işe veya işten eve yapılan yolculuklar olarak tanımlamıştır. Maas ve diğ. [26] ise bisiklet yolculuklarını döngü yolculuklar ve ulaşım amaçlı yolculuklar olarak sınıflandırmıştır. Buradaki ulaşım amaçlıdan kasıt, bisikleti bir yerden bir yere gitmek amacıyla kullanan yolculukları içermektedir.

Bisiklet yolculuklarını kullanım amaçlarına göre sınıflandırmak için 2019 yılı BPS yolculuklarına ait veri seti incelendiğinde iki tür yolculuk görülmektedir. Bunlar; aynı başlangıç-bitiş istasyonuna sahip olan yolculuklar (döngü yolculuklar) ve farklı başlangıç-bitiş istasyonuna sahip olan yolculuklardır. Literatüre paralel olarak döngü yolculuklar aktivite amaçlı bisiklet yolculukları kategorisinde değerlendirilmiştir. Aktivite amaçlı yapılan yolculuklar spor, turistik, rekreasyon amaçlı yapılan yolculukları temsil etmektedir.

Farklı başlangıç-bitiş istasyonlarına sahip yolculuklar incelenmeden önce istasyonlar arası mesafe bilgileri analiz edilmelidir. BPS istasyonları ve mevcut bisiklet yolu İzmir ilinde sahil boyunca sıralı şekilde konumludur. 2019 yılı itibari ile yaklaşık 40 km

bisiklet yolu bulunmaktadır. BPS istasyonları birbirine bisiklet yolları ile bağlanmaktadır. BPS istasyonları arasındaki mesafe ArcGIS PRO programı yardımı ile hesaplanmıştır. Hesaplanan yolculuk mesafesi verisi kullanılarak veri setinde yer alan yolculuk süresi bilgisi ile bisiklet hızları belirlenmiştir.

Farklı başlangıç-bitiş istasyonlarına sahip yolculukların yolculuk süreleri ve yolculuk mesafeleri arasındaki ilişki incelendiğinde 2 farklı yolculuk durumu tespit edilmiştir. Bunlardan birincisi; uzun süreli bisiklet kullanan ancak kısa mesafede bırakma yapan yolculuklar, ikincisi; yolculuk süresi ve mesafesi orantılı olarak artan yolculuklardır. Tablo 4.1’de 2 farklı bisiklet yolcuğuna ait örnek veri seti gösterilmektedir.

Tablo 4.1: Farklı yolculuk durumu örnekleri

Bisiklet No	Kullanıcı Grubu	Başlama Zamanı	Variş Zamanı	Başlangıç İstasyonu Kodu	Variş İstasyonu Kodu	Yolculuk Süresi dk	Yolculuk Mesafesi (m)	Hız km/sa
...
169 [†]	1	03.09.2019 13:57	03.09.2019 14:51	1127	1126	54	970	1,07
097 ^{††}	1	03.09.2019 13:57	03.09.2019 14:12	1110	1107	15	3040	12,2
...

†: birinci yolculuk durumu, ††: ikinci yolculuk durumu

Tablo 4.1 incelendiğinde;

- i) Birinci yolculuk durumuna ait örnek olarak “169” numaralı bisiklet, abone kullanıcı tarafından 03.09.2019 tarihinde saat 13:57’de “1127” kodlu Bostanlı Spor Tesisleri istasyonundan kiralanıp, aynı tarihte saat 14:51 ’de “1126” kodlu Bostanlı Odağı istasyonuna bırakılmıştır. Toplam bisiklet yolculuk süresi 54 dk’dır. Bu yolculuğun yolculuk mesafesi 970 m ve hızı 1,07 km/sa olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.1’de bu yolculuğa ait seyahat rotası gösterilmektedir.
- ii) İkinci yolculuk durumuna ait örnek olarak “097” numaralı bisiklet, abone kullanıcı tarafından 03.09.2019 tarihinde saat 13:57’de “1110” kodlu Konak iskele istasyonundan kiralanıp, aynı tarihte saat 14:12’de “1107” kodlu Köprü istasyonuna bırakılmıştır. Toplam bisiklet yolculuğu süresi 15 dk’dır. Bu yolculuğun yolculuk mesafesi 3040 m ve hızı 12,2 km/sa olarak

hesaplanmıştır. Şekil 4.2’de bu yolculuğa ait yolculuk rotası gösterilmektedir.



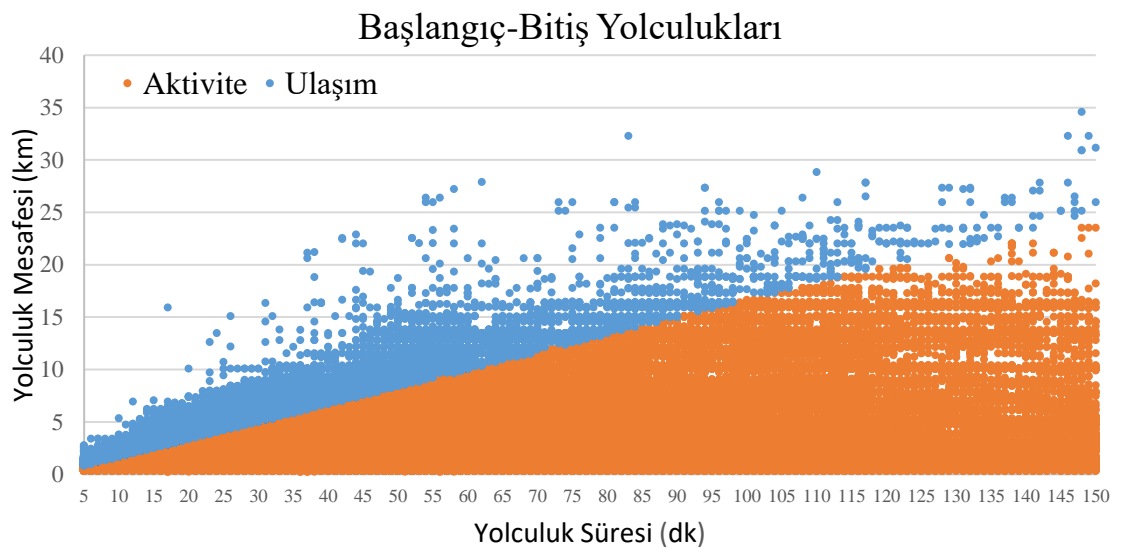
Şekil 4.1: Birinci yolculuk durumuna ait yolculuk rotası



Şekil 4.2: İkinci yolculuk durumuna ait yolculuk rotası

Literatürde yapılan çalışmalarda BPS kullanıcıları için ortalama bisiklet hızının 10-13 km/sa arasında olduğu görülmektedir [27, 28]. Birinci yolculuk durumunda hesaplanan hız değerinin (1,07 km/sa) literatürde yapılan çalışmalara uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bu değer geçek hız bilgisini yansıtmamaktadır. Bu yolculuk durumu kullanıcıların bisikleti kiralama yaptıktan sonra belirli bir süre yolculuk yapıp ters istikamette geri dönüş yapmaları veya bisiklet kiralaması yaptıktan sonra belirli bir süre mola (dinlenme, alışveriş, yemek yeme, fotoğraf çekilmek vb) vermeleri ile açıklanabilir. Bu durumda başlangıç-bitiş yolculukları literatürde önerilen ortalama bisiklet hızı 10 km/sa eşik değer kabul edilerek, 10 km/sa hızın altındaki yolculuklar da aktivite amaçlı yapılan yolculuklar kategorisinde değerlendirilmiştir.

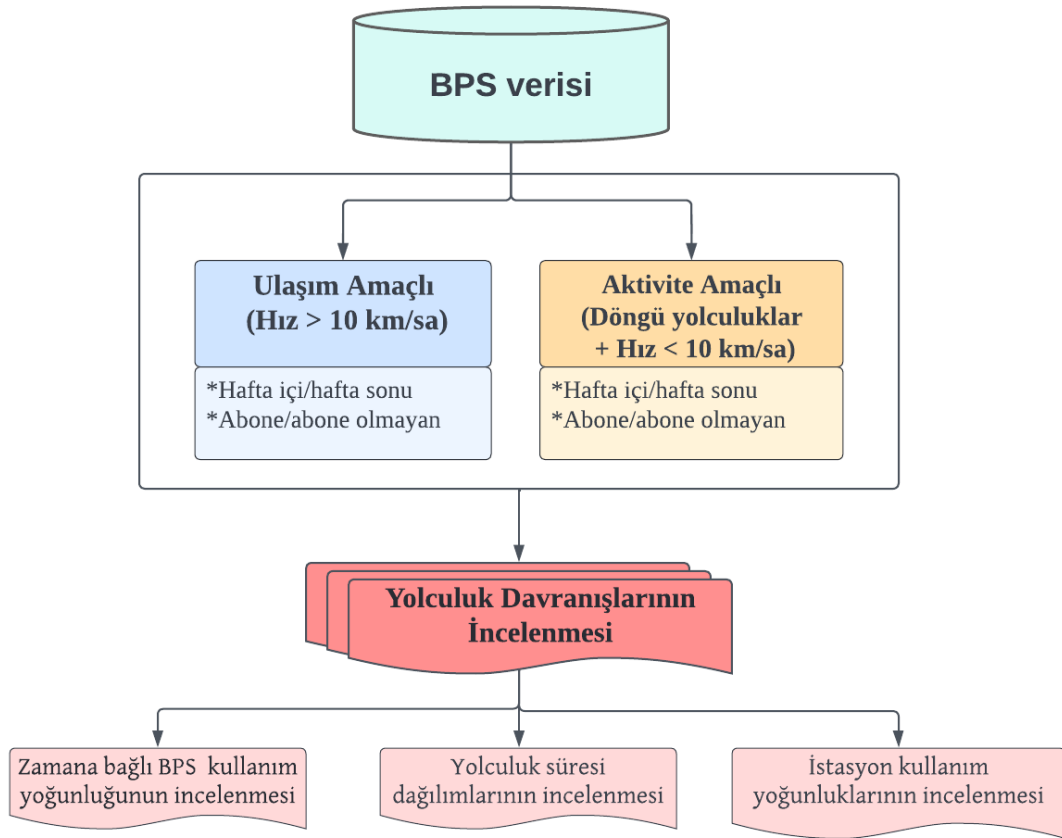
10 km/sa hızın üzerindeki bisiklet yolculukları ise ulaşım amaçlı yapılan bisiklet yolculukları olarak kabul edilmiştir. Ulaşım amaçlı yolculuklar, evden işe veya işten eve yapılan yolculukların yanı sıra, alışveriş merkezine, merkezi iş bölgesine, ana çekim bölgelerine, toplu taşıma araçlarına, yani bir noktadan bir noktaya, gitmek amaçlı yapılan yolculuklar olarak tanımlanmıştır. Özetle, bisiklet yolculukları kullanım amaçlarına göre (ulaşım veya aktivite) sınıflandırılmıştır. Şekil 4.3' te başlangıç-bitiş yolculuklarına ait yolculuk mesafesi-yolculuk süresi grafiği gösterilmektedir. Şekil 4.3 incelendiğinde; aktivite amaçlı kabul edilen yolculukların büyük bir çoğunluğunun uzun yolculuk süresine ve kısa yolculuk mesafesine sahip yolculuklardan oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.3: Başlangıç-Bitiş yolculuklarına ait yolculuk mesafesi- yolculuk süresi grafiği

Yolculuk davranışlarının incelenmesi ve örüntüsünün çıkartılmasına ait akış şeması Şekil 4.4'te gösterilmektedir. Yolculuk davranışları 3 ana başlık altında analiz edilmiştir. Bu başlıklar: i.) zamana bağlı kullanım yoğunluklarının incelenmesi, ii.) yolculuk süresi dağılımlarının incelenmesi ve iii.) istasyon kullanım yoğunluklarının incelenmesidir. Her bir başlık için, yolculuk davranışları aşağıdaki listelenen durumlara göre ayrı ayrı analiz edilmiştir:

- Ulaşım amaçlı hafta içi yolculuklar
- Ulaşım amaçlı hafta sonu yolculuklar
- Ulaşım amaçlı abone kullanıcılar
- Ulaşım amaçlı abone olmayan kullanıcılar
- Aktivite amaçlı hafta içi yolculuklar
- Aktivite amaçlı hafta sonu yolculuklar
- Aktivite amaçlı abone kullanıcılar
- Aktivite amaçlı abone olmayan kullanıcılar



Şekil 4.4: Akış şeması

4.1 Ön Analiz Sonuçları

Abone ve abone olmayan kullanıcı gruplarının hafta içi ve hafta sonu yapmış oldukları bisiklet yolculukları, yolculuk amaçlarına (ulaşım veya aktivite) göre sınıflandırılarak ayrı ayrı incelenmiştir. 2019 yılı için toplam 320.146 bisiklet yolculuğu yapılmıştır. Bu yolculukların %89'u aktivite amaçlı; %11'i ise ulaşım amaçlı yapılmıştır (Tablo 4.2). İzmir ilinde bisiklet yollarının şehrin kıyı kesimlerinde ve park alanlarına yakın olarak konumlanması, BPS'nin aktivite amaçlı kullanılmasının en önemli sebebidir. Tablo 4.2 incelendiğinde aşağıdaki çıkarımlar yapılmıştır:

Ulaşım amaçlı yolculuklar:

- Hafta içindeki toplam 22.469 yolculuğun %90'ı abone kullanıcılar tarafından gerçekleştirilmiştir. Hafta sonundaki 13.983 yolculuğun %88'i abone kullanıcılar tarafından yapılmıştır.
- Günlük ortalama yolculuk sayıları hafta içi için 90 yolculuk/gün, hafta sonu için ise 119 yolculuk/gün olarak hesaplanmıştır. (Not: resmî tatiller hafta sonu günleri kapsamında değerlendirilmiştir. 2019 yılı, 118 gün hafta sonu ve 247 gün hafta içi günlerinden oluşmaktadır.)

Aktivite amaçlı yolculuklar:

- Hafta içi günlerinde yapılan toplam 142.074 yolculuğun %83'ü abone kullanıcılar tarafından gerçekleştirilmiştir. Hafta sonu günlerinde ise toplam 112.425 yolculuk yapılmış olup bu yolculukların %79'u abone kullanıcılar tarafından gerçekleştirilmiştir.
- Hafta içi ve hafta sonu yapılan toplam yolculuk sayıları birbirlerine çok yakın olmasına karşın, günlük ortalama yolculuk sayıları hafta içi için 575 yolculuk/gün, hafta sonu için ise 1.200 yolculuk/gün olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, BPS'nin çoğunlukla abone kullanıcılar tarafından tercih edildiği söylenebilir. BPS'nin abone kullanıcılarına sağlamış olduğu hızlı, güvenli ve düşük ücretli kiralama hizmeti; abone olmayan kullanıcıların yüksek ücret ödemeleri ve istasyonlarda uzun süren kiralama işlemleri bu durumun en önemli nedeni olarak görülmektedir.

Tablo 4.2: BPS 2019 yılı yolculuk sayıları

Yıllık Yolculuk Sayıları						
	Ulaşım Amaçlı			Aktivite Amaçlı		
	Abone	Abone Olmayan	Toplam	Abone	Abone Olmayan	Toplam
Hafta içi	20.123 (%90)	2.346 (%10)	22.469	117.586 (%83)	24.488 (%17)	142.074
Hafta sonu	12.252 (%88)	1.731 (%12)	13.983	112.425 (%79)	29.195 (%21)	141.620
Ulaşım amaçlı toplam: 36.452 (%11)			Aktivite amaçlı toplam:283.694 (%89)			
Günlük Ortalama Yolculuk Sayıları						
	Ulaşım Amaçlı			Aktivite Amaçlı		
	Abone	Abone Olmayan	Toplam	Abone	Abone Olmayan	Toplam
Hafta içi	81	9	90	476	99	575
Hafta sonu	104	15	119	953	247	1200

Aktivite ve ulaşım amaçlı yolculukların yolculuk süreleri arasında önemli derecede farklılıklar bulunmaktadır. Aktivite amaçlı yolculukların yolculuk süresi ulaşım amaçlı yapılan yolculukların yaklaşık iki katıdır (Tablo 4.3).

Ulaşım amaçlı yolculuk süreleri:

- Hafta içi günlerinde, abone kullanıcılar için ortalama 25 dk, abone olmayan kullanıcılar için ise ortalama 27 dk'dır. Ulaşım amaçlı yolculukların ortalama bisiklet hızı 10 km/sa kabul edildiğinde ortalama yolculuk mesafesinin 4,5 km olduğu sonucuna varılabilir.
- Hafta sonu günlerinde, ortalama yolculuk süreleri abone ve abone olmayan kullanıcılar için sırasıyla 30 dk ve 32 dk olarak hesaplanmıştır.
- Abone kullanıcılar için standart sapma ve medyan değerleri hafta içi 17 dk ve 21 dk; hafta sonu 21 dk ve 25 dk olarak bulunmuştur. Abone olmayan kullanıcıların bu değerleri nispeten daha fazladır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Aktivite ve ulaşım amaçlı BPS kullanıcılarının ortalama yolculuk süreleri (dk)

Ulaşım Amaçlı						
	Hafta İçi			Hafta Sonu		
	Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Ortalama	Standart Sapma	Medyan
Abone	25	17	21	30	21	25
Abone Olmayan	27	19	21	32	23	25

Aktivite Amaçlı						
	Hafta İçi			Hafta Sonu		
	Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Ortalama	Standart Sapma	Medyan
Abone	53	31	49	56	32	51
Abone Olmayan	56	32	49	59	34	51

Aktivite amaçlı yolculuk süreleri:

- Hafta içi günlerinde, abone kullanıcılar için ortalama 53 dk iken abone olmayan kullanıcılar için ortalama 56 dk'dır.
- Hafta sonu günlerinde, ortalama yolculuk süreleri abone ve abone olmayan kullanıcılar için 56 dk ve 59 dk olarak hesaplanmıştır.
- Abone kullanıcılar için hafta içi ve hafta sonları yolculuklarının standart sapma ve medyan değerleri arasında belirgin farklılıklar gözlenmemiştir (standart sapma=31-32 dk, medyan=49-51dk). Benzer durum abone olmayan kullanıcılar için de geçerlidir (standart sapma= 32-34 dk, medyan 49-51 dk).

Aktivite amaçlı yolculuklar için, ortalama yolculuk süresi ve standart sapma değerlerinin gerek hafta içi gerekse hafta sonu ulaşım amaçlı yolculuklara göre daha yüksek olması, başlangıçta kabulü yapılan 10 km/sa hızın altındaki yolculukların aktivite amaçlı olduğunun bir göstergesidir.

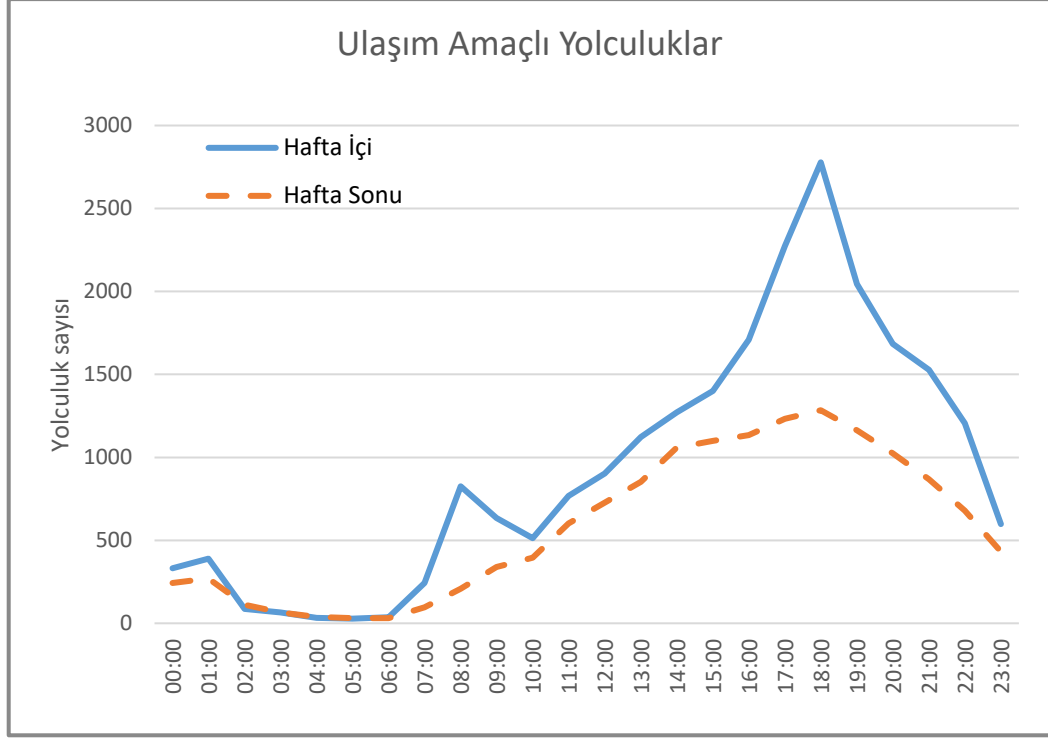
4.2 Zamana Bağlı BPS Kullanım Yoğunluğunun İncelenmesi

BPS kullanıcılarının ulaşım ve aktivite amaçlı yolculuklarının; gerek yolculuk gününe göre (hafta içi-hafta sonu) gerekse kullanıcı türüne göre (abone-abone olmayan) gün içerisindeki zamana bağlı kullanım yoğunlukları ayrı ayrı incelenmiştir.

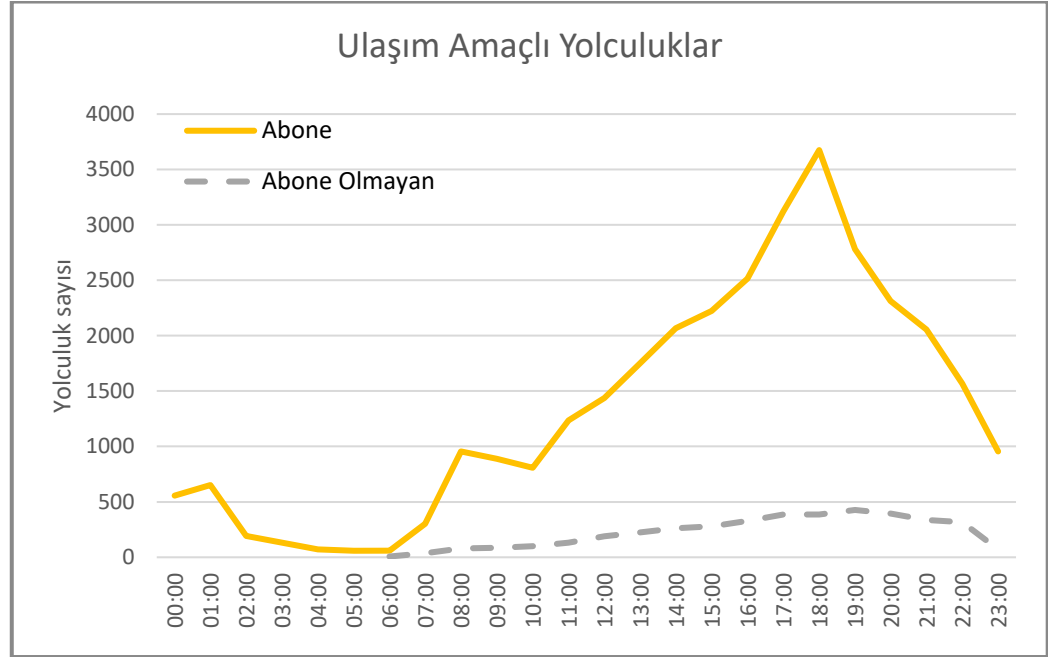
Ulaşım amaçlı yolculuklar

Hafta içi ve hafta sonu zamana bağlı kullanım yoğunlukları belirgin farklılıklar göstermektedir (Şekil 4.5). Hafta içi, 00:00-07:00 arasında hareketliliğin az olduğu; 07:00'dan sonra kullanım oranının artarak ilk zirve noktasına 08:00'da ulaştığı görülmüştür. 08:00-10:00 saatleri arasında yolculuk sayılarında kısmi bir düşüş yaşanmasına karşın 10:00'dan sonra yolculuk sayısı gün içerisinde artarak 18:00'da tepe noktasına ulaşmıştır. Sabah ve akşam saatlerinde 2 tepe noktası görülmesi BPS'nin hafta içi günlerinde işe gidip gelme (*commute*) amaçlı kullanıldığının bir göstergesidir. Ayrıca, 10:00-18:00 arası sürekli artan bir kullanım, BPS'nin işe gidip gelmenin yanı sıra özellikle bir yerden bir yere gitmek amaçlı (*cycling for transport*) olarak da tercih edildiğinin bir belirtisidir. 18:00'dan sonra ise yolculuk sayılarında ciddi düşüşler gözlemlenmiştir. Hafta sonu günlerinde ise; yolculuk sayılarının, sabah 07:00'dan başlayarak artış gösterdiği, akşam 18:00'da zirveye ulaştığı görülmüştür. Bu durumun, hafta sonu kullanıcılarının bisikleti sadece bir yerden bir yere gitmek amacıyla kullandığının göstergesi olduğu düşünülmektedir.

Ulaşım amaçlı abone ve abone olmayan kullanıcıların zamana bağlı kullanım yoğunlukları incelendiğinde (Şekil 4.6), abone olmayan kullanıcıların gün boyu benzer sıklıklarda kullanım sergilediği; yolculuk sayılarının 16:00-20:00 saatleri arasında tekdüze olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5: Ulaşım amaçlı yolculuk sayılarının zamana bağlı değişimi

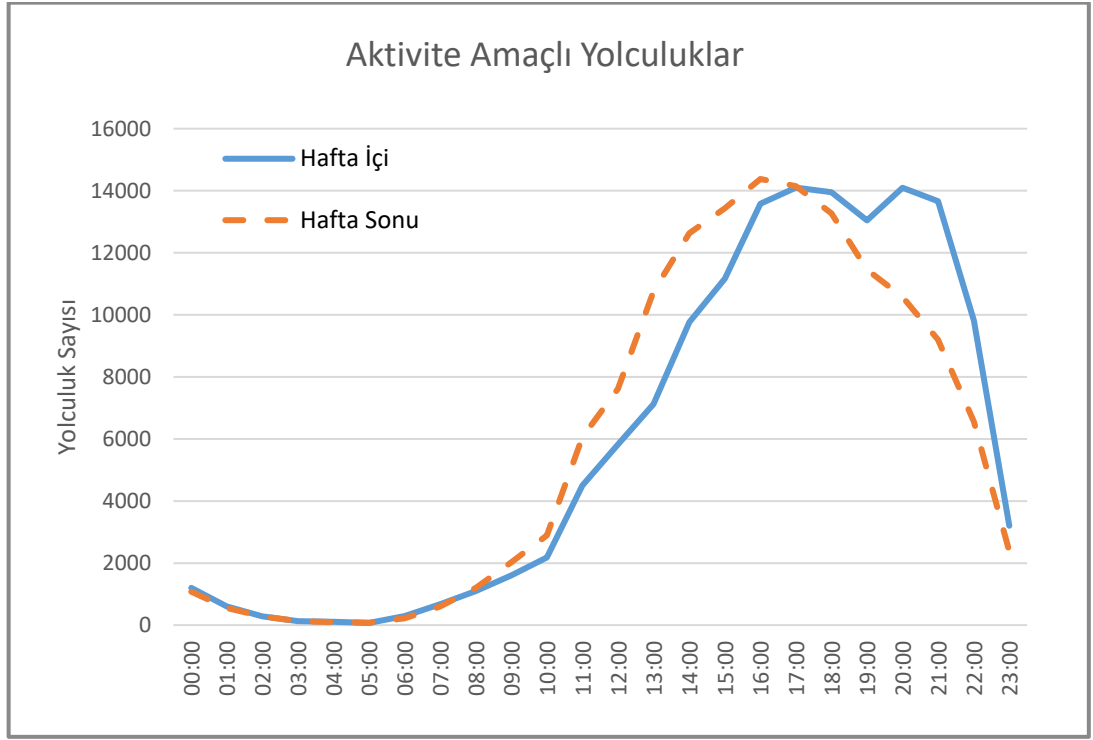


Şekil 4.6: Ulaşım amaçlı abone ve abone olmayan yolculuk sayılarının zamana bağlı değişimi

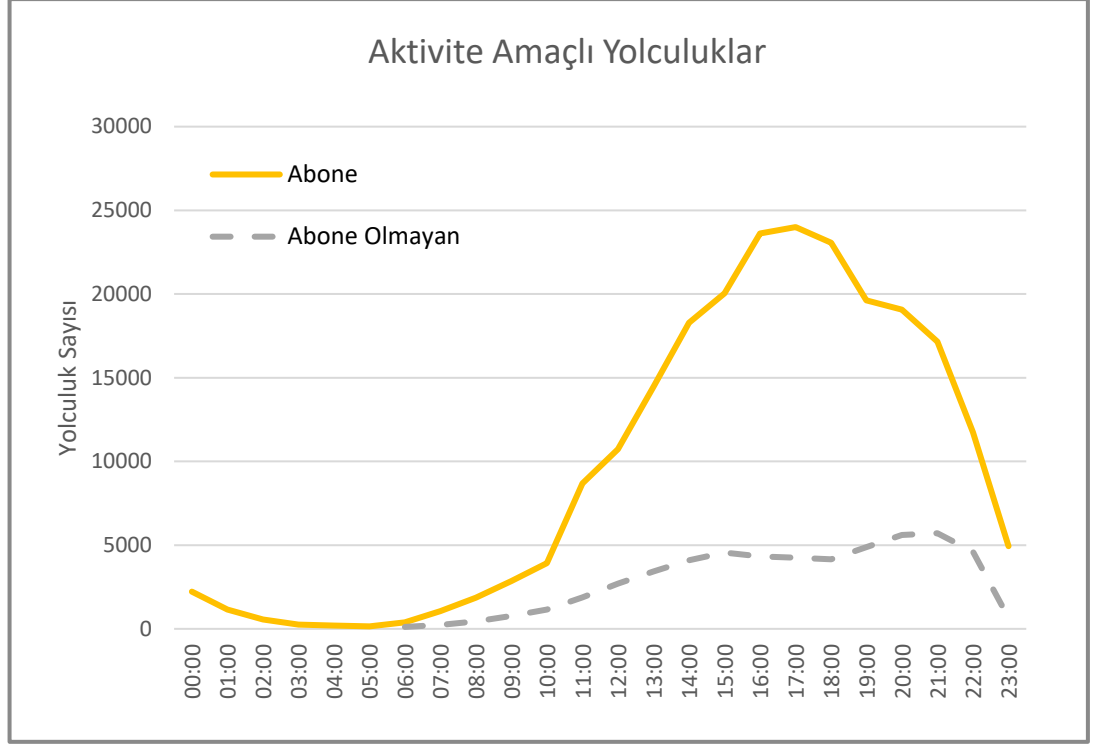
Aktivite amaçlı yolculuklar

Ulaşım amaçlı yolculukların aksine, hafta içi yolculuk sayıları sabah saatlerinden itibaren artış göstermiş (Şekil 4.7) ve bu artışlar; 16:00'da tepe noktasına ulaşarak, 22:00'a kadar devam etmiştir. Sonrasında, yolculuk sayısı düşmüştür. Gece saatlerine kadar devam eden bisiklet kullanımı göz önünde bulundurulduğunda, aktivite amaçlı yolculukların gezinti, spor, eğlence amaçlı yapıldığı sonucuna ulaşılabilir. Hafta sonu günlerinde, yolculuk sayısı 10:00'dan itibaren artarak 18:00'da zirve noktasına ulaşmıştır. Hafta içi kullanım örüntüsünden farklı olarak, 18:00'dan sonra yolculuk sayısı azalmaya başlamıştır.

Ulaşım amaçlı kullanımda olduğu gibi, aktivite amaçlı kullanımlarda da abone olmayan kullanıcı grubunun yaptığı yolculuk sayılarının 14:00-21:00 saatleri arasında tekdüze olduğu gözlemlenmiştir (Bakınız Şekil 4.8).



Şekil 4.7: Aktivite amaçlı yolculuk sayılarının zaman bağılı değişimi



Şekil 4.8: Aktivite amaçlı abone ve abone olmayan yolculuk sayılarının zamana bağlı değişimi

4.3 Yolculuk Süresi Dağılımlarının İncelenmesi

Ulaşım ve aktivite amaçlı yolculukların yolculuk süresi dağılımları; yolculuk gününe (hafta içi-hafta sonu) ve kullanıcı grubuna (abone-abone olmayan) göre incelenmiştir. Çalışma kapsamında, yolculuk süresi dağılımlarına en uygun dağılım belirlenmiştir. Bu bağlamda; Normal, Lognormal, Weibull, Exponential ve Gamma dağılımları seçilmiştir. Bu dağılımlara ait denklemler sırası ile Denklem 4.1-4.5'te gösterilmektedir.

Normal dağılım:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (4.1)$$

Lognormal dağılım:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (4.2)$$

Weibull dağılımı:

$$f(x) = \frac{\beta}{a^\beta} x^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{x}{a} \right)^\beta \right] \quad (4.3)$$

Exponential dağılımı:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp \left[- \frac{x}{\sigma} \right] \quad (4.4)$$

Gamma dağılımı:

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(a)\sigma^a} x^{a-1} \exp \left(- \frac{x}{\sigma} \right) \quad (4.5)$$

Dağılım formüllerinde; “ σ ” standart sapmayı, “ μ ” ortalamayı, “ β ” ve “ a ” gamma dağılım parametrelerini göstermekte olup; “ $\Gamma(a)$ ” gamma fonksiyonunu ifade etmektedir.

En uygun dağılım Kolmogorov–Smirnov (K-S) ve Anderson–Darling testleri yardımıyla %95 güven aralığında belirlenmiştir.

4.3.1 Ulaşım Amaçlı Yolculukların Yolculuk Süresi Dağılımı

Ulaşım amaçlı yolculukların yolculuk süresi dağılım grafiği hafta içi için Şekil 4.9, hafta sonu için Şekil 4.10’da gösterilmiştir. Hafta içi günlerindeki yolculuk süresi dağılımı incelendiğinde:

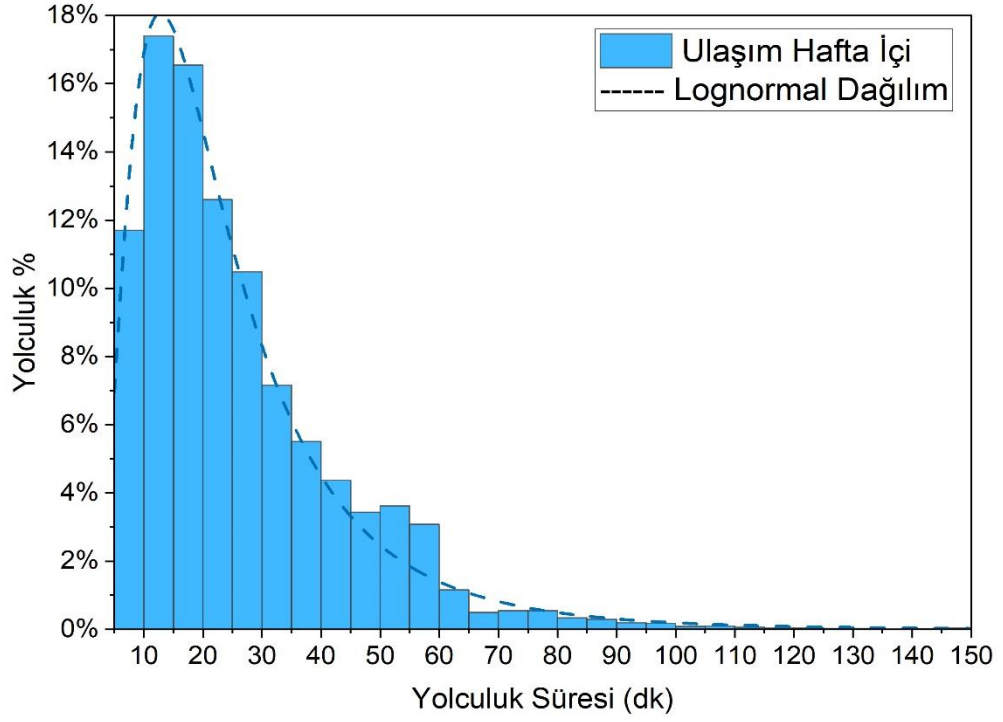
- Kullanıcıların %11’i 5-10 dk arası kısa süreli, %33’ ü ise 10-20 dk arası bisiklet yolculuğu yapmıştır. Ulaşım amaçlı yolculuklarda, kullanıcıların %44’ünün 20 dk ve daha kısa süreli bisiklet kullandığı sonucuna ulaşılmıştır.
- 20 dk üzeri bisiklet kullanım oranı ise dramatik bir şekilde azalmıştır. 25-30 dk arası yolculukların oranı %10,5; 35-40 dk arası yolculukların oranı ise %5,5 olarak hesaplanmıştır.
- Ulaşım amaçlı seyahat edenlerin yalnızca %3’ ü 55-60 dk arasında yolculuk yapmıştır.
- Başlangıç/Bitiş istasyonları arasındaki ortalama yolculuk süresi 25 dk, ortalama yolculuk mesafesi ise 5,2 km olarak hesaplanmıştır.

Hafta sonu günlerindeki yolculuk süresi dağılımı incelendiğinde:

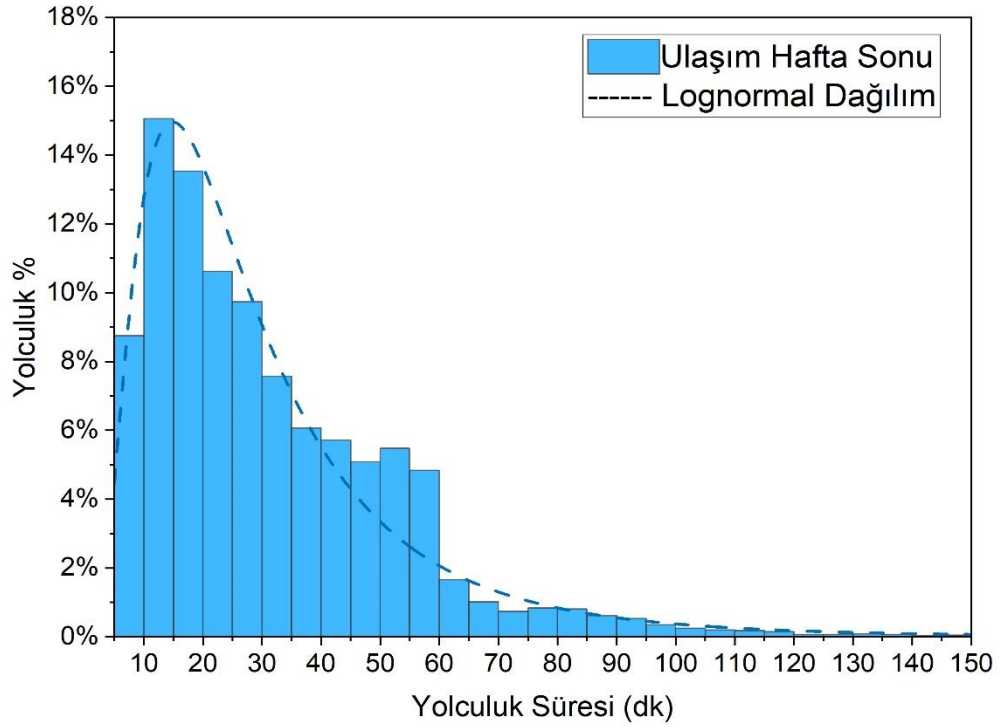
- Hafta sonu günlerindeki yolculuk sürelerinin, hafta içi günlerindeki yolculuk sürelerine kıyasla daha uzun olduğu belirlenmiştir. Hafta sonu günlerinde, 20 dk ve daha az bisiklet yolculuğu yapan kullanıcıların oranı, hafta içi günlerinde 20 dk ve daha az bisiklet yolculuğu yapan kullanıcılara kıyasla %7 daha azdır.
- 20 dk üzeri bisiklet yolculuklarının oranının, hafta içi profilinden farklı olarak dramatik azalma göstermediği gözlemlenmiştir.
- Hafta sonu günlerinde 30-60 dk aralığında bisiklet kullananlar, toplam yolculuğun %28'ini oluşturmaktadır.
- 70 dk ve üzeri kullanım yüzdesi ise ihmal edilecek kadar azdır.
- Başlangıç/Bitiş istasyonları arasındaki ortalama yolculuk süresi 30 dk, ortalama yolculuk mesafesi ise 6,1 km olarak hesaplanmıştır.

Abone ve abone olmayan kullanıcı türleri yolculuk süresi dağılım grafiği Ek-A 1 ve Ek A-2'de gösterilmektedir. Abone ve abone olmayan kullanıcıların dağılım grafikleri arasında ciddi farklılıklar gözlenmemiştir.

Bisikletin ulaşım amaçlı kullanımındaki yolculuk sürelerinin belirlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda; Kou ve Cai [5] ABD'deki sekiz eyalet için ortalama yolculuk süresinin 16 dk olduğunu belirtmiştir. Xing ve diğ. [3] ,Shanghai (Çin) için, ortalama yolculuk süresini ve mesafesini sırasıyla 16,2 dk ve 3,0 km olarak bulmuştur. Maas ve diğ. [26] Las Palmas (İspanya) için ulaşım amaçlı yolculukların ortalama yolculuk süresinin 19 dk (medyan 13dk), Malta için 30 dk (medyan 14 dk) olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmalardaki değerler, hafta içi ve hafta sonu günlerindeki yolculukların bir arada değerlendirildiği ortalama değerlerdir. Tez kapsamında elde edilen bulgular, literatürdeki diğer çalışmalarda elde edilen bulgular ile kıyaslandığında, ortalama yolculuk süresinin (hafta içi= 25 dk, hafta sonu=30 dk) birbirlerine yakın olduğu görülmüştür.



Şekil 4.9: Hafta içi yolculuk süresi dağılım grafiği (Ulaşım amaçlı)



Şekil 4.10: Hafta sonu yolculuk süresi dağılım grafiği (Ulaşım amaçlı)

Yolculuk süresinin dağılımı, istatistiksel dağılım modelleri ile açıklanmaya çalışılmış ve dağılımın karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Ulaşım amaçlı yolculuk süresi dağılımı model parametreleri, uygunluk testi sonuçları, hafta içi ve hafta sonu günlerinde abone ve abone olmayan kullanıcılar için Tablo 4.3'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, hafta içi ve hafta sonu yolculuk süresi dağılımına en uygun dağılımın Lognormal dağılım olduğu görülmüştür (hafta içi: K-S istatistiği=0,028, A-D=34; hafta sonu: K-S istatistiği=0,046, A-D=42).

Lognormal dağılım için: hafta içi günlerinde; logaritmik ortalama (μ) 3,01 dk, (yaklaşık 20,29 dk), logaritmik standart sapması (σ) ise 0,68 dk (1,97 dk) olarak hesaplanmıştır. Hafta sonu günlerinde ise: logaritmik ortalama (μ) 3,19 dk, (yaklaşık 24,28 dk), logaritmik standart sapma (σ) 0,70 dk (2,01 dk)'dır. Abone ve abone olmayan kullanıcı türleri için de Lognormal dağılım %5 anlamlılık düzeyinde en uygun dağılımdır (Tablo 4.4). Uygunluk testleri sonucunda, ulaşım amaçlı yapılan yolculuklara ait en iyi olasılık dağılımı olarak belirlenen Lognormal dağılımın olasılık yoğunluk grafiği Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'da gösterilmektedir. Bununla birlikte, kümülatif yoğunluk fonksiyonu, Lognormal dağılım için Şekil 4.10'da gösterildiği gibidir. Lognormal dağılıma göre, hafta içi ulaşım amaçlı yolculukların %50'sinin yolculuk süresinin 20 dk ve daha az, hafta sonunda ise 22 dk ve daha az olduğu söylenilebilir.

Tablo 4.4: Yolculuk süresi Uygunluk Testi Sonuçları (ulaşım amaçlı)

Ulaşım Amaçlı									
		Hafta içi		Hafta sonu		Abone		Abone Olmayan	
Dağılım ve uyum derecesi testi		İstatistik Değeri	p	İstatistik Değeri	p	İstatistik Değeri	p	İstatistik Değeri	p
Normal	K-S	0,124	≤ 0,01	0,11519	≤ 0,01	0,12138	≤ 0,01	0,13866	≤ 0,01
	A-D	690	<0,005	365	<0,005	942	<0,005	166	<0,005
Lognormal	K-S	0,028	>0,005	0,046	>0,005	0,033	>0,005	0,027	>0,005
	A-D	34	>0,005	42	>0,005	68	>0,005	2	>0,005
Weibull	K-S	0,060	≤ 0,01	0,052	≤ 0,01	0,059	≤ 0,01	0,069	≤ 0,01
	A-D	144	<0,005	70	<0,005	192	<0,005	40	<0,005
Exponential	K-S	0,192	≤ 0,01	0,183	≤ 0,01	0,187	≤ 0,01	0,188	≤ 0,01
	A-D	1347	-	764	-	1817	-	234	-
Gamma	K-S	0,0529 1	≤ 0,01	0,054	≤ 0,01	0,055	≤ 0,01	0,054	≤ 0,01
	A-D	64	<0,005	42	<0,005	103	<0,005	19	<0,005
En İyi Dağılım Parametreleri		Lognormal		Lognormal		Lognormal		Lognormal	
		$\mu = 3,01$ $\sigma = 0,68$		$\mu = 3,19$ $\sigma = 0,70$		$\mu = 3,07$ $\sigma = 0,70$		$\mu = 3,15$ $\sigma = 0,69$	

4.3.2 Aktivite Amaçlı Yolculukların Yolculuk Süresi Dağılımı

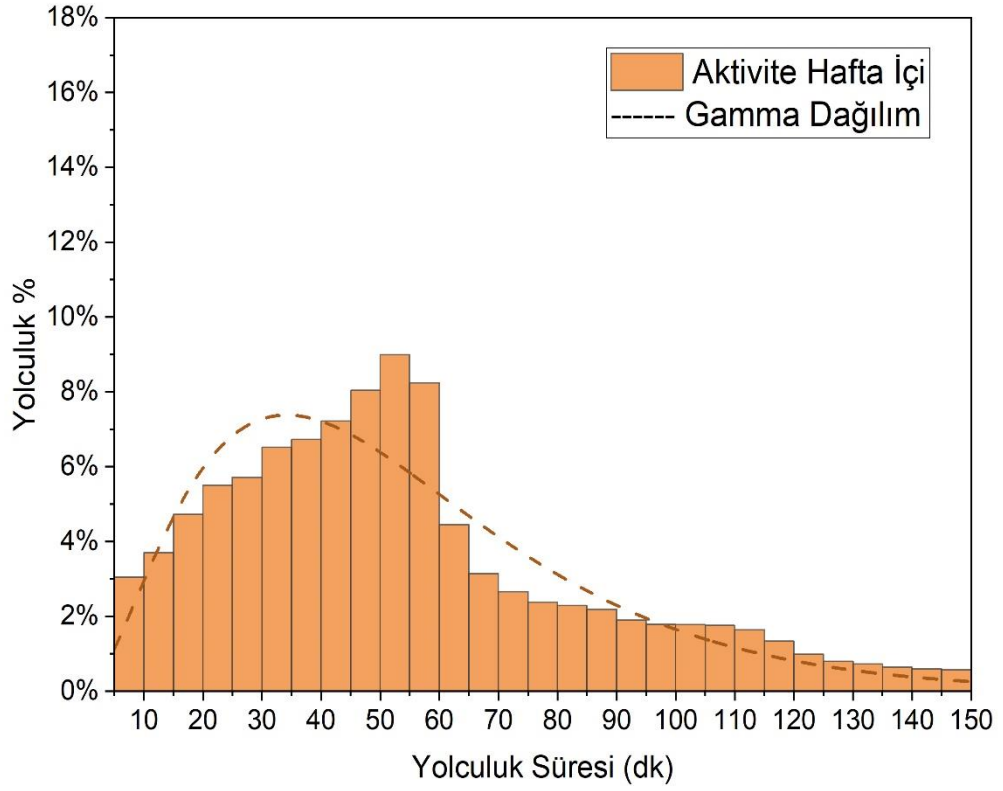
Aktivite amaçlı yolculukların yolculuk süresi dağılım grafiği hafta içi için Şekil 4.11’de, hafta sonu için Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Hafta içi günlerdeki yolculuk süresi dağılımı incelendiğinde (Şekil 4.11):

- 20 dk ve daha az bisiklet kullananlar %12’lik kısmı oluşturmaktadır.
- 55 dk’ya kadar yolculuk sayısı kademeli olarak artmakta; 60 dk sonrasında ise yolculuk sayısında düşüşler gözlenmektedir.
- 80 dk ve 120 dk arası yolculuk sayısı, toplam yolculuk sayısının %16’sını oluşturmaktadır.
- Bisiklet ile seyahat hızının ortalama 10 km/sa olduğu varsayıldığında, ortalama yolculuk süresi 53 dk, ortalama yolculuk mesafesi 8,9 km olarak hesaplanmıştır.

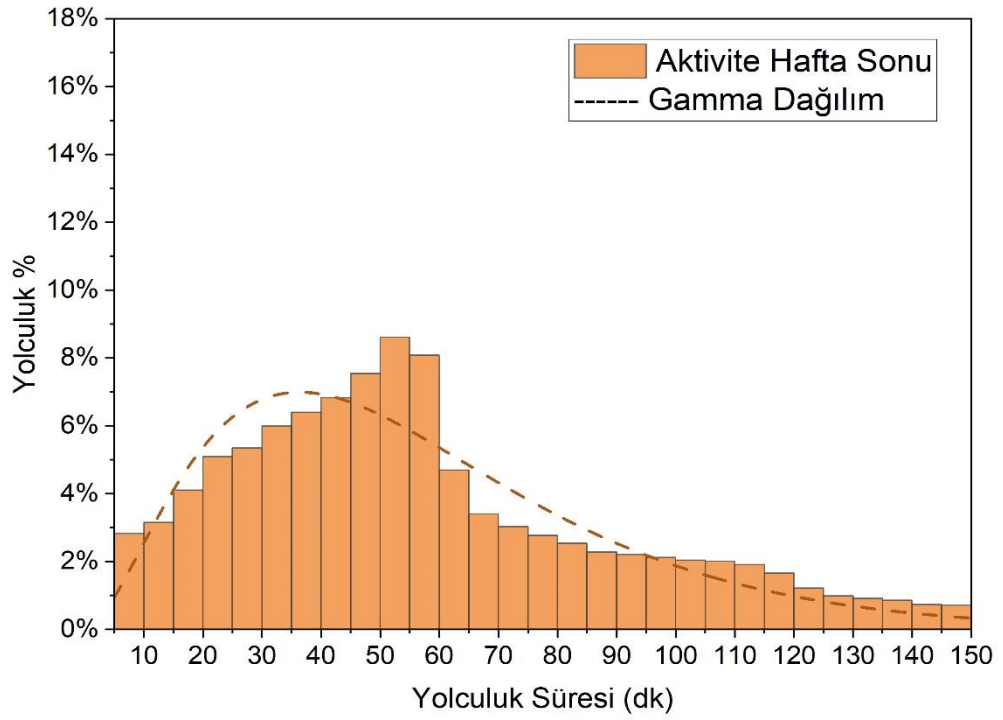
Kullanıcıların hafta sonu günlerdeki yolculuk süresi dağılımı incelendiğinde (Şekil 4.12):

- Hafta içi günler ile benzer dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Bisiklet ile seyahat hızının ortalama 10 km/sa olduğu varsayıldığında, ortalama yolculuk süresi 56 dk, ortalama yolculuk mesafesi 9,3 km olarak hesaplanmıştır.

Abone ve abone olmayan kullanıcı grupları yolculuk süresi dağılım grafiği Ek-A-3 ve A-4’te gösterilmektedir. Ek A-3 ve A-4 dikkatle incelendiğinde, abone ve abone olmayan kullanıcıların dağılım grafikleri arasında ciddi farklılıklar gözlenmediği söylenebilir.



Şekil 4.11: Hafta içi yolculuk süresi dağılım grafiği (Aktivite amaçlı)



Şekil 4.12: Hafta sonu yolculuk süresi dağılım grafiği (Aktivite amaçlı)

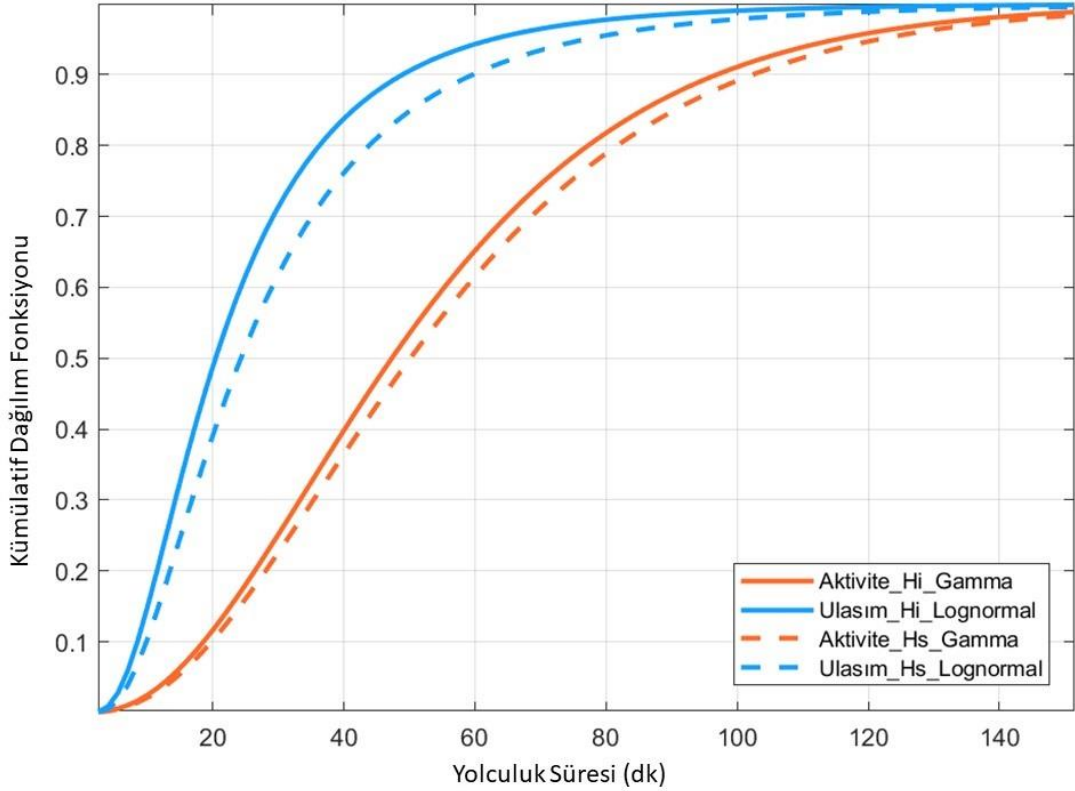
Aktivite amaçlı yolculukların uygunluk testi incelendiğinde, parametrik olmayan dağılımlar arasında, Gamma dağılımın en uygun model parametre sonuçlarını verdiği görülmüştür (Tablo 4.5). Hafta içi, Gamma dağılım K-S istatistiği değeri 0,045, A-D testi sonucu 326 bulunmuştur. Hafta sonu ise K-S istatistiği değeri 0,037, A-D testi sonucu 300 hesaplanmıştır. Ayrıca, abone ve abone olmayan kullanıcı türlerinin yolculuk süresinin dağılımı da en uygun Gamma dağılımı ile açıklanmaktadır.

Tablo 4.5: Yolculuk süresi uygunluk testi sonuçları (aktivite amaçlı)

Aktivite Amaçlı									
		Hafta içi		Hafta sonu		Abone		Abone Olmayan	
Dağılım ve uyum derecesi testi		İstatistik Değeri	p	İstatistik Değeri	p	İstatistik Değeri	p	İstatistik Değeri	p
Normal	K-S	0,116	≤ 0,01	0,112	≤ 0,01	0,118	≤ 0,01	0,098	≤ 0,01
	A-D	2527	<0,005	2319	<0,005	4052	<0,005	823	<0,005
Lognormal	K-S	0,080	≤ 0,01	0,078	≤ 0,01	0,083	≤ 0,01	0,064	≤ 0,01
	A-D	1301	<0,005	1292	<0,005	2255	<0,005	377	<0,005
Weibull	K-S	0,069	≤ 0,01	0,062	≤ 0,01	0,070	≤ 0,01	0,047	≤ 0,01
	A-D	475	<0,005	403	<0,005	805	<0,005	103	<0,005
Exponential	K-S	0,202	≤ 0,01	0,205	≤ 0,01	0,205	≤ 0,01	0,198	≤ 0,01
	A-D	11346	-	11402	-	18614	-	4115	-
Gamma	K-S	0,045	>0,01	0,037	>0,01	0,045	>0,01	0,024	>0,01
	A-D	326	>0,005	300	>0,005	596	>0,005	64	>0,005
En İyi Dağılım Parametreleri		Gamma		Gamma		Gamma		Gamma	
		$\alpha = 2,76$ $\beta = 19,43$		$\alpha = 2,79$ $\beta = 20,39$		$\alpha = 2,78$ $\beta = 20,88$		$\alpha = 2,75$ $\beta = 20,88$	

Hafta içi günlerinde; gamma dağılım parametreleri; $\alpha = 2,76$ dk, $\beta = 19,43$ dk bulunmuş; ortalama yolculuk süresi de 53,62 dk olarak hesaplanmıştır. Hafta sonu günlerinde ise; gamma dağılım parametreleri; $\alpha = 2,79$ dk, $\beta = 20,39$ dk bulunmuş olup ortalama yolculuk süresi 56.89 dk' dır. Abone ve abone olmayan kullanıcı türleri için de Gamma dağılımı 5% anlamlılık düzeyinde en uygun dağılımdır (Tablo 4.5). Hafta içi ve hafta

sonu için, Gamma dağılımının olasılık yoğunluk grafikleri sırasıyla Şekil 4.11 ve Şekil 4.12' de gösterilmektedir. Kümülatif yoğunluk fonksiyonuna göre (Şekil 4.13), hafta içi aktivite amaçlı yolculukların %50'sinin yolculuk süresinin 54 dk ve daha az, hafta sonu ise 56 dk ve daha az olduğu söylenilebilir.



Şekil: 4.13: Ulaşım ve aktivite amaçlı yolculuklar için en uygun dağılımlara ait kümülatif dağılım fonksiyon grafiği

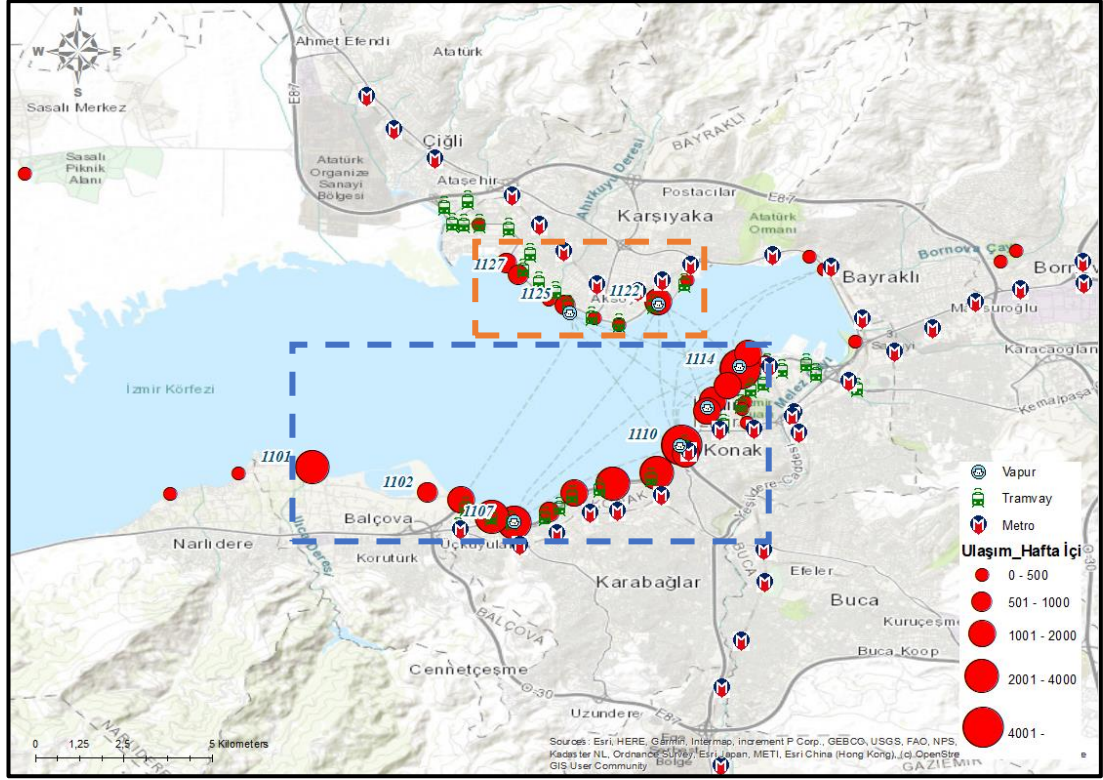
4.4 İstasyon Kullanım Yoğunluklarının İncelenmesi

Çalışma alanında bulunan her bir istasyona ait mekânsal ve zamansal kullanım yoğunlukları ArcGIS programında görselleştirilmiştir. İstasyon kullanım yoğunlukları her bir istasyona ait kiralama ve bırakma sayılarının toplamı; toplam hareketlilik olarak ifade edilmiştir.

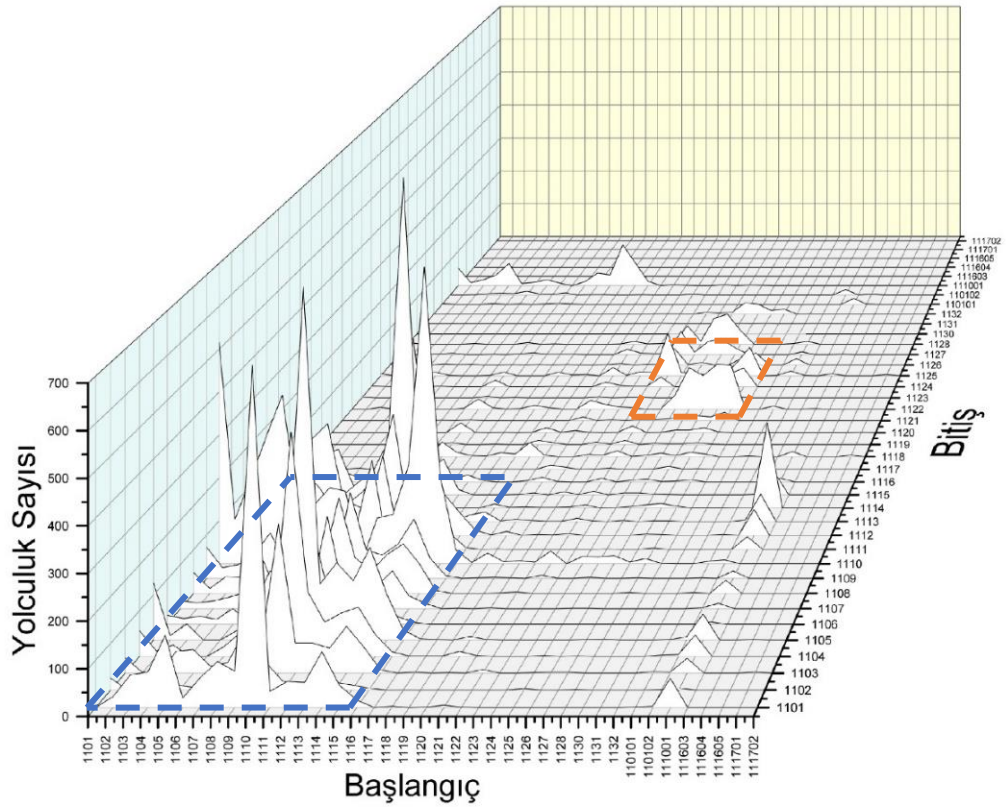
4.4.1 Ulaşım Amaçlı Yolculukların İstasyon Kullanım Yoğunlukları

Hafta içi günlerde yapılan yolculuklarda; İzmir körfezinin güneyinde bulunan istasyonlar daha aktif kullanılmaktadır (Bakınız Şekil 4.14). Bu istasyonların mekânsal özellikleri incelendiğinde, söz konusu istasyonların vapur iskelesine (Konak, Alsancak, Karşıyaka iskeleleri), raylı sistem duraklarına ve merkezi iş alanı bölgelerine (Konak ve Alsancak) yakın konumlarda oldukları görülmektedir. 1110 Konak İskele istasyonu en yoğun kullanılan istasyondur. İstasyonlar arası en yoğun hareketlilik ise 1101 İnciraltı Rekreatyon alanı ile 1116 Alsancak garı arasında kalan 16 istasyon arasında gerçekleşmektedir (Bakınız Şekil 4.15). Başlangıç noktası 1110 Konak istasyonu olan yolculukların büyük çoğunluğu 1114 Alsancak İskele ve 1101 İnciraltı Rekreatyon istasyonlarında sona ermektedir (1010→1101 ~10 km, 1010→1114 ~2,7 km). Körfezin kuzey kısmında bulunan Karşıyaka sahil kesiminde, 1122 Karşıyaka İskele ve 1125 Bostanlı İskele istasyonları yoğun kullanılan istasyonlardır. Bayraklı ve Bornova ilçeleri sınırlarında bulunan BPS istasyonlarının kullanım sıklığı oldukça düşüktür.

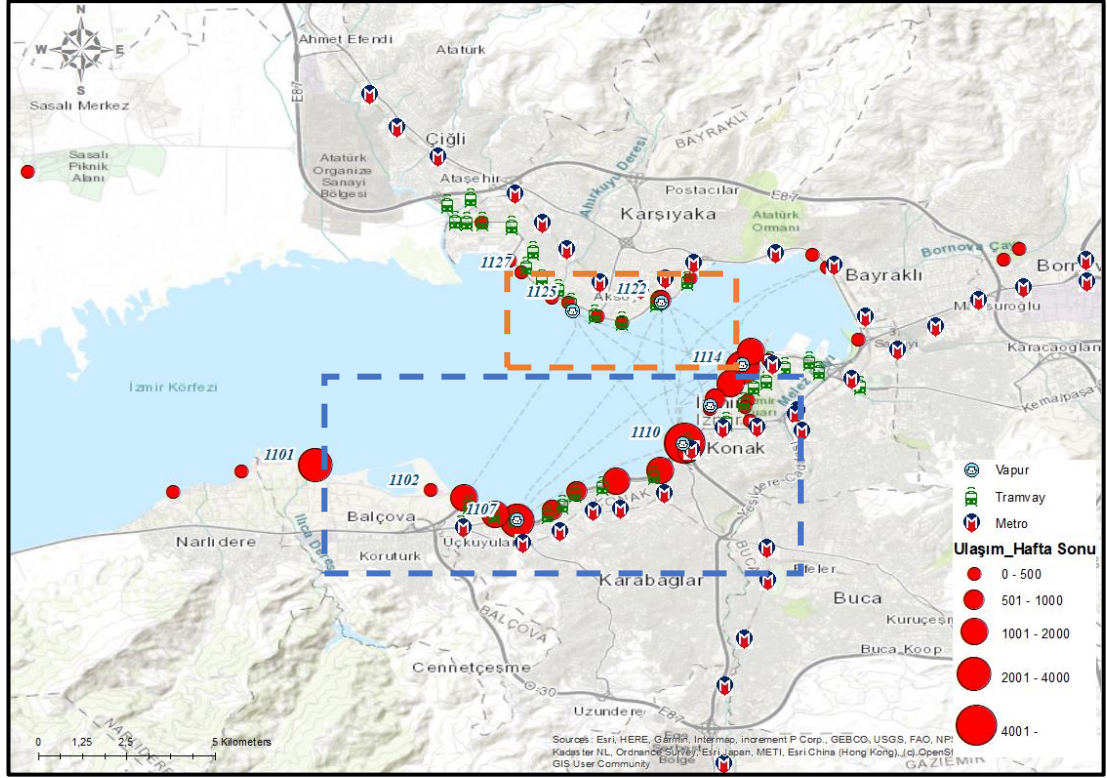
Hafta sonu günlerinde, (Bakınız Şekil 4.16); merkezi iş alanlarıyla birlikte Konak mahallesindeki istasyonların yoğun bir şekilde; şehrin kuzeyinde yer alan istasyonların ise daha az kullanıldığı görülmektedir. İnciraltı Kent Ormanı bölgesinde konumlu 1101-1102 istasyonları en yoğun kullanılan istasyonlardır. İstasyonlar arası hareketlilik analizinde, hafta içi günlerine benzer bir örüntü gözlemlenmektedir (Bakınız Şekil 4.17). Abone ve abone olmayan kullanıcıların ulaşım amaçlı yapılan yolculuklarının istasyon kullanım yoğunlukları Ek A-6 ve Ek A-7'de gösterilmektedir. Abone olmayan kullanıcıların istasyon kullanım yoğunlukları oldukça düşük seviyededir.



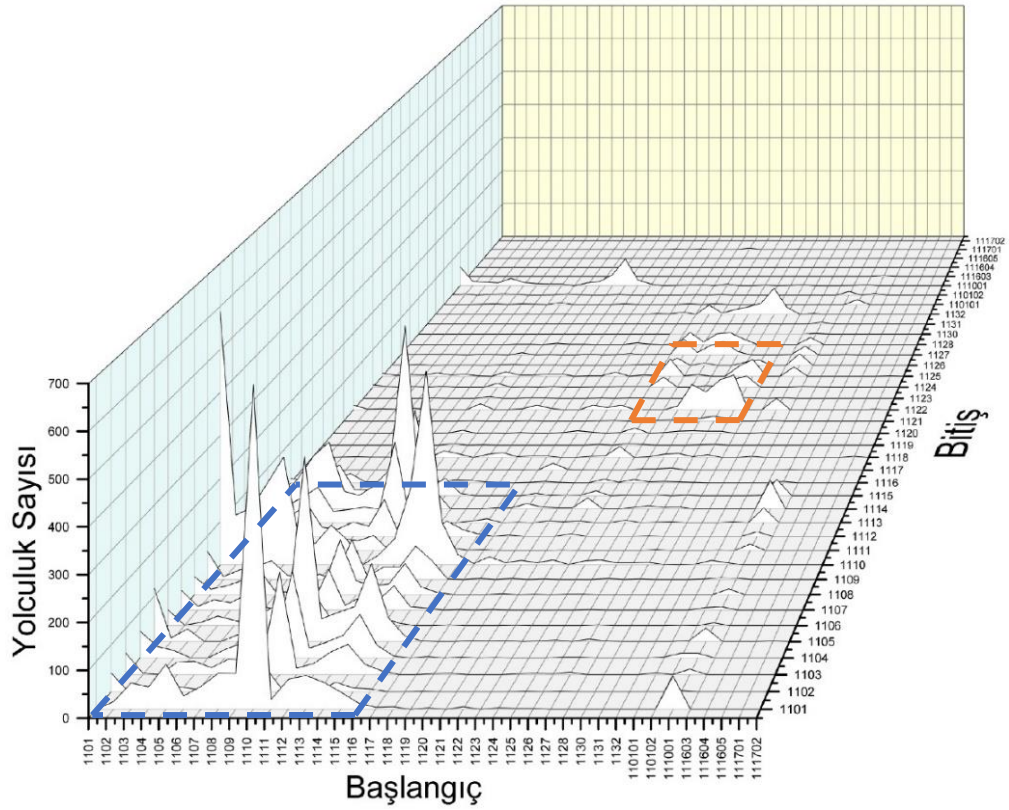
Şekil 4.14: İstasyon kullanım sıklıkları (Ulaşım amaçlı, hafta içi)



Şekil 4.15: İstasyonlar arası hareketlilik (ulaşım amaçlı, hafta içi)



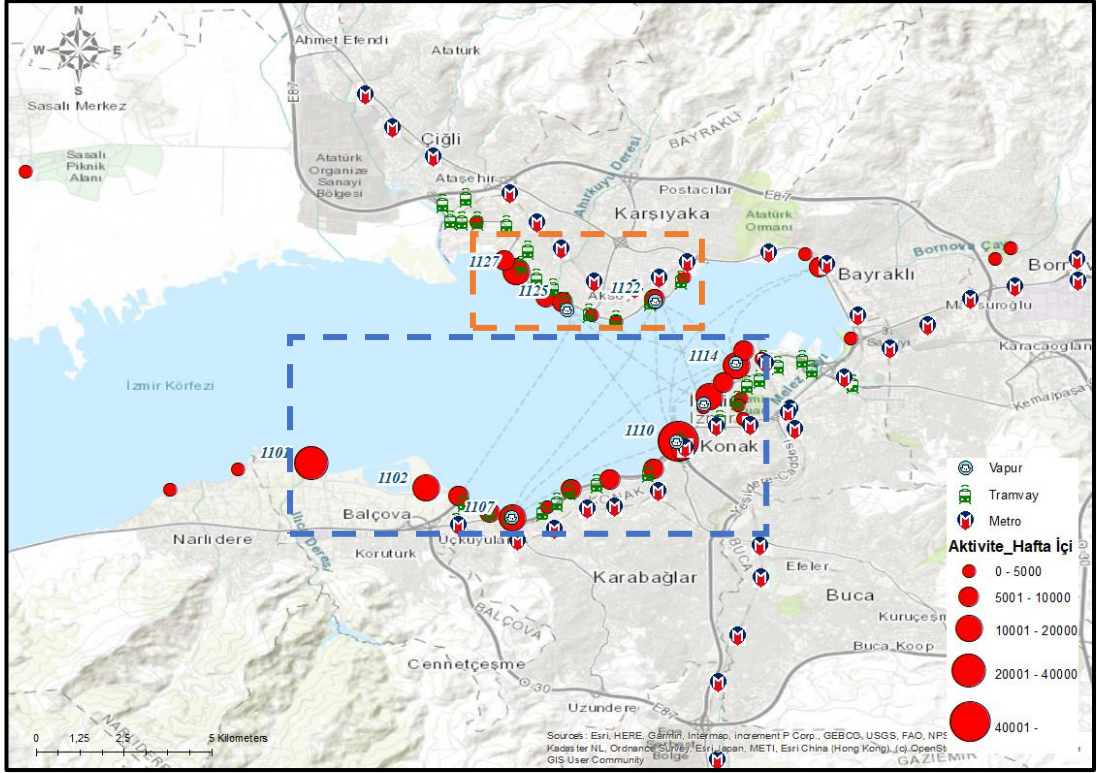
Şekil 4.16: İstasyon kullanım sıklıkları (Ulaşım amaçlı, hafta sonu)



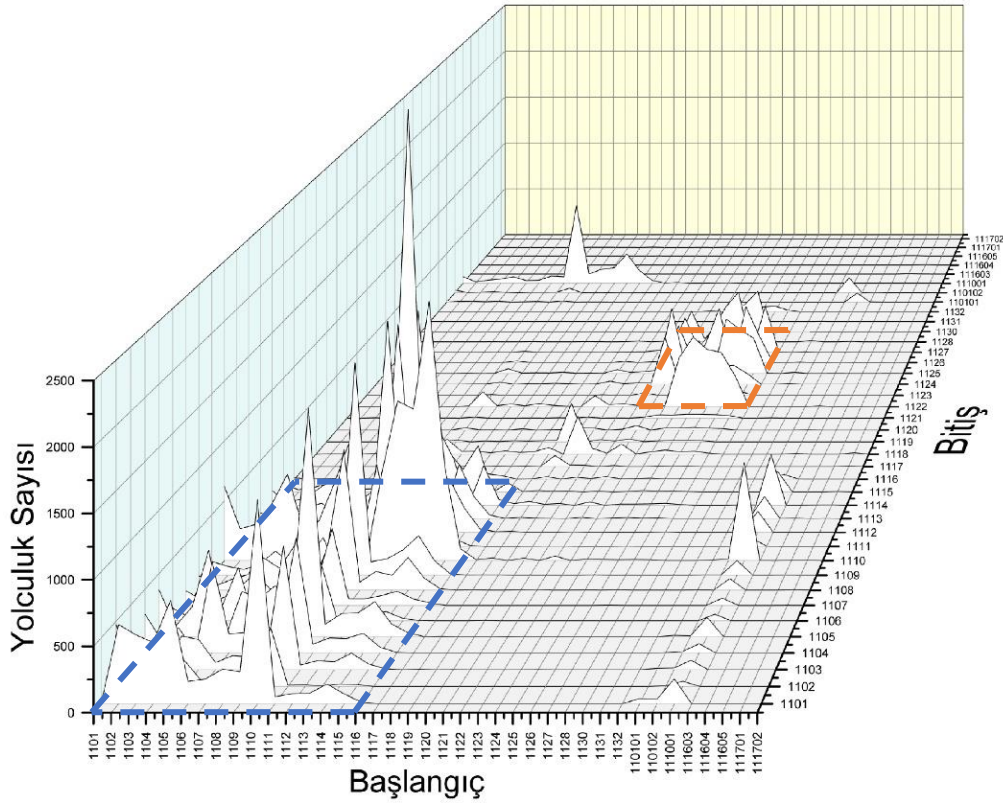
Şekil 4.17: İstasyonlar arası hareketlilik (ulaşım amaçlı, hafta sonu)

4.4.2 Aktivite Amaçlı Yolculukların İstasyon Kullanım Yoğunlukları

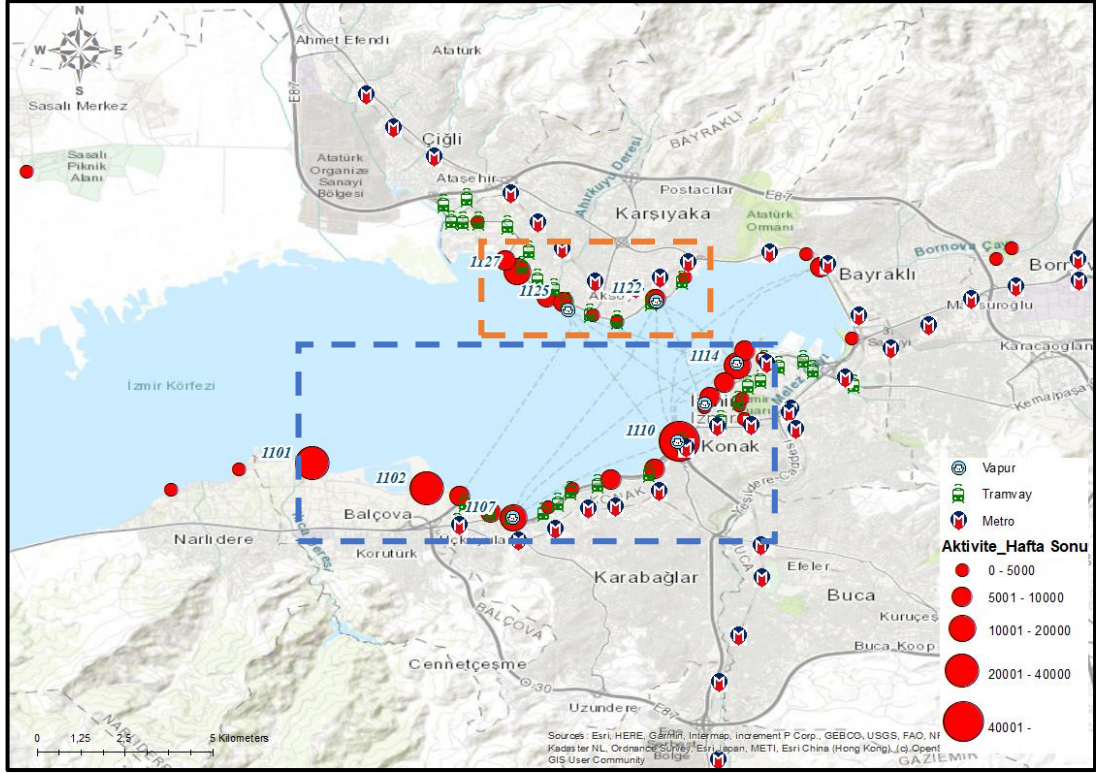
Hafta içi günlerinde, (Şekiller 4.18-19); Konak iskele (1110), İnciraltı Kent Ormanı ve Rekreasyon (1102-1101) ve Alsancak bölgesindeki istasyonlar (1114,1115,1116) aktif kullanılan istasyonlardır. Karşıyaka ve Bostanlı sahil kesimindeki istasyonlar (1125,1126,1127,1128) aktivite amaçlı yolculuklarda sıklıkla tercih edilen istasyonlardır. Bu durum, bölgede yeşil alanların, spor tesislerinin, sosyokültürel alanların ve bisiklet altyapısının bulunmasıyla açıklanabilir. Hafta sonu günlerinde ise (Şekiller 5.20-21), yeşil alanlar ve merkezi iş alanı bölgelerinde istasyonların kullanım yoğunluğu yüksektir. Abone ve abone olmayan kullanıcıların aktivite amaçlı yaptıkları yolculukların istasyon kullanım yoğunlukları Ek A-8 ve Ek A-9'da gösterilmektedir.



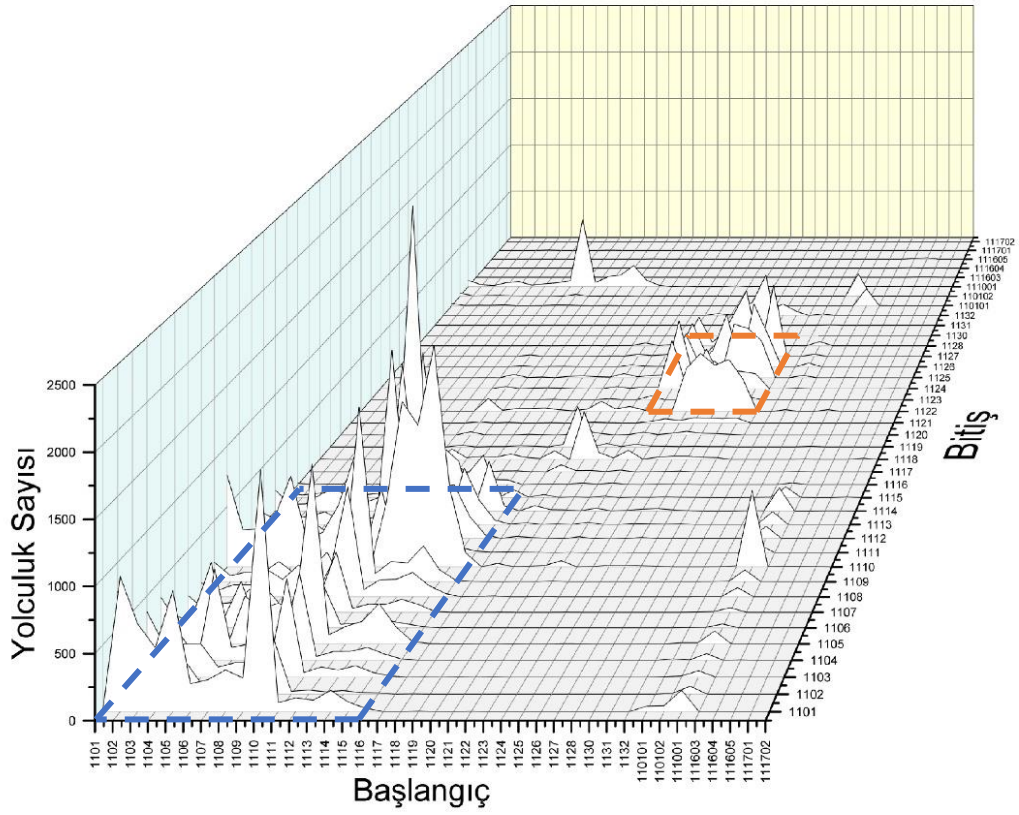
Şekil 4.18: İstasyon kullanım sıklıkları (Aktivite amaçlı, hafta içi)



Şekil 4.19: İstasyonlar arası hareketlilik (aktivite amaçlı, hafta içi)



Şekil 4.20: İstasyon kullanım sıklıkları (Aktivite amaçlı, hafta sonu)



Şekil 4.21: İstasyonlar arası hareketlilik (aktivite amaçlı, hafta sonu)

Bölüm 5

Bisiklet Paylaşım Sisteminin Kullanımına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi

Bu bölümde, BPS istasyonlarının bisiklet kullanım amacına bağlı olarak (ulaşım veya aktivite) tercih edilme sebepleri araştırılmıştır. Her bir istasyon için kiralama ve bırakma sayılarının toplamı (istasyon kullanımı) ile istasyonun 600 m etki alanı içerisindeki; arazi kullanım yapısı, bisiklet altyapısı ve toplu taşıma sistemi parametreleri arasındaki ilişki incelenmiştir [26]. Model kurulumunda girdi olarak kullanılan bağımsız değişkenler üç ana başlık altında toplanmıştır (Tablo 5.1). Bisiklet altyapısı ile ilişkili parametreler:

- Bisikletin kiralandığı veya bırakıldığı istasyonun kapasitesi (mevcut istasyon kapasitesi (MİK)) ve
- 600 m etki alanı içerisinde kalan etkileşimli istasyon sayılarını içermektedir (EİS).

Toplu taşıma sistemi ile ilişkili parametreler:

- 600 m etki alanı içerisindeki metro (MRT) ve tramvay (Trm) duraklarının olup olmaması (kukla değişkenler)
- Vapur iskelesinin olup olmaması (Vpr) (kukla değişken),
- İstasyonun metro, tramvay durakları ve vapur iskelesine olan mesafesi (MrtM, TrmM, VprM)

- 600 m etki alanı içinde yer alan metro ve tramvay duraklarını kullanan günlük ortalama kişi sayısı (YMT)
- 600 m etki alanı içindeki otobüs durak sayısı (ODS),
- En yakın otobüs durağına olan mesafe (ODM).

Arazi kullanım yapısı ile ilişkili parametreler;

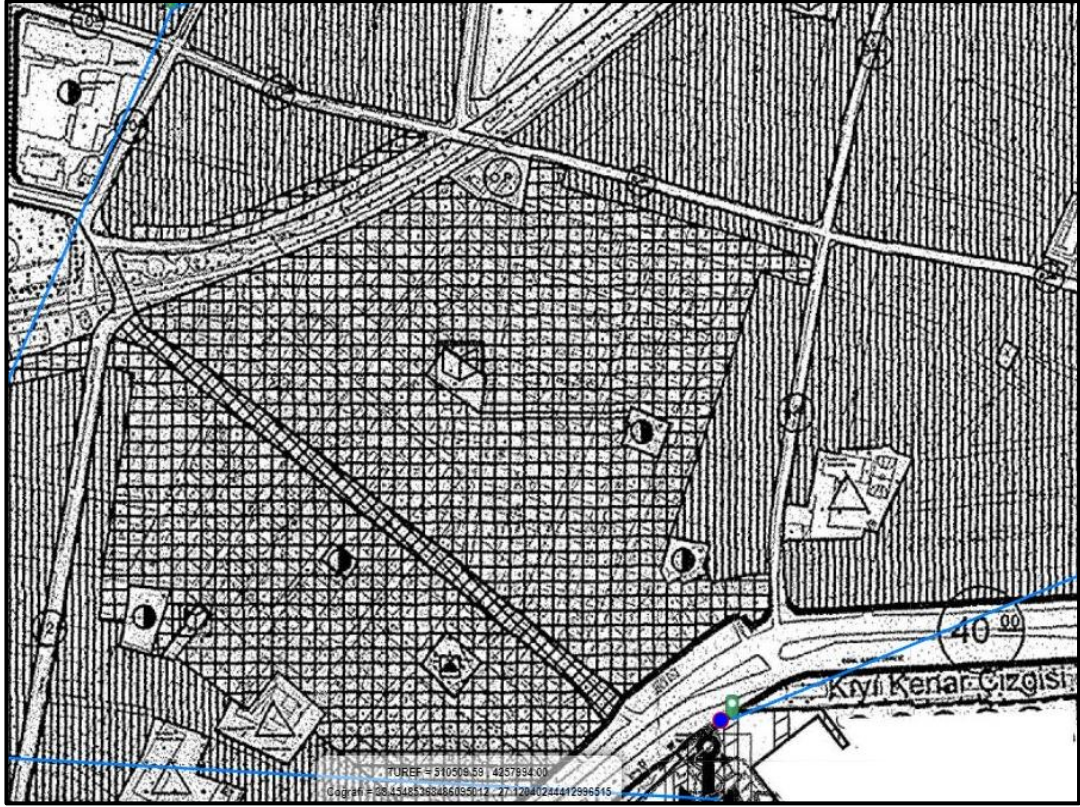
- Merkezi iş bölgesine uzaklık (MİB),
- Kamu hizmet alanı (KHA),
- Konut (Knt),
- Konut-ticaret (KnTc),
- Okul (Ok1),
- Otopark (Otp),
- Sosyal tesis (ST),
- Ticaret (Tic) ve
- Yeşil alan (YA) bölgelerine ait olan tüm alanların kendi aralarındaki oranları bilgilerinden oluşmaktadır.

Bu parametreler her bir istasyonun 600 m etki alanı için çıkartılmıştır. Bu kapsamda kullanılan parametreler; toplu taşıma sistemi ile ilişkili parametreler Open Street Map; bisiklet altyapısı ilişkili parametreler İzmir Büyükşehir Belediyesi (İBB) Ulaştırma Daire Başkanlığı tarafından sağlanan BİSİM verisi üzerinden; arazi kullanım yapısı ile ilişkili parametreler ise İBB İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı tarafından sağlanan İzmir 1/5000 Nazım İmar Planları esas alınarak, ArcGIS ve ArcGISPRO programları yardımı ile her bir istasyon için ayrı ayrı sayısallaştırılarak elde edilmiştir.

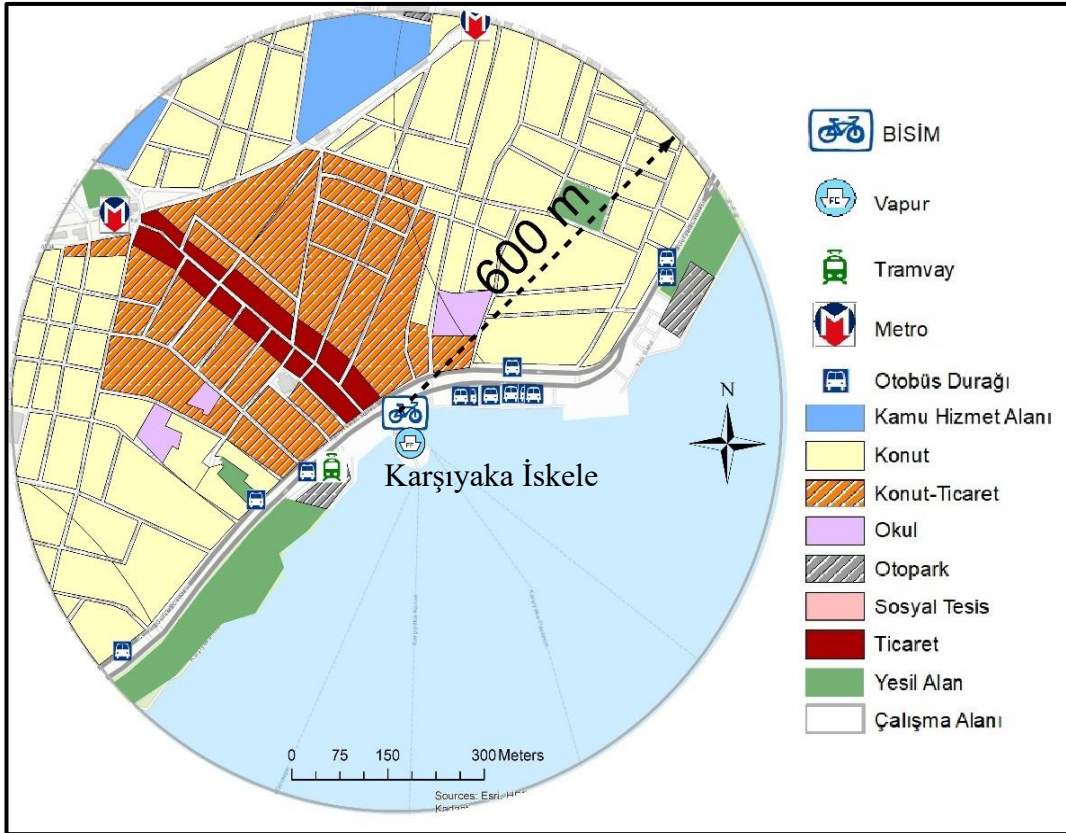
Örnek olarak, Şekil 5.1’de Karşıyaka bölgesine ait 1/5000 Nazım İmar Planının bir kesiti ve Şekil 5.2’de ise Karşıyaka İskele istasyonuna ait 600 m etki alanı içindeki arazi kullanım yapısı, toplu taşıma sistemi parametreleri gösterilmektedir. Kırmızı bölgeler, ticaret alanlarını (%4,5), turuncu bölgeler karma kullanım alanlarını (konut+ticaret) (%24,1), sarı bölgeler konut alanlarını (%55,5) temsil etmektedir. Ayrıca, 2 adet metro, 1 adet tramvay istasyonu durağı, 11 adet otobüs durağı ve 1 adet vapur iskelesi bulunmaktadır.

Tablo 5.1: Çalışma kapsamında kullanılan bağımsız değişkenler

Bağımsız Değişken	Kısaltma	Açıklama	Birim
Bisiklet Altyapısı Parametreleri			
BPS	MİK	Mevcut istasyon kapasitesi	Adet
	EİS	600 m etki alanı içerisindeki etkileşimli istasyon sayısı	Adet
Toplu Taşıma Sistemi Parametreleri			
Metro	Mrt	600 m etki alanı içerisinde metro istasyonunun olup olmaması (1/0)	-
	MrtM	Metro istasyonu mesafesi	Metre
Tramvay	Tram	600 m etki alanı içerisinde tramvay istasyonunun olup olmaması (1/0)	-
	TramM	En yakın tramvay istasyonuna mesafe	Metre
Otobüs	ODS	600 m etki alanı içerisindeki otobüs durağı sayısı	Adet
	ODM	En yakın otobüs durağına mesafe	Metre
Vapur	Vpr	600 m etki alanı içerisindeki vapur iskelesinin olup olmaması (1/0)	-
	VprM	En yakın vapur iskelesine mesafe	Metre
Yolculuk Sayısı	YMT	Yıl boyu yapılan metro ve tramvay yolculuklarının toplamı	Kişi
Arazi Kullanım Yapısı			
Merkezi İş Bölgesi	MİB	Merkezi iş bölgesine olan mesafe	Metre
Kamu Hizmet Alanı	KHA	600 m etki alanı içerisindeki kamu hizmet alanı oranı	%
Konut Alanı	Knt	600 m etki alanı içerisindeki konut alanı oranı	%
Konut-Ticaret	KnTc	600 m etki alanı içerisindeki konut-ticaret alanı oranı	%
Okul Alanı	OkI	600 m etki alanı içerisindeki okul alanı oranı	%
Otopark	Otp	600 m etki alanı içerisindeki otopark alanı oranı	%
Sosyal Tesis	ST	600 m etki alanı içerisindeki sosyal tesis alanı oranı	%
Ticaret Alanı	Tic	600 m etki alanı içerisindeki içerisindeki ticaret alanı oranı	%
Yeşil Alan	YA	600 m etki alanı içerisindeki içerisindeki yeşil alanı oranı	%



Şekil 5.1: Karşıyaka bölgesi 1/5000 Nazım İmar Planı



Şekil 5.2: Karşıyaka iskele istasyonu etrafındaki toplu taşıma ve arazi kullanım yapısı

İstasyon kullanım yoğunluğu ve yolculuk davranışı hafta içi ve hafta sonu farklılık gösterdiğinden, hafta içi ve hafta sonu günlerinde bisiklet kullanımına etki eden faktörler ayrı ayrı incelenmiştir. Bu kapsamda, 4 farklı durum için 4 farklı bağımlı değişken kullanılmıştır:

- Hafta içi ulaşım amaçlı istasyon kullanımı ($\ln(\delta_u^{hi})$)
- Hafta sonu ulaşım amaçlı istasyon kullanımı ($\ln(\delta_u^{hs})$)
- Hafta içi aktivite amaçlı istasyon kullanımı ($\ln(\delta_a^{hi})$)
- Hafta sonu aktivite amaçlı istasyon kullanımı ($\ln(\delta_a^{hs})$)

Her bir durum için istasyona ait yıllık bisiklet kiralama ve bırakma sayılarının toplamının logaritması bağımlı değişken olarak kullanılmıştır.

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki çoklu doğrusal regresyon modeliyle açıklanmıştır.

Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

En küçük kareler yöntemi kullanılarak yapılan çoklu doğrusal regresyon modeli; bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek ve analiz etmek için kullanılan bir regresyon yöntemidir. Eşitlik 5.1’de çoklu regresyon modelinin genel denklemi sunulmuştur.

$$y_i = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (5.1)$$

Bu eşitlikte, y_i : bağımlı değişken, α_k : x_{ki} bağımsız değişkeni için tahmin edilen katsayı, ε_i ise hata katsayısını ifade etmektedir.

Çoklu regresyon modeli, bağımsız değişkenler arasında korelasyon olmadığı kabulüne dayanmaktadır. Bu nedenle, regresyon modelleri geliştirilmeden önce aralarında yüksek korelasyon olan ($|r| \geq 0,70$; r =korelasyon katsayısı) bağımsız değişkenleri belirlemek için korelasyon matrisi oluşturulmuştur [29]. Ayrıca, çoklu doğrusal bağlantı (multicollinearity) problemi, değişkenlerin regresyon modelindeki varyans büyütme faktörü (*VIF*) değerleri ile de kontrol edilmiştir. *VIF* değeri 5’in üzerinde olan bağımsız değişken(ler) regresyon modellerinde kullanılmamıştır [30].

5.1 Korelasyon Analizi

Değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığının belirlenmesi ve ilişki varsa bunların birbirleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacı ile korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizi *IBM SPSS Statistics* programı yardımı ile yapılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 5.2’de gösterilmektedir. Tablo 5.2 incelendiğinde;

- Bisiklet istasyonunun en yakın tramvay istasyonuna olan mesafesi ($TrmM$) ile en yakın metro istasyonuna olan mesafesi ($MtrM$) arasında pozitif ilişki ($r=0,923$) olduğu,
- Vapur iskelesine olan mesafenin ($VprM$) metro ve tramvay istasyonuna olan mesafe ile ($MtrM$, $TrmM$) arasında pozitif ilişki olduğu (sırasıyla $r=0,900$ ve $r=0,977$),
- Çalışma alanı içerisinde kalan her bir tramvay ve metro istasyonlarının toplam yolculuk sayısı (YMT) ile çalışma alanı içerisinde metro istasyonunun olup olmaması (Mtr) arasında pozitif yüksek korelasyon ($r=0,816$) olduğu,
- BPS istasyonunun merkezi iş bölgesine olan mesafesi (MIB) ile en yakın metro istasyonuna olan mesafesi ($MrtM$), en yakın tramvay istasyonuna olan mesafesi ($TrmM$) ve en yakın vapur iskelesine olan mesafesi ($VprM$) parametreleri arasında pozitif yönde ilişki olduğu (sırasıyla $r=0,842$, $r=0,849$ ve $r=0,875$) görülmüştür.

Korelasyon analizi sonuçları göz önünde bulundurularak, $MrtM$, $VprM$, $TrmM$ ve YMT değişkenleri regresyon modellerinde kullanılmamıştır.

Tablo 5.2: Bağımsız değişkenlerin korelasyon matrisi sonuçları

	MfK	KİS	MRT	MRTM	Tram	TramM	ODS	OM	Vpr	VprM	YMT	MİB	KHZ	Knt	Kntc	Okİ	Otp	ST	Tic	YA
MfK	1,000	-0,172	-0,189	0,286	-0,155	0,204	-0,047	0,032	0,152	0,156	-0,068	0,168	0,000	-0,340	-0,338	-0,189	0,504	0,471	0,157	0,498
KİS		1,000	0,309	-0,318	0,067	-0,340	0,131	0,406	0,483	-0,367	0,444	-0,376	-0,177	-0,267	0,697	0,085	-0,008	-0,119	0,174	-0,242
MRT			1,000	-0,299	-0,040	-0,184	0,289	0,020	0,138	-0,200	0,816	-0,219	0,201	-0,154	0,365	-0,246	0,064	-0,055	0,051	-0,257
MRTM				1,000	-0,428	0,923	-0,360	-0,205	-0,297	0,900	-0,305	0,842	-0,156	-0,080	-0,294	-0,026	0,129	0,008	-0,121	0,579
Tram					1,000	-0,594	0,308	-0,194	0,262	-0,513	0,245	-0,526	-0,035	0,344	-0,026	0,108	-0,211	0,081	-0,171	-0,340
TramM						1,000	-0,293	-0,123	-0,402	0,977	-0,295	0,849	-0,085	-0,125	-0,268	-0,067	0,079	-0,069	-0,108	0,594
ODS							1,000	-0,167	0,235	-0,285	0,478	-0,273	-0,141	0,179	0,085	-0,085	-0,122	0,155	0,004	-0,236
OM								1,000	0,298	-0,166	0,121	-0,228	-0,171	-0,267	0,365	0,033	0,236	-0,058	0,144	0,048
Vpr									1,000	-0,473	0,373	-0,419	0,043	-0,200	0,279	0,013	0,016	0,011	0,090	-0,091
VprM										1,000	-0,313	0,875	-0,103	-0,105	-0,288	-0,026	0,103	-0,107	-0,139	0,619
YMT											1,000	-0,327	-0,070	-0,127	0,413	-0,194	0,128	0,053	0,144	-0,240
MİB												1,000	-0,063	-0,108	-0,292	0,088	0,333	-0,024	-0,090	0,473
KHZ													1,000	-0,267	-0,179	-0,117	-0,125	0,083	-0,093	-0,188
Knt														1,000	-0,564	-0,185	-0,334	-0,273	-0,497	-0,313
Kntc															1,000	0,328	0,027	-0,250	0,110	-0,366
Okİ																1,000	-0,047	-0,040	0,073	-0,233
Otp																	1,000	0,231	0,048	0,300
ST																		1,000	0,234	0,018
Tic																			1,000	-0,094
YA																				1,000

5.2 Model Sonuçları

Ulaşım amaçlı hafta içi yolculuklar için geliştirilen çoklu doğrusal regresyon modeli sonuçları Tablo 5.3'te gösterilmektedir. Toplu taşıma sistemi ile ilişkili bağımsız değişkenler incelendiğinde, etki alanı içerisinde tramvay durağının (*Trm*) ($t=2,721$, $p=0,011$) ve vapur iskelesinin olmasının (*Vpr*) ($t=3,871$, $p=0,001$) istasyon kullanımını pozitif yönde etkileyen en önemli parametreler olduğu sonucuna varılmıştır. Otobüs durağı sayısı (*ODS*), en yakın otobüs durağı mesafesi (*ODM*) ve metro istasyonunun olması (*Mtr*) değişkenlerinin istasyon kullanımına bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Tablo 5.3). Arazi kullanım yapısı ile ilişkili parametreler arasında karma kullanım (konut+ticaret) (*KnTc*), otopark (*Otp*) ve sosyal tesislerin (*ST*) olması istasyon kullanımını ile pozitif ilişkili iken, etki alanı içerisindeki yeşil alan yüzdesi ile istasyon kullanımını arasında ters ilişki bulunmuştur. Tüm değişkenlerin VIF değerlerine bakıldığında da çoklu doğrusal bağlantı probleminin olmadığı anlaşılmaktadır. Çoklu doğrusal modelin F değeri 17,630 ($p<0,05$), ve model R^2 değeri 0,797 olarak elde edilmiştir. %5 anlamlılık düzeyindeki model Denklem 5.2'de gösterilmektedir.

Tablo 5.4'te ulaşım amaçlı hafta sonu yolculuklarına ait yapılan regresyon analizi sonuçları görülmektedir. %5 anlamlılık düzeyinde, geliştirilen model istasyon kullanım sayısını %78 ($R^2=0,778$) oranında tahmin etmektedir (ANOVA $F=15,742$, $p<0,05$). Hafta sonu yolculuklarında etki alanı içerisindeki tramvay durağı (*Trm*) ($t=2,250$, $p=0,033$) ve vapur iskelesi (*Vpr*) ($t=3,713$, $p=0,001$) istasyon kullanımını ile pozitif ilişkilidir. Arazi kullanım yapısı parametreleri arasında, etki alanı içindeki karma kullanım (*KnTc*), otopark (*Otp*) ve sosyal tesislerin (*ST*) olması istasyon kullanımına pozitif yönde etki ederken yeşil alan (*YA*) bulunması negatif yönde etki eden anlamlı parametrelerdir. Etki alanı içerisinde arazi kullanım yapısı parametreleri içerisinde; konut (*Knt*), okul (*Okl*) ve ticaret (*Tic*) alanlarının bulunmasının ulaşım amaçlı yolculuklar için anlamlı olmadığı görülmektedir ($p>0,05$). Ulaşım amaçlı hafta içi ve hafta sonu model sonuçları arasında %5 anlamlılık düzeyinde farklılık gözlenmemiştir. Ancak model %10 anlamlılık düzeyinde incelenecek olursa bisiklet altyapısı ile ilgili parametrelerden olan mevcut istasyon kapasitesinin (*MİK*) hafta sonu günlerde yapılan yolculuklar için pozitif yönde anlamlı olduğu görülmektedir ($p<0,10$). %5 anlamlılık düzeyindeki model Denklem 5.3'te gösterilmektedir.

Tablo 5.3: Ulaşım amaçlı hafta içi yolculukların model sonuçları

Bağımlı Değişken: $\ln(\delta_u^{hi})$				
Bağımsız Değişken	Katsayı (B)	t-testi	Güvenirlilik (p)	VIF
Katsayı	4,375	11,041	0,000	
MİK	0,215	1,636	0,114	2,447
EİS	-0,131	-0,970	0,341	2,410
Mrt	-0,040	-0,416	0,681	1,207
ODS	-0,025	-0,257	0,800	1,200
ODM	-0,029	-0,285	0,778	1,373
Trm*	0,895	2,721	0,011	1,305
Vpr*	1,212	3,871	0,001	1,205
MİB	-0,043	-0,334	0,741	2,110
KHA	0,075	0,783	0,440	1,187
Knt	-0,114	-0,837	0,410	2,425
KnTc*	0,026	3,218	0,003	1,483
OkI	0,127	1,375	0,181	1,165
Otp*	0,135	2,568	0,016	1,247
ST*	0,077	4,080	0,001	1,187
Tic	-0,022	-0,232	0,818	1,173
YA*	-0,019	-2,554	0,017	1,514

ANOVA: $F= 17,630, p < 0,05; R^2 = 0,797$ * $p < 0,05, ** p < 0,10$

$$\ln(\delta_u^{hi}) = 4,375 + 0,895 Trm + 1,212 Vpr + 0,026 KnTc + 0,135 Otp + 0,077 ST - 0,019 YA \quad (5.2)$$

Tablo 5.4: Ulaşım amaçlı hafta sonu yolculukların model sonuçları

Bağımlı Değişken: $\ln(\mathcal{D}_u^{hs})$				
Bağımsız Değişken	Katsayı (B)	t-testi	Güvenirlilik (p)	VIF
Katsayı	4,102	11,168	0,000	
MİK**	0,234	1,704	0,100	2,447
EİS	-0,164	-1,175	0,251	2,410
Mrt	-0,054	-0,539	0,594	1,207
ODS	-0,044	-0,440	0,664	1,200
ODM	-0,020	-0,183	0,856	1,373
Trm*	0,685	2,250	0,033	1,305
Vpr*	1,078	3,713	0,001	1,205
MİB	-0,005	-0,038	0,970	2,110
KHA	0,087	0,874	0,390	1,187
Knt	-0,094	-0,657	0,517	2,425
KnTc*	0,021	2,798	0,009	1,483
Okl	0,149	1,557	0,131	1,165
Otp*	0,173	3,567	0,001	1,247
ST*	0,069	3,936	0,001	1,187
Tic	-0,066	-0,665	0,512	1,173
YA*	-0,015	-2,090	0,046	1,514

ANOVA: $F= 15,742$, $p < 0,05$; $R^2 = 0,778$ * $p < 0,05$, ** $p < 0,10$

$$\ln(\mathcal{D}_u^{hs}) = 4,102 + 0,685 Trm + 1,078 Vpr + 0,021 KnTc + 0,173 Otp + 0,069 ST - 0,015 YA \quad (5.3)$$

Aktivite amaçlı hafta içi yolculukları için geliştirilen çoklu doğrusal regresyon modeli sonuçları Tablo 5.5'te gösterilmektedir. Mevcut istasyon kapasitesi (*MİK*) ile istasyon kullanımını arasında pozitif ilişki bulunmaktadır ($t=4,490$, $p=0,000$). Hafta içi günlerde toplu taşıma sistemi ile ilişkili parametrelerden sadece vapur iskelesinin olması (*Vpr*) aktivite amaçlı istasyon kullanımını ile pozitif ilişkilidir ($t=3,897$, $p=0,001$). Tramvay (*Trm*) ve Metro (*Mtr*) istasyon durağının olup olmaması ile istasyon kullanımını arasında bir ilişki bulunmamıştır (Tablo 5.5). Arazi kullanım yapısının etkisi aktivite amaçlı hafta içi yolculukları için belirgin görünmektedir. Konut (*Knt*), karma kullanım (*KnTc*) ve sosyal tesis (*ST*) alanlarının olduğu bölgelerde istasyon kullanımını arasında pozitif ilişki söz konusudur ($p<0,05$). Bununla birlikte, kamu hizmet (*KHA*), okul (*Okl*), otopark (*Otp*), ticaret (*Tic*) ve yeşil alan (*YA*) değişkenlerinin istasyon kullanımına bir

etkisi gözlenmemiştir. Model %10 güven aralığında incelenecek olursa; Merkezi iş bölgesine (*MİB*) olan mesafe ile istasyon kullanımı arasında negatif ilişki söz konusudur ($t=-1,743$, $p=0,093$). Buradan, merkezi iş bölgelerine uzak mesafedeki istasyonların kullanım sayılarının daha az olduğu sonucu çıkarılabilir. Tüm değişkenlerin VIF değerlerine bakıldığında da çoklu doğrusal bağlantı probleminin olmadığı anlaşılmaktadır. Çoklu doğrusal modelin ANOVA F değeri 17,269 ($p<0,05$), ve model R^2 değeri 0,755 olarak bulunmuştur. %5 anlamlılık düzeyindeki model Denklem 5.4'de gösterilmektedir.

Tablo 5.5: Aktivite amaçlı hafta içi yolculukların model sonuçları

Bağımlı Değişken: $\ln(\delta_a^{hi})$				
Bağımsız Değişken	Katsayı (<i>B</i>)	t-testi	Güvenirlilik (<i>p</i>)	VIF
Katsayı	5,083	10,281	0,000	
MİK*	0,072	4,490	0,000	1,779
EİS	-0,203	-1,428	0,165	2,403
Mrt	-0,105	-1,035	0,310	1,176
ODS	0,104	0,929	0,361	1,429
ODM	0,093	0,889	0,382	1,253
Trm	0,079	0,751	0,459	1,245
Vpr*	0,912	3,897	0,001	1,158
MİB**	-0,192	-1,743	0,093	1,484
KHA	0,062	0,563	0,578	1,362
Knt*	0,017	3,830	0,001	1,693
KnTc*	0,037	5,484	0,000	1,845
Okl	0,092	0,910	0,371	1,162
Otp	-0,098	-0,864	0,395	1,470
ST*	0,055	3,546	0,001	1,376
Tic	-0,110	-1,008	0,322	1,365
YA	0,010	0,073	0,942	2,109

ANOVA: $F= 17,269$, $p < 0,05$; $R^2 = 0,755$ * $p < 0,05$, ** $p < 0,10$

$$\ln(\delta_a^{hi}) = 5,083 + 0,072 MİK + 0,912 Vpr + 0,017 Knt + 0,037 KnTc + 0,055 ST \quad (5.4)$$

Aktivite amaçlı hafta sonu yolculuklarına ait model sonuçları incelendiğinde (Tablo 5.6), %5 anlamlılık düzeyinde hafta içi yolculuklar ile aynı parametreler anlamlı bulunmuştur. Mevcut istasyon kapasitesinin (*MİK*) istasyon kullanımına pozitif etki eden önemli bir parametre olduğu görülmüştür (t=5,134, p=0,000). Toplu taşıma sistemleri ile ilişkili parametreler arasında yalnızca vapur iskelesinin olması (*Vpr*) istasyon kullanımını pozitif yönde etkilemektedir (t=2,960, p=0,006). Bununla birlikte, konut bölgesi (*Knt*), karma kullanım (*KnTc*) ve sosyal tesis (*ST*) bölgelerinin bulunması ile istasyon kullanımı arasında pozitif ilişki vardır. Geliştirilen model, istasyon kullanım sayısını %72 ($R^2=0,719$) oranında tahmin etmektedir (ANOVA $F=14,334$, $p<0,05$). %5 anlamlılık düzeyindeki model Denklem 5.5'te gösterilmektedir.

Tablo 5.6: Aktivite amaçlı hafta sonu yolculukların model sonuçları

Bağımlı Değişken: $\ln(\mathcal{S}_a^{hs})$				
Bağımsız Değişken	Katsayı (β)	t-testi	Güvenirlilik (p)	VIF
Katsayı	5,408	11,088	0,000	
MİK*	0,081	5,134	0,000	1,779
EİS	-0,238	-1,572	0,128	2,403
Mrt	-0,143	-1,332	0,194	1,176
ODS	0,048	0,423	0,676	1,245
ODM	0,053	0,470	0,642	1,253
Trm	0,018	0,149	0,882	1,429
Vpr*	0,683	2,960	0,006	1,158
MİB	-0,040	-0,323	0,749	1,484
KHA	-0,022	-0,188	0,852	1,362
Knt*	0,012	2,805	0,009	1,693
KnTc*	0,030	4,529	0,000	1,845
Okl	0,090	0,831	0,413	1,162
Otp	-0,083	-0,675	0,506	1,470
ST*	0,039	2,545	0,017	1,376
Tic	-0,144	-1,243	0,225	1,365
YA	0,146	1,006	0,323	2,109

ANOVA: $F= 14,334$, $p < 0,05$; $R^2 = 0,719$ * $p < 0,05$, ** $p < 0,10$

$$\ln(\mathcal{S}_a^{hs}) = 5,408 + 0,081 MİK + 0,683 Vpr + 0,012 Knt + 0,030 KnTc + 0,039 ST \quad (5.5)$$

Sonuç olarak, çoklu regresyon modelleri sonucunda anlamlı bulunan parametreler 4 farklı bağımlı değişken için Tablo 5.7’de özetlenmiştir. Geliştirilen regresyon modellerine ait gerçek istasyon kullanımı ile tahmin edilen istasyon kullanımı değerleri arasındaki ilişkiye ait görseller her bir bağımlı değişken için Ek A-10, Ek A-11, Ek A-12 ve Ek A-13’te gösterilmiştir. Ulaşım ve aktivite amaçlı yolculuklarda istasyon kullanımına etki eden faktörler incelendiğinde; hafta içi ve hafta sonu arasında farklılık gözlenmemiştir. Vapur iskelesinin bulunması (*VPR*), bisiklet istasyon kullanımına etki eden en önemli değişkendir. Bu durum, İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından, bisikleti teşvik amacıyla uygulanan bisikletle vapur yolculuğunun ücretsiz olması ile açıklanabilir. Ayrıca, karma kullanım bölgeleri (*KnTc*) ve sosyal tesis (*ST*) alanları ile istasyon kullanımı arasındaki ilişkide her bir koşulda pozitif ilişkili bulunmuştur. Bu durum, ulaşım amaçlı yolculukların BPS’ni sadece ev-iş, ev-okul amaçlı değil, bir yerden bir yere gitmek amaçlı kullanıldığının sonucu olabilir. Otopark alanı (*Otp*), ulaşım amaçlı yolculuklarda istasyon kullanımına etki eden bir değişkendir. Tramvay duraklarının olması (*Trm*), ulaşım amaçlı yolculuklar için önemli bir parametre iken, aktivite amaçlı yolculuklarda önemli bir değişken olarak bulunmamıştır. Otopark bölgeleri ve tramvay duraklarının ulaşım amaçlı yolculukları pozitif yönde etkiliyor olması, ulaşım türleri arası entegrasyonun BPS için önemli bir parametre olduğunu göstermektedir. Yeşil alan (*YA*) değişkeni, ulaşım amaçlı yolculuklarda anlamlı bulunmuş; istasyon kullanımını negatif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Ulaşım amaçlı yolculuklarda kullanıcıların istasyon seçiminde yeşil alan bölgelerini tercih etmediği görülmektedir. Konut bölgesi (*Knt*) ile istasyon kullanımı arasındaki ilişki sadece aktivite amaçlı yolculuklarda gözlemlenmiştir. Mevcut istasyon kapasitesi (*MİK*), aktivite amaçlı istasyon kullanımını etkileyen önemli bir parametredir.

Tablo 5.7: Çoklu doğrusal regresyon analizleri sonucu anlamlı bulunan değişkenler

Bağımlı Değişken	MİK	Trm	Vpr	MİB	Knt	KnTc	Otp	ST	YA
$\ln(\delta_u^{hi})$		+	+			+	+	+	-
$\ln(\delta_u^{hs})$	+*	+	+			+	+	+	-
$\ln(\delta_a^{hi})$	+		+	-*	+	+		+	
$\ln(\delta_a^{hs})$	+		+		+	+		+	

* $p < 0,10$

Bölüm 6

Sonuçlar ve Gelecekteki Çalışmalar için Öneriler

Şehirlerde sürdürülebilir ulaşırma politikalarının geliştirilmesi kapsamında bisiklet paylaşım sistemi istasyonlarının doğru şekilde konumlandırılması ve kullanımını teşvik etmek oldukça önemlidir. Arazi kullanım yapısı, toplu taşıma sistemleri gibi yapıllı çevre durumu BPS kullanımına etki eden faktörlerdir. Bu bağlamda yapıllı çevre ve bisiklet kullanımı arasındaki ilişkinin incelenmesi konusunda yapılan birçok araştırmalar [20, 24, 31-34] olmasına rağmen, az sayıda çalışma BPS'nin kullanım amacına göre kullanıcı davranışları ve yapıllı çevrenin etkisini incelemiştir. Ayrıca, önceki çalışmalar, orta veya büyük ölçekli (200 ve daha fazla istasyondan) sistemler için yapıllı olup; geliştirmekte olan ülkelerde yer alan küçük sistemler için yapıllı çevrenin etkisi araştırılmamıştır. Bu çalışma, geliştirmekte olan ülkelerde kurulacak olan BPS istasyonlarının yer seçimi için rehber oluşturmaktadır. Tez kapsamında 4 ana sonuca ulaşılabilir:

1) Bisiklet yolculukları kullanım amaçlarına göre farklı davranışlar sergilemektedir. Yapılan analizlerde, ulaşım ve aktivite amaçlı yapılan yolculukların seyahat sürelerinde önemli derecede farklılıklar bulunmaktadır. Eğlence amaçlı yolculuklar daha uzun süre (56-59 dk) yolculuk yaparken, ulaşım amaçlı yolculuklar kısa süreli (30-32 dk) yolculuk yapmaktadır. Ayrıca elde edilen bulgulara göre, bisiklet kullanıcıları seyahat amacına göre farklı istasyonları tercih etmektedirler. Bu durum, istasyonların etrafındaki arazi kullanım yapısı ile ilişkilidir.

2) Çoklu doğrusal regresyon analizleri sonucunda, mevcut istasyon kapasitesi (*MİK*) aktivite amaçlı tüm günler için (hafta içi-hafta sonu) pozitif ilişkili parametre olarak bulunurken, ulaşım amaçlı yolculuklar için anlamlı bir parametre olarak bulunmamıştır. Elde edilen sonuç, literatürde yapılan çalışmalar ile uyum göstermektedir [7,14,31,35-37]. Fakat, bu çalışmalarda bisiklet yolculukları tüm veri seti üzerinden analiz edilmiştir. İstasyon kapasitesine bağlı olarak yolculuk sayısının artması beklenen bir durumdur.

3) Ulaşım problemlerinin sürdürülebilir politikalar kapsamında çözümlenmesinde toplu taşıma araçları ile entegrasyon oldukça önemlidir [38-40]. Bu bağlamda, BPS istasyonları çevresindeki toplu taşıma sistemleri altyapısının bisiklet kullanımına etkisi incelenmiştir. Yapılan regresyon analizleri sonucunda; 600 m etki alanı içerisinde vapur iskelesinin olması hem ulaşım hem de aktivite amaçlı yolculuklarda anlamlı parametre olarak bulunmuştur. Bu durum İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin hayata geçirdiği bisikletle vapur yolculuğunun “5 kuruş” olması ile açıklanabilir. Ayrıca, vapurun şehrin kuzey kısmı ile güney kısmı arasındaki direkt hat olması da bu durumun nedenlerinden birisidir. Geçmişte yapılan araştırmalarda toplu taşıma araçları içerisinde vapur iskelelerinin etkisi incelenmemiştir. İzmir gibi BPS'lerinin sahil boyunca konumlu olduğu şehirlerde vapur iskelelerinin BPS istasyonlarına etkisi oldukça önemlidir. 600 m etki alanı içerisinde tramvay istasyonunun olması (*Trm*) ise; yalnızca ulaşım amaçlı yolculuklar için pozitif yönde anlamlı bulunmuştur. Ulaşım amaçlı yapılan yolculuklarda, 600 m içerisinde tramvay istasyonunun bulunması bisiklet yolculuk sayısını artırmaktadır. Toplu taşıma sistemleri ile BPS entegrasyonu, hem BPS istasyon kullanımını hem de toplu taşıma sistemini kullanan kişi sayısını pozitif yönde etkilediği belirtilmektedir [18, 20, 31, 41]. Noland ve diğ. [16] toplu taşıma duraklarına yürüme mesafesinin uzun olduğu şehirler için BPS'lerinin toplu taşıma sistemlerine entegre edilmesinin iyi bir seçenek olabileceğini belirtmişlerdir. Fakat, BPS istasyonları ile toplu taşıma sistemleri arasında doğrudan ilişkili olmayan çalışmalarda mevcuttur [13, 42, 43]. Tez kapsamında elde edilen sonuçlara göre, tramvay istasyonunun olması, ulaşım amaçlı bisiklet yolculukları için önemli bir parametredir. Bu durum, BPS yolculuklarının kullanım amaçlarına göre farklı davranışlar sergilediğinin kanıtıdır. Çalışmada, otobüs duraklarına olan mesafe ve istasyon çevresindeki otobüs durak sayısı değişkenlerinin bisiklet kullanımını etkileyen parametreler olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, bisiklet istasyonu

etrafındaki metro istasyonunun varlığının da istasyon kullanımına etki eden bir parametre olmadığı belirlenmiştir.

4) Arazi kullanım yapısının bisiklet paylaşım sistemi istasyonuna etkisi incelendiğinde, sosyal tesis (ST) ve karma kullanım (KnTc) alanları istasyon kullanımını pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Li ve diğ. [20] karma kullanım (KnTc) alanının farklı başlangıç-bitiş yolculuklarını pozitif yönde etkileyen faktör olduğunu belirtmişlerdir.

5) Ulaşım amaçlı yapılan yolculuklarda, otopark alanı ile istasyon kullanımı arasında pozitif ilişki mevcuttur. Li ve diğ. [24] otopark yoğunluğunun bisiklet kullanımına pozitif etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Yeşil alanlar ise ulaşım amaçlı yolculukları negatif yönde etkilemektedir. Du ve diğ. [25] yeşil alanların (YA) bisiklet kullanımına pozitif yönde etki etmekte olduğunu belirtmelerine karşın yolculuk amaçlarının etkisini incelememişlerdir. Regresyon analizleri sonucunda, elde edilen bulguların literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak; yeşil alanların negatif olarak etki etmesi yolculuk amaçlarına göre farklı etkilerinin olduğunu göstermektedir. Ulaşım amaçlı yolculuklarda bisiklet kullanıcılarının ev-iş, ev-alışveriş türlerde yolculuklar yapmakta olduğu düşünülmekte olup, yeşil alanların bu yolculukları negatif etkilemesi beklenen bir sonuçtur. Aktivite amaçlı yolculuklarda ise; otopark ve yeşil alanların BPS kullanımına etkisinin olmadığı görülmektedir. Ulaşım amaçlı yolculuklardan farklı olarak, konut alanlarının (Knt) aktivite amaçlı yolculukları pozitif yönde etkilediği görülmüştür. Chen ve diğ. [13] konut bölgelerinde yer alan istasyonların daha fazla tercih edildiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, BPS istasyonlarına etki eden faktörler çoklu doğrusal regresyon analizi ile incelenmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki ileri düzey regresyon modelleri veya makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak incelenebilir. Ayrıca, coğrafi ağırlıklı regresyon modelleriyle, her bir istasyon için regresyon denklemi kurularak bu çalışma genişletilebilir. Bununla birlikte, kümeleme analiz yöntemleriyle, aynı kümede bulunan istasyonların bisiklet yolculuk davranışları incelenebilir.

7 Kaynaklar

- [1] B. Caulfield, M. O'Mahony, W. Brazil, and P. Weldon, "Examining usage patterns of a bike-sharing scheme in a medium sized city," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 100, pp. 152–161, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.tra.2017.04.023.
- [2] R. Talavera-Garcia, G. Romanillos, and D. Arias-Molinares, "Examining spatio-temporal mobility patterns of bike-sharing systems: the case of BiciMAD (Madrid)," *Journal of Maps*, vol. 17, no. 1, pp. 7–13, 2021, doi: 10.1080/17445647.2020.1866697.
- [3] Y. Xing, K. Wang, and J. J. Lu, "Exploring travel patterns and trip purposes of dockless bike-sharing by analyzing massive bike-sharing data in Shanghai, China," *Journal of Transport Geography*, vol. 87, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102787.
- [4] X. Zhang, Y. Shen, and J. Zhao, "The mobility pattern of dockless bike sharing: A four-month study in Singapore," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 98, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.trd.2021.102961.
- [5] Z. Kou and H. Cai, "Understanding bike sharing travel patterns: An analysis of trip data from eight cities," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 515, pp. 785–797, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.physa.2018.09.123.
- [6] A. Kaltenbrunner, R. Meza, J. Grivolla, J. Codina, and R. Banchs, "Urban cycles and mobility patterns: Exploring and predicting trends in a bicycle-based public transport system," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 6, no. 4, pp. 455–466, 2010, doi: 10.1016/j.pmcj.2010.07.002.

- [7] M. Hyland, Z. Hong, H. K. R. de F. Pinto, and Y. Chen, “Hybrid cluster-regression approach to model bikeshare station usage,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 115, pp. 71–89, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.tra.2017.11.009.
- [8] H. C. Liu and J. J. Lin, “Associations of built environments with spatiotemporal patterns of public bicycle use,” *Journal of Transport Geography*, vol. 74, pp. 299–312, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2018.12.010.
- [9] X. Ma, R. Cao, and Y. Jin, “Spatiotemporal clustering analysis of bicycle sharing system with data mining approach,” *Information (Switzerland)*, vol. 10, no. 5, 2019, doi: 10.3390/info10050163.
- [10] J. Todd, O. O’Brien, and J. Cheshire, “A global comparison of bicycle sharing systems,” *Journal of Transport Geography*, vol. 94, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2021.103119.
- [11] X. Zhou, “Understanding spatiotemporal patterns of biking behavior by analyzing massive bike sharing data in Chicago,” *PLoS ONE*, vol. 10, no. 10, Oct. 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0137922.
- [12] Y. Zhu and M. Diao, “Understanding the spatiotemporal patterns of public bicycle usage: A case study of Hangzhou, China,” *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 14, no. 3, pp. 163–176, Mar. 2020, doi: 10.1080/15568318.2018.1538400.
- [13] W. Chen, X. Chen, J. Chen, and L. Cheng, “What factors influence ridership of station-based bike sharing and free-floating bike sharing at rail transit stations?,” *International Journal of Sustainable Transportation*, 2021, doi: 10.1080/15568318.2021.1872121.
- [14] A. Faghih-Imani and N. Eluru, “Incorporating the impact of spatio-temporal interactions on bicycle sharing system demand: A case study of New York CitiBike system,” *Journal of Transport Geography*, vol. 54, pp. 218–227, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2016.06.008.

- [15] M. Kim and G. H. Cho, “Analysis on bike-share ridership for origin-destination pairs: Effects of public transit route characteristics and land-use patterns,” *Journal of Transport Geography*, vol. 93, May 2021, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2021.103047.
- [16] R. B. Noland, M. J. Smart, and Z. Guo, “Bikeshare trip generation in New York City,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 94, pp. 164–181, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.tra.2016.08.030.
- [17] K. Schimohr and J. Scheiner, “Spatial and temporal analysis of bike-sharing use in Cologne taking into account a public transit disruption,” *Journal of Transport Geography*, vol. 92, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2021.103017.
- [18] Y. Shen, X. Zhang, and J. Zhao, “Understanding the usage of dockless bike sharing in Singapore,” *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 12, no. 9, pp. 686–700, Oct. 2018, doi: 10.1080/15568318.2018.1429696.
- [19] E. Eren and V. E. Uz, “A review on bike-sharing: The factors affecting bike-sharing demand,” *Sustainable Cities and Society*, vol. 54. Elsevier Ltd, Mar. 01, 2020. doi: 10.1016/j.scs.2019.101882.
- [20] A. Li, P. Zhao, Y. Huang, K. Gao, and K. W. Axhausen, “An empirical analysis of dockless bike-sharing utilization and its explanatory factors: Case study from Shanghai, China,” *Journal of Transport Geography*, vol. 88, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102828.
- [21] R. B. Noland, M. J. Smart, and Z. Guo, “Bikesharing Trip Patterns in New York City: Associations with Land Use, Subways, and Bicycle Lanes,” *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 13, no. 9, pp. 664–674, Oct. 2019, doi: 10.1080/15568318.2018.1501520.
- [22] A. Radzimski and M. Dzięcielski, “Exploring the relationship between bike-sharing and public transport in Poznań, Poland,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 145, pp. 189–202, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.tra.2021.01.003.

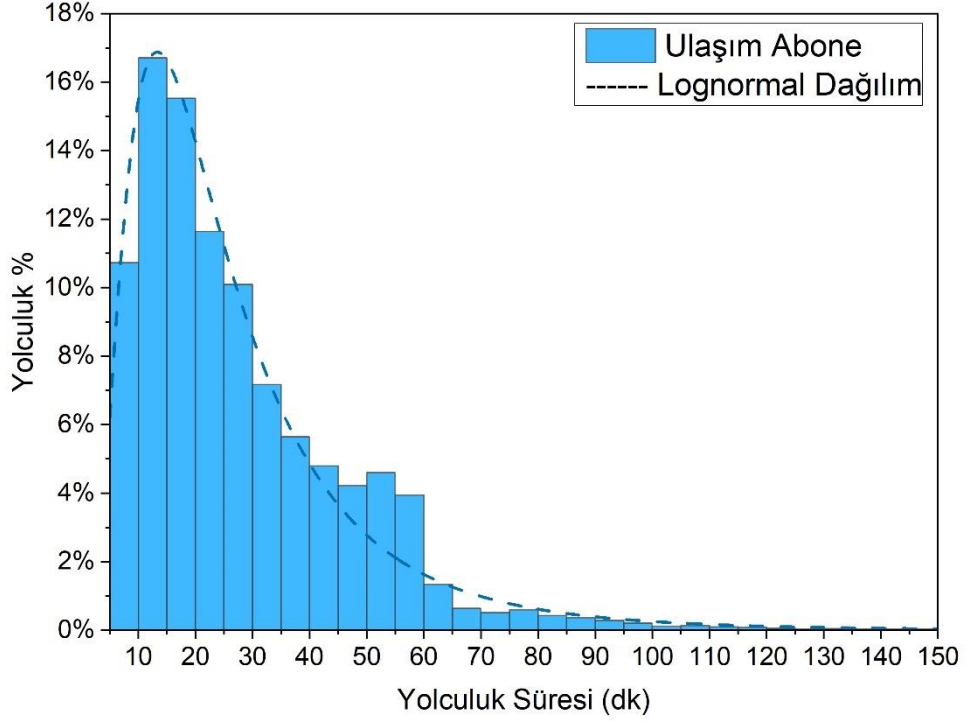
- [23] X. Wang, Z. Cheng, M. Trépanier, and L. Sun, “Modeling bike-sharing demand using a regression model with spatially varying coefficients,” *Journal of Transport Geography*, vol. 93, May 2021, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2021.103059.
- [24] W. Li, S. Chen, J. Dong, and J. Wu, “Exploring the spatial variations of transfer distances between dockless bike-sharing systems and metros,” *Journal of Transport Geography*, vol. 92, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2021.103032.
- [25] Y. Du, F. Deng, and F. Liao, “A model framework for discovering the spatio-temporal usage patterns of public free-floating bike-sharing system,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 103, pp. 39–55, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.trc.2019.04.006.
- [26] S. Maas, P. Nikolaou, M. Attard, and L. Dimitriou, “Examining spatio-temporal trip patterns of bicycle sharing systems in Southern European island cities,” *Research in Transportation Economics*, vol. 86, May 2021, doi: 10.1016/j.retrec.2020.100992.
- [27] S. Joo, C. Oh, E. Jeong, and G. Lee, “Categorizing bicycling environments using GPS-based public bicycle speed data,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 56, pp. 239–250, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.trc.2015.04.012.
- [28] P. Jensen, J. B. Rouquier, N. Ovtracht, and C. Robardet, “Characterizing the speed and paths of shared bicycle use in Lyon,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 15, no. 8, pp. 522–524, 2010, doi: 10.1016/j.trd.2010.07.002.
- [29] Peter A. Rogerson, *Statistical Methods for Geography: A Student’s Guide*. London, UK: Sage Publications Limited, 2019.
- [30] J. I. Daoud, “Multicollinearity and Regression Analysis,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Jan. 2018, vol. 949, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/949/1/012009.

- [31] C. Wu, I. Kim, and H. Chung, “The effects of built environment spatial variation on bike-sharing usage: A case study of Suzhou, China,” *Cities*, vol. 110, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.cities.2020.103063.
- [32] Z. Wang, L. Cheng, Y. Li, and Z. Li, “Spatiotemporal characteristics of bike-sharing usage around rail transit stations: Evidence from Beijing, China,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 4, Feb. 2020, doi: 10.3390/su12041299.
- [33] Z. Li, Y. Shang, G. Zhao, and M. Yang, “Exploring the Multiscale Relationship between the Built Environment and the Metro-Oriented Dockless Bike-Sharing Usage,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 4, Feb. 2022, doi: 10.3390/ijerph19042323.
- [34] H. Yang, Y. Zhang, L. Zhong, X. Zhang, and Z. Ling, “Exploring spatial variation of bike sharing trip production and attraction: A study based on Chicago’s Divvy system,” *Applied Geography*, vol. 115, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.apgeog.2019.102130.
- [35] Y. Zhang, T. Thomas, M. Brussel, and M. van Maarseveen, “Exploring the impact of built environment factors on the use of public bikes at bike stations: Case study in Zhongshan, China,” *Journal of Transport Geography*, vol. 58, pp. 59–70, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2016.11.014.
- [36] R. Buehler and J. Pucher, “Cycling to work in 90 large American cities: New evidence on the role of bike paths and lanes,” *Transportation (Amst)*, vol. 39, no. 2, pp. 409–432, Mar. 2012, doi: 10.1007/s11116-011-9355-8.
- [37] R. Rixey, “Station-level forecasting of bikesharing ridership,” *Transportation Research Record*, no. 2387, pp. 46–55, Dec. 2013, doi: 10.3141/2387-06.
- [38] H. Kong, S. T. Jin, and D. Z. Sui, “Deciphering the relationship between bikesharing and public transit: Modal substitution, integration, and complementation,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 85, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.trd.2020.102392.

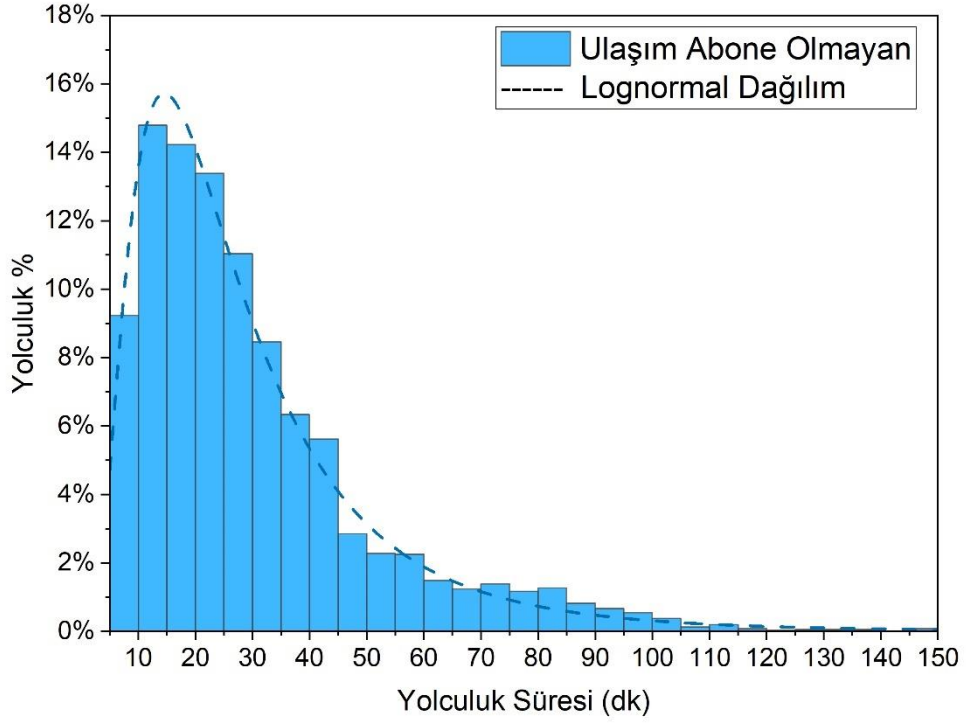
- [39] S. Molinillo, M. Ruiz-Montañez, and F. Liébana-Cabanillas, “User characteristics influencing use of a bicycle-sharing system integrated into an intermodal transport network in Spain,” *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 14, no. 7, pp. 513–524, Jul. 2020, doi: 10.1080/15568318.2019.1576812.
- [40] T. Gu, I. Kim, and G. Currie, “Measuring immediate impacts of a new mass transit system on an existing bike-share system in China,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 124, pp. 20–39, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.tra.2019.03.003.
- [41] Y. Xu *et al.*, “Unravel the landscape and pulses of cycling activities from a dockless bike-sharing system,” *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 75, pp. 184–203, May 2019, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2019.02.002.
- [42] Y. Guo and S. Y. He, “Built environment effects on the integration of dockless bike-sharing and the metro,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 83, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.trd.2020.102335.
- [43] X. Ma, Y. Ji, M. Yang, Y. Jin, and X. Tan, “Understanding bikeshare mode as a feeder to metro by isolating metro-bikeshare transfers from smart card data,” *Transport Policy*, vol. 71, pp. 57–69, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.tranpol.2018.07.008.

Ekler

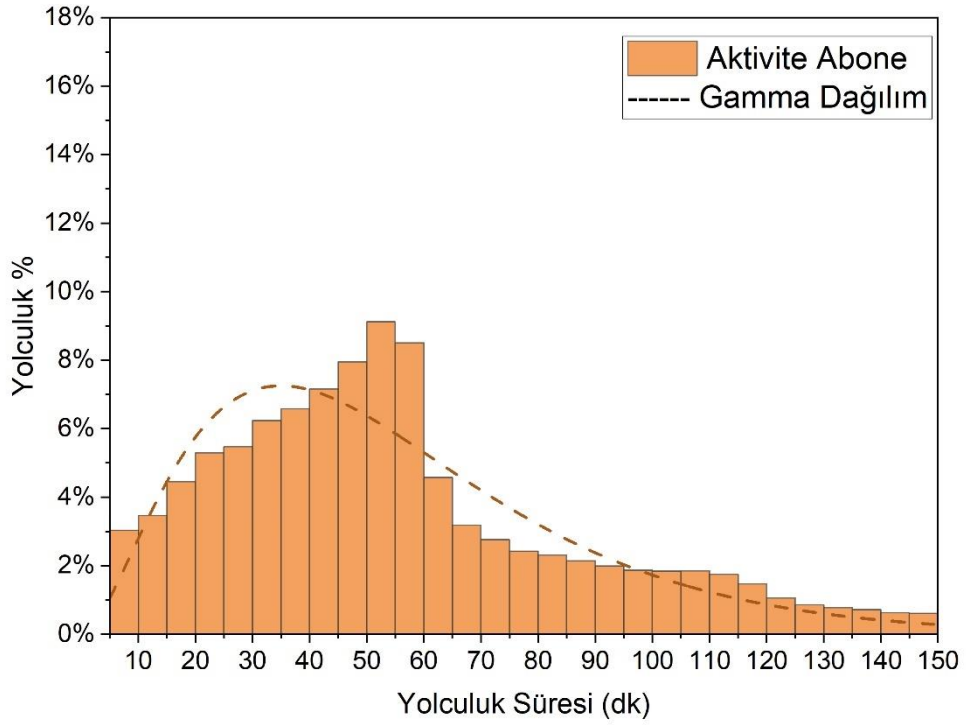
Ek A



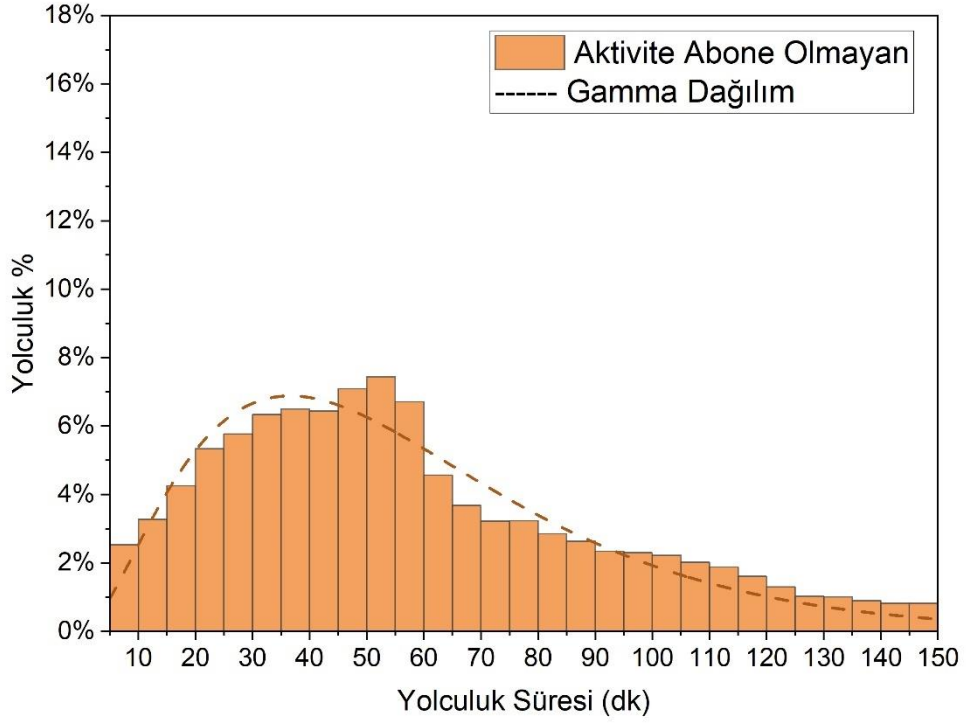
Ek A-1: Abone kullanıcıların yolculuk süresi dağılım grafiği (Ulaşım Amaçlı)



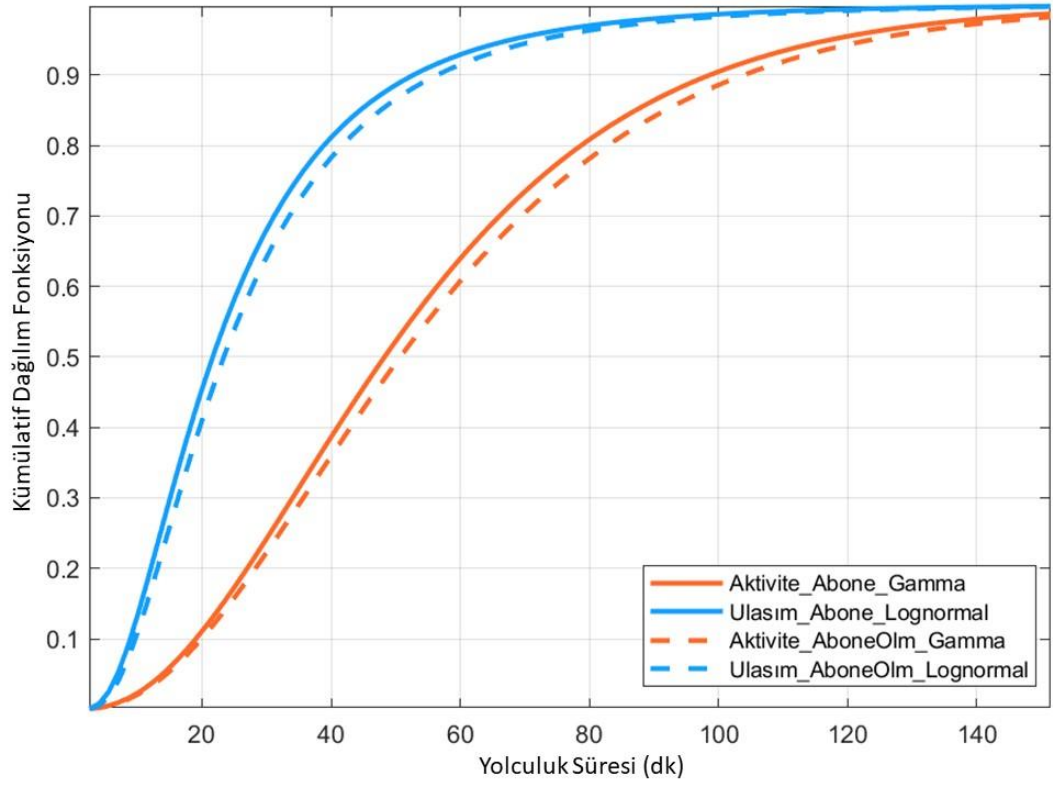
Ek A-2: Abone olmayan kullanıcıların yolculuk süresi dağılım grafiği (Ulaşım amaçlı)



Ek A-3: Abone kullanıcıların yolculuk süresi dağılım grafiği (Aktivite amaçlı)

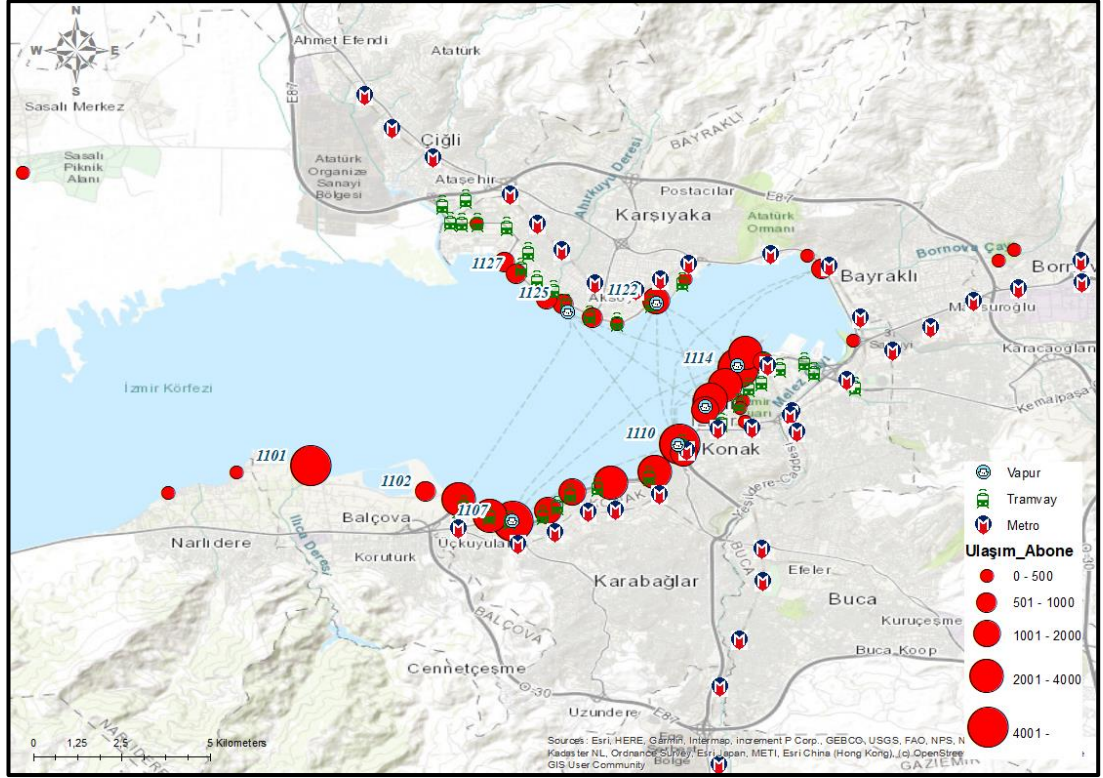


Ek A-4: Abone olmayan kullanıcıların yolculuk süresi dağılım grafiği (aktivite amaçlı)

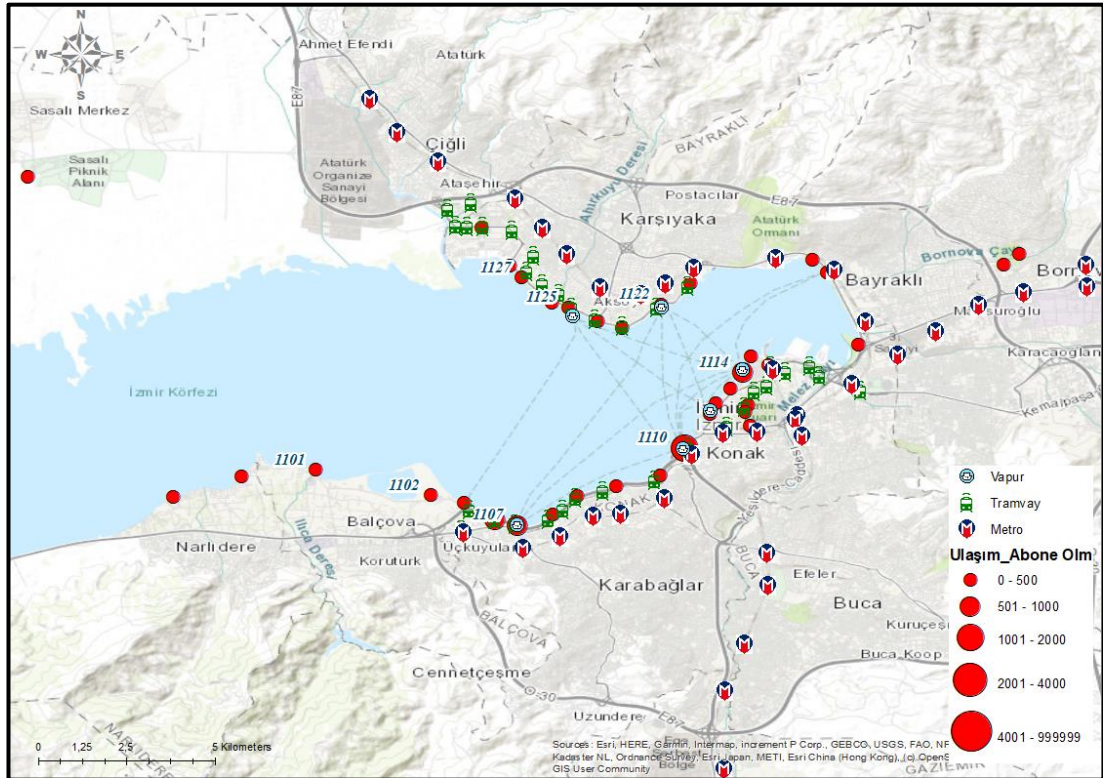


Ek

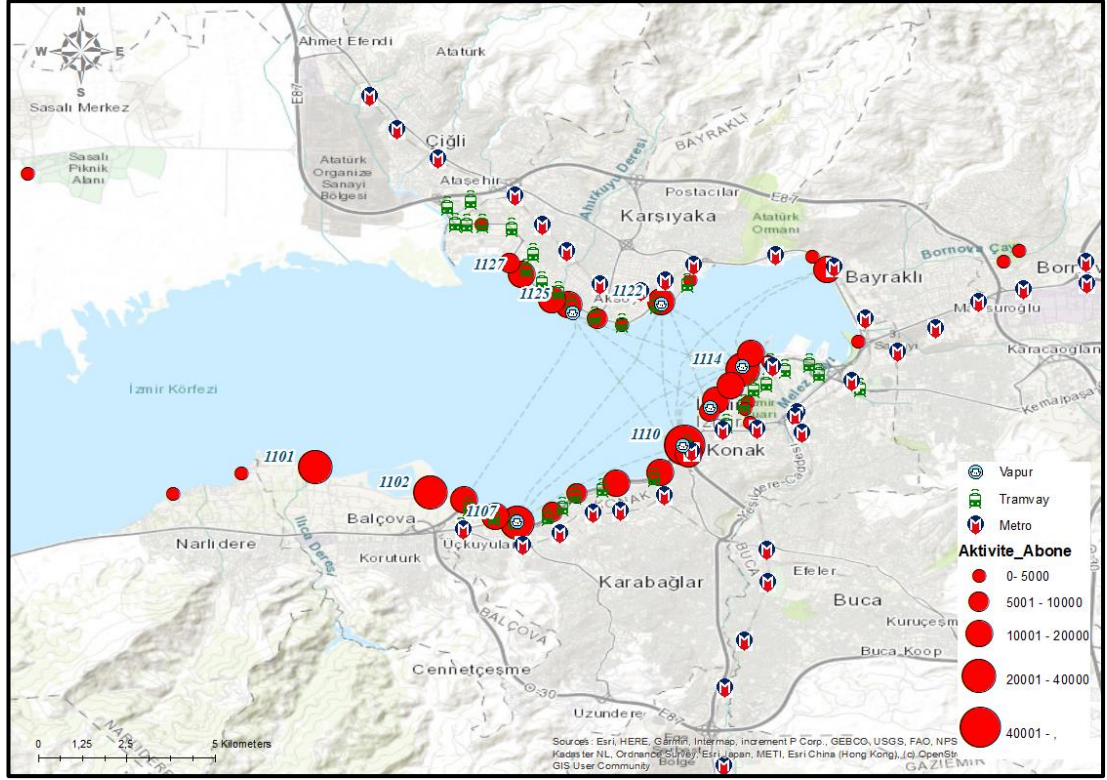
A-5: Ulaşım ve aktivite amaçlı kullanıcı gruplarına ait yolculuk süresi kümülatif dağılım fonksiyon grafiği (Abone-Abone olmayan kullanıcılar)



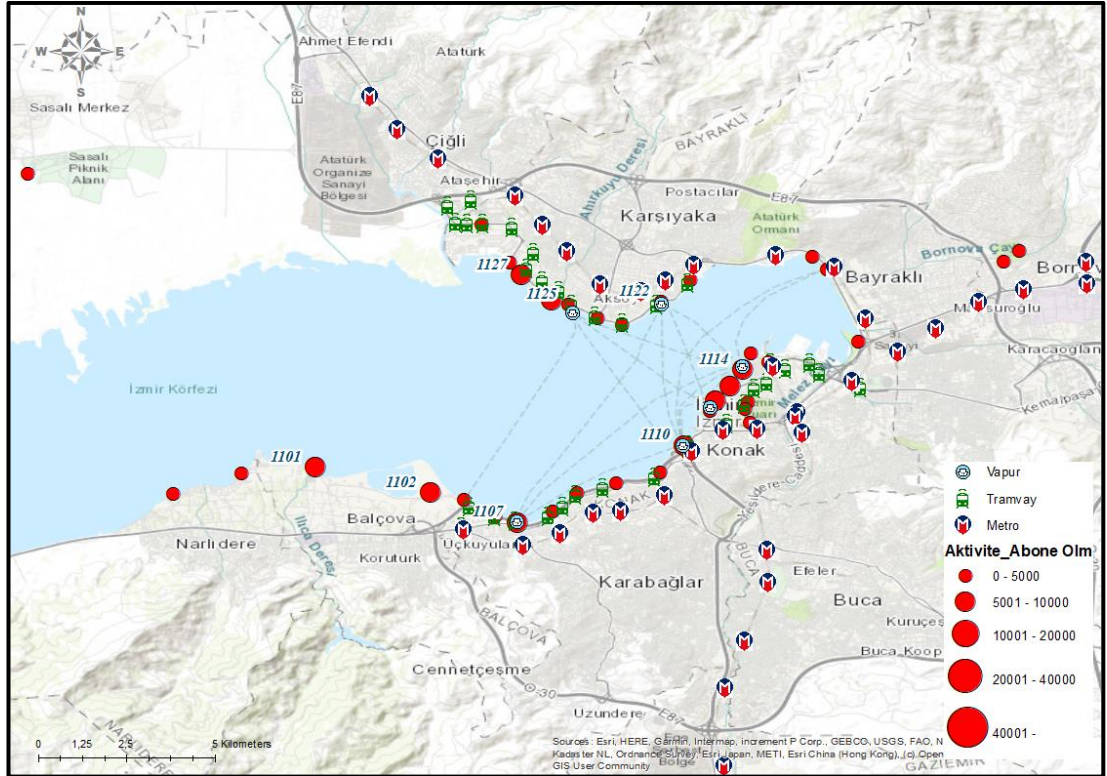
Ek A-6: İstasyon kullanım sıklıkları (Ulaşım amaçlı, abone)



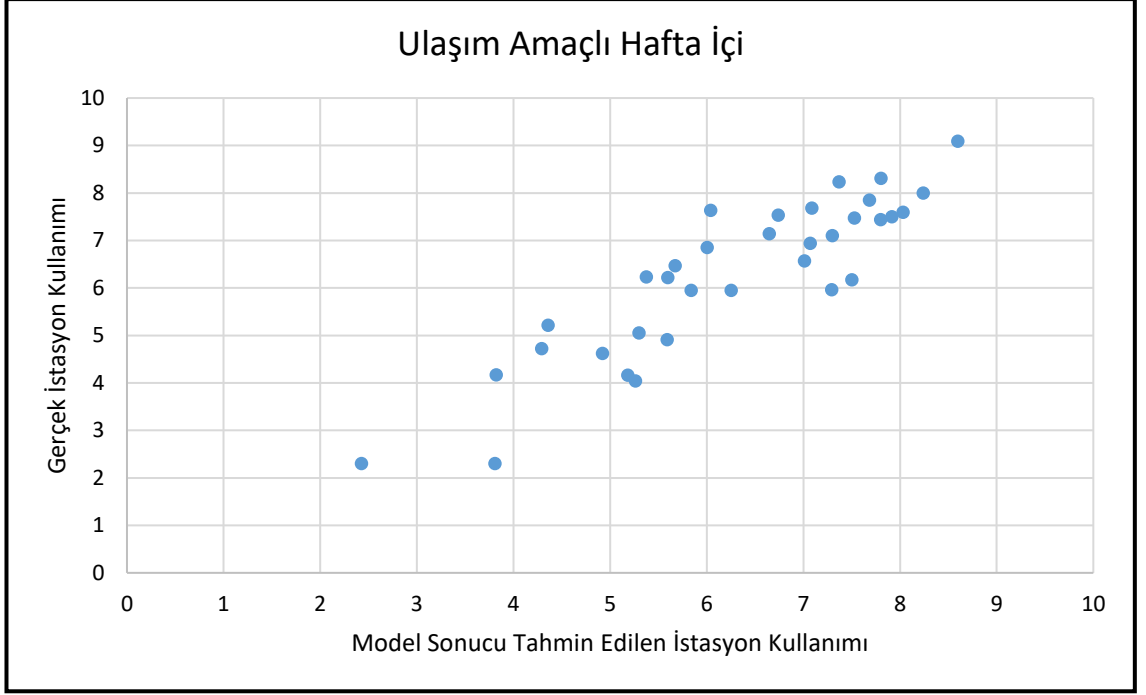
Ek A-7: İstasyon kullanım sıklıkları (Ulaşım amaçlı, abone olmayan)



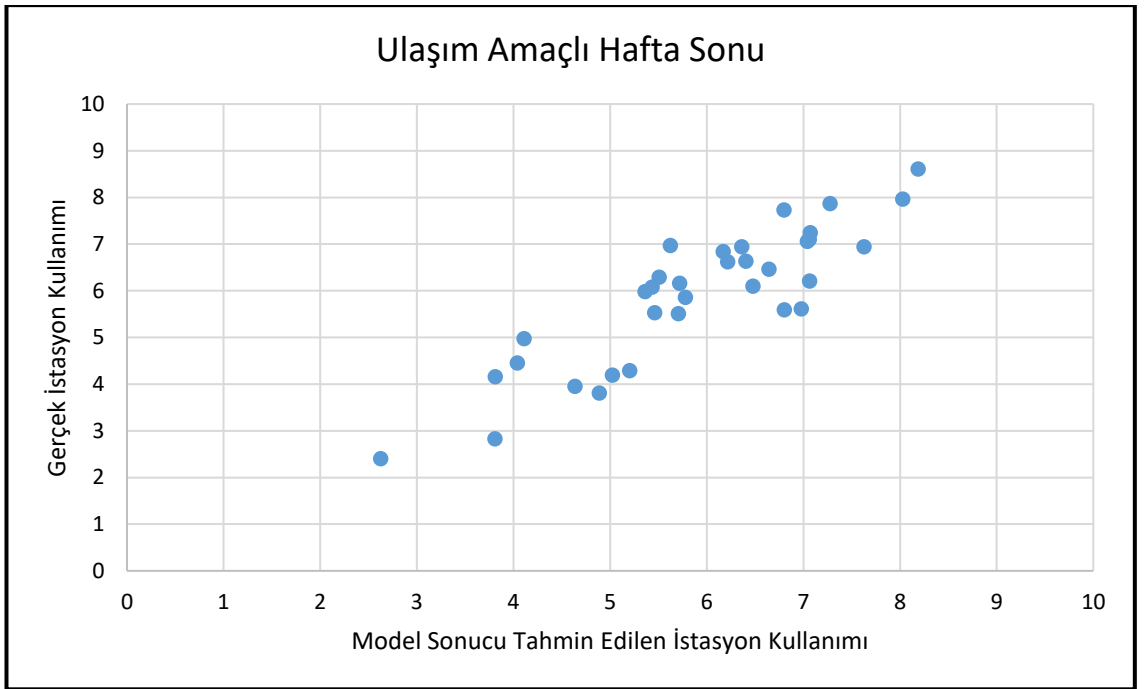
Ek A-8: İstasyon kullanım sıklıkları (Aktivite amaçlı, abone)



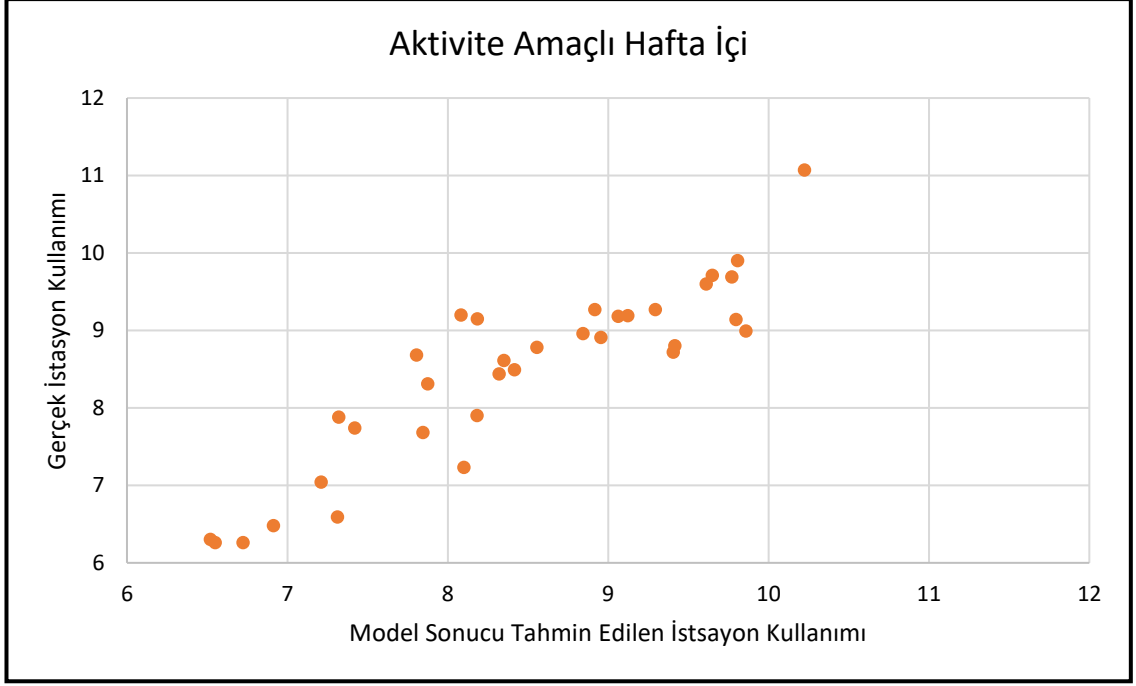
Ek A.9: İstasyon kullanım sıklıkları (Aktivite amaçlı, abone olmayan)



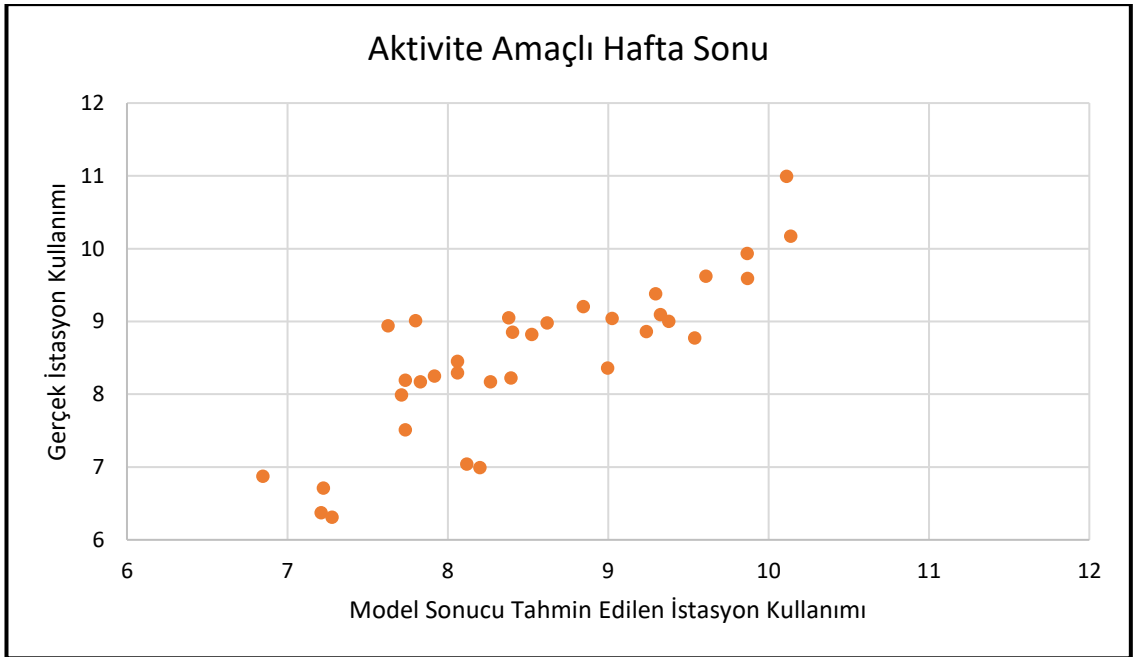
Ek A.10: Ulaşım amaçlı hafta içi regresyon modeli tahmin sonuçları



Ek A.11: Ulaşım amaçlı hafta sonu regresyon modeli tahmin sonuçları



Ek A.12: Aktivite amaçlı hafta içi regresyon modeli tahmin sonuçları



Ek A.13: Aktivite amaçlı hafta sonu regresyon modeli tahmin sonuçları

Ek B

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Konferans Bildirisi

1. Pekdemir Mehmet-Ihsan, Oruc Altintasi, Murat Ozen “Bisiklet Paylaşım Sistemi Kullanıcıların Mevsimsel Farklılıklarının İncelenmesi: Bisim İzmir Örneği”. *2nd International Conference on Intelligent Transportation Systems*, BANU-ITSC’21 October 22-24, 2021 Bandırma, Turkey.

Özgeçmiş

Adı Soyadı: Mehmet İhsan Pekdemir

Eğitim:

2014–2019 Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fak. İnşaat Müh. Bölümü
2019–2022 İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat
Mühendisliği Anabilim Dalı

İş Deneyimi:

2019 – 2022 Uşak Prizma Mühendislik Gayrimenkul Değerleme Ltd. Şti.
2022- Halen PKD Mühendislik

Konferans Bildirisi

1. Pekdemir Mehmet-Ihsan, Oruc Altintasi, Murat Ozen “Bisiklet Paylaşım Sistemi Kullanıcıların Mevsimsel Farklılıklarının İncelenmesi: Bisim İzmir Örneği”. *2nd International Conference on Intelligent Transportation Systems*, BANU-ITSC’21 October 22-24, 2021 Bandırma, Turkey.