

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EMİNÖNÜ – ALİBEYKÖY TRAMVAY HATTI PROJESİ
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) TABANLI
GÜZERGAH ANALİZİ VE GELİŞİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sait Buğra UZUN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

TEMMUZ 2020

**EMİNÖNÜ – ALİBEYKÖY TRAMVAY HATTI PROJESİ
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) TABANLI
GÜZERGAH ANALİZİ VE GELİŞİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sait Buğra UZUN
(501161432)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN

TEMMUZ 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501161432 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Sait Buğra UZUN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “EMİNÖNÜ – ALİBEYKÖY TRAMVAY HATTI PROJESİ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) TABANLI ANALİZİ VE GELİŞİMİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN İstanbul Teknik Üniversitesi	
Jüri Üyeleri :	Doç. Dr. Murat ERGÜN İstanbul Teknik Üniversitesi	
	Dr. Öğr. Üyesi Ali Sercan KESTEN Işık Üniversitesi	

Teslim Tarihi : 15 Haziran 2020
Savunma Tarihi : 13 Temmuz 2020





Aileme,



ÖNSÖZ

Öncelikle bu çalışmanın yapımında yardımlarını ve değerli vaktini esirgemeyen Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN'a, çalışmam boyunca deneyimleriyle yol gösteren Ender ÇETİNKAYA, Serap ÇETİNKAYA ve Akın EMİN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Manevi desteklerinden ve anlayışlarından dolayı annem Gülyeter UZUN, babam Cengiz UZUN ve kardeşim Berkay UZUN'a minnetlerimi sunarım. Değerli arkadaşım Onur SEZEN'e çalışmam süresince akademik deneyimlerini benimle paylaştığından dolayı teşekkür ederim.

MAYIS 2020

Sait Buğra UZUN
(Geomatik Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. İSTANBUL MEVCUT RAYLI SİSTEMLER DURUMU	5
3. EMİNÖNÜ – ALİBEYKÖY TRAMVAY HATTI PROJESİ.....	15
4. GÜZERGAH ANALİZLERİ	23
4.1 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	23
4.2 Eminönü – Alibeyköy Hattı Güzergah Analizi	27
4.2.1 Yolculuk talebi faktörü	28
4.2.2 Diğer ulaşım entegrasyon faktörü	31
4.2.3 Nüfus yoğunluğu faktörü	33
4.2.4 Sanayi ve ticarete yakınlık faktörü.....	35
4.2.5 Kamu ve eğitime yakınlık faktörü	37
4.2.6 Eğitim faktörü	39
4.2.7 T5 hattı sonuç analiz haritası	42
4.3 Eyüp – Bayrampaşa Hattı Güzergâh Analizi	46
4.4 Önerilen Hat Güzergahı ve Analizi	50
5. SONUÇ.....	55
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ.....	61



KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşı Yöntemi
APS	: Estetik Güç Temin Sistemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
TAB	: Trafik Analiz Bölgesi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : T1 hattı gelişimi ve açılış tarihleri.....	7
Çizelge 2.2 : Raylı sistemlerle bir günde taşınan maksimum yolcu sayısı.....	13
Çizelge 4.1 : Tercih ölçeği.....	25
Çizelge 4.2 : Faktörler ve önem dereceleri.....	27
Çizelge 4.3 : Yolculuk talebi faktörü ağırlık puanı.....	29
Çizelge 4.4 : Diğer ulaşım entegrasyon faktörü ağırlık puanı.....	31
Çizelge 4.5 : Nüfus yoğunluğu faktörü ağırlık puanı.....	33
Çizelge 4.6 : Sanayi ve ticarete yakınlık faktörü ağırlık puanı.....	35
Çizelge 4.7 : Kamu ve eğitime yakınlık faktörü ağırlık puanı.....	37
Çizelge 4.8 : Eğitim faktörü ağırlık faktörü.....	40



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Şehir ve köy nüfusunun yıllara göre değişimi.....	1
Şekil 2.1 : Tünel – Taksim nostaljik tramvay hattı.....	5
Şekil 2.2 : Tünel, İstanbul'un ilk metrosu.	6
Şekil 2.3 : M1A ve M1B metro hattı aracı.	7
Şekil 2.4 : T1 hattı Alstom tramvay araçları.....	8
Şekil 2.5 : M2 metro hattı Alstom metro aracı.	9
Şekil 2.6 : M2 metro hattı Haliç geçiş köprüsü Rotem metro araçları.	9
Şekil 2.7 : Taksim – Kabataş funiküler hattı aracı.....	10
Şekil 2.8 : M4 hattı CAF metro aracı.	11
Şekil 3.1 : Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı güzergahı.	16
Şekil 3.2 : Sultanahmet Meydanı'ndaki katener direkleri ve kabloları.	19
Şekil 3.3 : İstanbul Aksaray'da T1 hattı üzerinde meydana gelen kaza.	19
Şekil 3.4 : Alstom tarafından uygulanan APS sistemli tramvay hattı.	20
Şekil 3.5 : T5 hattı tramvay aracı.	21
Şekil 4.1 : Hiyerarşik yapı örneği.	25
Şekil 4.2 : Yolculuk talebi faktörü yoğunluk haritası.....	30
Şekil 4.3 : Toplu taşıma durakları tampon analiz haritası.	32
Şekil 4.4 : Nüfus yoğunluğu haritası.	34
Şekil 4.5 : Sanayi ve ticarete yakınlık tampon analizi haritası.	36
Şekil 4.6 : Kamu ve eğitime yakınlık tampon analiz haritası.	38
Şekil 4.7 : Eğim analiz haritası.	41
Şekil 4.8 : T5 hattı analiz haritası.	43
Şekil 4.9 : T5 hattı alternatif güzergah analiz haritası.	45
Şekil 4.10 : Eyüp – Bayrampaşa hattı güzergahı.	47
Şekil 4.11 : Eyüp – Bayrampaşa hattı analiz haritası.	48
Şekil 4.12 : Öneri tramvay hattı analiz haritası.	52



EMİNÖNÜ – ALİBEYKÖY TRAMVAY HATTI PROJESİ COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ(CBS) TABANLI GÜZERGAH ANALİZİ VE GELİŞİMİ

ÖZET

Kalabalık şehirlerin en büyük problemlerinin başında ulaşım sorunu gelmektedir. Dünyadaki bütün büyük şehirlerde olduğu gibi ülkemizin de en yüksek nüfusa sahip şehirlerinden biri olan İstanbul aynı sorunla mücadele etmeye çalışmakta, çözümü için yatırımlar yapmaktadır. Ancak yüksek maliyeti olan ulaşım yatırımları titizlikle çalışarak yapılmalı, mümkün olan en az harcama ile en fazla verim alınmaya çalışılmalıdır. Bundan dolayı halkın talepleri iyi değerlendirilmelidir. Halkın talepleri ve eğilimleri doğrultusunda yatırımı gerçekleştirilecek olan ulaştırma projelerinden en iyi fayda sağlanabilmektedir.

Birçok sektörde faydalandığı gibi ulaştırma sektöründe de verilerin etkili bir şekilde analiz edilmesine coğrafi bilgi sisteminin katkısı göz ardı edilemez. Özellikle ulaştırma projelerinde güzergâh boyunca gerçekleştirilecek analizlerde işlenecek verilerin konumsal veriler ile kritik ilişkilerinin olması coğrafi bilgi sistemini ulaştırma projelerinde daha önemli bir konuma getirmektedir. Bir ulaştırma projesinde en önemli safha olan güzergâh seçimi gerçekleştirilirken kullanılacak olan yolculuk talebi, nüfus yoğunluğu, diğer ulaşım sistemleri ile uyum, okul ve kamu kurumlarına ayrıca sanayi ve ticaret alanlarına yakınlık verilerinin konumsal veri olmadan anlamlandırılması beklenemez. Aynı zamanda konumsal niteliğe sahip veriler birbirlerinden farklı önem derecelerine sahiptirler. Ulaştırma sektöründe faaliyet gösteren uzmanların görüşleri alınarak çok kriterli karar verme yöntemleriyle faktörlerin önem dereceleri ve ağırlık puanları belirlenir. Belirlenen ağırlık puanları konumsal verilerle eşlenerek coğrafi bilgi sistemi yazılım programlarıyla analizin gerçekleştirilmesi sağlanır. Bu verilerin en iyi şekilde analiz edilerek, ulaştırma projelerinde güzergâh seçiminin gerçekleştirilebilmesi için çok kriterli karar verme yöntemleri ve coğrafi bilgi sistemleri karar vericilerin en büyük yardımcısıdır.

Mevcut duruma bakıldığı zaman 2019 verilerine göre İstanbul'da toplu taşıma içerisinde raylı sistemlerin payı %18,6'dır. Hayata geçirilen metro, tramvay, Marmaray vb. projelerle birlikte şehir içi ulaşımında raylı sistemlerin payı artmıştır. Ancak İstanbul gibi büyük şehirlerdeki trafik sorununa raylı sistem projelerinin çözüm olabilmesi için bu oran yeterli değildir. Raylı sistem hatları arttırılmalı ve şehirde yaşayan her birey için raylı sistemler ulaşılabilir hale getirilmelidir. Bundan dolayı ilk yapım maliyeti, karayolu yapım maliyetine göre çok daha yüksek olan raylı sistemlerin güzergâhları iyi analiz edilmelidir. Yapım öncesi iyi analiz edilememiş olan raylı sistem güzergâhları istenen sonucu sağlayamayacak, şehir trafiğine olumlu etkisi gözlenemeyecektir.

Bu kapsamda İstanbul'da ulaşımı, güzergâhının geçtiği bölgelerde büyük oranda rahatlatacağı düşünülen Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının önemi çok fazladır. Gerek güzergâhın geçtiği turistik ve tarihi bölgeler, gerekse nüfusun yoğun olduğu bölgeler ve ticaret alanları düşünüldüğünde bu düşüncenin yanlış olduğunu söylemek

güç olur. Bu tezin amacı İstanbul'un T5 hattı olarak isimlendirilen ve inşa aşamasında olan Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı ulaştırma projesini çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak belirlenen faktörlerin hesaplanan önem dereceleri ve her bir faktörün içerisinde konumsal verilere göre belirlenen ağırlık puanı öznitelik bilgilerinin, konumsal verilerin nitelik tablosuna coğrafi bilgi sistemi tabanlı yazılım programları kullanarak işlemek, çok yönlü bir şekilde bilimsel olarak analiz etmek ve tramvay hattının ortaya koyacağı olumlu etkilerin nedenlerini bilimsel gerçeklerle beraber göstermektir. Bu hattın analizi ile beraber Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının bir kolu olarak planlanan ve projelendirme safhasında olan Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattı uzatmasının olumlu yönlerini aynı yöntemlerden faydalanarak göstermektir. Son olarak Eminönü – Alibeyköy ve Eyüp – Bayrampaşa tramvay hatlarının analizlerini gerçekleştirirken kullanılan yöntemlerle Eminönü – Alibeyköy tramvay hattıyla bağlantılı yeni tramvay hattı için güzergâh araştırması sonucu karar verilen yeni tramvay güzergâhını öneri olarak sunmaktır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemi, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi, Eminönü – Alibeyköy Tramvay Hattı

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF EMINONU – ALIBEYKOY TRAM LINE USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS)

SUMMARY

Transportation problem is one of the biggest problem for crowded cities. Like all of grand cities in the world, Istanbul is one of the highest population in Turkey which try to struggle with same problem and transportation investments are made by administration of Istanbul to solve transportation problems. However, transportation investments should be realized carefully due to need high cost to construct transportation system. Each participant should be worked to get maximum efficiency with minimum cost. To get maximum efficiency, demands of people living in Istanbul should be evaluated well. If transportation project can be applied according to demands and trends of people, the city can be get maximum efficiency from transportation project.

Deciding among many options is really hard process to decision makers for all topics. Some methods have been developed in many years to choose best option. With these methods, decision making process is easier than for decision makers. One of the most used methods is Analytical Hierarchy Process. This method is one of multi-criteria decision making methods. Analytical Hierarchy Process was developed by Thomas L. Saaty in 1970s. Decision makers generally use this method for both transportation and other sectors. Travel demands, population density, integration to other transportation systems, proximity to industry and trade areas, proximity to public and educational facilities, and slope factors are determined with Analytical Hierarchy Process according to opinions of transportation sector experts. Importance level and weight of determined factors are calculated with Analytical Hierarchy Process.

As used in many sectors, geographical information system has huge contribution to analysis data efficiently in transportation sector. Especially in transportation projects, data to be used in analysis has critical relation with spatial data along transportation system alignment. For this reason, geographical information system software has important role in transportation projects because geographical information system software has ability to work with spatial data. Selection of alignment is most important phase for transportation projects. When choosing transportation system alignment, travel demands, population density, integration to other transportation systems, proximity to industry and trade areas, proximity to public and educational facilities, and slope data play significant role. On the other hand, these data are not logical and cannot be evaluated without spatial data. Geographical information system software is the main assistant to analyze with best way for selection of transportation system route.

When current situation is evaluated, according to 2019's data, usage ratio of railway systems in public transportation is 18,6% in Istanbul. Total length of railway lines is 230 kilometers with 6 metro, 4 tramway, 2 funicular, 2 cable car, and suburban lines

in Istanbul. In last decade, many new railway projects as metro, tramway, Marmaray etc. are constructed in Istanbul. With these new railway projects, usage ratio of railway systems has been increased. Unfortunately, number of constructed railway lines is not enough to solve traffic jams problems in big cities like Istanbul. Railway lines should be like spider web and railway systems should be constructed in every region in cities. Number of railway system lines in cities should be increased and railway systems should be accessible for each person. Due to initial construction cost of railway systems is higher than initial construction cost of highway; railway alignment should be well analyzed to eliminate additional cost. Except additional cost effects, if railway alignment does not well analyze before the construction starts, positive effects on traffic jams cannot be observed. So desired results cannot be reached by administrator of cities.

Although a lot of railway systems work in Istanbul, these are not enough to solve transportation problem. On the other hand, both Istanbul and population of Istanbul increase every day. Therefore, Istanbul needs new railway system investments to prevent chaos which is created by high population in city. Increasing number and type of railway systems are main solution to solve transportation problems. These railway system investments should be built quickly. Therefore, railway systems investments always should be gone on without any interruption to increase the ratio of travel with railway system in Istanbul. If new railway investments evaluate, Eminönü – Alibeyköy tramway line has significant role because alignment of this line passes through in the crowded areas of the city. In addition, there are a lot of touristic and historical area, high population density, and trade areas around alignment of Eminönü – Alibeyköy tramway line. If all properties of Eminönü – Alibeyköy tramway line evaluate together, importance of this tramway line reappears. When Eminönü – Alibeyköy tramway line starts to work, positive effects of this line will be seen on traffic. The other positive effect is cost. According to metro project, infrastructure cost of tramway projects is cheaper than infrastructure cost of metro projects. This infrastructure cost affects project duration in parallel. If infrastructure cost of project increases, project duration increases. Due to infrastructure cost of tramway project is less than infrastructure cost of metro project, completion duration of tramway project is less than completion duration of metro project. Therefore, infrastructure cost and project duration are two important items for railway projects. There are advantages of tramway projects compared to metro projects.

The purpose of this thesis is to analyze Eminönü – Alibeyköy tram line with determined factors. Eminönü – Alibeyköy tramway line which is in construction phase is called T5 line in Istanbul railway network. Factors are determined with one of the multi-criteria decision making method. This method is Analytical Hierarchy Process. Analytical Hierarchy Process has critical role for decision makers when they have to select the best way to solve complex problem. Especially, transportation experts generally face off with significant problem. So they prefer to use Analytical Hierarchy Process to reach solution easily. According to Analytical Hierarchy Process, experts of transportation sectors compare each determined factors with the other one by one. After comparison, each factor is listed by importance weight. Alignment selection is evaluated with spatial data. According to type of factors, importance weight of factors is matched with spatial data in attribute table. After analyze of each factor, analysis maps are created for factors. Created maps are travel demands, population density, integration to other transportation systems, proximity

to industry and trade areas, proximity to public and educational facilities, and slope maps. Importance weights are shown in these maps. Eminönü – Alibeyköy tramway line is evaluated in factor maps and analyzed according to factors importance weight. All factor importance weights are gathered in one map to create result analysis map. Result analysis map is shown significance of Eminönü – Alibeyköy tramway line.

After analysis of Eminönü – Alibeyköy tramway line, analysis of Eyüp – Bayrampaşa which is designed as part of Eminönü – Alibeyköy tram line is completed with same method. Eyüp – Bayrampaşa tramway line which is planned as extension of Eminönü – Alibeyköy tramway line starts from Feshane station which is middle station of Eminönü – Alibeyköy tramway line. This project is in design phase. The length of Eyüp – Bayrampaşa tramway line is 3,1 kilometer and this line has 6 stations. Like Eminönü – Alibeyköy tramway line, this line passes through area which has high travel demand, high population density, near industry and trade areas. Slope is appropriate to construct tramway for this line. Eyüp – Bayrampaşa tramway line will have the opportunity to transfer with two important railway lines which are M1 metro and T4 tramway lines in two different stations. According to grand railway network plan of Istanbul, two another railway lines which have chance to transfer Eyüp – Bayrampaşa tramway line will be constructed in Istanbul. After all of railway lines have been constructed, Eyüp – Bayrampaşa tramway line has opportunity to change public transportation vehicle in 4 stations. Although there is no significant any public or education facilities around Eyüp – Bayrampaşa tramway line, total weight score is high. Accordingly each factors, proximately analysis for high score areas is done and analysis maps of factors are created. Eyüp – Bayrampaşa tramway line is evaluated on factors and result analysis maps.

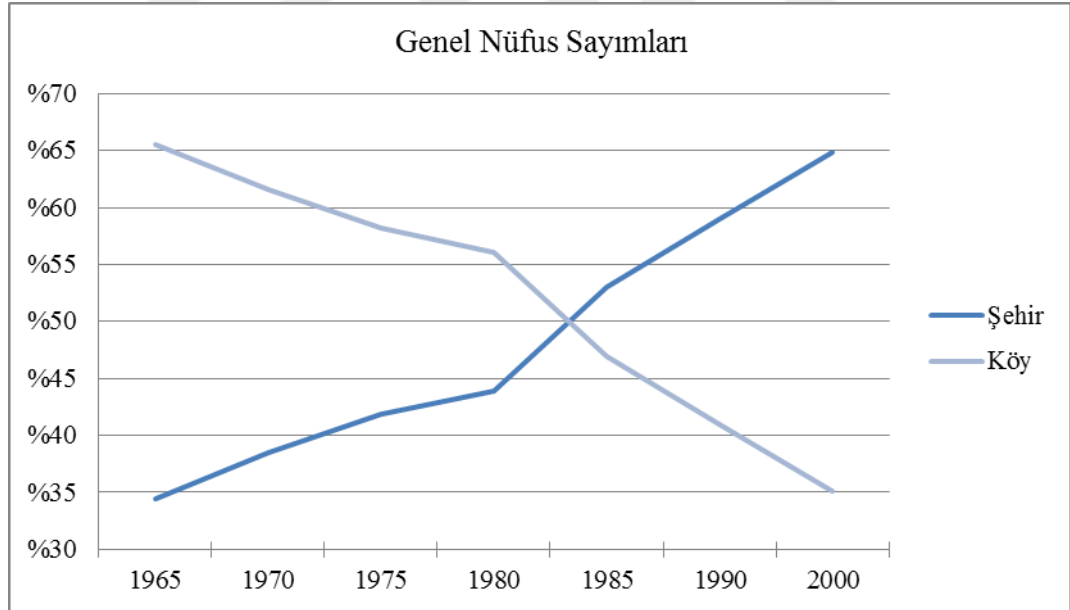
In conclusion, result analysis map is shown total weights of fields around determined working area for analysis of Eminönü – Alibeyköy and Eyüp – Bayrampaşa tramway lines. Except alignments of Eminönü – Alibeyköy and Eyüp – Bayrampaşa tramway lines, some fields have high total weight score. Although these fields have high total weight score, there is no any railway systems line around these. So new railway line is suggested with this thesis to increase number of railway system lines and total length of railway systems in Istanbul. The other main reason is to solve transportation problem with increased number of railway systems. If new railway systems construct rapidly, they will be more efficient for city. Because of the needs of Istanbul, instead of new metro line, new tramway line is suggested. Infrastructure cost of tram project is less than metro projects and construction duration of tram projects is faster than metro projects. For these reasons, new tram line can be started to work fast. According to designed alignment for suggested tramway line, route of tramway line passes from areas which have high total weight score. Route of suggested tramway is designed along Kağıthane creek. Same analysis with Eminönü – Alibeyköy and Eyüp – Bayrampaşa tramway lines are done for suggested tramway line. There are a lot of industry and trade areas, high population density and travel demand around suggested new tram line.

Keywords: Geographical Information System, Multi-Criteria Decision Making Methods, Eminönü – Alibeyköy Tram Line



1. GİRİŞ

Türkiye’de 1950 sonrasında köyden kente göçün artması şehirlerin hızlı bir şekilde büyümesine neden olmuştur. Köylerdeki işgücü talep fazlalığı, sanayileşmeyle beraber şehirlerdeki işgücü talebi ve kırsal bölgelerde sosyo-ekonomik sorunlar göç için itici güç olmuşlardır. Hatta köyden kente göç ilk başlarda sorun olarak algılanmamış, desteklenmiştir, Güreşçi(2010). Ancak bu büyümenin sistemli bir şekilde yapılamamasından dolayı kentlerde çarpık kentleşmeye neden olmuş, bu da birçok sorunu beraberinde getirmiştir. Nitekim 1965 ve 2000 genel nüfus sayımlarına bakıldığında 1965 senesinde nüfusun %34’ü şehirlerde yaşıyorken 2000 senesine gelindiğinde bu oran %65’e çıkmaktadır. Şekil 1.1’de şehir ve köy nüfusunun genel nüfus sayımlarına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 1.1 : Şehir ve köy nüfusunun yıllara göre değişimi.

2018 yılı Türkiye İstatistik Kurumu(Bundan sonra TÜİK olarak anılacaktır.) verilerine göre Türkiye’nin nüfusu 82.003.882 kişidir. Bu nüfus içerisinde 15.067.724 kişi ile en büyük pay İstanbul’a aittir. Bu pay nüfusun %18,4’üne tekabül etmekte ve artış göstermektedir. 2008’den 2018 yılına kadar geçen süre irdelendiğinde Türkiye’nin nüfusu ortalama %15 artış gösterirken İstanbul için bu

artış %19 civarındadır. Aynı şekilde nüfus yoğunluğuna bakıldığında zaman zaman 2018 yılındaki Türkiye'nin kilometre başına düşen kişi sayısı 106,55 iken İstanbul için 2.889,87 kişidir.

İstanbul ve Türkiye'deki motorlu kara taşıtlarının sayıları incelendiğinde nüfus verisiyle paralellik gösterdiği söylenebilir. 2018 yılı verilerine göre İstanbul'daki motorlu kara taşıtlarının sayısı Türkiye'nin yaklaşık %18'ine denk gelmektedir. Ancak 2008 yılı verilerinde İstanbul'daki motorlu kara taşıtları Türkiye'deki motorlu kara taşıtlarının %20'sini oluşturmaktadır. Bu veriyle beraber son 10 yıl içerisinde İstanbul'da araç sahipliğinin azaldığını yapılan toplu taşıma yatırımlarında başarılı olduğunun yorumu yapılabilir.

İstanbul'da ilk toplu taşıma faaliyetleri 1854 yılında Şirket'i Hayriye'nin kurulmasıyla beraber şehir içi vapur seferleriyle deniz yolu üzerinden gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Bundan sonraki süreçte 1871 yılında ilk atlı tramvaylar devreye girecek ilerleyen dönemlerde atlı tramvaylar yerlerini elektrikli tramvaylara bırakacaktır. Akabinde Dünya'nın ikinci metrosu olan tünelin 1871 yılında yapımına başlanmış, 1875 yılında hizmete açılmıştır. Hizmete açılan tramvay hatları ve tünel hattı İstanbul'un toplu taşımasında büyük paya sahip olup önemli bir rol üstlenmişlerdir. 1935 yılına gelindiğinde tramvay hatlarının uzunluğu Avrupa ve Anadolu yakasında toplam 59,5 km'lik bir ağ oluşturmuştur. "1961 yılında Avrupa yakasından, daha sonra da 1966'da Asya yakasından kaldırılması, İstanbul'da toplu taşımacılığın geliştirilmesinde yanılığların bir simgesidir." (Evren, 2001, s.21). Tramvayların kaldırılmasından sonra lastik tekerlekli taşımaya önem verilmiş tramvayların yerlerini otobüsler ve trolleybüsler almıştır. "Tramvayların sökülmesinden sonra trolleybüslerin devreye sokulmasında yeterince başarılı olunamamış, ancak otobüs taşımacılığında önemli gelişmeler sağlanmıştır." (Evren, 2001, s.20). Raylı sistem yatırımları 1989 senesi itibariyle tekrar başlamış M1 Yenikapı – Atatürk Havalimanı metrosunun ilk etabı olan Emniyet ve Kartaltepe – Kocatepe istasyonları arası hizmete alınmıştır. Sırasıyla yatırımlar devam etmiş 2019 senesi itibariyle yaklaşık 230 km'lik raylı sistem ağı İstanbul'da hizmet vermektedir.

Raylı sistemlerde güzergâh belirleme, raylı sistem projelerinin en önemli aşamalarının başında gelmektedir. Birbirine bağlanacak lokasyonlar iyi analiz edilmelidir. İlk yapım maliyeti yüksek olan raylı sistemlerde en iyi faydanın sağlanabilmesi için güzergâh analizleri titizlikle gerçekleştirilmelidir. Doğru

güzergâh seçimiyle işletmeye alınacak olan raylı sistem hattı çok kısa sürede ilk yapım maliyetini amorti edecektir. Bundan dolayı ilk yapım maliyetini azaltacak, toplum tarafından tercih edilebilir ve erişilebilir, çevreyle uyumlu raylı sistem güzergâhını belirlemek birden fazla etkenin bir arada analiz edilmesiyle mümkün olacaktır. Bu etkenler kabaca ekonomik, mühendislik, erişilebilirlik ve çevresel etkenler olarak ana başlıklar altında toplanabilir. Her bir etkenin raylı sistem güzergâhını belirlemede olan etkisi birbirinden farklıdır. Bir etken için en uygun güzergâh bir başka etken iyi en iyi seçenek olmayabilir. Bu yüzden etkenlerin güzergâh belirlemede etkisi birbirleriyle kıyaslanarak değerlendirilmeli, raylı sistem güzergâhı, etkisi daha fazla olan etkenin güzergâh belirlemede daha fazla payının olduğu, tüm fonksiyonların beraber irdelendiği bir sistem içerisinde ortaya çıkarılmalıdır.

Hedeflerin ve amaçların gerçekleştirilebilmesi için karar verme, birden fazla seçenek arasından birini seçme sürecidir. Ulaştırma projelerinde de en iyi kararın verilebilmesi için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler ulaştırma projelerinin değerlendirilmesi için iki ana başlık altında toplanmıştır(Akad, 2006):

- “Fayda Maliyet Analizi”,
- “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri”.

“Fayda Maliyet” analiz yöntemi ulaştırma projesine daha çok ekonomik yönden yaklaşmaktadır. Bu yöntemde ulaştırma projesine parasal olarak bakılmakta alternatif güzergâhlar birbirleriyle ekonomik avantajlarına göre kıyaslanmaktadır. Parasal olarak ifade edilmesi güç olan kentsel yapıya, tarihsel dokuya uygunluk tamamen göz ardı edilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri” raylı sistem projelerinin güzergâh tasarımı aşamasında bütün faktörlerin bir arada değerlendirilebilmesi amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Kırlangıçoğlu, 2014).

Bu tez kapsamında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri’nden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi(Bundan sonra AHP olarak anılacaktır.) kullanılacaktır. AHP, 1970’lerde Profesör Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen birden çok etkeni içerisinde barındırarak karmaşık problemlerin çözümünü farklı koşullara uyum sağlayarak esnek bir şekilde çözebilen bir yöntemdir (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

Dünya üzerindeki nesnelere ait verilerin sosyal, ekonomik ve çevresel sorunların çözümüne yardımcı olması için bir araya getirilmesi, saklanması, konumsal analizlerinin yapılması bilgisayar tabanlı bir sistem olan Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS) ile mümkündür. Öznitelik ve geometrik veriler olarak coğrafi veriler CBS’de iki gruba ayrılır. Nesnelere ait nitelik bilgileri öznitelik verisinde, nesnelere ait şekil ve konum bilgileri geometrik bilgiler içerisinde yer almaktadır. Örneğin bir arsanın sınırları geometrik veri, arsanın kime ait olduğu verisi öznitelik verisidir. CBS, mekânsal verilerin analizini kolaylaştırdığından dolayı planlamalarda kritik öneme sahiptir (Toraman, 2009).

Tezin ilerleyen kısımlarında, İstanbul’daki mevcut raylı sistem ağına değinilecek, İstanbul’un T5 hattı olarak isimlendirilen Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı projesinden bilgiler verilecektir. Eminönü – Alibeyköy tramvay hattıyla beraber yapımı planlanan Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattı uzaması Çok Kriterli Karar Verme Sistemleri’nden biri olan AHP ile beraber Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak analizi edilecektir. Bu analizler sonucunda hatların verimliliği ve gerekliliği hakkında bilgiler paylaşılacak, bu hatlarla bağlantılı olarak çalışacak yeni tramvay projeleri için önerilerde bulunulacaktır.

2. İSTANBUL MEVCUT RAYLI SİSTEMLER DURUMU

1871 yılında başlayan İstanbul'un raylı sistemler tarihi, 1961 yılında Avrupa yakasından 1966 yılında Asya yakasından tramvayların kaldırılmasıyla sekteye uğramış, takip eden 20 yıllık dönemde lastik tekerlekli araçlarla toplu taşıma faaliyetleri gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Lastik tekerlekli ulaşım yöntemlerinin hızla büyüyen ve kalabalıklaşan İstanbul'un ihtiyaçlarına karşılık veremez duruma gelmesiyle beraber en etkili ve işlevsel çözümlerin başında gelen raylı sistemlerden, 1960 öncesi olduğu gibi daha fazla yararlanma fikri 1980'lerde tekrar gündeme gelmiştir. Raylı sistemlere dönüş fikriyle beraber kent içi raylı sistemlerin inşasına 1985 yılında tekrar başlanmıştır (Metro İstanbul, 2019).

Raylı sistem yatırımlarının tekrar başladığı günden 2019 yılına kadar geçen süreçte pek çok raylı sistem hattı işletmeye alınmıştır. Mevcut durumda 6 metro, 4 tramvay, 2 föniküler, 2 teleferik ve 1 banliyö hattı olmak üzere yaklaşık 230 kilometrelik raylı sistem hattı İstanbul'a hizmet etmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2019).

1990 yılının sonunda Tünel – Taksim arasında işletmeye alınan 1.64 km'lik nostaljik tramvay hattı, 1966 yılından sonra İstanbul'da işletmeye alınan ilk tramvay hattıdır. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi nostaljik tramvay hattı İstiklal Caddesi üzerinde bulunduğundan dolayı toplu taşıma fonksiyonundan çok, turistik bir işleve sahiptir. 4 motris, 2 yolcu ve 1 etkinlik vagonu ile hizmet vermektedir (İETT, 2019).



Şekil 2.1 : Tünel – Taksim nostaljik tramvay hattı.

İstanbul'un Anadolu yakasında 2003 yılında yolcu taşımaya başlayan Kadıköy ilçesi içerisinde yer alan 2,6 kilometre uzunluğundaki Kadıköy – Moda hattı bir diğer nostaljik tramvay işletmeciliği bulunan hattır. Ayrıca Anadolu yakasının tek tramvay hattı olma özelliğine de sahiptir (Sazak, 2011).

Tünel, 1871 yılında yapımına başlanılan 1874 yılında tamamlanıp 1875 yılında hizmete açılan İstanbul'un ilk, Dünya'nın ikinci metrosu özelliğine sahip füniküler tabanlı metro sistemidir. Hizmete alındığından beri bakım ve kazalar sonucu meydana gelen aksamalar dışında işlemeye devam eden hat, günümüzde her gün ortalama 11.000 yolcu taşımaktadır. 573 metre uzunluğa sahip olan hat üzerinde 2 vagon ile hizmet verilmektedir. Şekil 2.2'de tünel hattında faaliyet gösteren araçlardan biri gösterilmektedir (İETT, 2019).



Şekil 2.2 : Tünel, İstanbul'un ilk metrosu.

1980'lerde toplu taşımacılıkta raylı sistemlere dönüş fikrinin ortaya çıkmasından sonra işletmeye alınan ilk raylı sistem hattı olan M1 Yenikapı – Atatürk Havalimanı – Kirazlı işletmesinin ilk etabı, Emniyet ve Kartaltepe – Kocatepe istasyonları arası 1989 senesinde hizmete alınmıştır. Uzatmalarının tamamlanmasıyla 2002 yılında Aksaray – Atatürk Havalimanı istasyonları arası faaliyete geçmiş, 2013 senesine kadar hizmet etmiştir. 2013 yılında Otogar – Kirazlı etabı hizmete açılmış, 2014 senesinde Yenikapı istasyonuna uzatılmasıyla bu tarihten itibaren M1 hattı, M1A Yenikapı – Atatürk Havalimanı ve M1B Yenikapı – Kirazlı şeklinde iki işletmeye ayrılmıştır. 26,8 kilometrelik ray uzunluğuna sahip hat ile günde ortalama 540.000 yolcu taşınmaktadır. Şekil 2.3'de M1A ve M1B hatlarında kullanılmakta olan metro aracı görülmektedir (Metro İstanbul, 2019).



Şekil 2.3 : M1A ve M1B metro hattı aracı.

Topkapı – Beyazıt arasında karayolu toplu taşıma araçları tarafından tercihli yol olarak kullanılan hattın üzerine 1992 yılında Sirkeci – Aksaray – Topkapı arasında kalan T1 hattı inşa edilmiştir. Yıllar içerisinde gerçekleştirilen uzatmalarla birlikte Kabataş – Bağcılar arasında faaliyet gösteren T1 hattı, bugünkü şekline, Bağcılar – Zeytinburnu arasında faaliyet gösteren T2 hattıyla 2011 yılında birleştirilmesiyle kavuşmuştur. T1 tramvay hattının uzatmalarının açılış tarihleri Çizelge 2,1’de gösterilmiştir (Kasımoğlu, 2015).

Çizelge 2.1 : T1 hattı gelişimi ve açılış tarihleri.

Hat No	Hat Adı	Güzergah Adı	Açılış Tarihi
T1	Zeytinburnu – Kabataş	Aksaray – Beyazıt	09.06.1992
T1	Zeytinburnu – Kabataş	Beyazıt – Sirkeci	10.07.1992
T1	Zeytinburnu – Kabataş	Aksaray – Topkapı	28.10.1992
T1	Zeytinburnu – Kabataş	Topkapı – Zeytinburnu	01.03.1994
T1	Zeytinburnu – Kabataş	Sirkeci – Eminönü	01.04.1996
T1	Zeytinburnu – Kabataş	Eminönü – Fındıklı	01.01.2005
T1	Zeytinburnu – Kabataş	Fındıklı – Kabataş	01.06.2006
T2	Güngören – Bağcılar	Zeytinburnu – Bağcılar	14.09.2006
T1	Kabataş – Bağcılar	Hatların Birleştirilmesi	03.02.2011

Özellikle tarihi yarımada ve çevresinde hızlı ve konforlu ulaşım imkanı sağlayan T1 hattı, yapılan düzenlemeler sayesinde denizyolu, raylı sistem ve karayolu bağlantılarıyla tam entegrasyon içerisinde çalışmaktadır. Kabataş istasyonundan F1 Taksim – Kabataş funiküler hattına, Karaköy ve Eminönü istasyonlarından deniz ulaşımına, ayrıca Karaköy istasyonundan tarihi Tünel hattına, Sirkeci istasyonundan Avrupa – Anadolu arasını raylı sistem geçişiyle birbirine bağlayan Marmaray hattına; Zeytinburnu ve Aksaray istasyonlarından M1 metro hattına; Laleli istasyonundan M2 Yenikapı – Hacıosman metro hattına ve İstanbul’da toplu

taşımada büyük bir önem sahip olan metrobüs hattı ile Topkapı, Cevizlibağ ve Zeytinburnu istasyonlarında bağlantısı bulunmaktadır. 19,3 kilometre uzunluğa sahip olan T1 hattı, 2019 yılı verileri göre günde taşınan maksimum yolcu sayısı 648.085 kişidir. T1 hattı üzerinde Alstom ve Bombardier firmalarına ait iki çeşit tramvay aracı çalıştırılmaktadır. Şekil 2,4’de Alstom firmasına ait tramvay aracı görülmektedir.



Şekil 2.4 : T1 hattı Alstom tramvay araçları.

Raylı sistemlerin asıl amacı, İstanbul’daki ulaşım problemlerini ortadan kaldırmaktır. Ancak doğrudan ulaşım problemlerini çözmek adına atılan adımlar olmasa da İstiklal Caddesi ve Kadıköy – Moda hattı üzerinde işletilen nostaljik tramvay hatları gibi turistik amaçlı faaliyete geçirilen girişimler de mevcuttur. 1993 yılında faaliyete geçirilen TF1 olarak adlandırılan Maçka – Taşkışla teleferik hattı ve 2005 yılında faaliyete geçirilen TF2 olarak adlandırılan Eyüp – Piyer Loti teleferik hattı turistik amaçlı atılan adımlardır. 2019 yılında TF1 hattının ulaştığı günlük maksimum yolcu sayısı 4.365 iken TF2 hattı için 7.428’dir (Akın, 2014).

Yenikapı – Hacıosman arasında faaliyet gösteren M2 hattının güzergahı uzun yıllar tartışma konusu olmuştur. Tarihi yarımada, Taksim ve Şişli bölgelerinden geçecek olan bir metro hattı düşüncesinin temelleri 1908 yılına dayanmasına rağmen ilk somut adımlar, 1992 yılında temel atılmasıyla başlamıştır. Temel atma sürecine kadar birçok kez güzergahı üzerinde tartışmalar olmuş, farklı firmalar tarafından projeler hazırlanmış, ancak uygulamaya geçilememiştir. 16 Eylül 2000 tarihinde Taksim – 4.Levent istasyonları arasında çalışmaya başlayan hat 2014 yılında mevcut şeklini almış, 23,49 kilometre raylı sistem uzunluğuna erişmiştir. Geçtiği güzergah üzerinde sanayi, ticaret, turizm, kültür ve konut alanları yoğun olarak bulunduğu

dolayı, İstanbul'un en çok kullanılan raylı sistem hatlarının başında gelmektedir. 2019 yılında bir günde gerçekleştirilen maksimum yolculuk sayısı 629.754 kişiye ulaşmıştır (Kaygusuz, 2002).

M2 metro hattının pek çok toplu taşıma sistemiyle entegrasyonu bulunmaktadır. M1A Yenikapı – Atatürk Havalimanı, M1B Yenikapı – Kirazlı metro hatları, Marmaray, T1 Kabataş – Bağcılar tramvay hattı, İstiklal Caddesi nostaljik tramvay hattı, Karaköy – Beyoğlu tarihi tünel hattı, F1 Taksim – Kabataş funiküler hattı, M6 Levent – Boğaziçi Üniversitesi metro hattı ve metrobüs işletmesiyle bağlantılıdır. Hat üzerinde üç farklı tipte metro aracı çalışmakta, bunlardan biri Alstom (Şekil 2.5) diğer iki tip araç Rotem (Şekil 2.6) firmalarına aittir.



Şekil 2.5 : M2 metro hattı Alstom metro aracı.



Şekil 2.6 : M2 metro hattı Haliç geçiş köprüsü Rotem metro araçları.

Taksim – Kabataş funiküler hattına ait günlük yapılan yolculuk sayıları irdelendiğinde, diğer raylı sistemler kadar yolcu taşımamasına rağmen kısa mesafe ve az durakta yüksek taşıma kapasitesine sahip, İstanbul'un önemli raylı sistem hatları olan Kabataş – Bağcılar arasında faaliyet gösteren T1 tramvay hattını ve

Yenikapı – Hacıosman arasında faaliyet gösteren M2 metro hattını birbirine bağlayan f nik ler hattı, ayrıca Kabataş istasyonunda deniz ve kara toplu taşıma araçları ile entegrasyona imkan vermesinden dolayı, önemli bir hat konumundadır. İstanbul’un f nik ler tabanlı ikinci raylı sistemi olan hat, 2006 senesinde faaliyete başlamış ve diğ r toplu taşıma sistemleriyle tam entegrasyon gerçekleştirebilmiş önemli bir raylı sistem hattıdır. F1 hattı olarak isimlendirilen, iki istasyonu bulunan hattın Taksim’de M2 metro hattıyla Kabataş’ta T1 tramvay hattıyla bağlantısı bulunmaktadır. Taksim – Kabataş arasında yüksek kot farkından dolayı f nik ler sistemi tercih edilmiştir. Hattın ortalama eğimi yaklaşık olarak %22 civarında olup, diğ r raylı sistemlerle karşılaştırıldığında bu derece yüksek eğimde işletmesi yapılabilen en iyi çözümün f nik ler sistem olduğu sonucuna varılmıştır. Hat üzerinde faaliyet gösteren 375 kişilik kapasiteye sahip araçlar (şekil 2.7) en fazla 36 km/s hıza ulaşabilmektedir ( mrak ve Salman, 2010).



şekil 2.7 : Taksim – Kabataş f nik ler hattı aracı.

İki aşamada işletmeye alınan ve 2009 yılından beri Topkapı – Mescidi Selam arasında hizmet veren T4 tramvay hattı 15,3 kilometrelik uzunluğa sahiptir. Fatih, Eyüpsultan, Bayrampaşa, Gaziosmanpaşa ve Sultangazi ilçelerinden geçen tramvay hattının geçtiği ilçelerde yaşayan insan sayısı İstanbul nüfusunun %14’ ne tekabül etmektedir. Bundan dolayı yoğun yerleşim yerlerinden geçen tramvay hattı İstanbul’un önemli raylı sistemlerinden biri konumundadır. Ayrıca T4 tramvay hattı üzerinde İstanbul’da kent içi raylı sistemlerin işletmecisi olan Metro İstanbul tarafından yapılmış, İstanbul isimli 18 adet yerli tramvay aracı kullanılmaktadır (Keski, 2014).

İstanbul’da Anadolu yakasının ilk metrosu olma özelliğine sahip olan ve M4 hattı olarak isimlendirilen, Kadıköy – Tavşantepe arasında faaliyet gösteren metro hattının ilk etabı 2012 yılında tamamlanıp, işletmeye alınmıştır. İlk etapta Kadıköy – Kartal arasında işletilen hat 2016 yılında Tavşantepe istasyonuna kadar uzatılmıştır. 26,2 kilometrelik ray uzunluğuna sahip hat, Kadıköy istasyonunda deniz ve kara toplu taşıma araçlarıyla, Ayrılık Çeşmesi istasyonunda Marmaray hattıyla, Ünalp istasyonunda metrobüs hattıyla entegre olmaktadır. 2019 yılında bir günde taşınan maksimum yolcu sayısı 352.266 kişidir. Hat üzerinde CAF firmasına ait 144 adet araç (Şekil 2.8) çalışmaktadır (Maden ve Avlar, 2019).



Şekil 2.8 : M4 hattı CAF metro aracı.

Toplam uzunluğu 15,9 kilometre olan ve 2013 yılında açılan M3 Kirazlı – Olimpiyat – Başakşehir metro hattı, 2019 yılı verilerine göre günde taşıdığı maksimum yolcu sayısı 74.720 kişiye ulaşmıştır. M3 metro hattının güzergahı nüfusun yoğun olarak yaşadığı konut alanlarının yanı sıra, İstanbul’un önemli ticaret ve sanayi tesislerinin olduğu bölgelerden de geçmektedir. Ayrıca M3 hattının bir kolu olan Olimpiyat hattı ulusal ve uluslar arası birçok organizasyona ev sahipliği yapan Atatürk Olimpiyat Stadyumu’na ulaşımı sağlamaktadır. Bu organizasyona katılmak isteyen seyircilerin stadyuma ulaşımı M3 hattıyla kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir.

Marmaray hattı, 2019 yılında bütün etaplarıyla faaliyete geçtikten sonra İstanbul’un batısından doğusuna 76 kilometrelik hat üzerinde ayrıca İstanbul boğazını geçen tüneller sayesinde, kesintisiz raylı sistemler taşımacılığı yapmaya imkan veren önemli bir hattır. 1872 yılında Avrupa yakasında Sirkeci – Halkalı arasında, 1908 yılında Anadolu yakasında Haydarpaşa – Gebze arasında işletmeye alınan banliyö hatları İstanbul’un nüfusunun artması ve şehrin ihtiyaçlarına karşılık

verememesinden dolayı modernizasyonunu, bununla beraber boğaz t p geçiş tünelleri ile raylı sistem entegrasyonunu sağlamak amacıyla 2013 yılında ticari işletmeye kapatılmıştır.

Marmaray hattının 13,6 kilometrelik kısmını oluşturan boğaz geçişi, 29 Ekim 2013 tarihinde faaliyete başlamıştır. 63 kilometrelik banliyö hatlarının modernizasyonu ile beraber bütün hat 2019 yılında hizmete açılmıştır. 76 kilometre üzerinde 43 istasyon bulunduran Marmaray hattı, Halkalı'dan Gebze'ye kadar kesintisiz ulaşım sağlamaktadır. Hat, 75.000 yolcu/saat/y n kapasitesine sahiptir. Marmaray hattının Yenikapı istasyonundan M1A, M1B ve M2 metrolarıyla, Sirkeci istasyonunda T1 tramvay hattıyla, Üsküdar istasyonunda M5 metrosuyla, Ayrılık eşmesi istasyonunda M4 metrosuyla ve Söğütlüçeşme istasyonunda metrobüs hattı ile bağlantısı bulunmaktadır (İstanbul Yıllık Ulaşım Raporu 2017, 2018).

2015 yılında hizmete alınan M6 Levent – Boğaziçi  ./Hisarüstü metro hattı 3.3 kilometre uzunluğa sahiptir. 4 adet istasyon bulunan hatta, Levent, Nispetiye, Etiler ve Boğaziçi Üniversitesi/Hisarüstü istasyonları hizmet vermektedir. Hattın, Levent istasyonunda M2 Yenikapı – Hacıosman metro hattıyla bağlantısı bulunmaktadır. Ayrıca yapımı tamamlandığında İstanbul'un Tünel ve Taksim – Kabataş f nik ler hattından sonra üçüncü f nik ler hattı olacak olan Rumeli Hisarüstü – Aşıyan f nik ler hattıyla Boğaziçi  ./Hisarüstü istasyonunda entegrasyonu mümkün olacaktır.

İstanbul'un Anadolu yakasının M4 Kadıköy – Tavşantepe metro hattından sonra ikinci metrosu olma özelliğine sahip olan M5 Üsküdar – Ümraniye – Çekmeköy metro hattı, iki etapta tamamlanmış ve hizmete açılmıştır. İlk etabı olan Üsküdar – Ümraniye arası 2017 yılında, ikinci etabı Ümraniye – Çekmeköy arası 2018 yılında faaliyet göstermeye başlamıştır. M5 hattının uzantısı olan ekmek y – Sultanbeyli metro hattının inşa çalışmaları devam etmektedir. 2019 yılında bir günde taşınan maksimum yolcu sayısı 246.691 kişi olarak gerçekleşmiştir. 20 kilometre ray uzunluğuna sahip hat üzerinde 16 istasyon bulunmaktadır. Türkiye'nin ilk sürücüsüz metro hattı olması M5 metro hattını bir diğer özelliğidir (Tumaç ve Gümüş, 2015).

1980'lerde raylı sistemlere dönüş fikrinin ortaya çıkmasından sonra birçok raylı sistem projesi hayata geçirilmemiştir. Her proje hayata geçirildikten sonra toplum tarafından hızlı bir şekilde benimsenmiş ve raylı sistemlerin toplu taşımadaki payı

önemli derecede artmıştır. 2019 yılı toplu ulaşımında günlük yolculuk sayılarına bakıldığında raylı sistemlerin payı %18,6'dır. Bu değerler geçmiş yıllarda çok daha düşükken yeni projelerin faaliyete geçmesiyle beraber artış göstermektedir. Diğer toplu ulaşım araçlarına ait veriler incelendiğinde karayolunun toplu ulaşımındaki payının %77,1 deniz yolunun %4,3 olduğu görülmektedir. Ancak İstanbul gibi yoğun nüfusa sahip olan şehirler için raylı sistemlerin toplu ulaşımında sahip olduğu bu pay yeterli değildir. Daha sürdürülebilir bir çevrede yaşayabilmek için karayoluna verilen önemin azaltılması ve raylı sistemlere yönelinmesi gerekmektedir. Bu amaçla inşa edilmiş ve mevcut durumda faaliyette olan 233,5 kilometre uzunluğa sahip raylı sistem hatları bulunmaktadır. Toplam 221,7 kilometre ray uzunluğunda raylı sistem projeleri de inşa edilmekte olup, hizmete açıldıklarında toplu ulaşımında raylı sistemlerin payı çok daha yüksek olacaktır. Çizelge 2.2'de işletmede olan raylı sistemlerin 2018 ve 2019 yıllarında bir günde taşınan maksimum yolcu sayıları gösterilmiştir. 2018'den 2019'a İstanbul'un nüfusu %3 artış göstermişken 2019 yılında faaliyete başlayan raylı sistem yatırımları ve toplumun raylı sistemlere eğilimi sayesinde bir günde taşınan yolcu sayısında %25,5 artış gerçekleşmiştir.

Çizelge 2.2 : Raylı sistemlerle bir günde taşınan maksimum yolcu sayısı.

Hat No	Hat Adı	2018	2019
M1	Yenikapı – Bağcılar – Atatürk H.	477.234	545.062
M2	Yenikapı – Hacıosman	591.510	629.754
M3	Bağcılar – Olimpiyat – Başakşehir	71.083	74.720
M4	Kadıköy – Tavşantepe	373.040	353.266
M5	Üsküdar – Çekmeköy	192.724	246.691
M6	Levent – Boğaziçi Ü./Hisarüstü	22.964	25.184
T1	Kabataş – Bağcılar	457.535	648.085
T3	Kadıköy – Moda	3.838	5.723
T4	Topkapı – Mescidi Selam	182.816	249.790
TF1	Maçka – Taşkışla	2.007	4.365
TF2	Eyüpsultan – Piyerloti	6.833	7.428
F1	Taksim – Kabataş	22.481	32.861
Tünel	Tünel – Karaköy	17.483	26.320
Nos. Tramvay	Tünel – Taksim	1.526	1.873
Marmaray	Gebze – Halkalı	286.840	550.871
Toplam		2.709.914	3.401.993

İnşa aşamasında olan raylı sistem projelerinden biri de T5 hattı olarak adlandırılan Eminönü – Alibeyköy tramvay hattıdır. İstanbul'un önemli toplu taşıma araçlarını birbirine bağlayacak olan hat aynı zamanda güzergahının geçtiği bölgelerdeki insan aktiviteleri yoğun olduğundan dolayı İstanbul'da raylı sistem kullanımını önemli

ölçüde arttıracaktır. T5 hattı henüz işletilmediğinden dolayı hattın önemi, yolculuk sayılarıyla değerlendirilememektedir. Bundan dolayı bilimsel yöntemler kullanılarak veriler incelenmeli ve hat güzergahının analizi gerçekleştirilmelidir. İlerleyen bölümlerde T5 hattı ile ilgili veriler bilimsel yöntemlerle irdelenecek, hattın önemi analiz edilecektir.



3. EMİNÖNÜ – ALİBEYKÖY TRAMVAY HATTI PROJESİ

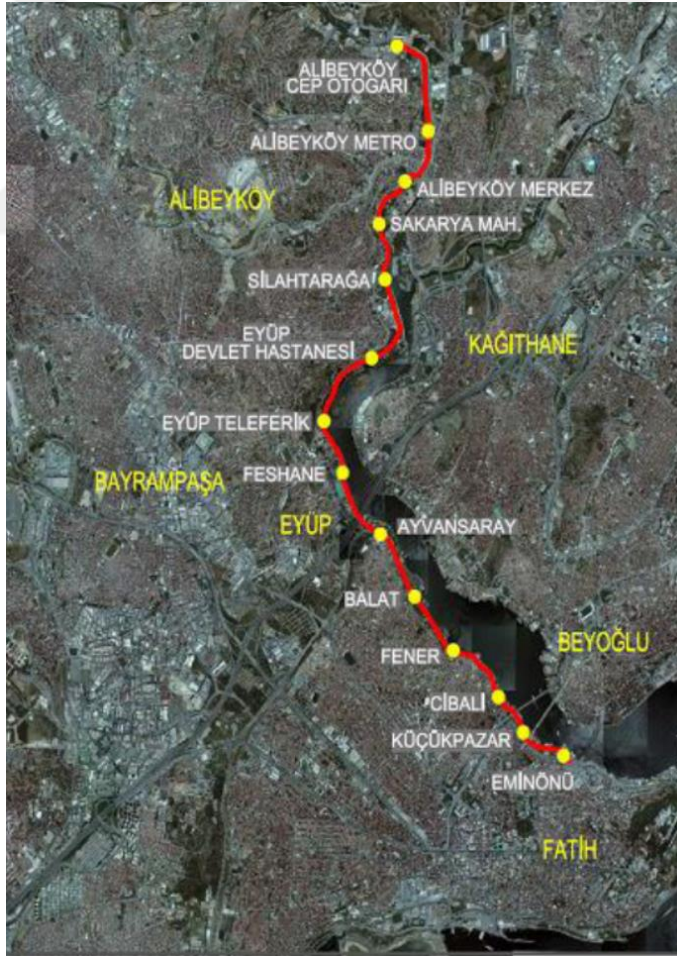
Yer teslimi 09.11.2016 tarihinde gerçekleştirilerek inşasına başlanan İstanbul'un beşinci tramvay hattı olma özelliğine sahip Eminönü – Eyüpsultan – Alibeyköy tramvay hattı, Eminönü meydanından başlayarak Haliç'in batı kıyıları boyunca ilerleyecek ve Alibeyköy Otogarı'nda sona erecektir. Hattın inşasını 152.998.679,88 Euro ihale bedeli karşılığında Doğu İnşaat gerçekleştirmekte, 10,1 kilometre uzunluğa sahip olan hat üzerinde 14 istasyon bulunmaktadır. Hat tek yönde saatte 15.000 yolcu taşıma kapasitesine sahip olup, günde 114.000 yolcu taşınması beklenmektedir.

Tramvay hattı, Fatih ve Eyüpsultan ilçe sınırları içerisinde kalmasına karşın etki alanı Beyoğlu, Bayrampaşa, Gaziosmanpaşa, Kağıthane ve Sultangazi ilçe sınırlarına kadar uzanmaktadır. Tramvay hattının etki alanında İstanbul nüfusunun %18'i ikamet etmektedir. Tramvay güzergahı çevresinde 2 milyon civarında kişinin ikamet ettiği düşünüldüğünde hattın önemi için ön tahminlerde bulunulabilir. Ancak coğrafi bilgi sistemi tabanlı analizlerle gerçeğe daha yakın tahminlerde bulunmak mümkündür.

Haliç ve tarihi yarımada boyunca gezinti güzergahı sunmasıyla turistik bir amaca da hizmet edecek olan T5 hattı; ayrıca eğitim, ticaret, kültürel ve bunun gibi birçok önemli alanı birbirine bağladığından dolayı işlevselliği yüksek bir hat konumundadır. Proje alanı içerisinde kalan Eminönü, Medipol Üniversitesi Unkapanı Yerleşkesi, Kadir Has Üniversitesi Cibali Yerleşkesi, Balat, Ayvansaray Üniversitesi, Feshane, Eyüpsultan Devlet Hastanesi, Bilgi Üniversitesi Santral Kampüsü, Tarihi Piyerloti Tepesi ve Alibeyköy Cep Otogarı önemli yolculuk üretim ve çekim alanlarıdır.

Diğer toplu taşıma araçlarıyla entegrasyon, bir raylı sistem hattının en önemli özelliklerinden biridir. Raylı sistem projesi diğer toplu taşıma araçlarıyla ne kadar fazla sayıda aktarma istasyonuna sahipse, hat üzerinde taşınan yolcu sayısı entegre olduğu hat sayısına bağlı olarak artış göstermektedir. İstanbul'un doğu – batı ekseninde genişleyen bir şehir olduğu düşünülürse, gerçekleştirilen toplu taşıma faaliyetleri ağırlıklı olarak bu eksen üzerindedir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi T5

Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı kuzey – güney ekseninde planlanan bir hat olduğundan dolayı birçok toplu taşıma aracıyla bağlantısı bulunmaktadır. Sırasıyla Eminönü istasyonunda T1 Kabataş – Bağcılar tramvay hattıyla ve Şehir Hatları Eminönü vapur iskeleleri ile, Küçükpazar istasyonunda M2 Yenikapı – Hacıosman metro hattıyla, Ayvansaray istasyonunda Beylikdüzü – Söğütluçeşme metrobüs hattıyla, Eyüp Teleferik istasyonunda TF2 Eyüp – Piyerloti teleferik hattıyla aktarım gerçekleştirmeye imkan vermektedir. 2020 yılında açılması planlanan ve inşası devam eden M7 Mecidiyeköy – Mahmutbey metro hattıyla Alibeyköy Metro istasyonunda da aktarma yapmak mümkün olacaktır. Gelecekte yapılması planlanan hatlar incelendiğinde Bayrampaşa – Eyüpsultan tramvay hattıyla Feshane istasyonunda, Kazlıçeşme – Söğütluçeşme metro hattıyla Silahtarağa istasyonunda, Seyrantepe – Alibeyköy metro hattıyla Alibeyköy Cep Otogarı istasyonunda aktarım mümkün olacaktır.



Şekil 3.1 : Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı güzergahı.

Eminönü, Küçükpazar, Cibali, Fener, Balat, Ayvansaray, Feshane, Eyüp Teleferik, Eyüp Devlet Hastanesi, Silahtarağa, Sakarya Mahallesi, Alibeyköy Merkez, Alibeyköy Metro ve Alibeyköy Cep Otogarı istasyonlarına sahip olan tramvay hattı, çift hatlı olarak inşa edilmekte ve 10148 metre hat uzunluğuna sahip olmaktadır. Ana hat üzerinde 38 adet makas bulunmakta, bunlardan 4 tanesi depo sahasına girişi sağlarken geri kalan 34 tanesi hatlar arasında geçişi sağlamaktadır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın yayınlamış olduğu tramvay tasarım kriterlerine göre zorunlu durumlar dışında maksimum boyuna eğim %7,0 olmalıdır. Zorunlu durumlarda kısa mesafelerde olmak şartıyla maksimum %12,0'ye kadar boyuna eğim arttırılabilir. Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı maksimum %5,0 boyuna eğime sahiptir. Aynı şekilde minimum kurp yarıçapı tasarım kriterlerine göre 25 metre olmalıdır. T5 tramvay hattındaki minimum kurp yarıçapı 50 metredir. 1435 mm ray açıklığına sahip olan tramvay hattında, karma trafik olmayan bölgelerde maksimum 20 mm dever uygulanmıştır.

Üstyapının görevi, demiryolu araçlarına hareket yüzeyi sağlamak ayrıca araçlardan ve üstyapıdan gelen yükü uygun bir dağılımla altyapıya iletmektir. Altyapı ise üzerine gelen yükleri taşıyabilmeli ve üstyapıyı desteklemelidir. Mühendislik yöntemleriyle analiz edilmiş, tasarımı gerçekleştirilmiş ve inşası yapılmış olan bir proje, uzun yıllar ağır bakımlar gerektirmeksizin hizmet verebilmektedir. Aksi taktirde altyapıda başlayan bozulmalar üstyapıya yansiyacak ve çökmelerden dolayı yol yapısında bozulmalar oluşacaktır. Raylı sistem projeleri içerisinde tramvay projelerinin altyapı yatırımları diğer projelere göre daha azdır. Ancak tramvay güzergahının geçmesi için uygun koşulların bulunamaması durumu ortaya çıktığında, yeni altyapı yatırımlarının yapılması gerekmektedir. Bundan dolayı gerek bazı bölgelerde zeminin taşıma gücünün yeterli olmamasından, gerekse yapılardan ve doğal koşullardan dolayı kesitin dar olmasından, Eminönü – Alibeyköy tramvay hattına bu sorunları ortadan kaldıracak altyapı yatırımları gerekmiştir. Unkapanı alt geçidi, kazıklı yol yapısı, kazıklı yol köprüsü ve dere geçiş köprüsü olarak adlandırılan bu altyapı yatırımları sayesinde hem tramvayın geçebileceği sağlam zeminler oluşturulmuş hem de kesitin dar olduğu yerlerde tramvay geçişini sağlayabilmek için yeni alanlar oluşturulabilmiştir. Proje kapsamında toplam uzunluğu 2366 metre olan 5 adet kazıklı yol yapısı, toplam uzunluğu 917 metre olan 3 adet kazıklı yol köprüsü, 166 metre uzunluğunda 1 adet alt geçit ve 35 metre

uzunluğunda dere geçiş köprüsü bulunmaktadır. Bu yapılar sayesinde gerekli görülen yerlerde zemin güçlendirilmiş gerekli yerlerde tramvayın geçişi için alan yaratılmıştır.

Raylı sistem projelerinde birçok disiplin bir arada çalışmaktadır. Jeolojik çalışmalar, inşaat ve elektromekanik kısımlar bunlardan sadece birkaçıdır. Elektrifikasyon ise elektromekanik içerisinde önemli bir paya sahiptir. Elektrifikasyonun görevi araçlara enerji sağlanmasıdır. Metro ve tramvay gibi raylı sistem projelerinde DC akım kullanılmakta, enerjinin araçlara temini için iki temel sistem bulunmaktadır. Bu sistemler, katener ve üçüncü ray sistemleridir (Akçay ve Albayrak, 2018).

İnsanlığın geçmişte karşılaştığı problemler, dönemin koşulları düşünüldüğünde çok zor bir şekilde çözüme kavuşurken, teknolojinin gelişmesiyle beraber birçok problem kolaylıkla çözüme kavuşturulabilmiş, sorun olmaktan çıkarılmıştır. Raylı sistemlerin tarihsel gelişimi düşünüldüğünde ilerleyen teknolojiyle birlikte dönemin sorunlarına karşılık verebilmek için raylı sistem hatları ve araçları birçok değişime uğramıştır. Katenersiz tramvay hattı sistemleri günümüzde karşılaşılan problemlere yönelik geliştirilen çözümlerden biridir. Katener direkleri ve tramvay aracına enerji teminini sağlayan kablolar şehir merkezinde özellikle tarihi bölgelerde görüntü kirliliğine neden olmaktadır. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi T1 hattının katener direkleri ve kablolar Sultanahmet Meydanı gibi tarihi bölgelerde görüntü kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca tramvay hattının kara yolu ile kesiştiği bölgelerde katener direkleri, araçlar için kaza riski oluşturmakta, araçların çarpması sonucu kablolarda meydana gelecek kopmalardan dolayı sistemde aksamalar söz konusu olmakla beraber yayalar ve araçlar için son derece tehlikeli durumlar ortaya çıkmaktadır. 08.11.2018 tarihinde İstanbul Aksaray’da İETT adına şehir içi toplu taşımacılık yapan firmaya ait otobüs T1 tramvay hattını besleyen katener direklerine çarpmış ve kablolarda kopma meydana gelmiştir (Şekil 3.3). Bundan dolayı tramvay seferlerinde bir süre aksamalar gerçekleşmiştir. Buna benzer katener direklerinden ve kablolardan kaynaklı sorunlardan dolayı tramvay hattındaki işletme sık sık sekteye uğramaktadır. Katenersiz tramvaylar bu problemleri ortadan kaldırmaya yönelik yapılan çalışmaların bir sonucudur.



Şekil 3.2 : Sultanahmet Meydanı'ndaki katener direkleri ve kabloları.



Şekil 3.3 : İstanbul Aksaray'da T1 hattı üzerinde meydana gelen kaza.

Yapılan çalışmalar sonucunda farklı firmalar tarafından katenersiz tramvay hatları için farklı çözümler geliştirilmiştir. İki ana başlık etrafından toplandığında zeminden sürekli beslemeli sistemler ve enerji depolamaya yönelik sistemler katenerli tramvayların yaratmış olduğu problemleri ortadan kaldırmak için geliştirilen çözümlerdir.

Enerji depolamaya yönelik sistemlerde, tramvay hattının işletileceği güzergaha enerji temini için herhangi bir ek yatırıma ihtiyaç duyulmadan, tramvay araçlarına yerleştirilen batarya sistemleri ile enerji temini gerçekleştirilebilmektedir. Ancak enerji depolama sistemlerinde bazı kısıtlamalar söz konusudur. Tramvay aracına kesintisiz enerji temini söz konusu olmadığından dolayı araçlar belli bir mesafeyi batarya aracılığıyla katedebilmektedir. Bundan dolayı, tramvay aracına enerji temininin tekrar sağlanabileceği alanlar olan istasyon bölgelerinin aralarındaki mesafenin fazla olmaması gerekmektedir. Ayrıca tramvay hattının kara yolu trafiğiyle kesişmesinin söz konusu olduğu bölgelerde, kara yolunda oluşabilecek

trafikten dolayı tramvay araçları, enerji temin edilemeyen bölgelerde beklemek zorunda kalabilmekte, bu da enerjinin sağlanabildiği istasyon bölgelerine varamadan tramvay aracının enerjisinin bitmesine neden olabilmektedir. Mesafe koşulunun yanı sıra enerji depolamaya yönelik sistemlere sahip tramvay araçları, yüksek eğimleri tırmanamamaktadır. Eminönü – Alibeyköy tramvay hattında iki istasyon arasındaki mesafenin bazı istasyonlar arasında 1300 metreye çıkması, güzergah üzerinde %5'e varan boyuna eğime sahip kısımların bulunması ve birçok bölgede kara yolu trafiğiyle kesişmeden dolayı bekleme sürelerindeki artış riski göz önüne alındığında enerji depolamaya yönelik sistemler bu proje için uygun olmamaktadır.

Zeminden sürekli beslemeli sistemlerde tramvay aracını beslemek için raylar arasına yerleştirilen, zemin seviyesinde özel bir enerji rayı bulunmaktadır. Metrolarda kullanılan üçüncü ray, beslenme sistemlerine benzerlik gösterse de farklı bir mimarisi vardır. Farklı firmaların, farklı zeminden sürekli beslemeli sistem çözümleri olmasına karşı bu sistemi ilk geliştiren ve Dünya'nın farklı yerlerinde işletmede hatları bulunan, Alstom firması lider konumdadır. 2003 yılında ilk defa Fransa'nın Bordeaux şehrinde hizmete alınan sistem (Şekil 3.4) "Aesthetic Power Supply (APS)" olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3.4 : Alstom tarafından uygulanan APS sistemli tramvay hattı.

Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının güzergahındaki kısıtlamalardan dolayı enerji depolamaya yönelik sistemler, proje için gerekli kriterleri sağlayamamaktadır. Bu proje kapsamında zeminden sürekli beslemeli sistem kullanılması gerektiğinden ve Alstom firmasının geliştirdiği, Fransa'nın Bordeaux şehri başta olmak üzere, Reims, Angers, Orleans, Tours, Dubai, Rio de Janerio, Cuenca ve Lusail şehirlerinde de başarıyla uzun süredir işletilmekte olan APS sistemi tercih edilmiştir.

Eminönü’nden Alibeyköy’e yolculuk süresi 35 dakika olacak olan hat üzerinde ikili dizi şeklinde 30 yeni araç faaliyet gösterecektir. 18 kilometre ticari hıza sahip olacak olan tramvay araçları (Şekil 3.5), Durmazlar Makine A.Ş. tarafından Bursa’daki fabrikada üretilmektedir. Araçlarda, ana hat üzerinde zeminden sürekli beslemeli sistemden enerji teminini sağlayabilmesi için kolektör pabucu, depo hattında katener direklerinden enerji temin edebilmesi için pantograf bulunmaktadır.



Şekil 3.5 : T5 hattı tramvay aracı.

Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı gerek güzergahı gerekse sahip olduğu teknoloji düşünüldüğünde işletilmeye başlandığından itibaren İstanbul’un önemli raylı sistemlerinden biri olacaktır. Ayrıca zeminden sürekli beslemeli sistem olan APS, Türkiye’de ilk kez bu projede uygulanacaktır. Bu sistem sayesinde hem Haliç kıyıları boyunca seyir zevki yüksek bir hat hem de kara yolu ile tramvay hattının kesiştiği bölgeler katener direkleri ve kabloları olmadığından dolayı daha güvenli olacaktır. Hattın önemi, çok kriterli karar verme yöntemleriyle ve coğrafi bilgi sistemi tabanlı analizler kullanılarak incelenecektir. Aynı zamanda T5 hattıyla bağlantılı olarak hattın uzatmaları için güzergah analizleri gerçekleştirilecektir.



4. GÜZERGAH ANALİZLERİ

Raylı sistem projeleri ilk yapım maliyetleri yüksek ve uzun vadeli yatırımlardır. Yeni raylı sistem projesinin güzergâhının geçeceği bölgeler hattın işletmecisinin karını ve zararını doğrudan etkilediği gibi hattın geçtiği güzergâh, istasyonların konumları, depo bölgeleri ve bunun gibi raylı sisteme ait tesisler şehirde yaşayan toplumun yaşam tarzını etkilemektedir.

Herhangi bir raylı sistem projesi için mevcut talebin ve gelecekte artacak talebin analiz edilmesi gerekmektedir. Mevcut ve gelecekte artacak talebin tanımlanması problemi, coğrafi alanların araştırılmasını ve taranmasını gerektirecek bir kısım faaliyetlerin ortaya çıkmasına neden olur. Araştırma sonucunda yeterli kriterlere sahip, uygun bölgeler üzerinde daha detaylı değerlendirme gerçekleştirilmektedir. Genellikle, kriterler mühendislik, ekonomik, sosyal ve bunun gibi faktörleri kapsamaktadır. Raylı sistem hattının geçeceği bölgelerin seçimindeki amaç, önceden tanımlanan kriterler dikkate alınarak en uygun raylı sistem güzergâhını bulmaktır. Güzergâh seçimi, saha taraması ve saha değerlendirmesi olarak iki ana aşamadan oluşmaktadır. Coğrafi bilgi sistemlerinin belirlenen kriterleri mekânsal veri formatında analize uygun hale getirmesi saha taraması aşamasını oluştururken; çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP sahanın değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Farkas, 2009).

4.1 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Yaşamın birçok alanında bireyler, şirketler ve organizasyonlar karar verme problemleriyle karşılaşır. Özellikle birden fazla etken ve birbirleriyle etkileşimi olan kriterler söz konusu olduğunda, karar vermek daha da zorlaşmaktadır. Bundan dolayı çok kriterli karar verme yöntemleri, birbiriyle çatışan birden fazla kriterin söz konusu olduğu durumlarda en iyi ve en uygun seçeneğe karar verebilmek için geliştirilen bilimsel yaklaşımlardır.

Belirgin sayı ve nitelikteki seçenekler karşılaştırılır ve karar vericinin önem sırasına göre derecelendirilir. Kriterler, derecelendirilerek en uygun sonuca ulaşmaya

çalışılır. Kriterlere ilişkin hesaplanan ağırlık bilgisi kullanılarak birbirleri ile çatışan kriterler aynı anda çözümlenir. Niteliklerin tanımlanması gerçekleştirildikten sonra her bir kriterin ölçümlerine göre ağırlıkları belirlenir. Belirlenen kriter ağırlıklarıyla tek bir bütünleştirici model oluşturularak, değer saptaması gerçekleştirilir.

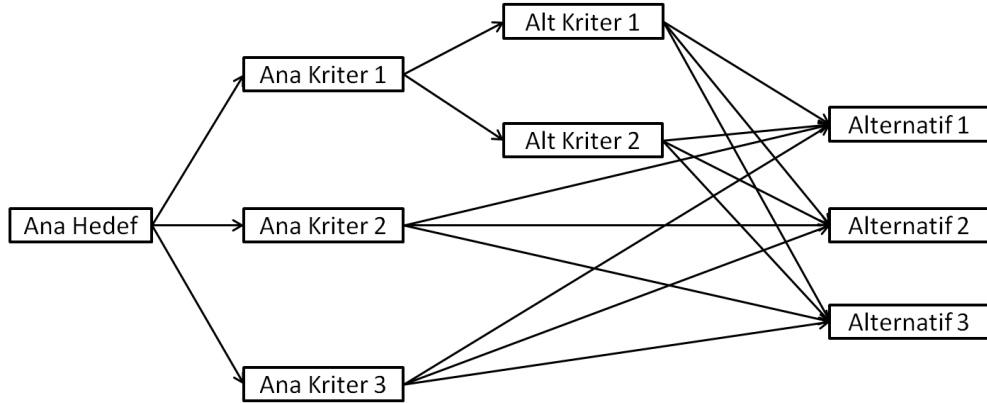
Kriterlerle en uygun seçeneğin belirlenebilmesi için çok kriterli karar verme yöntemlerinde farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Yaklaşımlar arasında en sık kullanılanlar AHP (Analytic Hierarchy Process) ve ANP (Analytic Network Process), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Realite), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), MAUT (Multiattribute Utility Theory), UTADIS (Utilities Additives Discriminantes), GRA (Grey Relational Analysis)'dır. Farklı yaklaşımlar da bulunmaktadır. Karar vericiler seçtikleri yöntemlerle sonuca ulaşmaya çalışmaktadır (Hamurcu ve diğ. 2018).

Çalışmamız kapsamında analiz yöntemi olarak, Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan AHP kullanılacaktır. AHP yöntemi; basit, esnek ve anlamlı sonuçlar alınmasını sağlayabilecek sağlam bir yapıya sahiptir. Farklı alanlarda uzun yıllar kullanılan bu yöntem, son yıllarda da toplu taşımacılıkta ve güzergah seçiminde tercih edilmektedir. En uygun sonucu sağlayabilmesi için farklı kriterleri karşılaştırarak değerlendirmesi, en önemli avantajlarından (Kırlangıçoğlu, 2014).

AHP, birden fazla kriterin değerlendirilebilmesi için karar verilecek problemin ana hedefini, problemin çözümünü etkileyecek olan kriterleri ve alt kriterleri, son olarak alternatifler arasındaki ilişkiyi, hiyerarşik model üzerinde gösterilebilmesine imkan vermektedir. Ayırıştırma, karşılaştırmalı yargılar, hiyerarşik kompozisyon veya önceliklerin sentezi ve karma kompozisyon olmak üzere dört ana adımdan oluşmaktadır (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

Problemin çözümüne karar verebilmek amacıyla, problemin anlaşılır ve kolaylıkla analiz edilebilir olması için kurulan hiyerarşik düzen, ayırıştırma adımıyla oluşturulmaktadır. Ana hedefin en tepede yer aldığı hiyerarşik düzende, kararı etkileyecek kriterler ve alt kriterler ana hedeften sonra gelmektedir. Ana hedefi etkileyecek özelliğe sahip kriterler olması halinde hiyerarşiye yeni kademeler eklenebilir. Çözüm alternatifleri hiyerarşinin en altında yer almaktadır. Problemin

karmaşıklığına ve detaylandırılmasına bağlı olarak hiyerarşinin kademe sayısı değişmektedir. Şekil 4.1’de hiyerarşik yapı örneği gösterilmektedir.



Şekil 4.1 : Hiyerarşik yapı örneği.

AHP’nin ikinci adımını karşılaştırmalı yargılar oluşturmaktadır. Bu adımın temelinde, kriterlerin önem derecesini belirlemek için ikili karşılaştırmalar gerçekleştirilmektedir. Hiyerarşik yapı içerisinde n adet kriter bulunuyorsa, toplam $n(n-1)/2$ adet ikili karşılaştırma yapılması gerekmektedir. Karşılaştırmayı gerçekleştiren karar verici tarafından, Çizelge 4.1’de gösterilen tercih ölçeğinde belirtildiği gibi, kriterler önem derecesine göre 1 – 9 arası puanlanmaktadır. 1 puan eşit öneme sahip kriterlere verilirken, 9 puan ise önem farkının çok fazla olduğu karşılaştırmalara verilmektedir.

Çizelge 4.1 : Tercih ölçeği.

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur
3	Birinin diğerine göre çok az önemli olması	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine çok az derecede tercih ettirir
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ettirir
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür
9	Aşırı derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ortalama değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere yukarıda listelenen yargılar arsına düşen değerler
	Reciprocal	Tersi karşılaştırmalar için

Sentezleme; diğer adıyla önceliklerin sentezi, AHP'nin üçüncü adımıdır. İkili karşılaştırmalar sonunda birbirlerine göre önem dereceleri belirlenen kriterlerin lineer cebir teknikleri kullanılarak öz vektörlerinin ve ağırlıklarının hesaplanması bu aşamada gerçekleştirilmektedir. Ağırlıkları hesaplanan kriterler, bir sonraki adım olan seçenekler arasındaki nihai karar aşamasında karar vericinin analizini tamamlamasına yardımcı olacaktır.

Nihai karar aşaması, alternatifler arasında seçimin yapılabileceği, problemin çözüme kavuştuğu aşamadır. İkili karşılaştırmalar sonucunda ağırlıkları belirlenen kriterler aracılığıyla her bir alternatif çözümün, önem oranına göre sıralaması gerçekleştirilir. Önem sırasına göre karar verici tarafından uygun çözümün seçimi sağlanır.

Son yıllardaki gelişmelerle beraber seçenekler arasından karar vermek için AHP yöntemine başvurulmaktadır. Ancak konumsal verilerle seçenekler arasından birine karar vermek gerektiğinde, örneğin bir raylı sistem projesi için güzergâh veya kurumsal bir giyim firmasının yeni açacağı mağazanın yerinin seçimi için AHP yönteminin sınırları bulunmaktadır. AHP yöntemi, analizi gerçekleştirilen kriterlerin, konumsal kararına imkân vermeyen tekniklerdir. Diğer taraftan coğrafi bilgi sistemleri dünya yüzeyinde konumsal verileri toplama, bilgileri düzenleme, verilerin yönetimi ve verilerin görselleştirilmesine imkân verirken, verilerin analizinde eksiklikleri bulunmaktadır. Bundan dolayı CBS ve AHP yöntemleri bir arada kullanılarak hem AHP sayesinde verilerin analizi gerçekleştirilebilirken hem de CBS sayesinde analizi gerçekleştirilen kriterler haritalar üzerinde görselleştirilebilir. Bu sayede birçok kriterin bir arada analiz edilmesi ve en uygun seçeneğin seçilebilmesi mümkün olmaktadır.

Raylı sistem projeleri gibi toplu taşıma projelerinin gelişimi ve değerlendirilmesi için analiz aşamasında danışmanların, teknik birim üyelerinin, tasarımcıların, yatırımcıların, yerel otoritelerin ve toplum temsilcilerinin görüşlerine başvurulmalıdır. Raylı sistem projelerinin analizi için ekonomik, mühendislik, kurumsal, sosyal, çevresel ana hedefleri doğrultusunda kriterler belirlenmelidir.

Bu tez kapsamında yapılan literatür araştırmaları sonucunda Cem Kırılangoğlu'nun "Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Raylı Sistem Güzergah Tasarımı: İstanbul Örneği" konulu doktora tezinde belirlenen, İstanbul'da raylı sistem projeleri güzergah tasarımı üzerine çalışmalarda bulunan 15 uzmanın görüşleri alınarak karar verilen faktörler,

yapılan çalışmalar sonucu Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı proje güzergahı bölgesinde yapılacak incelemeler için uygun hale getirilmiştir. Çizelge 4.2’de faktörler ve ağırlıkları gösterilmiştir. AHP yöntemi kullanılarak uzmanların görüşleri doğrultusunda ikili karşılaştırmaları yapılan ve ağırlıkları hesaplanan faktörler, coğrafi bilgi sistemleri aracılığıyla her bir faktör için ayrı ayrı haritalar oluşturularak görselleştirilecektir. Faktörler için üretilen haritalar kullanılarak tek bir harita üzerinde faktörlerin ağırlıklarına göre analiz haritası üretilcek ve güzergâhların incelenmesi bu harita üzerinden gerçekleştirilecektir.

Çizelge 4.2 : Faktörler ve önem dereceleri.

Faktörler	Önem Derecesi
Yolculuk Talebi	0.253
Diğ er Ulaş ıma Entegrasyon	0.228
Nüfus Yoğ unluğ u	0.203
Sanayi ve Ticarete Yakınlık	0.127
Kamu ve Eğ itime Yakınlık	0.115
Eğ im	0.075
Toplam	1

İnşa aşamasındaki Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı güzergahında kalan bölgeler baş ta olmak üzere, yapılması planlanan Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattı ayrıca bu iki tramvay hattına bağı lı olarak uzatma hattı yapılması muhtemel bölgelerin analizleri gerçekleştirilirken ağırlıkları belirlenen faktörlerden yararlanılacaktır. Her bir güzergahın koridor analizi için faktörler kullanılarak ayrı ayrı üretilcek haritalar üzerinde güzergahların incelemeleri gerçekleştirilecektir. Önem derecelerine göre haritaları üretilen faktörler tek bir harita üzerinde değ erlendirilerek, güzergahların incelemesi tamamlanacak, bu hatlara bağı lı olarak yeni güzergah önerilerinde bulunulacaktır.

4.2 Eminönü – Alibeyköy Hattı Güzergah Analizi

Ulaş tırma projelerinden en iyi sonucu alabilmek için saha çalışmaları ve gerekli analizler sonucunda elde edilen verilerin uygun bir şekilde yorumlanabilmesi, buna bağı lı olarak etkili kararların alınabilmesi gerekmektedir. Etkili kararların alınabilmesi nitelikli ürünlerin yorumlanabilmesiyle mümkündür. alışmalar sonucunda elde edilen veriler kullanılarak uygun bir ürünün ortaya çıkması uygun araçlar kullanılarak gerçekleştirilebilir. Coğrafi bilgi sistem tabanlı yazılım programları, toplanan verilerin değ erlendirilebilmesi için önemli araçlardandır. Bu

programlar sayesinde verilere konumsal bilgiler işlenerek, nitelikli haritalar üretilmektedir. Haritalar kullanılarak konumsal nitelik kazandırılan veriler, karar vericiler için verilerin değerlendirilmesinde vazgeçilmez ürünlerin başında gelmektedir. Bu tez kapsamında, elde edilen verilerin konumsal olarak görselleştirilmesi, düzenlenmesi, analizlerinin gerçekleştirilmesi ve ilgili haritaların üretilmesi; açık kaynaklı bir coğrafi bilgi sistemi olan QGIS programıyla gerçekleştirilmiştir.

Sırasıyla açıklanacak olan adımlar takip edilerek her bir faktörün analiz haritaları üretilmiştir. Faktörler için üretilen analiz haritaları, en uygun güzergahın kararında kullanılacak olan final haritasının altlıklarını oluşturmaktadır. Bu harita üzerinden güzergahlar değerlendirilecektir.

Çeşitli kaynaklardan temin edilen veriler QGIS programı kullanılarak konumsal verilerle ilişkilendirilmiştir. Konumsal bilgilerle ilişkilendirilen veriler, çalışma alanı kapsamında tekrar değerlendirilerek sadeleştirilmiş ve kullanıma uygun hale getirilmiştir. Tampon, eğim, bindirme ve bunun gibi veri değerlendirme yöntemleri kullanılarak analizleri tamamlanan veriler, yorumlamaya uygun hale getirilmiştir. Faktör ağırlıklarının konumsal verilere atamasının gerçekleştirilip, final haritası için faktör analiz haritalarının aynı formata getirilmesi ve haritaların üst üste bindirilmesi işlemlerin son adımını oluşturmaktadır. Bundan sonraki adımda haritalar üzerinde güzergahların yorumlanması gelmektedir.

Ağırlıkları belirlenen yolculuk talebi, diğer ulaşım entegrasyon, nüfus yoğunluğu, sanayi – ticarete yakınlık, kamu – eğitime yakınlık ve eğim faktörlerine ait haritalar üretilerek her bir haritanın analiz aşamaları anlatılacaktır.

4.2.1 Yolculuk talebi faktörü

İstanbul’da gerçekleştirilen ulaşım yatırımlarının performanslarını değerlendirebilmek ve İstanbul ana ulaşım planı kapsamında gerçekleştirilecek yeni yatırımlar için bilimsel altlık oluşturmak amacıyla hanehalkı araştırmalarının yapılması gerekmektedir. Bu araştırmalar kapsamında İstanbul’da belirlenen Trafik Analiz Bölgeleri(TAB)’nde yüz yüze anket yöntemiyle gerçekleştirilen çalışmalarla, şehirde ikamet eden bireylerin günlük yolculuk verileri oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu verilerin temelinde yolculuk gerçekleştiren kişilerin, hangi bölgeden hangi bölgeye, hangi amaçlarla ve hangi saat dilimlerinde yolculuk yapıldığını belirlemek

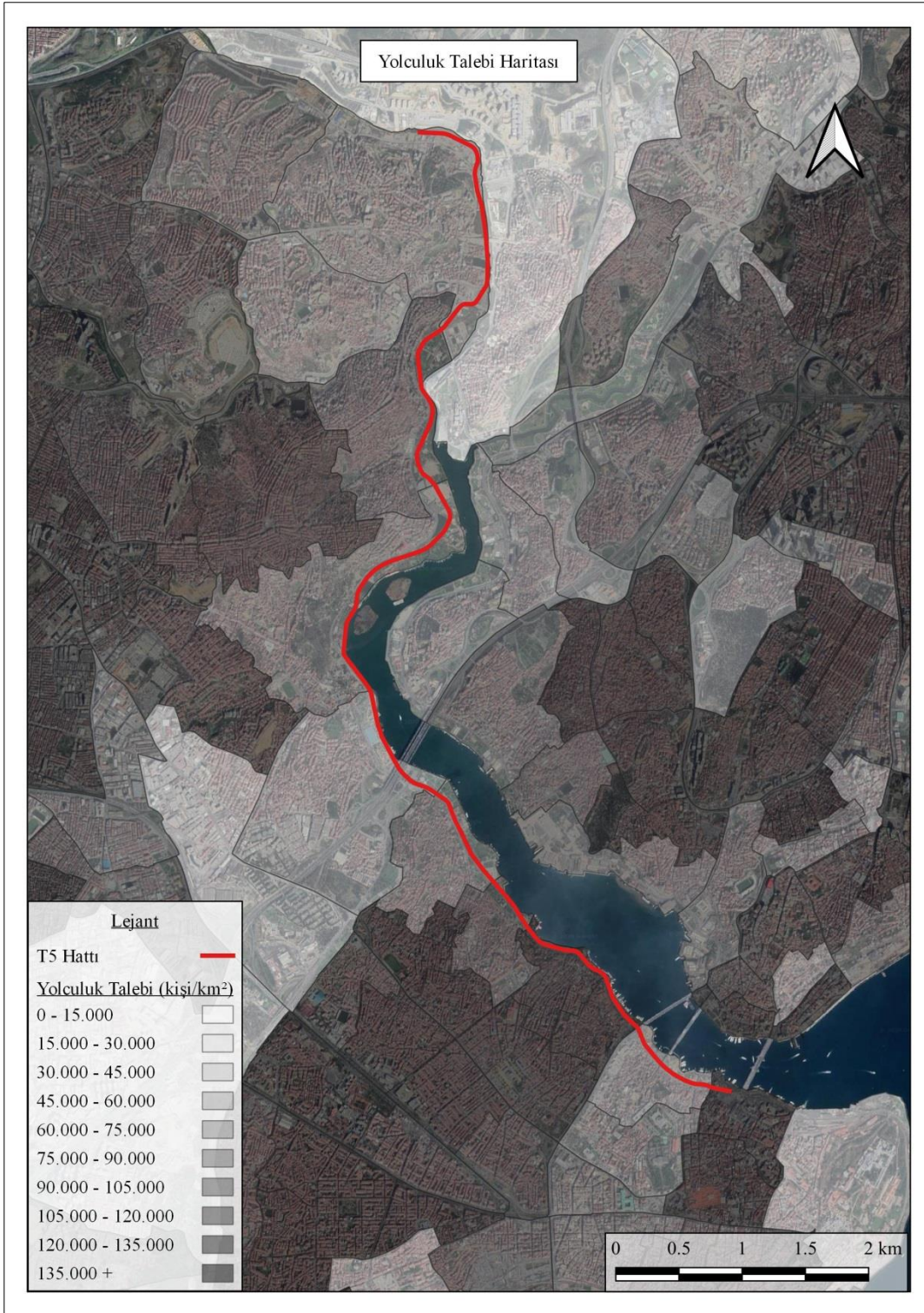
amaçlanmıştır. Elde edilen verilerle bölgelere ait yolculuk üretim, yolculuk çekim ve toplam yolculuk sayıları hesaplaması yapılmakta, bu yolculukların amaçları belirlenmektedir. Toplam yolculuk sayıları, yolculuk talebi faktörünü belirlemektedir.

Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı güzergahı çevresinde kalan Trafik Analiz Bölgeleri vektör verisi olarak ve bu bölgelere ait coğrafi veri olmayan yolculuk çekim, üretim ve toplam yolculuk sayıları öznitelik verisi olarak tanımlanmıştır. Analizler çerçevesinde bölgelerin alanları hesaplanmış ve nitelik tablosuna tanımlanan toplam yolculuk sayıları kullanılarak kilometrekareye düşen toplam yolculuk sayısı hesaplanmıştır. Çizelge 4.3’de gösterildiği gibi kilometrekareye düşen günlük yolculuk sayılarına göre yolculuk talebi faktörüne verilen önem derecesi puanı derecelendirilmiştir. Yolculuk talebinin yüksek olduğu bölgeler önem derecesinde en yüksek ağırlık puanını alırken, yolculuk talebinin düşük olduğu yerler daha düşük puan almaktadır. Yolculuk sayısına göre hesaplanan ağırlık puanı, gerçekleştirilecek analizlerde kullanılırken hesaplamalarda kolaylık sağlaması adına standartlaştırılmıştır.

Çizelge 4.3 : Yolculuk talebi faktörü ağırlık puanı.

Günlük Yolculuk Sayısı(Kişi/Km ²)	Puan	Önem Derecesi	Ağırlık Puanı	Standart Puan
0 – 15.000	0.1	0.253	0.025	25
15.000 – 30.000	0.2	0.253	0.051	51
30.000 – 45.000	0.3	0.253	0.076	76
45.000 – 60.000	0.4	0.253	0.101	101
60.000 – 75.000	0.5	0.253	0.127	127
75.000 – 90.000	0.6	0.253	0.152	152
90.000 – 105.000	0.7	0.253	0.177	177
105.000 – 120.000	0.8	0.253	0.202	202
120.000 – 135.000	0.9	0.253	0.228	228
135.000 +	1.0	0.253	0.253	253

Kilometrekareye düşen yolculuk talebi değerlerine karşılık gelen ağırlık puanları, nitelik tablosuna tanımlanmış ve bu veriye göre Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının çevresinde kalan bölgelerin Şekil 4.2’de gösterildiği gibi yolculuk faktörü ağırlık puanına göre tematik haritası oluşturulmuş, yolculuk faktörünün yüksek olduğu bölgeler gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : Yolculuk talebi faktörü yoğunluk haritası.

Yolculuk talebi haritası üzerinde TAB sınırları gösterilmiştir. Kilometrekareye düşen yolculuk miktarına göre bölgelerin renkleri açıktan koyu griye doğru değişmektedir. Koyu gri ile gösterilen yerlerde günlük yolculuk talebi yüksek iken, açık olan yerlere doğru gidildikçe talep düşmektedir. Kırmızı çizgi ile Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının geçtiği bölgeler görülmektedir.

4.2.2 Diğer ulaşım entegrasyon faktörü

Büyükşehirlerde tek toplu taşıma aracı ile bir yerden bir yere ulaşmak oldukça güçtür. Bir yere ulaşmak ancak birden fazla toplu taşıma aracı kullanarak mümkün olmaktadır. Bundan dolayı toplu taşıma araçlarının işlevselliğini arttırmak, yolcuların bir toplu taşıma aracından başka bir toplu taşıma aracına geçişini kolaylaştırmakla sağlanabilmektedir. Toplu taşıma araçları arasındaki geçişi kolaylaştırmak amacıyla, toplu taşıma araçlarının güzergahlarının diğer toplu taşıma araçlarıyla tam entegrasyon prensibi dikkate alınarak belirlenmesi gerekmektedir.

Altyapı yatırımları düşünüldüğünde bazı toplu taşıma araçlarının güzergahları ve istasyon bölgeleri kolaylıkla değiştirilememektedir. Örneğin raylı sistemler, metrobüs ve deniz ulaşım iskelelerinin güzergahları ve istasyon bölgelerinin değiştirilmesi için ek altyapı yatırımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak otobüs ve minibüs hatlarına ait güzergahlar kolaylıkla değiştirilebilmekte ve yüksek altyapı yatırımlarına ihtiyaç duyulmamaktadır. Bundan dolayı diğer ulaşım entegrasyon faktörünün değerlendirilmesi kapsamında otobüs ve minibüs durakları değerlendirilmemiştir. Analizler kapsamında faaliyet gösteren raylı sistem hatları, metrobüs istasyonları ve deniz ulaşım iskeleleri değerlendirilmiştir.

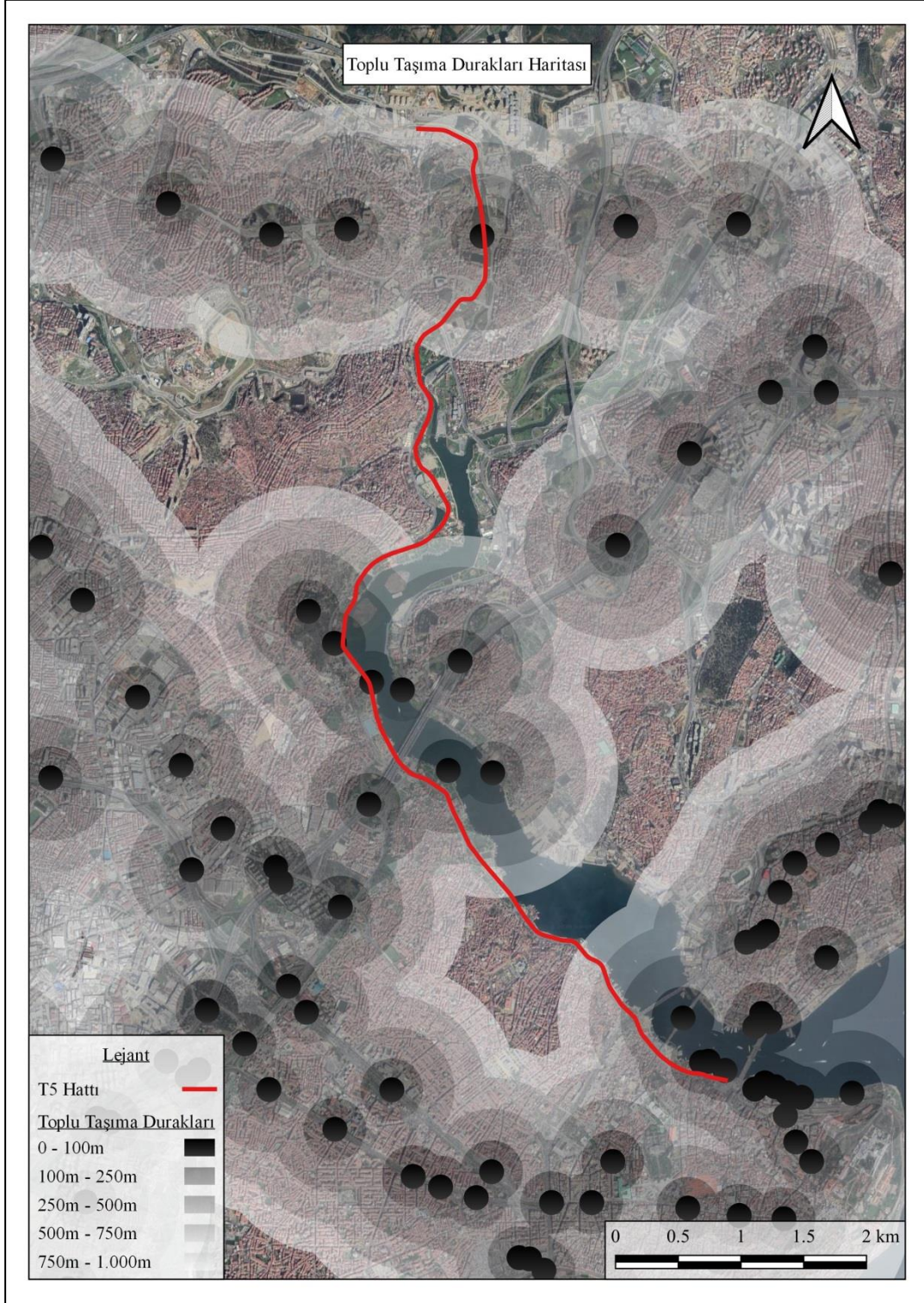
Çok kriterli karar verme yöntemleriyle önem derecesi belirlenen diğer ulaşım entegrasyon faktörünün, coğrafi analizleri kapsamında yakınlık analizi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.4’de belirtildiği gibi istasyon bölgelerinin yakınlığına göre aralıklar belirlenmiş ve her bir aralığa önem derecesine göre ağırlık verilmiştir. İstasyon bölgesinin 100 metre çevresinde kalan alanlar en yüksek ağırlık puanını almış, tampon analiziyle 250, 500, 750 ve 1.000 metre aralıklarına farklı ağırlıklar atanmıştır.

Çizelge 4.4 : Diğer ulaşım entegrasyon faktörü ağırlık puanı.

Toplu Ulaşım Yakınlık	Puan	Önem Derecesi	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 – 100 m	1.0	0.228	0.228	228
100 – 250 m	0.8	0.228	0.182	182
250 – 500 m	0.6	0.228	0.137	137
500 – 750 m	0.4	0.228	0.091	91
750 – 1.000 m	0.2	0.228	0.046	46

Şekil 4.3’de gösterilen harita üzerinde faaliyette olan T1 ve T4 tramvay hatlarına, M1 ve M2 metro hatlarına, metrobüs hattına, deniz ulaşımına, tarihi tünel hattına,

nostaljik tramvay hattına, TF2 teleferik hattına ve yakın zamamanda faaliyete geçecek olan M7 metro hattına ait istasyonlar ve tampon analizi sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : Toplu taşıma durakları tampon analiz haritası.

Haritada görüldüğü gibi Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının çevresinde birçok toplu taşıma sistemine ait istasyon bulunmaktadır. Bu da hattın diğer sistemlerle entegrasyonu hakkında bilgi vermektedir.

4.2.3 Nüfus yoğunluğu faktörü

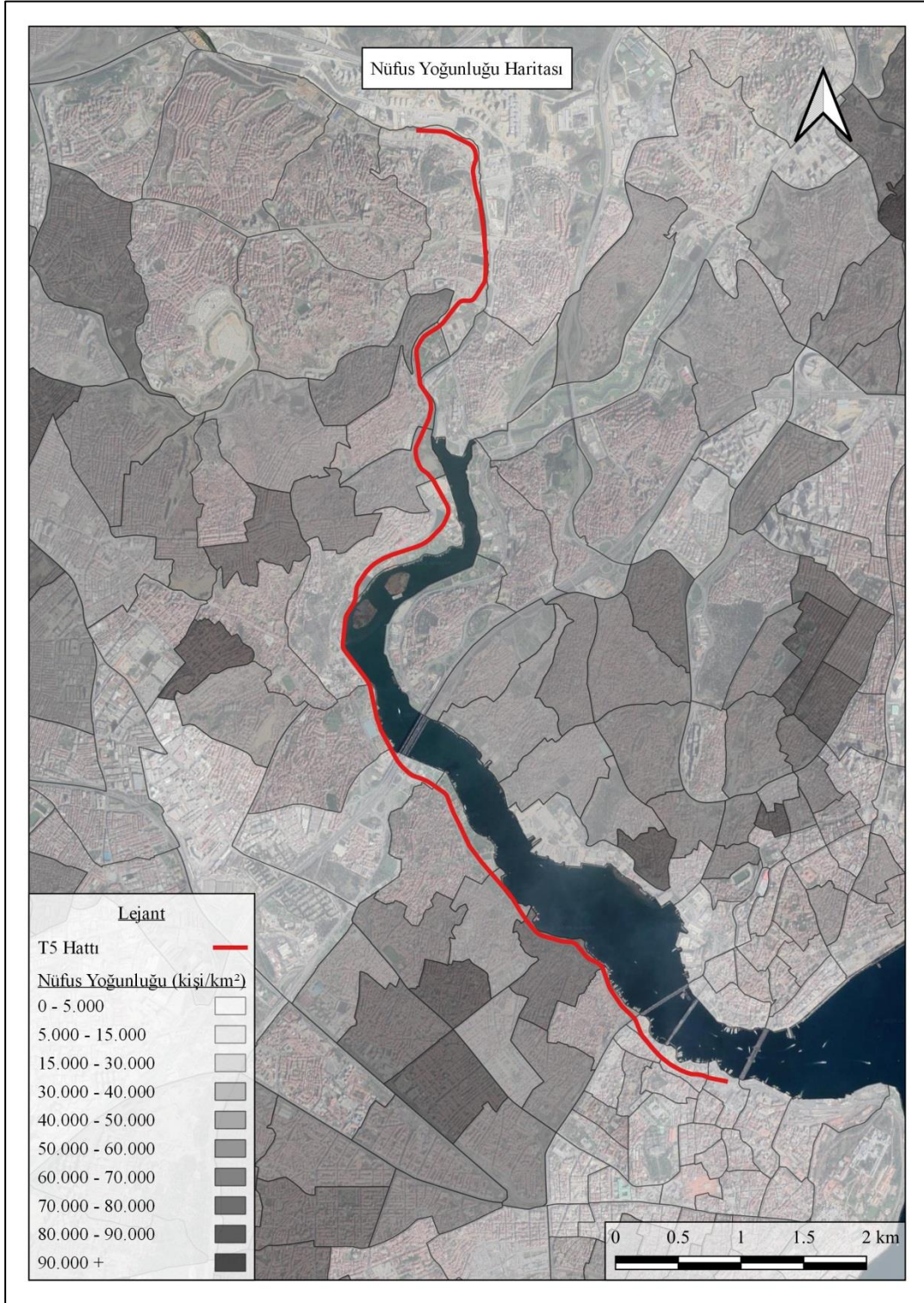
Bir bölgede yaşayan insan sayısındaki artış, o bölgedeki yolculuk üretim sayılarının ve yolculuk talebinin de artmasındaki en büyük etkenlerden biridir. Her yıl Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi kullanılarak TÜİK tarafından açıklanan il, ilçe ve mahalle bazlı nüfus sayıları, nüfus yoğunluğu faktörü analizinin altlığını oluşturmuştur. Coğrafi olmayan öznitelik bilgisi olan mahalle nüfus sayıları ile coğrafi veri türü olan vektör verileri eşleştirilmiş, böylelikle koordinatlı mahalle alanlarına ait nitelik tablosu oluşturularak analize uygun hale getirilmiştir. Analizler kapsamında mahalle alanları hesaplanmış ve nitelik tablosuna öznitelik verisi olarak işlenmiş, mahallelerdeki nüfus miktarı ve mahallelerin alan verileri kullanılarak, mahalle bazlı nüfus yoğunluğu hesaplanmıştır. Nüfus yoğunluğu faktörünün önem derecesine göre her bir nüfus yoğunluğu aralığı için hesaplanan ağırlıklar Çizelge 4.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 : Nüfus yoğunluğu faktörü ağırlık puanı.

Nüfus Yoğunluğu (Kişi/Km ²)	Puan	Önem Derecesi	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 – 5.000	0.1	0.203	0.020	20
5.000 – 15.000	0.2	0.203	0.041	41
15.000 – 30.000	0.3	0.203	0.061	61
30.000 – 40.000	0.4	0.203	0.081	81
40.000 – 50.000	0.5	0.203	0.102	102
50.000 – 60.000	0.6	0.203	0.122	122
60.000 – 70.000	0.7	0.203	0.142	142
70.000 – 80.000	0.8	0.203	0.162	162
80.000 – 90.000	0.9	0.203	0.183	183
90.000 +	1.0	0.203	0.203	203

Ancak nüfus yoğunluğu verisi her zaman yolculuk talebiyle orantılı değildir. Bundan dolayı yolculuk talebi verisinin ağırlığı, nüfus yoğunluğu verisinin ağırlığına göre daha fazladır. Nüfus yoğunluğu, yolculuk üretim sayıları ile paralellik gösterirken yolculuk çekim sayıları için aynı şey söylenememektedir. Bundan dolayı Şekil 4.4’den de anlaşılacağı gibi Eminönü ve çevresinde nüfus yoğunluğu yüksek

olmamasına rağmen bu bölge yolculuk çekim merkezi olduğundan dolayı, yolculuk talebinin yüksek olduğu bir bölgedir.



Şekil 4.4 : Nüfus yoğunluğu haritası.

4.2.4 Sanayi ve ticarete yakınlık faktörü

Ev – iş, iş – ev amaçlarıyla gerçekleştirilen yolculuklar, şehiriçi yolculukların temelini oluşturmakta, bu yolculuk sayıları hanehalkı araştırma anketleriyle hesaplanabilmektedir. Sanayi ve ticarete yakınlık faktörü analizi kapsamında incelenecek olan sosyal, kültürel, ticaret, hizmet ve sanayi alanları günlük yolcu çekim sayısının yüksek olduğu yerlerdir. Ev – iş, iş – ev amaçlarıyla gerçekleştirilen yolculuklar dışında değerlendirilen; kültürel ve sosyal faaliyetler, turizm faaliyetleri, insanların günlük ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla gerçekleştirdiği alışveriş faaliyetleri için yapılan yolculuklar, ev – diğer amaçlı yolculuklar kapsamında değerlendirilmeli ve analize dahil edilmelidir. Bundan dolayı sanayi ve ticaret alanları önemli çekim noktalarının başında gelmekte ve hesaplamalarda ayrı ağırlık puanına ihtiyaç duyulmaktadır. Sanayi ve ticaret alanlarına yakınlık analizi kapsamında alanlara belli uzaklık aralıkları belirlenmiş ve bu aralıkların faktörün önem derecesine göre ağırlığı hesaplanmıştır. Çizelge 4.6’da mesafe aralıkları ve ağırlık puanları açıklanmıştır.

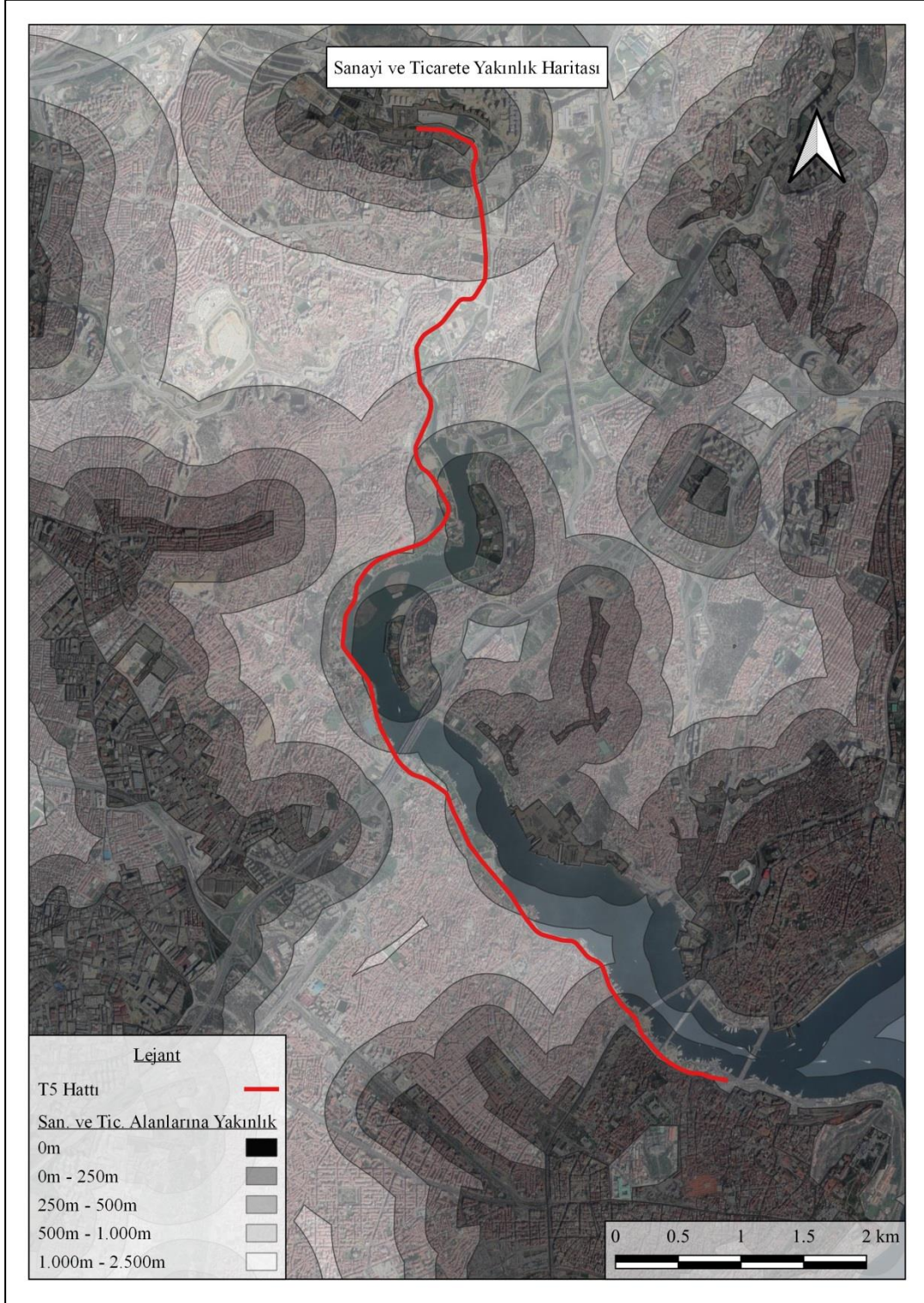
Çizelge 4.6 : Sanayi ve ticarete yakınlık faktörü ağırlık puanı.

Sanayi ve Ticarete Yakınlık	Puan	Önem Derecesi	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 m	1.0	0.127	0.127	127
0 – 250 m	0.8	0.127	0.102	102
250 – 500 m	0.6	0.127	0.076	76
500 – 1.000 m	0.4	0.127	0.051	51
1.000 – 2.500 m	0.2	0.127	0.025	25

İstanbul arazi kullanım haritası üzerinden sanayi, ticaret, turizm, kültür alanları ve sosyal alanlar belirlenmiştir. Bu alanlar poligon vektör verisi olarak harita üzerinde gösterilmiş ve nitelik tabloları düzenlenmiştir. Belirlenen beş mesafe aralığına göre alanlara tampon analizleri gerçekleştirilmiş, alanlar kullanılarak 250m, 500m, 1.000m ve 2.500m mesafelere poligon vektör verileri oluşturulmuştur. Oluşturulan poligonların, ağırlık öznitelik verisine göre nitelik tablosu düzenlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda Şekil 4.5’deki analiz haritası oluşturulmuştur. Harita üzerinde Eminönü – Alibeyköy tramvay güzergahıyla birlikte tampon analizi sonucu elde edilen alanlar birlikte incelendiğinde hattın başında yer alan Eminönü, Sirkeci, Karaköy civarında ve sonunda yer alan Alibeyköy bölgesinde sanayi ve ticaret alanları gözükmektedir. T5 tramvay hattı, hattın başında ve sonunda yer alan bu iki

bölgeyi birbirine bağlamaktadır. Ayrıca tramvay hattı ve çevresinde birçok sanayi ve ticaret alanıyla beraber Feshane ve çevresinin batısında kalan bölgelerde de çok sayıda sanayi ve ticaret alanı bulunmaktadır.



Şekil 4.5 : Sanayi ve ticarete yakınlık tampon analizi haritası.

4.2.5 Kamu ve eğitime yakınlık faktörü

Üniversite yerleşkelerinin bulunduğu eğitim tesisi alanları, spor organizasyonlarının gerçekleştirildiği stadyumların bulunduğu spor tesisi alanları, insanların sağlık hizmetlerinden yararlanabilmek için başvurdukları hastanelerin bulunduğu sağlık tesisi alanları ve kamu kurumlarının topluma hizmet etmek amacıyla kullandığı idari tesis alanları; sanayi ve ticaret alanları gibi yolculukların gerçekleştirildiği bir diğer önemli yolcu çekim alanlarıdır. Bundan dolayı bu alanların bulunduğu bölgelerin değerlendirilebilmesi için analizler kapsamında kullanılması gerekmektedir. Kamu ve eğitim tesis alanlarına yakınlık faktörü çerçevesinde eğitim, spor, sağlık ve idari tesis alanlarının analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla faktörün önem derecesine göre tesis alanlarının bulunduğu bölgelere uzaklık analizi gerçekleştirmek için mesafe aralıkları belirlenmiş ve mesafe aralıklarıyla ilişkili olarak ağırlık hesaplaması yapılmıştır. Çizelge 4.7’de mesafe aralıkları ve ağırlık bilgisi gösterilmiş, analizler bu mesafelere göre tamamlanmıştır.

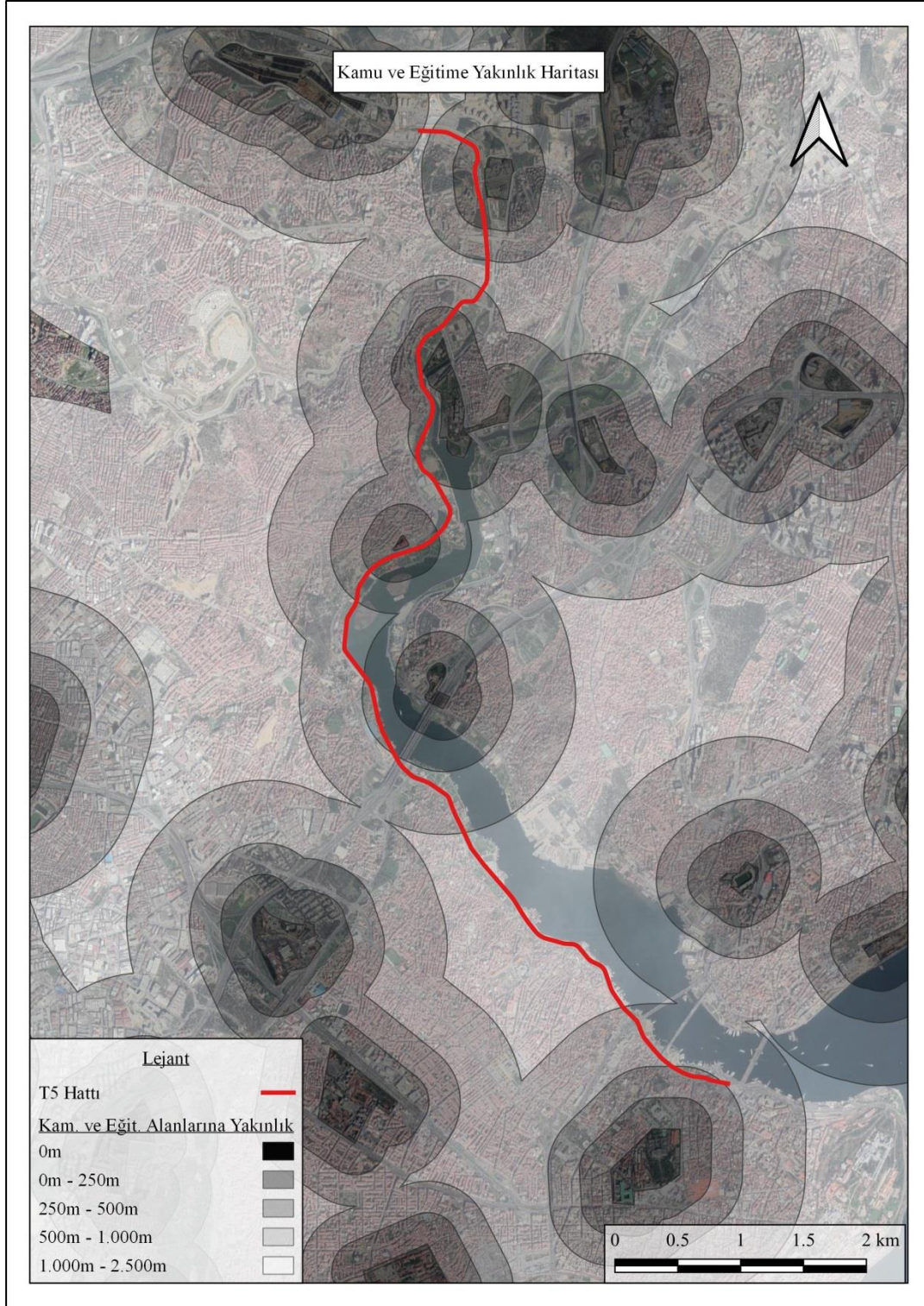
Çizelge 4.7 : Kamu ve eğitime yakınlık faktörü ağırlık puanı.

Kamu ve Eğitime Yakınlık	Puan	Önem Derecesi	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 m	1.0	0.115	0.115	115
0 – 250 m	0.8	0.115	0.092	92
250 – 500 m	0.6	0.115	0.069	69
500 – 1.000 m	0.4	0.115	0.046	46
1.000 – 2.500 m	0.2	0.115	0.023	23

Arazi kullanım haritası üzerinden eğitim, spor, sağlık ve idari tesis alanları belirlenmiş, belirlenen bölgeler koordinatlı poligon alan vektör verisi formatında harita üzerine işlenmiştir. Belirlenen mesafe aralıkları için harita üzerinde tampon analizi tamamlanmış, her bir mesafe aralığının nitelik tablosuna ilgili öznel ağırlık verisi eklenmiştir. Haritanın yorumlanmasını kolaylaştırmak amacıyla beş mesafe aralığı için harita üzerinde farklı renkler kullanılarak görselleştirme gerçekleştirilmiştir. Eğitim, spor, sağlık ve idari tesis alanlarına en yakın olan bölgeler koyu gri ile gösterilirken, ilgili alanlardan uzaklaştıkça açık griye doğru geçiş renkleri kullanılmıştır.

T5 Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı boyunca önemli yolcu çekim alanları olan İstanbul Üniversitesi’nin sembolü konumdaki Beyazıt Yerleşkesi, Bilgi Üniversitesi Santral Yerleşkesi, Eyüp Devlet Hastanesi, kamu kurumlarına ait idari binalar ve

bunlar gibi birçok alan Şekil 4.6’da gösterilen harita üzerinde belirtilmiştir. Ağırlık öznitelik verisi nitelik tablosuna işlenen poligon verileri, bütün faktörlerin bir arada değerlendirileceği birleştirilmiş analiz haritasında kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4.6 : Kamu ve eğitime yakınlık tampon analiz haritası.

4.2.6 Eğim faktörü

Fiziksel ve teknolojik kısıtlamalardan dolayı kara, hava, deniz ve demir yollarında inşa edilmesi gereken yol, liman gibi bütün yapıların tasarımı, tasarım kriterlerince belirlenen kısıtlamalar göz önüne alınarak gerçekleştirilmelidir. Her bir ulaşım sisteminde olduğu gibi demiryolu ulaşımında da her bir demiryolu türü için belirlenmiş tasarım kriterleri bulunmakta, bu kriterlere göre tasarımı ve inşası tamamlanmaktadır. Yapılacak olan demiryolu taşımacılığının amacına göre belirlenecek olan demiryolu türü için farklı gereksinimler bulunmaktadır. Örneğin yüksek hızlı tren hatları, yük tren hatları, konvansiyonel tren hatları, metrolar, tramvaylar ve bunun gibi raylı sistem araçlarının her biri temel olarak raylar üzerinde faaliyet gösterebilir de; hat üstyapısı, geometrik yapı, istasyon yapıları, elektrifikasyon gibi birçok konuda farklı gereksinimlerin karşılanması gerekmektedir. Her bir raylı sistemin gereksinimlerinin açıklandığı T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından uluslararası standartlara dikkat edilerek yayınlanan tasarım kriterli bulunmaktadır. Bakanlık tarafından yayınlanan Tramvay Tasarım Kriterleri'nde her bir alt sistem için uygulanması gereken koşullar açıklanmıştır. Her bir alt sisteme ait kriterin çok önemli olduğu tasarım kriterlerinden biri de güzergah geometrisi ile ilgili olan kriterlerdir. Tramvay Tasarım Kriterleri'nden yararlanılarak uygulanması gereken güzergah tasarım kriterlerine göre düşey güzergahın maksimum eğimi %7 olmalıdır. Ancak hattın geçmesinin planlandığı bölgelerdeki topoğrafya şartları, çevresel koşullar, tarihi yapılar ve bunun gibi kısıtlamalardan dolayı kısa mesafelerde olmak koşuluyla eğim %12'ye kadar arttırılabilir.

Tramvay hatlarının düşey güzergahlarının araziyle uyumlu bir şekilde tasarlanması, altyapı yatırım maliyetlerini büyük oranda düşürmektedir. Bu sebepten dolayı arazi eğimi, tramvay düşey güzergahına uygun olan bölgeler tasarımcılar için öncelikli alanlar olmaktadır. Düşey güzergah tasarım kriterleri göz önüne alınarak arazi eğim faktörü analizi, faktör içerisinde üç kademeye ayrılmıştır. Buna göre arazi eğimin %0 - %7 arasında olduğu yerler tramvay güzergahının geçirilebileceği en uygun bölgeler olduğundan dolayı faktör puanına göre en yüksek ağırlık puanı verilmiştir. Belli koşullar altında eğimin %7 - %12 arasında kalan bölgeler tercih edilebilmekte ancak en uygun alanlar olmadığından dolayı bu bölgelerin eğim faktörü ağırlık puanı yarı yarıya düşürülmüştür. Arazi eğimin %12'den daha yüksek olduğu yerlerde araziyle uyumlu tramvay hattı geçirilemeyeceğinden veya yüksek altyapı yatırımları

gerektiğinden dolayı bu alanlara ağırlık puanı verilmemiş, analizlerde sıfır puan olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 4.8’de eğim aralıklarına göre ağırlık puanları gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 : Eğim faktörü ağırlık faktörü.

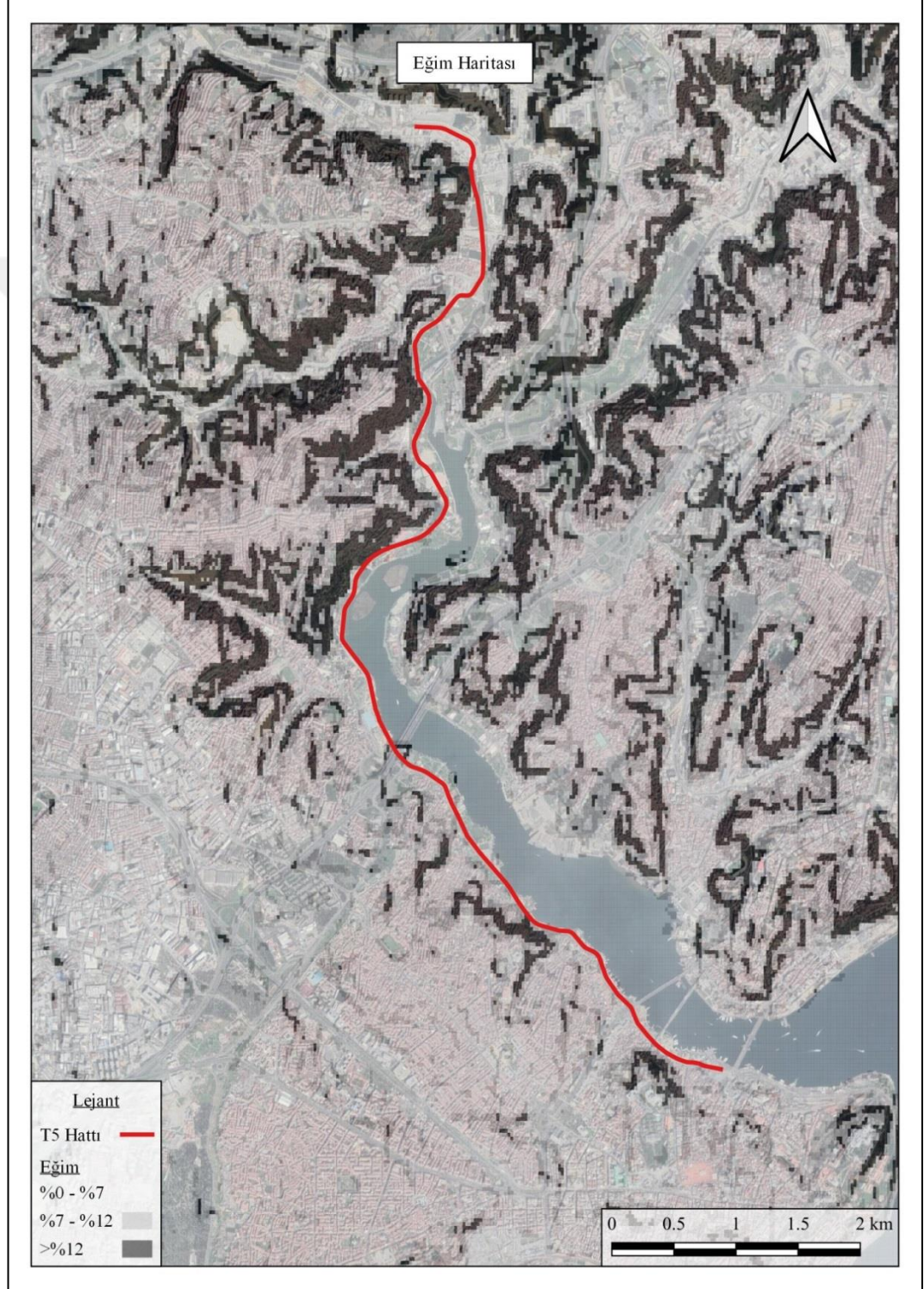
Eğim(%)	Puan	Önem Derecesi	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 – 7	1.0	0.075	0.075	75
7 – 12	0.5	0.075	0.038	38
>12	0	0.075	0.000	0

Eğim analizini gerçekleştirmek için çalışma alanını kapsayan arazi yükseklik verilerine ihtiyaç duyulmuştur. Yapılan araştırmalar sonucunda uydu görüntülerinden sağlanan raster formatındaki verilerin kullanılmasına karar verilmiştir. Digital Elevation Model(DEM) olarak adlandırılan bu uydu görüntüleri Türkçe’ye Sayısal Yükseklik Modeli(SYM) olarak çevrilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmalar Merkezi(USGC) tarafından sağlanan uydu görüntüleri kullanılarak çalışma alanının topoğrafyasına ulaşılmıştır. Raster formatındaki bu verilerin çözünürlüğü 20x20 metre olup her bir piksele yükseklik bilgisi piksel değer bilgisi olarak atanmıştır. Piksellerin yükseklik değerleri kullanılarak sırasıyla önce bakı analizi sonra da eğim analizi raster formatındaki uydu görüntüleri üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Eğim faktörü dışında kalan bütün faktörler vektör formatındadır. Bütün faktörlerin analiz haritasında bir arada değerlendirilmesi gerektiğinden dolayı, raster formatındaki eğim haritasının da vektör formatına dönüştürülmesi gerekmektedir. QGIS programı içerisinde bulunan rasterdan vektöre dönüşüm özelliği sayesinde, eğim değerlerine sahip olan pikseller, 20x20 metrelik poligon vektör verisine dönüştürülmüş, piksel değerinde bulunan yükseklik bilgisi öznelik verisi olarak nitelik tablosuna işlenmiştir.

Eğim vektör verisi içerisinde bulunan nitelik tablosundaki eğim öznelik bilgisi kullanılarak Şekil 4.7’deki harita üzerinde eğim analizi gerçekleştirilmiştir. Eğimin %0 - %7 arasında olduğu bölgeler beyaz renk ile gösterilirken, %7 - %12 arasında olan bölgeler gri renk ile %12’den büyük olan bölgeler siyah renk ile gösterilmiştir. Beyaz bölgeler tramvay hattının eğim koşulları çerçevesinde geçmesinin en uygun olduğu bölgelerken, siyah bölgelerden geçmesi uygun değildir. Harita üzerinde

gösterilen T5 Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı güzergahı incelendiğinde hattın büyük bir bölümünün tramvay için elverişli olan beyaz bölgelerden geçtiği görülmektedir. Bundan dolayı T5 hattının eğim şartları düşünüldüğünde uygun bir güzergahtan geçtiği söylenebilir. Eğim aralıkları için belirlenen ağırlık puanlarının nitelik tablosuna işlenmesiyle eğim analiz tamamlanmıştır.



Şekil 4.7 : Eğim analiz haritası.

4.2.7 T5 hattı sonuç analiz haritası

Yolculuk talebi, diğer ulaşım entegrasyon, nüfus yoğunluğu, sanayi ve ticarete yakınlık, kamu ve eğitime yakınlık, eğitim faktörlerinin her biri için analiz haritaları vektör formatında üretilmiştir. Çalışma alanı olarak Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının çevresi seçildiğinden dolayı analiz haritaları özellikle bu bölge üzerinde odaklanmış, İstanbul bütüncül olarak ele alınmamıştır.

Vektör formatında üretilen, nitelik tablolarına ağırlık puanı öznitelik verisi eklenen faktörlere ait analiz haritalarının tek bir harita üzerinde incelenebilmesi için aynı standart özelliklere sahip olması gerekmektedir. Ancak standartlaştırılmış haritaların üst üste bindirmeleri gerçekleştirilerek, değerlendirilebilmesi mümkündür. Faktörlere ait analiz haritalarının standartlaştırılması kapsamında vektör haritalarının aynı sınırlara ve aynı piksel boyutuna sahip raster formatındaki verilere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla çalışma alanının kesin sınırları ve piksel boyutları belirlenmeli ve her faktör analiz haritası için aynı sınır ve piksel boyutlarına göre raster formatındaki haritalar üretilmelidir. Coğrafi bilgi sistemi programının içerisinde bulunan “Poligonlaştırma(rasterdan vektöre dönüşüm)” özelliği kullanılarak bütün vektör formatındaki analiz haritalarının raster formatına dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Raster verileri için piksel boyutu 10x10 metre olarak seçilmiş ve harita sınırları bütün raster haritalar için aynı tutulmuştur. Böylelikle haritaların birbirleri üzerine bindirme işlemi gerçekleştirilirken sabit sınırlar ve aynı boyuttaki piksel verileri sayesinde ilgili koordinattaki pikselin diğer haritadaki piksel verisiyle birebir örtüşmesi sağlanmıştır.

Poligonlaştırma işlemi sırasında raster verileri içerisinde yer alan pikseller için değer ataması yapılması gerekmektedir. Bunun için her bir vektör formatındaki faktör analiz haritasının nitelik tablosunda yer alan ağırlık sütündeki, bütün harita elemanları için atanmış olan ağırlık puanı verisi kullanılmıştır. Böylelikle vektör haritalarında yer alan ağırlık puanı verileri raster formatındaki haritalara da işlenebilmiştir. Bindirme işlemi sırasında üst üste gelen ağırlık puanına sahip pikseller birbirleriyle toplanarak sonuç analiz haritasını oluşturmuştur. Ağırlık puanı değeri olmayan pikseller sıfır kabul edilmiş ve toplama işlemine sokulmuşlardır.

Şekil 4.8’de bindirme işlemi tamamlanmış T5 hattı analiz haritası görülmektedir. Bindirme işlemi sonucunda toplanan ağırlık puanlarına göre ağırlık puanı yüksek

olan yerlerde koyu renk, ağırlık puanı az olan yerlerde açık renk olacak şekilde görselleştirilmiştir.



Şekil 4.8 : T5 hattı analiz haritası.

Analiz haritası incelendiğinde ağırlık puanının en düşük 0, en yüksek 917 olduğu görülmektedir. Ağırlık puanının en yüksek olduğu yerler koyu renkle gösterilirken,

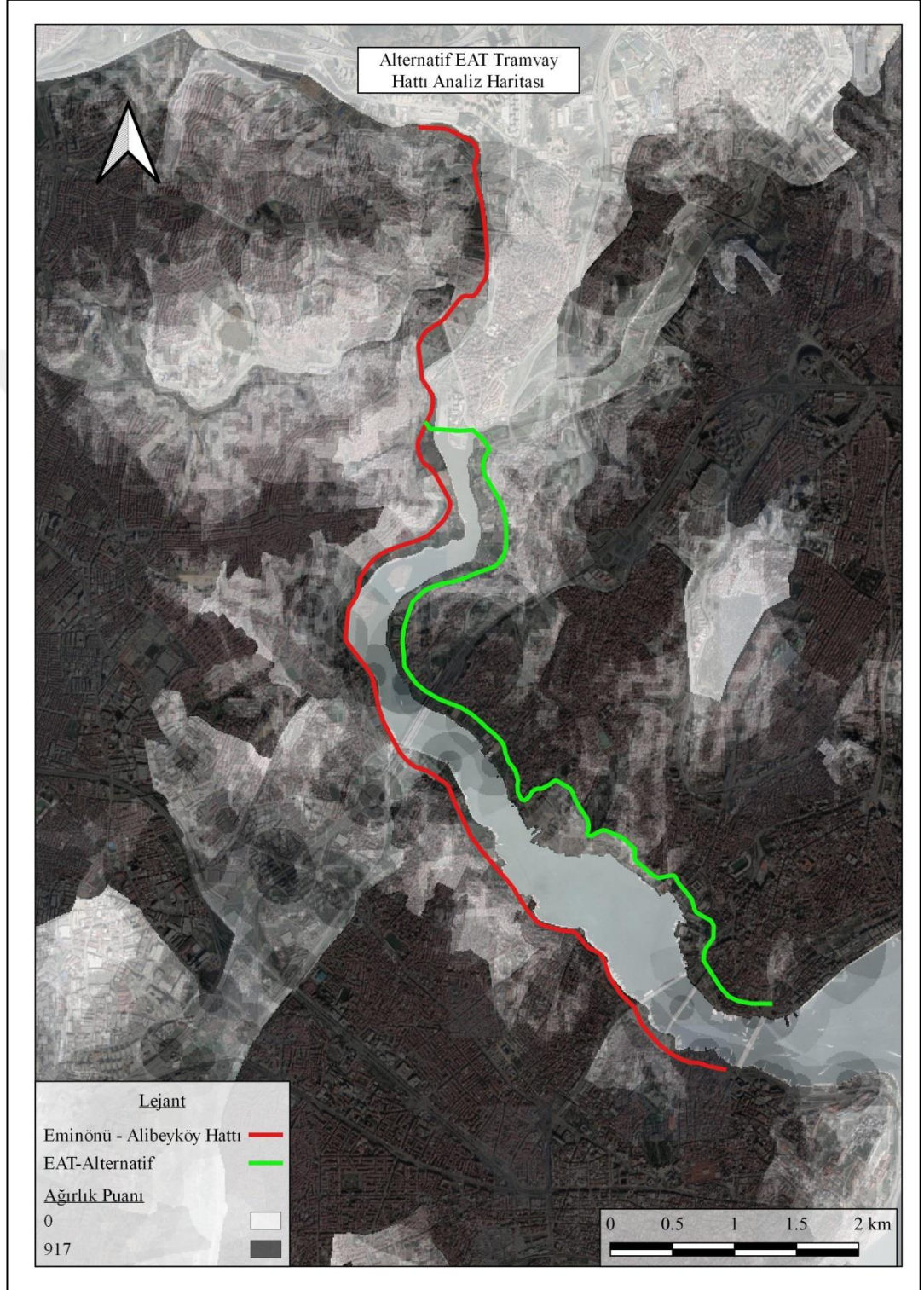
ağırlık puanı azaldıkça renk açılmaktadır. Bu bilgiler kapsamında Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının bazı bölgelerde ağırlık puanının yüksek, bazı bölgelerde ağırlık puanının düşük olduğu yerlerden geçtiği söylenebilir.

T5 tramvay hattının çevresini incelendiği zaman hattın doğusunda kalan Haliç'in üzerinde herhangi bir yolculuk talebi veya nüfus yoğunluğu bilgisi olmadığından dolayı açık renk gözükmemektedir. Ancak hattın batısında ve Haliç'in doğusunda kalan bölgelerde bazı yerler dışında ağırlık puanının yüksek olduğu söylenebilmektedir. Özellikle hattın başlangıcı olan Eminönü bölgesine bakıldığında zaman yolculuk talebi ve diğer ulaşım entegrasyon faktörlerinin ağırlığının yüksek olmasından dolayı toplam ağırlık puanı bu bölgede artış göstermektedir. Hattın Alibeyköy yönüne ilerledikçe Balat bölgesinde nüfus yoğunluğu ve yolculuk talebinin artış göstermesiyle ağırlık puanı artmaktadır. Feshane – Alibeyköy arası incelendiğinde hattın batısında kalan bölgelerde eğimin yüksek olmasından dolayı harita üzerinde açık renklerle gösterilen yerler gözlenmektedir. Bu bölgelerde yüksek yolculuk talebi olmasına rağmen %12'den daha yüksek eğim değerleri bulunması ve buna bağlı olarak eğim faktörünün olumsuz etkisi, toplam ağırlık puanını etkilemektedir. Bu etkiden dolayı tramvay güzergahının bu bölgelerden geçirilmesi elverişli değildir.

Sonuç olarak Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının büyük bir kısmı yolculuk talebi ve nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerden geçmektedir. Yolculuk talebinin ve nüfus yoğunluğunun düşük kaldığı bölgelerde diğer ulaşım entegrasyon, sanayi ve ticaret alanlarına yakınlık, kamu ve eğitim alanlarına yakınlık faktörleri sayesinde hat üzerindeki toplam ağırlık puanı artış göstermektedir. T5 tramvay hattının güzergahı boyunca eğimin %0 ile %7 arasında kalan bölgelerden geçmesinden dolayı eğim faktörünün ağırlık puanına etkisi hat boyunca aynı olmuştur. Ancak yapılması muhtemel uzama hatlarının analizini gerçekleştirirken eğim faktörünün etkisi gözlemlenecektir. Bu analizin sonucu olarak T5 Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının faaliyete başlamasıyla İstanbul'un toplu taşımacılığında raylı sistemlerin payını önemli ölçüde arttıracak, diğer ulaşım araçlarıyla tam entegrasyonu sayesinde toplu taşıma araçlarının kullanım sayısını arttıracak söylenebilir.

Çalışma alanı çevresinde gerçekleştirilen analizler sonucu alternatif güzergahların kullanılabileceği göz ardı edilmemelidir. Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının Eminönü – Silahtarağa arasında kalan kısmı için alternatif güzergah çalışması gerçekleştirilmiştir. Haliç'in Beyoğlu ilçesi tarafında kalan alternatif güzergah ağırlık

puanının daha yüksek olduğu bölgelerden geçmektedir. 7,7 kilometre uzunluğa sahip alternatif güzergahın mevcut güzergaha göre daha elverişli olduğunun yorumu yapılabilir. Şekil 4.9’da T5 hattı alternatif güzergah hattı gösterilmiştir.



Şekil 4.9 : T5 hattı alternatif güzergah analiz haritası.

Beyoğlu ilçesinin sınırları içerisinde geçirilen alternatif güzergah, Fatih ilçesi sınırları içerisinde kalan ve inşası devam eden mevcut hatta göre ağırlık puanının yüksek olduğu bölgelerden geçmektedir ancak faktörler bazında değerlendirildiğinde alternatif Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Yolculuk talebi, diğer ulaşım araçlarıyla entegrasyon ve kamu ve eğitim alanlarına yakınlık faktörlerinin her iki güzergahın ağırlık puanına etkisi aynı kalırken, nüfus yoğunluğu faktörünün Beyoğlu ilçesinde alternatif güzergah hattının geçtiği mahallelerde yaşayan popülasyonun daha yüksek olmasından dolayı ağırlık puanına olumlu yönde etki ettiği söylenebilir. Alternatif tramvay hattının geçtiği bölgelerdeki ağırlık puanını arttıran en önemli faktör sanayi ve ticaret alanlarına yakınlık faktörüdür. Gerek Karaköy bölgesinde bulunan ticari işletmelerin gerek alternatif hattın Alibeyköy yönüne ilerledikçe bulunan sanayi tesisleri ağırlık puanını arttıran faktörlerdendir. Alternatif güzergahın dezavantajları değerlendirildiğinde eğitim faktörünün olumsuz etkisinin Beyoğlu ilçe sınırları içerisinde kalan bölgelerde daha yüksek olduğu, mevcut hattın arazi topoğrafyası düşünüldüğünde tramvay güzergahının geçirilmesi adına daha uygun olduğu söylenebilir.

4.3 Eyüp – Bayrampaşa Hattı Güzergâh Analizi

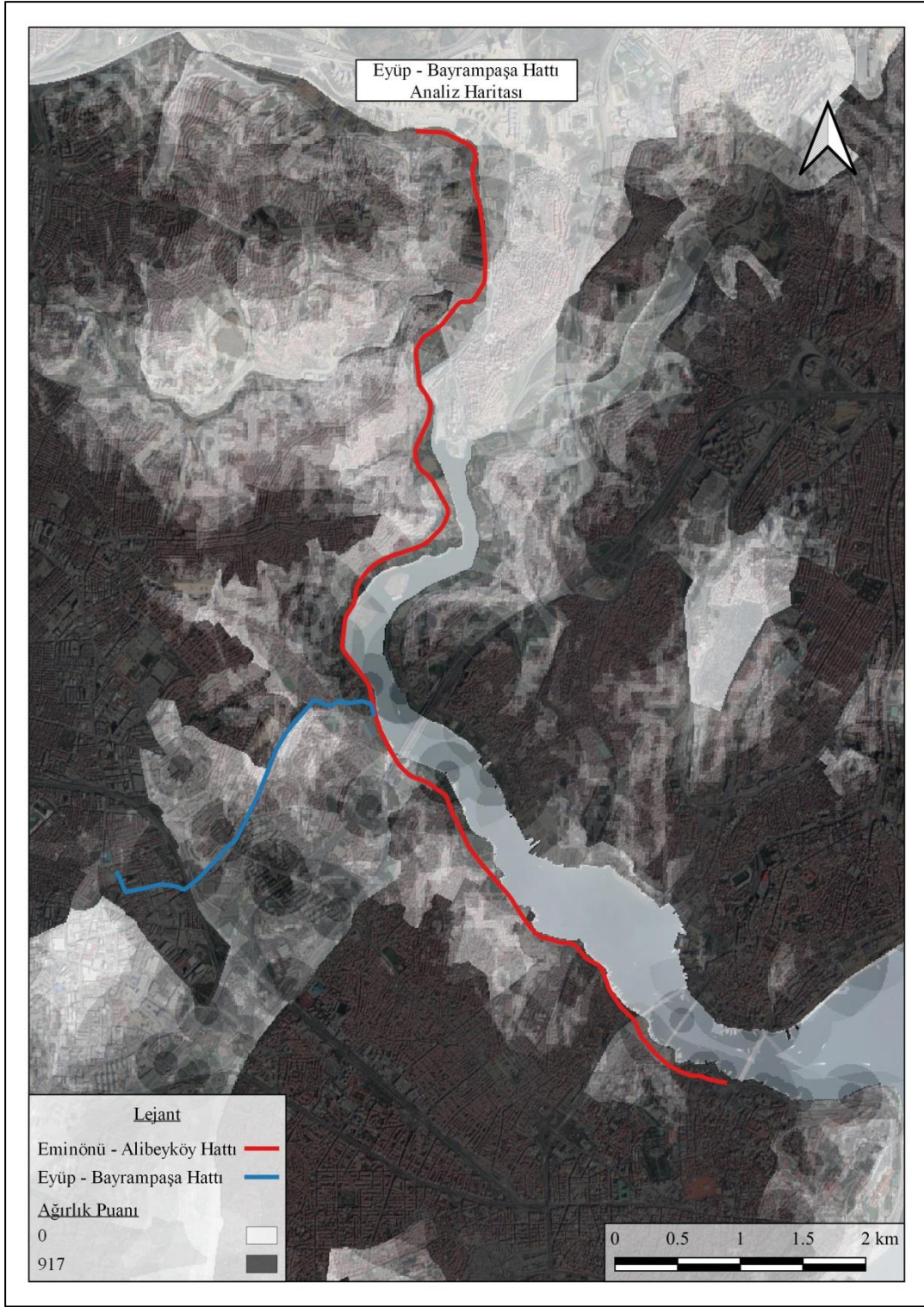
Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının bir kolu olarak planlanan Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattının projelendirme çalışmaları devam etmektedir. Hat üzerinde 6 istasyonun bulunması planlanmaktadır. Eminönü – Alibeyköy hattının yedinci istasyonu olan Feshane istasyonu her iki hattın ortak istasyonu olup, Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattının başlangıç istasyonudur. Feshane istasyonundan sonra sırasıyla Eyüp, Eyüp Belediye, Demirkapı ve Bayrampaşa istasyonlarından geçen hat Bayrampaşa Meydanı istasyonunda sonlanmaktadır. Hattın uzunluğu 3,1 kilometre olacaktır. Şekil 4.10’da Eyüp – Bayrampaşa hattı güzergahı ve istasyonları gösterilmiştir.



Şekil 4.10 : Eyüp – Bayrampaşa hattı güzergahı.

Eminönü – Alibeyköy tramvay hattında olduğu gibi Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattında da diğer toplu taşıma araçlarına kolaylıkla geçiş yapmak mümkün olacaktır. Hat, Feshane istasyonunda T5 Eminönü – Alibeyköy tramvay hattıyla, Demirkapı istasyonunda T4 Topkapı – Mescidi Selam tramvay hattıyla ve Bayrampaşa istasyonunda M1 Yenikapı – Atatürk Havalimanı – Kirazlı metro hattıyla entegre olmaktadır. Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattının Feshane istasyonunda olan bağlantısı sayesinde T4 tramvay hattından ve M1 metro hattından gelen yolcuların Eminönü – Alibeyköy tramvay hattına geçişini kolaylaştırmaktadır.

Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı için yapılan yolculuk talebi, diğer ulaşım entegrasyon, nüfus yoğunluğu, sanayi ve ticaret alanlarına yakınlık, kamu ve eğitim tesislerine yakınlık, eğitim faktörleri analiz çalışmaları aynı yöntemlerle Eyüp – Bayrampaşa hattı için de gerçekleştirilecek, coğrafi bilgi sistem tabanlı yazılım programları kullanılarak oluşturulan analiz haritası üzerinden hattın uygunluğu yorumlanacaktır. Şekil 4.11’de Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattı analiz haritası gösterilmiştir.



Şekil 4.11 : Eyüp – Bayrampaşa hattı analiz haritası.

Çalışma alanı Eminönü – Alibeyköy tramvay hattıyla aynı olduğundan Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattının analizinde de aynı analiz haritasından faydalanılmıştır. Harita üzerinde güzergahı belirtilen Eyüp – Bayrampaşa hattının her bir faktör için analizleri gerçekleştirilmiştir. Aynı haritadan faydalanıldığından dolayı Eminönü –

Alibeyköy tramvay hattı incelemesinde olduğu gibi ağırlık puanı en düşük 0, en yüksek 917'dir.

Eyüp – Bayrampaşa hattına ait incelemeler gerçekleştirildiğinde, hattın bazı kısımlarının ağırlık puanının düşük olduğu yerlerden geçtiği söylenebilir. Ancak istasyonların konumlarına dikkat edildiğinde bulundukları bölgelerin ağırlık puanının yüksek olduğu görülmektedir. Bayrampaşa Meydanı, Bayrampaşa, Eyüp ve Eyüp Belediye istasyonları ağırlık puanının yüksek olduğu bölgeler içerisinde kalırken, Demirkapı ve Feshane istasyonlarının bulundukları bölgelerin ağırlık puanları daha sınırlı kalmaktadır. Ancak bu istasyonlar, aktarma istasyonu özelliğinden dolayı önemli merkez konumundadırlar.

Yolculuk talebi verisine göre Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattı incelendiğinde, yolculuk talebi verisi, toplam ağırlık puanına göre analiz haritası verisiyle paralellik göstermektedir. Bayrampaşa Meydanı, Bayrampaşa, Eyüp ve Eyüp Belediye istasyonları yolculuk talebinin yüksek olduğu bölgeler içerisinde kalırken, Demirkapı ve Feshane istasyonlarının bulunduğu bölgelerde yolculuk talebi daha düşük kalmıştır. Ancak diğer ulaşım entegrasyon verisinin analizi kapsamında ağırlık puanlarında artış gözlemlenebilir.

Hattın geçtiği bölgelerde nüfus yoğunluğu verileri arasında çok büyük farklılıklar olmadığından ağırlık puanına etkisi hemen hemen aynı kalmıştır. Nitekim kamu ve eğitim tesislerine yakınlık faktörü için de aynı şey söylenebilir. Hattın çevresinde önemli bir kamu ve eğitim tesisi bulunmamaktadır. Ancak sanayi ve ticarete yakınlık faktörü analizi kapsamında incelendiği zaman, hattın Bayrampaşa Meydanı ile Bayrampaşa istasyonları arasında kalan kısmı sanayi tesisleri içerisinde geçmekte, Demirkapı istasyonu ise sanayi alanlarının tam merkezinde kalmaktadır.

Son olarak eğim faktörünün incelemesi gerçekleştirildiğinde Bayrampaşa Meydanı yönüne doğru eğim artışı gerçekleşmesine rağmen bu artış %0 - %7 arasında kaldığı ve tramvay hattının faaliyetine engel olacak bir eğim miktarı olmadığından dolayı sorun teşkil etmemektedir. Hat boyunca eğim faktörünün toplam ağırlık puanına etkisi aynı kalmıştır.

3,1 kilometre hat uzunluğuyla Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattı İstanbul'da faaliyet gösteren çoğu raylı sistem hattında daha kısa hat uzunluğuna sahip olmasına rağmen geçtiği bölgelerdeki yolculuk talebi, diğer ulaşım araçlarıyla entegrasyonu, sanayi ve

ticaret alanlarına yakınlığı düşünüldüğü zaman faaliyete geçtiği andan itibaren işlevselliği yüksek bir hat olacağı söylenebilir. Özellikle yakın zamanda faaliyete başlayacak olan T5 Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı ile faaliyetine devam eden M1 Yenikapı – Atatürk Havalimanı – Kirazlı metro ve T4 Topkapı – Mescidi Selam tramvay hatlarını birbirine bağlayacak olduğundan tramvay hattında yüksek yolculuk talebi olacaktır. Aynı zamanda Bayrampaşa Meydanı ve Eyüp istasyonlarından geçmesi planlanan 2 ayrı metro hattı bulunmaktadır. Bu hatların da tamamlanmasıyla yolcuların 6 istasyondan 5’inde diğer raylı sistemlere aktarma gerçekleştirebileceğinden dolayı hattın önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Yapılan analizler sonucu Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattının faaliyete geçmesiyle İstanbul’da raylı sistemlerin kullanımını arttıracak olan önemli bir hat olacağı anlaşılmaktadır.

4.4 Önerilen Hat Güzergahı ve Analizi

İnşası devam eden Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı ve projelendirme aşamasında olan Eyüp – Bayrampaşa tramvay hatlarının yolculuk talebi, diğer ulaşım entegrasyon, nüfus yoğunluğu, sanayi ve ticaret alanlarına yakınlık, kamu ve eğitim tesislerine yakınlık, eğitim faktörleri dikkate alınarak, coğrafi bilgi sistemi tabanlı yazılım programı kullanılarak analizleri gerçekleştirilmiş ve hatların önemi vurgulanmıştır. İstanbul’da gerçekleştirilecek raylı sistem yatırımlarıyla, raylı sistemlerin etkinliğini ve toplu taşıma kullanımında raylı sistemlerin payını arttırmak amacıyla aynı yöntemler kullanılarak güzergâh araştırması gerçekleştirilmiştir. Faaliyette olan raylı sistem hatlarını desteklemesi amacıyla Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının bir kolu olarak düşünülen yeni tramvay hattının, analizlerinin gerçekleştirileceği çalışma alanı olarak T5 tramvay hattının çevresi kullanılmıştır. Belirlenen alan çerçevesinde birçok güzergâh analizi gerçekleştirilmiş, en uygun olan güzergâh, öneri tramvay hattı olarak bu tez kapsamında değerlendirilmiştir. Faktörlerin, öneri tramvay hattı olarak düşünülen güzergâh üzerindeki etkilerinin analizleri tamamlanmış ve analiz haritası üzerinde öneri tramvay hattı gösterilmiştir.

Önerilen tramvay hattı, T5 Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının Silahtarağa istasyondan başlayarak Kâğıthane deresi boyunca ilerlemekte Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri, Kâğıthane Belediye Başkanlığı, Macaristan Başkonsolosluğu’nu geçerek Axis alışveriş merkezi önünde son bulmaktadır.

Yaklaşık 5 kilometre uzunluğa sahip olacak hat, M7 metrosuyla Kâğıthane istasyonunda entegre olabilmektedir.

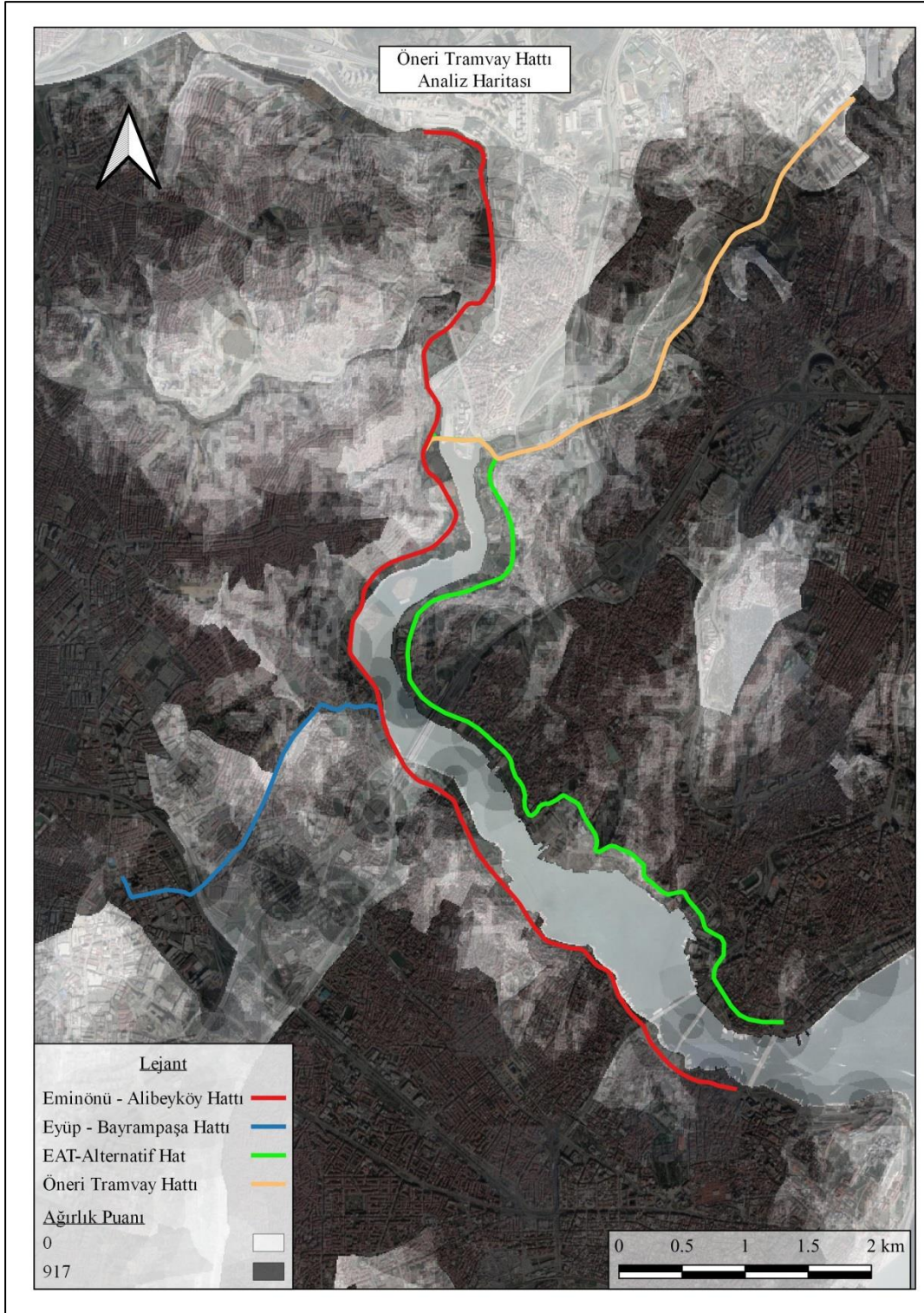
Önerilen hat güzergâhının, yolculuk talebinin ve nüfusun yüksek olduğu Kâğıthane ilçe sınırları içerisinde kalan Talatpaşa, Gürsel, Çağlayan, Merkez ve Yahya Kemal mahallelerinden geçmesi planlanmıştır. Yolculuk talebi ve nüfus miktarı yüksek olduğundan bu faktörlerin ağırlık puanı etkisi de fazladır.

Diğer ulaşım entegrasyon faktörü çerçevesinde güzergahın analizini gerçekleştirdiğimizde önerilen tramvay hattı, T5 tramvay hattının Silahtarağa istasyonunda ve M7 metro hattının Kâğıthane istasyonunda bu raylı sistem hatlarıyla entegre olabilmektedir. Önerilen tramvay hattı, bu iki önemli raylı sistem hattını birbirine bağlamakta, diğer raylı sistemlerle bütünleşmiş bir şekilde çalışarak gerçekleştirilecek yolculuk sayısını arttırmaktadır.

Kâğıthane deresi boyunca birçok önemli sanayi, ticaret, kamu ve eğitim tesisi alanları bulunmaktadır. Özellikle önerilen tramvay hattının sonuna doğru bulunan sanayi ve ticaret alanları bu bölgelere gerçekleştirilecek yolculukları karşılamak adına kritik rol oynayacaktır.

Planlanan güzergâh üzerinde %12'den fazla arazi eğimi bulunmamaktadır. Bundan dolayı tramvay hattının bu güzergâh üzerinden geçirilmesinde yüksek eğimlerden kaynaklı herhangi bir problem olmadığından ilave altyapı yatırımlarına ihtiyaç duyulmayacaktır. Aynı zamanda önerilen tramvay hattı güzergâhı boyunca hat eğimi %0 - %7 arasında değişmektedir. Bazı bölgeler dışında %7 - %12 arasında eğim değeri de bulunmamaktadır. Eğim aralıkları hat boyunca aynı kaldığından hattın eğim ağırlık puanının toplam ağırlık puanına etkisi aynı olacaktır.

Her bir faktör değerlendirilerek yapılan analizler sonucunda öneri tramvay hattı analiz haritası oluşturulmuştur. Önerilen tramvay hattının analizleri için diğer hatların analizinde kullanılan toplam ağırlık puanı analiz haritası kullanıldığından dolayı piksellerin en düşük toplam ağırlık puanı 0, en yüksek toplam ağırlık puanı 917'dir. Şekil 4.12'de öneri tramvay hattı için oluşturulan analiz haritası gösterilmiştir.



Şekil 4.12 : Öneri tramvay hattı analiz haritası.

Öneri tramvay hattının analiz haritası incelendiğinde, hattın ağırlık puanının yüksek olduğu bölgelerden geçtiği görülmektedir. Hattın başlangıcı olan Silahtarağa istasyonu çevresinde yolculuk talebinin ve nüfus yoğunluğunun düşük olmasından dolayı ağırlık puanı düşük olsa da, Kağıthane deresi boyunca ilerledikçe ağırlık puanı artış göstermektedir. Bu bölgelerde ağırlık puanı yüksek olmasına rağmen toplu

taşıma faaliyetleri otobüs ve minibüslerle sağlanmakta, bu da yolculuk talebinin yüksek olduğu bölgeler için konforsuz ve yavaş ulaşım neden olmakta, bölgenin ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Bundan dolayı bu hat üzerinde faaliyete geçirilecek herhangi bir raylı sistem projesine olan talep yüksek olacaktır.

İstanbul, Türkiye'nin en fazla nüfusuna ve nüfus yoğunluğuna sahip ilidir. Her geçen gün daha kalabalık olmakta, bu da birçok problemi beraberinde getirmektedir. Problemlerin başında ulaşım sorunu gelmekte, artan nüfusla beraber gün geçtikçe daha büyük sorun teşkil etmektedir. Bundan dolayıdır ki yapılacak olan raylı sistem yatırımlarının hızlı bir şekilde faaliyete geçirilip, hizmete sunulması gerekmektedir. Ancak raylı sistem yatırımları maliyeti yüksek ve inşası uzun süren yatırımlardır. Tramvay projeleri de diğer raylı sistemler gibi yüksek altyapı yatırımına ihtiyaç duymasına rağmen metro sistemlerine göre daha ekonomiktir. Altyapı yatırım maliyeti düşük ve inşa süresi daha kısa olduğundan şehir topoğrafyasının da izin verdiği bölgelerde kolaylıkla uygulanabilmekte ve işletmeye alınabilmektedir. Kağıthane deresi boyunca gerek topoğrafyanın izin vermesi gerek tramvayın geçirilmesi için yeterli kesit alanına sahip olmasından dolayı kamulaştırma ve altyapı maliyetleri düşük, yolculuk talebi yüksek olduğundan bu güzergahtan geçirilecek tramvay hattının ulaşım etkisi yüksek olacaktır.



5. SONUÇ

Şehirlerdeki hızlı nüfus artışına bağlı olarak gelişen sorunların başında çarpık kentleşme problemi gelmektedir. Herhangi bir planlama olmadan oluşturulan bu yerleşim yerleri beraberinde birçok altyapı sorununu getirmektedir. Elektrik, su, kanalizasyon, ulaşım gibi altyapı yatırımları yerleşim yerleri oluşturulmadan planlanmadığı için büyük sorun haline gelmektedirler. Yerleşim başladıktan sonra gerçekleştirilecek altyapı yatırımları da yüksek maliyetlerle tamamlanabilmektedir. İstanbul'daki ulaşım sorununun ana nedenlerinden biri de hızlı nüfus artışına bağlı olarak çarpık kentleşmedir. Kentleşme planlı olarak yapılamadığından dolayı yeteri kadar ulaşım altyapısı oluşturulamamış, aynı zamanda mevcut ulaşım sistemleri hızlı nüfus artışı nedeniyle yetersiz kalmıştır. Geçmiş dönemlerde planlı bir kentleşme gerçekleştirilemediğinden İstanbul'da da ulaşım sorunları devam etmekte, sorunların çözümü için yüksek maliyetli yatırımların hayata geçirilmesi gerekmektedir.

İstanbul'da ilk toplu taşıma faaliyetleri atlı tramvaylarla başlamış, raylı sistem uzunluğu yıllar içinde artmıştır. Gelişen teknolojiyle beraber atlı tramvaylar yerlerini elektrikli tramvaylara bırakmış, 1935 senesinde İstanbul'daki raylı sistem uzunluğu 59,5 kilometreye ulaşmıştır. İstanbul'daki hızlı nüfus artışıyla beraber tramvay hatları yolculuk talebini karşılayamamıştır. Bundan dolayı şehrin yöneticileri tramvay hatlarının dönemin teknolojisine uygun olarak geliştirilmesi yerine hatların kaldırarak, lastik tekerlekli toplu taşımacılığa geçiş gerçekleştirilmiştir. Nitekim otobüs ve trolleybüsler aracılığıyla yapılan toplu taşıma faaliyetleri yolculuk talebini karşılayamamış, raylı sistem yatırımlarına 1989 yılında tekrar başlanmıştır. Ancak geçen yıllar içerisinde İstanbul'un nüfusu artmış, çarpık kentleşmeye engel olunamamıştır. Bu sebeple, gerçekleştirilecek raylı sistem yatırımları yerleşimin olduğu bölgelere sonradan planlandığı için yüksek maliyetlere ihtiyaç duymaktadır.

Raylı sistem yatırımlarının yüksek maliyetlere ihtiyaç duymasından dolayı güzergâhları iyi planlanmalı, kullanılacak raylı sistem türüne iyi karar verilmelidir. Güzergâhın geçeceği bölgelere göre yolculuk talebi iyi hesaplanmalıdır. Yüksek yolculuk talebi bulunmayan bölgelere yapılacak yüksek kapasiteli raylı sistem

projelerinin maliyetleri de yüksek olacak, hattın kullanılabilirliği kapasitesinin çok altında kalacaktır. Diğer taraftan planlamanın iyi yapılmamasından dolayı yatırım maliyetlerinin aksine ulaşım üzerindeki olumlu etkisi yüksek olmayacaktır.

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen literatür araştırmaları sonucunda belirlenen faktörler kullanılarak, coğrafi bilgi sistem tabanlı yazılım aracılığıyla bilimsel analizler gerçekleştirilmiştir. Bir tramvay projesi analizinin gerçekleştirilmesi için gerekli olduğuna karar verilen yolculuk talebi, diğer ulaşım entegrasyon, nüfus yoğunluğu, sanayi ve ticaret alanlarına yakınlık, kamu ve eğitim tesislerine yakınlık, eğitim faktörleri AHP kullanılarak belirlenmiş ve önem derecelerine göre sıralanmıştır. Her bir faktör için ağırlık puanı belirlenmiştir. Yapımı devam eden Eminönü – Alibeyköy ve projelendirme aşamasında olan Eyüp – Bayrampaşa tramvay hatlarının analizlerinde kullanılmış, hat güzergâhlarının, ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak tasarlandığı ve faaliyete geçtikleri bölgelerde ulaşım üzerinde olumlu etkilerinin olacağı ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışma alanı çevresinde yapılan analizler sonucu alternatif güzergâhların üzerinde durulmuştur. Projenin alternatif güzergâh üzerinde faaliyete geçirildiğindeki etkileri analiz edilmeye çalışılmıştır. Eminönü – Alibeyköy ve Eyüp – Bayrampaşa tramvay hatlarının analizlerinin gerçekleştirilmesine yardımcı olan faktörler kullanılarak Eminönü – Alibeyköy tramvay hattının bir kolu olarak düşünülen Kağıthane deresi boyunca ilerleyen yeni bir tramvay hattı önerisinde bulunulmuştur. Oluşturulan analiz haritasından faydalanılarak güzergâhına karar verilen yeni tramvay hattı da, Eminönü – Alibeyköy ve Eyüp – Bayrampaşa tramvay hatları gibi yolculuk talebinin, nüfus yoğunluğunun ve diğer faktörlerin etkisiyle toplam ağırlık puanı yüksek olan bölgelerden geçmektedir. Ayrıca arazi eğimi değişken olmadığından yüksek maliyetli altyapı yatırımlarına ihtiyaç duyulmamaktadır.

Karayolları ile demiryollarının, olumlu ve olumsuz yanları kıyaslanırken birbirleri arasındaki en büyük farklardan biri maliyetlerdir. Karayollarının ilk yapım maliyeti düşük iken demiryollarının ilk yapım maliyeti yüksektir. Aynı şekilde işletme giderlerine bakıldığında karayollarının maliyetleri demiryollarına göre daha yüksek kalmaktadır. Şehir içi toplu taşımacılık faaliyetleri için de aynı kıyaslama söz konusudur. Karayolu üzerinden gerçekleştirilen toplu taşıma faaliyetlerinin ilk yapımı ucuz ve hızlıdır ancak işletme faaliyetleri sonucu oluşan giderler yüksektir. Raylı sistemlerde ise ilk yapım maliyeti yüksek ve inşası uzun sürmekte, işletme

giderleri daha düşük kalmaktadır. Aynı zamanda raylı sistemler üzerinde gerçekleştirilen toplu taşıma faaliyetlerinin ulaşım üzerinde olumlu etkisi daha yüksektir. İlk yapım maliyeti yüksek olduğundan raylı sistemlerin bilimsel yöntemler kullanarak iyi planlanması maliyetlerin düşmesine ve inşaa süresinin kısalmasına yarar sağlayacağı gibi raylı sistem hattının faaliyete geçmesiyle kısa sürede yolculuk talebine karşılık vererek ulaşım üzerinde olumlu etkisi görülebilecek ve raylı sistem hattının işletmecisine yüksek gelirler sağlayacaktır. Karayolu toplu taşımacılığı ile raylı sistemler arasında bulunan ilk yapım maliyet farkı, raylı sistem çeşitleri arasında da bulunmaktadır. Metro ve tramvay hatlarının ilk yapım maliyetleri ve inşaa süreleri karşılaştırıldığında, metro hatlarının altyapı yatırımları çok daha yüksek olduğundan hem ilk yapım maliyetleri tramvaylara göre yüksek kalmakta hem de inşaa süreleri daha uzun sürmektedir. Her ne kadar metro hatlarının; tramvay hatlarının inşasını zorlaştıran fiziksel kısıtlamaları bulunmaması, tramvay hatlarının işletme hızının daha düşük olmasından dolayı seyahat sürelerinin uzaması, tramvay araçlarının metro araçlarına göre kapasitesinin daha düşük olmasından dolayı taşınan yolcu miktarının da az olmasına karşı avantajları bulunmasına rağmen şehrin ihtiyaçları iyi tespit edilmeli ve metro hatlarının tramvay hatlarına göre sağladığı avantajlara ihtiyaç olup olmadığı iyi değerlendirilmelidir. Böylelikle gereksiz altyapı yatırımlarından kaçınılıp, çok kısa sürede çok daha geniş raylı sistem ağına sahip olunabilir.

Sonuç olarak; Eminönü – Alibeyköy hattının bir kolu olarak önerilen Kağıthane deresi boyunca ilerleyen tramvay hattı güzergahı için gerçekleştirilen yolculuk talebi, diğer ulaşım entegrasyon, nüfus yoğunluğu, sanayi ve ticaret alanlarına yakınlık, kamu ve eğitim tesislerine yakınlık ve eğitim analiz haritaları, faktörlerin toplam ağırlığını gösteren sonuç analiz haritasıyla birlikte incelenmiştir. Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı, Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattı ve Kâğıthane deresi boyunca ilerleyen öneri tramvay hattının güzergâhının geçtiği bölgelerin özelliklerinden dolayı faktör analiz haritalarında, güzergâhlarının çevresinde farklılık söz konusu olsa da sonuç analiz haritalarına göre hatların güzergâhlarının toplam ağırlık puanının yüksek olduğu bölgelerden geçtiği görülmektedir. Her ne kadar analiz haritaları incelendiğinde raylı sistem projelerinin faaliyete geçirilmesi için ağırlık puanının mevcut hatlara göre daha yüksek olan alanların olduğu yorumu yapılsa da Eminönü – Alibeyköy ve Eyüp – Bayrampaşa tramvay hatlarının raylı

sistem projesinin hayata geçirilmesi için elverişsiz olduğu yorumu yapılamaz. Eminönü – Alibeyköy tramvay hattı ve Eyüp – Bayrampaşa tramvay hattı için gerçekleştirilen analiz sonuçlarının benzer olduğu düşünüldüğünde, bu analizlerden yola çıkarak önerilen güzergâh hattı üzerinde raylı sistem yatırımına ihtiyaç olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca bu bölgenin tramvay hattının geçirilmesi için yeterli kesit alanına sahip olması ve arazi eğim değerlerinin tramvay hattının geçirilmesine engel olmamasından dolayı, tramvay hattının faaliyet gösterebilmesi için uygun koşullar bulunmaktadır. Ancak alternatif güzergâhlar tercih edilerek hatların daha uygun güzergâhlara sahip olabileceği yorumunda da bulunulabilir. Fiziksel kısıtlamaların öneri tramvay hattı güzergâhı boyunca tramvay inşası için sorun teşkil etmemesine bağlı olarak düşük altyapı yatırımına ihtiyaç duyulmakta, bu da inşa süresinin kısa olmasını sağlamaktadır. Hattın bu özelliği sayesinde güzergâh üzerinde çok kısa sürede tramvay hattı inşa edilebilir ve hizmete alınabilir.

KAYNAKLAR

- Akad, M.** (2006). *Toplu taşıma türü seçiminde simülasyon destekli analitik hiyerarşi yaklaşımı*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akçay, T. & Albayrak, B. B.** (2018). 750 V DC besleme için katenersiz besleme sisteminin analizi ve Eminönü-Alibeyköy hattına uygulanması. *Transist 2018 Bildiri Kitabı*, (s.435-439).
- Akın, O.** (2014). *İstanbul'da ulaşım sorunu ve metrobüs çözümü*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Aktop Maden, D. & Avlar, E.** (2019). İstanbul örneği üzerinde yeraltı metro istasyonlarında kullanıcı konforunun değerlendirilmesi. *Artium Dergisi, Sayı 7(2)*, 91-102.
- Atsan, N. & Kuruüzüm, A.** (2001). Analitik hiyerarşi yöntemi ve işletmecilik alanındaki uygulamaları. *Akdeniz İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı 1*, 83-105.
- Evren, G.** (2001). İstanbul'un ulaştırmasının dünü, bugünü. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, Sayı 413(2001/3)*, 19-24.
- Farkas, A.** (2009). Route/site selection of urban transportation facilities: an integrated GIS/MCDM approach. *7th International Conference on Management, Enterprise and Benchmarking*, (s.169-184).
- Güreşçi, E.** (2011). Türkiye'de köyden kente göç ve düşündürdükleri. *Sosyoekonomi Dergisi, Özel Sayı(2011-MI)*, 125-135.
- Hamurcu, M. & Eren, T.** (2016). Kentsel ulaşımında güzergah belirleme için kullanılan kriterler: literatür araştırması. *İstanbul Ulaşım Kongresi ve Fuarı Sempozyum Bildirileri*, 128, (s.280-286).
- Hamurcu, M., Eren, T. & Alağaç, H. M.** (2016). Raylı sistem projelerinin seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımı. *İstanbul Ulaşım Kongresi ve Fuarı Sempozyum Bildirileri*, 131, (s.297-306).
- İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü.** (2019). *İETT 2018 Faaliyet Raporu*.
- İmrak, C. E. & Salman, Ö.** (2010). Füniküler sistemler ve Türkiye'de kullanımı. *Mühendis ve Makine Dergisi, Sayı 605*, 37-41.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi.** (2019). *Faaliyet Raporu 2018*.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi.** (2018). *İstanbul Yıllık Ulaşım Raporu 2017*.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Daire Başkanlığı, Ulaşım Planlama Müdürlüğü.** (2012). *İstanbul Ulaşım Ana Planı Hane Halkı Araştırması 2012*.
- Kanmaz, O.** (2015). *Katenersiz tramvay sistemleri ve Konya uygulaması*. (Yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Kasımoğlu, E.** (2015). *Tramvay istasyonlarında tasarım ve güvenlik esaslarının araştırılması İstanbul T1 tramvay hattı incelemesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaygusuz, A.** (2002). *Taksim – 4.Levent metro hattı kullanım analizi ve değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Keski, N. M.** (2014). *Marmaray ve İstanbul toplu ulaşım ağı ile etkileşimi*. (Yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kırlangıçoğlu, C.** (2014). *Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı raylı sistem güzergah tasarımı: İstanbul örneği*. (Doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Metro İstanbul.** (2019). *Faaliyet Raporu 2018*.
- Sazak, M.** (2011). *İstanbul’da toplu taşıma sorununun çözümüne İETT ve Ulaşım A.Ş. işletmelerinin katkısı*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, DLH Genel Müdürlüğü.** (2014). *Tramvay Tasarım Kriterleri*.
- Toraman, D.** (2009). *Mekansal çok ölçütlü karar analizi: ulaşırma için güzergah seçenekleri*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tumaç, D. & Gümüş, B. Ş.** (2015). Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy metro tüneline kullanılan pasa basınçlı tünel açma makinesinin (EPB-TBM) performans analizi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi, Sayı 1*, 48-61

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Sait Buğra UZUN
Doğum Tarihi ve Yeri : 21.07.1993 / Bahçelievler
E-posta : saitbugrauzun@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : 2020, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ulaştırma Mühendisliği Programı

MESLEKİ DENEYİM:

- (05/2018 -) : APS Mühendisi / Alstom
Eminönü – Alibeyköy Tramvay Hattı Projesi
- (07/2017 – 05/2018): Hat CAD Mühendisi / Alstom
- (12/2016 – 07/2017): Teknik Ofis Mühendisi / Makyol İnşaat
İstanbul Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı
II. Pist ve Mütemmimleri inşa işleri