

## İSTANBUL METROBÜS YOLUNDAKİ KAZALARIN SEBEPLERİNİN İNCELENMESİ

Ilgın GÖKAŞAR<sup>1</sup> Elif ÇİÇEK<sup>2</sup> Alperen TİMURÖĞULLARI<sup>3</sup>

### ÖZET

Bu çalışmada, duraklar arası metrobüs yolunun veya metrobüs duraklarının fiziksel özelliklerinin İstanbul metrobüs hattı üzerinde gerçekleşen kazalarla ilişkisini saptamak amaçlanmıştır. Yapılan literatür taramasından sonra, metrobüs yolu ve metrobüs duraklarının kazaya sebebiyet verecek veya kaza emniyetini düşürebilme potansiyeli olan geometrik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Ardından, yıllara göre kaza durumları belirlenmiş, kaza anındaki hava durumu ve kaza yerleri farklı bir veri dosyasında toplanmıştır. Korelasyon matrisi ve ExtraTreesClassifier makine öğrenmesi yöntemleri ile analizleri yapılmıştır. Analiz sonucunda, fiziksel olarak kazaların olduğu bölgelerde diğer bölgelerden farklı olarak hangi özelliklerin bulunduğu ve bu sistemde nerelerde iyileştirmelerin yapılabileceği belirlenmiştir.

### GİRİŞ

Şehirlerde nüfusun artması ses kirliliği, hava kirliliği, su kirliliği, altyapı yetersizliği ve trafik gibi maddi ve manevi kayıplarla (stres, zaman, enerji ve iş gücü kaybı) sonuçlanan problemler getirmektedir. İstanbul resmi rakamlara göre 15 milyon nüfusu ile Türkiye'nin en kalabalık şehri olarak bu problemlerin en belirgin şekilde yaşanma potansiyelini gösterdiği ilimizdir. Özellikle ulaşım, son yıllarda en çok üzerine gidilen, yatırım yapılan ve gelişimin görüldüğü konulardan biri durumundadır. İstanbul gibi kalabalık şehirlerde trafik sıkışıklığı sorununa çözüm getirmek için raylı yeraltı sistemler (metro ve tramvay hatları) ve kendine ayrılmış özel yola sahip yüksek kapasiteli metrobüs sistemleri geliştirilmiştir. Metrobüs, İstanbul içerisinde faaliyet gösteren, kendine ait bir yola sahip olan, sadece belirli duraklarda yolcu iniş/binişine izin veren, büyük kapasiteli otobüslerden oluşan sistemdir. İlk olarak 2007 senesinde Topkapı-Avcılar hattında çalışmaya başlayan bu sistem, 18.3 kilometre olarak başladığı seferlerine, 2018 senesinde en uzun hattı 52 kilometre olan ve 44 istasyonlu bir sistem olarak devam etmektedir. Yatırım ve işletme maliyeti olarak yer altı sistemlerinden çok daha ucuza mâl olan metrobüs sistemi, uzun vadede de zamandan ve iş gücünden tasarruf olarak geri dönüş yapmıştır.

1.Doç.Dr., Boğaziçi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

2.Dr. Öğretim Üyesi, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara

3. Boğaziçi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Kendine tahsis edilmiş olan yol ile şehir içerisinde yolcuların trafikte geçirdiği süreyi ciddi anlamda azaltmak ve insanların şahsi araçlar yerine toplu ulaşımı tercih etmesini sağlamak amaçları ile hizmet vermeye başlamıştır. Otobüs bekleme süresini de çok aza indiren bu sistem, ön ödeme konsepti ile çalışmaktadır.

Bilindiği üzere metrobüs sistemlerinin önemli etkilerinden birisi de yollarda meydana gelen trafik kazalarını azaltmasıdır. Metrobüsler genellikle özel bir şeride sahip oldukları için trafikte hızlı hareket edebilmektedir. Metrobüs sistemleri bu tarz avantajlarından ötürü gelişmiş birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, Bogota metrobüs hattında metrobüs sonrası ve öncesi yıllarda meydana gelen kazalarda %79 oranında azalma meydana geldiği belirtilmiştir (Perk ve Catala, 2009; Yurdağül, 2012). Ayrıca, Yazıcı vd. (2013) ülkemizde İstanbul metrobüs hattı yapıldıktan sonra da metrobüs güzergâhında meydana gelen kazalarda önemli düşüşlerin olduğunu vurgulamışlardır. Fakat yine de son yıllarda çok sayıda ölümlü ve yaralanmalı kazaların meydana gelmesi üzücüdür. Bu nedenle, karayollarında meydana gelen trafik kazalarındaki ölü ve yaralı sayısını azaltmak için yol yapım standartları dikkatlice uygulanmalı ve kaza sebepleri değerlendirilmelidir.

Çoğunlukla güvenli olarak tasarlanan metrobüs hatlarında yine de kazaların olması tüm dünyada karşılaşılan bir problemdir. Fakat yine de konu ile ilgili yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Örneğin, bazı araştırmacılar kazalara neden olabildiğini düşündükleri oto korkuluk sistemleri ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Mutlu (2010) yaptığı tez çalışmasında metrobüs güzergâhında kullanılan oto korkulukların incelenmesi ve alternatif sistemlerin güvenlik dayanımını incelemiştir. Ayrıca, Arslan vd. (2014) yine metrobüs oto korkuluk tasarımı ile ilgili araştırma yapmışlardır. Bazı araştırmacılar ise metrobüs ve etkilerine sosyal, çevresel ve ekonomik yönden bakmışlardır (Wright ve Hook, 2007; Yılmaz, 2012; Cenvero, 2013; Venter vd., 2018). Bazı çalışmalar ise ortak yol olması durumunda metrobüs yolunda meydana gelen kazaları incelemiştir (Avalos-Bravo vd., 2017). Trafik kazalarına neden olan bazı durumlar ile ilgili tahmin ve hesaplama çalışmaları ile ilgili de araştırmalar devam etmektedir (Santos-Reyes vd., 2014; Gomez ve Bocarejo, 2015). Bu nedenle, yakın geçmişte meydana gelen İstanbul metrobüs güzergâhındaki kazaların irdelenmesi ve kazalara etki eden sistemlerin değerlendirilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, İstanbul metrobüs hattı üzerinde gerçekleşen kazalar ile bu kazaların nedenleri arasındaki ilişkisi incelenmiştir. Detaylı bir literatür taraması yapılarak konu ile ilgili önemli parametreler tespit edilmiştir. Daha sonra, kazaya sebebiyet verebilme potansiyeli olan fiziksel ve geometrik özelliklerin belirlenmesi ve duraklar arası olarak bahsedilen fiziksel ve geometrik özelliklerin verileri toplanmıştır. Yıllara göre kaza konumları belirlenerek korelasyon matrisi ve ExtraTreesClassifier makine öğrenmesi yöntemleri ile analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda, fiziksel olarak kazaların olduğu bölgelerde diğer bölgelerden farklı olarak hangi özelliklerin bulunduğu ve nerelerde iyileştirmelerin yapılabileceğine dair önerilerde bulunulmuştur.

## **YÖNTEM**

Analiz kısmında, medyadan ve Google araçları kullanılarak elde edilen veriler açıklanmış ve bu veriler iki adet makine öğrenmesi aracı ile analiz edilmiştir.

**VERİLER**

Bu çalışmada iki ayrı türde veri toplanmıştır:

- Metrobüs hattında yaşanan kazalar ve yağış durumu,
- Metrobüs yolunda duraklar ve duraklar arası geometrik ve fiziksel özellikler.

Yaşanan kazalar belirli süre aralıklarında gerçekleşmiş ve medyada yer bulan haberler kullanılarak elde edilmiştir. Veri setinde metrobüs hattında meydana gelmiş 40 adet kaza verisi tutulmaktadır. Aynı kaza için farklı sonuçların verildiği haberler arasından çoğunluk olarak verilen bilgi kullanılmıştır. Kazalar iki farklı sınıfta tanımlanmıştır. Bunlar; üç ve daha fazla yaralının olduğu, herhangi bir ölüm vakasının gerçekleştiği ve herhangi bir aracın kullanılamayacak duruma gelmesi tehlikeli (2), daha düşük hasarlı olan kazalar tehlikesiz (1) olarak sınıflandırılmıştır. Veri azlığından ötürü düşük skalalı ayrıma gidilmiştir. Ardından bu kaza verileri Python’da kullanılabilir formata getirilmiştir. İlk 7 lokasyonun verileri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: Kazaların Yağış Durumu ve Sonuç Değerlendirmesi

| Sıralama | Lokasyon | Yağış Durumu | Kaza Sonucu |
|----------|----------|--------------|-------------|
| 1        | 40       | 0            | 1           |
| 2        | 16       | 0            | 1           |
| 3        | 23       | 0            | 1           |
| 4        | 43       | 0            | 1           |
| 5        | 34       | 0            | 2           |
| 6        | 1        | 0            | 2           |
| 7        | 46       | 0            | 1           |

Fiziksel ve geometrik özelliklerin saptanması için öncelikle hangi fiziksel ve geometrik özelliklerin kullanılacağına karar verilmesi gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada çalışma ve kazaların incelenmesi sonucu aşağıdaki özelliklerin incelenmesine karar verilmiştir;

- Uzaklık: İki durak arası uzaklığı belirtir. Google haritaların mesafe ölçme aracı yardımı ile ölçülmüştür. Uzaklık arttıkça, sürücülerin hız yapabilme veya dikkatlerinin dağılma potansiyeli artmaktadır.
- Şerit bariyeri: Metrobüs hattında, Metrobüsün gidiş-dönüş yolları arasındaki şeritleri ayıran bariyerdir. Metrobüs hattındaki araçların birbirlerinden kesin olarak ayrılmamış olmaları nedeniyle, kafa kafaya çarpışma riski bulunmaktadır.
- Dış bariyer: Dış bariyerlerin güvenlik derecesini anlatan özelliktir. Metrobüs yolunu ana yoldan veya yayalardan ayıran bariyer sistemidir. (Çelik halatlar 0, Demir bariyerler 1, Yükseltilmiş bariyerler 2, Yükseltilmiş bariyer + demir bariyerler 3 şeklinde değerlendirilmiştir.
- Viraj sayısı: İki metrobüs durağı arasında bulunan, metrobüslerin manevra yapması durumunu gerektirecek yol parçası sayısıdır. Virajlar metrobüsün kendi şeridini koruması ve yol tutuşunu zorlaştırması nedeniyle kaza tehlikesi oluşturmaktadır.
- Yağış durumu: Kar veya yağmurun yağıp yağmadığını belirten ve kaza anını

temel alan değişkendir. Fiziksel özellik olarak görülmeyecek tek değişkendir. Yağışlar aracın yol tutuşunu etkileyeceğinden ötürü yağış durumu geometrik özelliklerden ayrı eklenmiştir.

- Tehlikeli viraj sayısı: Metrobüs hattında bulunan anlık dahi olsa şoförlerin birbirlerini görememe ihtimalinin olduğu virajlardır. Birbirini görmeyen sürücülerin kaza riski her zaman daha fazla olduğundan tehlikeli viraj sayısı önemli bir değişkendir.
- Üst yol: Metrobüs güzergahının üstünden geçen, üzerinden araçların da geçebildiği yolların sayısıdır. Metrobüs güzergahının üst yolundan metrobüs yoluna savrulan araç kazasından sonra bu değişkenin eklenmesine karar verilmiştir.
- Yaya tehlikesi: Metrobüs hattı boyunca, yayaların metrobüs yoluna direkt giriş yapıp yapamayacağını gösteren değişkendir. Metrobüs yoluna çıkan yayaların metrobüs çarpması sonucu yaralanmış olmaları bunun büyük bir tehlike olduğunun göstergesidir.
- Ortak yol: Metrobüs harici araçlar ile metrobüslerin aynı yolu kullanması durumudur. İstanbul metrobüs sisteminde sadece 15 Temmuz Şehitler Köprüsü ve Zincirlikuyu durakları arasındaki güzergahta bulunmaktadır. Ortak yol her zaman daha fazla araç, trafik ve doğal olarak daha fazla riske neden olmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2: Metrobüs Duraklarının Fiziksel Özellikleri

| Lokasyon | Durakİsmi    | VirajSayısı | DisBariyer | SeritBariyeri | UstYol | OrtakYol | YayaTehlikesi | Uzaklık | TehlikeliViraj |
|----------|--------------|-------------|------------|---------------|--------|----------|---------------|---------|----------------|
| 1        | Sogutlucesme | 0           | 2          | 1             | 0      | 0        | 1             | 10      | 0              |
| 2        | A1           | 2           | 2          | 0             | 0      | 0        | 0             | 1050    | 2              |
| 3        | Fikirtepe    | 0           | 0          | 1             | 0      | 0        | 1             | 10      | 0              |
| 4        | A2           | 0           | 0          | 0             | 0      | 0        | 0             | 1180    | 0              |
| 5        | Uzuncayir    | 0           | 2          | 1             | 0      | 0        | 1             | 10      | 0              |
| 6        | A3           | 0           | 2          | 0             | 0      | 0        | 0             | 2070    | 0              |
| 7        | Acibadem     | 0           | 2          | 1             | 0      | 0        | 1             | 10      | 0              |

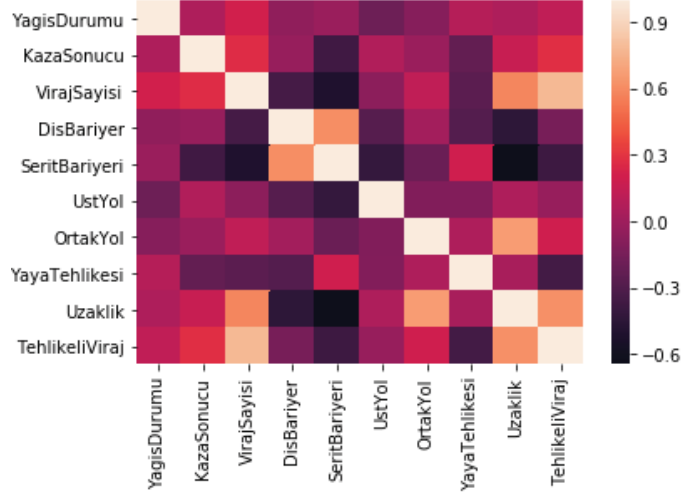
## ANALİZLER

### Korelasyon matrisi analizi

Metrobüs hattının duraklar arası ve duraklar dahil olmak üzere fiziksel özellikleri ile küçük skalada derecelendirilmiş kaza sonuçları toplanmış ve kaza verilerinin korelasyon matrisi makine öğrenmesi aracı ile analizi Şekil 1’de gösterilmiştir.

Korelasyon matrisi, belirli bir matristeki verilerin birbirleri ile olan bağlantısını inceleyen matristir. Her verinin birbiri ile alakasını, mor rengin tonlarının kendi lejantındaki karşılığı olan sayılar ile gösterir. Renkler açıldıkça özellikler birbiriyle doğru orantılı, koyulaştıkça ters orantılı olarak birbirlerini etkilerler. Öncelikle kazaların sonuçları, metrobüs güzergahı için oluşturulmuş veri matrisine entegre edilmiş, ardından bu sonuçların, diğer özelliklerle olan bağlantısına ulaşılmaya çalışılmıştır.

Şekil 1’de kaza sonucu ile diğer değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesi gerektiğinden dolayı, 2. Satır veya 2. Sütuna bakarak yorum yapmak yeterli olacağı düşünülmektedir. Bu matrise bakıldığı zaman renklerin açıldıkça kaza sonucuna etkisinin pozitif korelasyon gösterdiğini ve koyulaştıkça da negatife korelasyon gösterdiğini görmekteyiz.



Şekil 1. Kaza değişkenleri ile kaza sonucu arasındaki korelasyon matrisi.

Matrise göre;

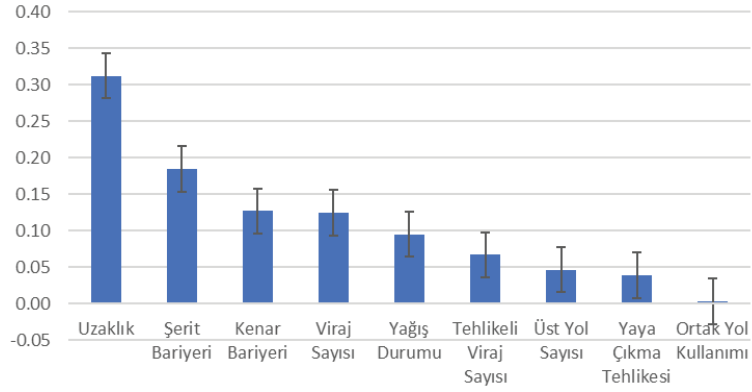
- Duraklar arası uzaklığın artması kalan özelliklere göre daha fazla kazanın gerçekleşmesine sebep olmaktadır.
- Virajlar keskinleştikçe ve viraj sayısı arttıkça metrobüs yolundaki kazaların hem sonuçlarının ağırlığının derecesi hem de sayısı artmaktadır.
- Geri kalan özellikler kazalar tek tek incelendiği zaman ciddi anlamda etkili olsalar dahi, bu yöntemde kazalarla bir korelasyon göstermemişlerdir. Ancak mahalde yaya tehlikesi bulunmasından ve dış bariyerlerin yetersizliğinden kaynaklanan kazaların sayısı azımsanmayacak derecededir.

#### ***ExtraTreesClassifier aracı ile ağırlık dağılımının yapılması***

ExtraTreesClassifier (ETC), numerik değerleri kullanarak ileri düzeyde karar verme ağacı sistemleri oluşturan ve aralarından en optimal olanını seçen makine öğrenmesi aracıdır. Veriler sürekli olsun veya olmasın, değişkenlerin fazla olduğu sistemlerde yüksek doğruluk payı vermesinin sebebi, bilgisayarın yeterli gördüğü herhangi bir karar verme sisteminde kalmaması ve diğer sistemleri (karar verme ağaçları) de denemesidir.

Veriler bu sistemde yine önceki yöntemde olduğu gibi birbirlerine bütünleşik edilerek incelenmiştir. Lokasyon kolonunun karşılıklı örtüştüğü noktalarda kazaların olduğu yerler temel alınarak, bu lokasyonların diğer lokasyonlardan hangi özelliklerde farklılık gösterdiği ve bu farklılık gösteren özelliklerin birbirleri içerisinde nasıl bir ağırlık dağılımına sahip oldukları incelenmiştir.

Verilerin ExtraTreesClassifier isimli makine öğrenmesi aracı ile analizinden gelen, kazalara sebebiyet verme ağırlık dağılımı aşağıda Şekil 2 ve Tablo 3’de verilmiştir.



Şekil 2. Özelliklerin kendi içlerinde oluşturulan ağırlık dağılımı.

Tablo 3: Analizde kullanılan özellikler, kodları ve ağırlıkları

| Özellik  | Özelliğin Kodu | Diğer Özelliklere Göre Ağırlığı |
|--|----------------|---------------------------------|
| Duraklar arası uzaklık                                       | 7              | 0,312476                        |
| Şeritler arası bariyer eksikliği                             | 3              | 0,184641                        |
| Metrobüs yolu dış kenar bariyerlerin güvenlik kalitesi       | 2              | 0,127042                        |
| İki durak arasında bulunan toplam viraj sayısı               | 1              | 0,124386                        |
| Kaza anındaki yağış durumu                                   | 0              | 0,0950992                       |
| İki durak arası bulunan tehlikeli viraj sayısı               | 8              | 0,067161                        |
| İki durak arası metrobüs hattının üzerinden geçen yol sayısı | 4              | 0,046598                        |
| Metrobüs yoluna yaya çıkma tehlikesi                         | 6              | 0,039081                        |
| Metrobüs harici araçlar ile ortak yol kullanımı              | 5              | 0,003523                        |

Bu analizden çıkan sonuçlara göre:

- Duraklar arası uzaklık en önemli etken olup, diğer fiziksel özelliklerden ayrılmaktadır.
- İncelenen duraklar arasından sadece Boğaziçi Köprüsü-Zincirlikuyu durakları arasında bulunan diğer araçlarla ortak yol kullanımı, kazaların gerçekleşmesinde en düşük rolü oynamıştır.

Fiziksel özelliklerin ve yağış durumunun birbirlerine göre ağırlık olarak kıyaslanmaları ve sonuçlara göre önceliği alacak iyileştirmenin daha iyi belirlenmesinde etkili olabilir. Ayrıca, bu çalışmada, eldeki verilerin az olması ve bazı ulaşılamayan değişkenlerin varlığından dolayı daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi için gelecekte daha kapsamlı bir çalışma yapılması önerilebilmektedir.

Ayrıca, yol altyapısı sorunları, hava şartları, duraklardaki asfalt yüzeyindeki meydana gelen deformasyonlar, hava şartlarından kaynaklı görüş zorluğu, yetersiz eğitim veya sürücü kusurları gibi nedenlerle de kazalar yaşanabilmektedir. Özellikle eğitim eksikliği en büyük dış etkidir. Bu çalışmaya dahil edilmeyen ancak yaşanmış olan metrobüs şoförüne araç hareket halindeyken şemsiyeyle saldırma olayı ve metrobüs yolunu kullanarak su satmak isteyen / karşıya geçmek isteyen insanlara metrobüslerin çarpması gibi olaylar aslında sebeplerden bir tanesinin ciddi anlamda eğitim eksikliğinden kaynaklandığının göstergesidir. Örneğin, hava şartı olarak yağış durumunun da incelendiği bu çalışmaya ek olarak gece görüş durumu da eklenebilmektedir. İleriki zamanlarda daha fazla bilgi elde edilerek daha detaylı bir çalışma ile metrobüs yollarındaki kazaların daha detaylı irdelenmesi gerekmektedir. Dahası, bariyer tipleri için ise yine kaza yerine göre ayrı ayrı incelemeler için alt yapı ve zemin koşulları daha derinlemesine çalışılarak her güzergahtaki kaza nedeni bariyer eksikliği olan yollar için o metrobüs güzergahı özelliklerine göre yeni bariyer önerileri sunulabilecektir.

#### ***SONUÇLAR ve TARTIŞMA***

İstanbul metrobüs hattı ve duraklarında meydana gelen kazaların sebepleri genel anlamda incelenmiş ve kaza nedenleri arasında korelasyon matrisi ve ExtraTreesClassifier makine öğrenmesi yöntemleri ile analizler yapılmıştır. Çalışma sonucunda bulunan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

1. Kazalara neden olabileceği düşünülen parametreler arasından duraklar arası uzaklık nedeniyle meydana gelebilecek kaza sayısının etkili olduğu görülmektedir. Literatür de incelendiğinde buna sebebiyetin sürücünün dikkatinin dağılmasının neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, duraklar arası mesafenin artması ile yolcu sayısının da artması ile kaza oranlarının etkilenebileceği düşünülmektedir. Diğer bir deyişle insan faktörü ve fiziksel koşulların birbirini etkileyebileceği düşünülmektedir.

2. En önemli etkenlerden bir diğeri de şeritler arası kullanılan bariyer eksikliğidir. Bu nedenle hem metrobüsler birbirleri arasında hem de dışarıdan aracın girmesi ile kazalar oluşabilmektedir. Bu nedenle kullanılan bariyerler dikkatle incelenmelidir. Bu durum bariyerler ile ilgili literatürde yapılan araştırmaların daha da artırılması gerekliliğini göstermiştir.

3. Virajlı yollarda meydana gelen kazaların araç uzunluğu, hız, dikkat ve yan yollarla bağlantı gibi ihtimallerinin daha iyi araştırılarak bu bölgelerdeki kazalara sebep olabilecek unsurların giderilmesi önemlidir. Ayrıca, viraj noktalarında yeni denetimlerin oluşturulması gerekebilecektir.

4. Meydana gelen kazalar incelendiğinde yağışlı havalarda araçların daha iyi tekerlek özelliklerine (mekanik özelliklere) sahip olmasının sağlanması ve yağışlı havalarda da araç ile yoldaki kaymaların daha az olabileceği metrobüs hattında

kullanılabilecek yeni yol yapım incelemelerinin yapılması önemli olabilecektir.

5. Bir ön çalışma niteliğinde olan bu araştırmadan elde edilen çıktıların önemli olduğu görülmüş ve gelecek zamanlarda daha detaylı incelemeler yapılması gerekliliği belirlenmiştir. Böylece kaza sebepleri için yol alt yapısı, asfalt yüzeyi bozulmaları, eğitim eksikliği gibi etkilerin de incelenmesi önemli olabilecektir. Ayrıca, her metrobüs hattı güzergahının özelliği değişebileceği için farklı güzergahlar için en verimli bariyer tipi seçiminde nasıl uygulama yapılacağına ve yer altı yapılarının olup olmaması durumuna göre de değerlendirme yapılması önemli olacaktır. Daha dar alanlar için farklı beton malzemeler ile daha ince fakat daha sağlam yapı oluşturulması çalışmalarına öncelik de verilmesi önemli olabilecektir.

6. Bir diğer husus ise toplumun ve sürücülerin bilinçlendirilerek kaza etkisi üzerine yapılan araştırmaların artırılmasıdır. Diğer bir deyişle eğitim ve bilinçlendirme söyleşileri ve reklamları ile kazalara karşı hassasiyet oluşturula bilinecektir.

#### **KAYNAKLAR**

1. ARSLAN, H., Erdem, M.M., Atahan, A.O. (2014). Metrobüs hattında kullanılmak üzere çift taraflı ağır hizmet oto korkuluk tasarımı ve geliştirilmesi, 5. Karayolu trafik güvenliği sempozyumu ve sergisi, Seçilmiş bildiriler kitabı, 1. Cilt, 46-54.
2. AVALOS-BRAVO, V., Santos-Reyes, J. Padilla-Pérez, D.A. 2017. 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Global Partnerships for Development and Engineering Education”, 19-21 July 2017, Boca Raton, Florida, United States, 1-9.
3. CERVERO, R. 2013. Bus Rapid Transit (BRT): An efficient and competitive mode of public transport. Berkeley, CA: IURD Working Paper 2013–01.
4. GOMEZ, F., Bocarejo, J.P. 2015. Accident Prediction Models for Bus Rapid Transit Systems Generalized Linear Models Compared with a Neural Network, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2512, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2015, pp. 38–45. DOI: 10.3141/2512-05.
5. MUTLU, O. (2010). Metrobüs güzergahında kullanılan halatlı otokorkulukların incelenmesi ve alternative sistemlerin güvenlik dayanımının belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
6. PERK, V. A., Catalá, M. 2009. Land Use Impacts of Bus Rapid Transit: Effects of BRT Station Proximity on Property Values along the Pittsburgh Martin Luther King, Jr. East Busway, Federal Transit Administration (FTA), Project No FTA-FL-26-7109.2009.6, ABD.
7. SANTOS-REYES, J., Avalos-Bravo, V., Rodriguez-Rojasa, E. 2014. Accident Analysis of a Transport System: The Case of the Bus Rapid Transit System in Mexico City, Probabilistic Safety Assessment and Management PSAM 12, June 2014, Honolulu, Hawaii.
8. VENTER, C., Jennings, G., Hidalgo, D., Pineda, A.F.V. 2018. The equity impacts of bus rapid transit: A review of the evidence and implications for sustainable transport, International journal of sustainable transportation, , vol. 12, no. 2, 140–152.
9. YAZICI, M.A., Levinson, H.S., Ilıcalı, M., Camkesen, N., Kamga, C. 2013. Journal of Public Transportation, Vol. 16, No. 1, 153-177.
10. YILMAZ, Ş. 2012. Metrobüs sisteminin incelenmesi ve sosyal, çevresel, ekonomik



- etkileri, Bahçeşehir üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi.
11. YURDAGÜL, E. 2012. İstanbul avcılar – söğütlüçeşme metrobüs sisteminin bileşenlerinin değerlendirmesi ve dünyadaki metrobüs sistemleri ile karşılaştırılması, İstanbul teknik üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek lisans tezi.
  12. WRIGHT, L., & Hook, W. (2007). Bus rapid transit planning guide. New York: Institute for Transportation and Development Policy.