

OTOBÜS KONUM VERİLERİ KULLANILARAK ULAŞIM AĞINDAKİ DAR BOĞAZLARIN TESPİT EDİLMESİ

İlgın Gökaşar¹, Yiğit Çetinel²

ÖZET

Zirve saatlerdeki trafiğin, işe geliş gidiş zamanlarını iki katına çıkarabildiği, İstanbul gibi, nüfus yoğunluğu yüksek şehirlerde, ulaşım ağındaki en ufak sorunların bile çözümü büyük önem teşkil etmektedir. Bu sorunları saptamak için kullanılan sabit trafik sensörlerinin tüm ağa kurulmasının maliyeti yüksek olabilir. GPS (küresel konumlama sistemi) takılmış olan otobüs filolarının güzergâh bilgilerinin, trafik analizinde kullanımının örnekleri son zamanlarda literatürde yer almaktadır. Bu araştırmada, İstanbul otobüs (İETT) veri noktalarının yoğunlaştığı alanlar Kernel yoğunluk tahmini (KDE) algoritması ile belirlenmiştir. Veri noktalarının yoğunluğunun, otobüslerin geçtiği yollardaki dar boğazları tespit etmek için kullanılabileceği belirlenmiştir. Duraklar, trafik ışıkları, kavşaklar ve şerit sayısı azalmaları gibi dar boğaz sebepleri seçilmiş bir güzergâhta incelenmiştir. Bunların ağ üzerindeki yerlerinin, veri noktalarının yoğunlaştığı alanlarla ilişkisi tartışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Dar boğaz tespiti, İETT, Kernel yoğunluk tahmini, Otobüs konum verisi, Büyük veri analizi

GİRİŞ

Trafik tıkanıklığı yalnızca sosyal ve ekonomik açıdan topluluk üzerinde değil, çevre üzerinde de olumsuz etkilere sahiptir. Bu durumda en çok önerilen çözümlerden biri, özel araç kullanıcılarını toplu taşıma araçlarına yönlendirmektir. Bununla birlikte, toplu taşıma türleri yaygın olarak kullanıldığında bile, şehirlerin yol ağlarındaki sorunlu noktalar halen trafik tıkanıklığına neden olabilir. Ağdaki bu noktalar kapasiteyi önemli ölçüde azaltır; bu nedenle, onları ayrıntılı olarak analiz etmek önemlidir.

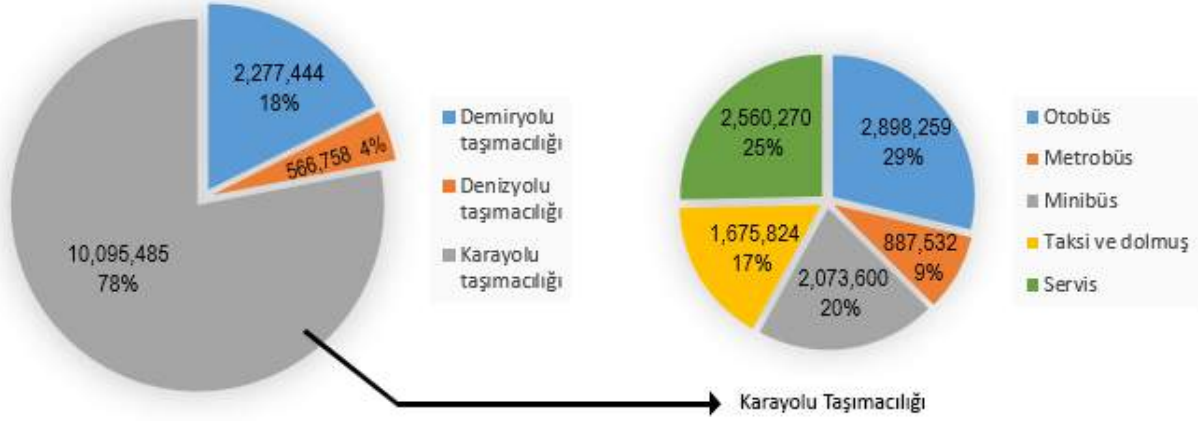
Trafik ağındaki sorunlarını saptamak için, klasik yöntemlerin yanında sensör teknolojilerini kullanan akıllı ulaşım sistemleri (ITS) günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. RTMS ve döngü detektörleri gibi statik algılayıcılara ek olarak, araç yörünge verileri aği analiz etmek için kullanılabilir [2] ve bu yörünge verileri kullanılarak, ağdaki sorunlu noktalar daha az masraf ve çaba ile saptanabilir [3]. Toplu taşıma araçlarının GPS aygıtları ile donatılmış olması sayesinde, bu araçların yörünge verileri de analiz için birçok çalışmada kullanılmıştır [4].

Trafik sıkışıklığının otobüslerin yavaşlamasında önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle, bu çalışmada otobüslerin sık sık durduğu bölgelerindeki otobüslerin hızları değerlendirilmektedir. Otobüslerin yaşadığı hız azalmalarının sık olarak tekrarlandığı bölgeler ayrıntılı incelenerek, ağdaki tıkanıklık konumları hakkında daha iyi bilgi edinilebilir. Bu şekilde, saptanan tıkanıklık konumlarının ağdaki etkileri çok daha iyi bir şekilde analiz edilebilir.

Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul, yaklaşık 15 milyon nüfusa sahiptir [5]. İstanbul'da karayolu, demiryolu ve deniz taşımacılığı olmak üzere üç toplu taşıma türü kullanılır. Karayolu taşımacılığında yer alan türler: otobüs, otobüs hızlı transit, minibüs, özel servis ve taksidir. Demiryolu taşımacılığı, metro, hafif raylı tren, tramvay, Marmaray, füniküler ve teleferikten oluşmaktadır. Deniz taşımacılığı ise feribot ve özel deniz aracını içerir. Toplu taşıma ve karayolu taşımacılığının tür payları Şekil 1'de gösterilmektedir. Her gün İstanbul'da toplu taşımayla 13 milyon yolcu (2016) taşınmaktadır. En büyük pay %78 ile karayolu taşımacılığına aittir. Otobüsler karayolu taşımacılığının %29'unu oluşturmaktadır [6].

¹ İlgın Gökaşar, Bogazici University Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Istanbul, Turkey, ilgın.gokasar@boun.edu.tr

² Yiğit Çetinel, Bogazici University Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Istanbul, Turkey, yigit.cetinel@boun.edu.tr



Şekil 8. İstanbul'daki 2016 Yılı Toplu Taşıma Tür Dağılımı [6]

Toplu otobüs ulaşım modunun yaygın olarak kullanıldığı İstanbul gibi şehirlerde otobüsler prob olarak yol ağı üzerindeki sorunlu noktalar tespit edilebilir. Otobüslerin sık durduğu alanlar darboğazları gösterebilir. Bu darboğazlar, kalabalık otobüs durakları, şerit sayısında düşüş ve trafik ışıkları gibi yol kesitlerinin bazı nitelikleri tarafından etkilenir. Bu çalışmada, otobüslerin sık durduğu güzergâh kesitleri, otobüs GPS verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Ardından bu kesitlerin oluşma sebepleri hakkında tartışılmıştır.

YÖNTEM

Öncelikle bu çalışmada incelenecek rotalar seçilmiştir. Bu otobüs hatları, trafik yoğunluğu ve şerit sayısının çeşitlilik gösterdiği güzergahlardan seçilmiştir. Hatlar alfabetik olarak 202 (Bostancı – Taksim), 22 (Kabataş – Sarıyer), 30A (Beşiktaş – Mecidiyeköy), 559C (Rumelihisarüstü – Taksim), DT1 (Ortaköy – Ulus – Taksim), U2 (Ortaköy – Beşiktaş – Ulus) belirlenmiştir.

2016 Nisan Ayı boyunca hizmete veren otobüslerin GPS yörünge verileri İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nden (IETT) virgülle ayrılmış vektör (CSV) formatında alınmıştır. Alınan veri, GPS ile ölçülen araç konumlarından oluşur. Ölçülen her nokta bir zaman damgalı enlem ve boylam çifti vardır. Ayrıca her bir otobüs vasıtası için farklı olan “Kapı numarası” bilgisi bulunmaktadır. Otobüslerin hangi gün hangi güzergahta çalıştığı bilgisi alınarak, bu kapı numarası bilgisi hat numarasına çevrilir.

R-stats adlı açık kaynak kodlu istatistiksel hesaplama programı kullanılarak işlenen veriler, zamana göre sıralanıp yinelenen zamanlı veriler kaldırılarak temizlendi. Ardından, ardışık veri noktaları karşılaştırılıp; zaman farkı her satır için hesaplandı. Verilerin çoğunda 16 saniyelik zaman farkı olmasına rağmen, Tablo 1'de gösterildiği gibi bazı istisnalar vardır. Ardışık veri noktalarının coğrafi (jeodezik) koordinatları arasındaki uzaklık, dünyanın elipsoid (küresel) modeli temel alınarak hesaplandı. Uzaklık hesaplamalarında, GeographicLib programlama kütüphanesi içerisindeki distGeo fonksiyonu, WGS84 elipsoid modeli alınarak kullanılmıştır. Daha sonra, zaman ve konum farklarını kullanarak, ortalama hızlar her veri noktası için hesaplandı.

Tablo 4: Tüm verilerin örnekleme hızı

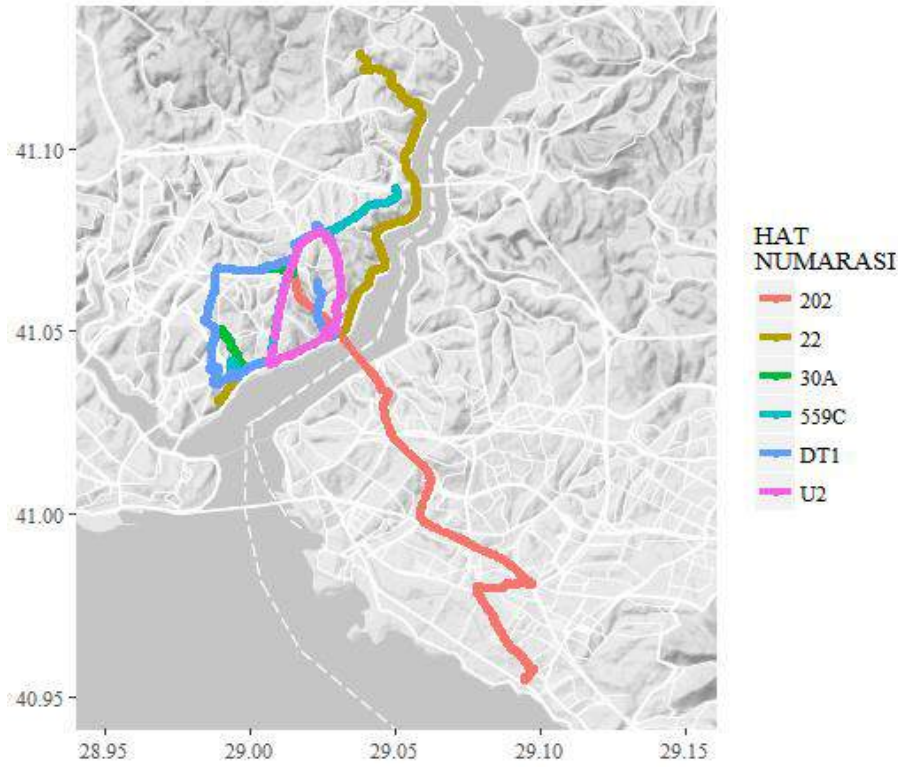
	Min.	1. Çeyrek	Orta	Ortalama	3. Çeyrek	Maks.
Hertz	0.0055	0.0589	0.0625	0.05921	0.0633	0.0826

Otobüs yavaşlaması ve hızlanma ivmeleri 0.19 g ve 0.15 g olarak kullanılarak [7], basit bir otobüs duraklaması simülasyonu ile, eşik hızı hesaplandı. 16 saniyelik zaman aralığında (örnekleme hızı orta değeri), otobüs bir saniyelik durakladığında, ortalama otobüs hızı 5.9 km/sa olarak hesaplandı [8]. Daha uzun duraklama durumlarında, ortalama otobüs hızları daha az olarak hesaplanacaktır. Bu nedenle, hız değerinin V_s 'den daha düşük olarak hesaplandığı zaman aralıklarında, otobüslerin an az bir saniye durduğu iddia edilebilir. Eşik hız V_s 'den daha düşük hız değerine sahip olan tüm veri noktaları durmuş olarak etiketlendi.

Otobüslerin sık durakladığı alanların tespiti için, duraklamanın gerçekleştiği verilerin yoğunlaştığı bölgeler tespit edildi. Enlem ve boylamdan oluşan iki boyutlu bir uzaydaki yoğunluk tespiti için Kernel yoğunluk tahmini (KDE) kullanılabilir [9]. Bu algoritma ile verilerin öbeklendiği alanlar hesaplanıp ve eş yoğunluk haritası çıkarılabilir. R stats programının MASS adlı paketindeki kde2d adlı fonksiyon bu işlemi gerçekleştirmekte ve “kde2d(veri\$boylam, veri\$enlem)” şeklinde kullanılmaktadır.

ANALİZ

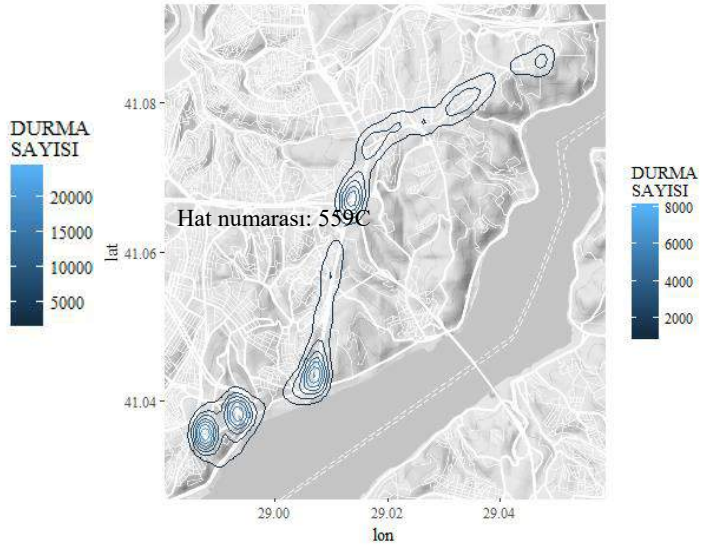
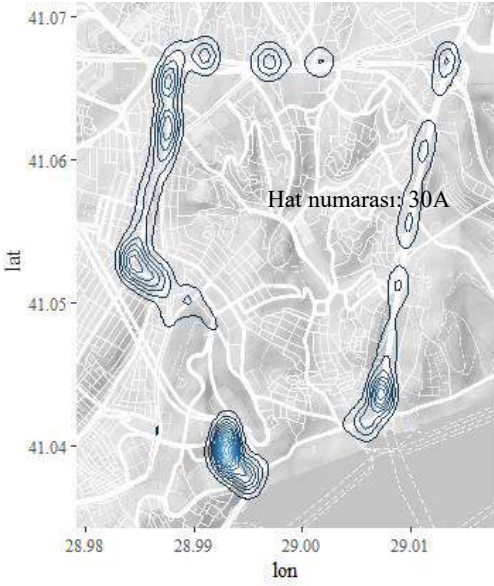
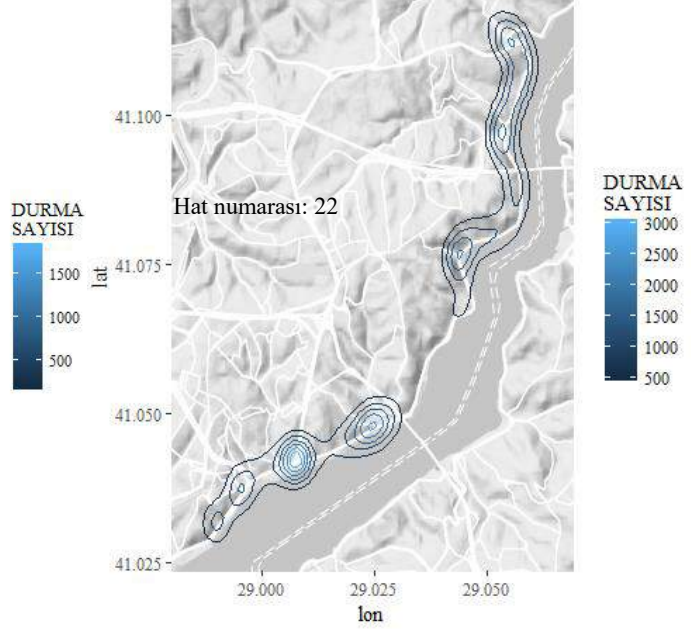
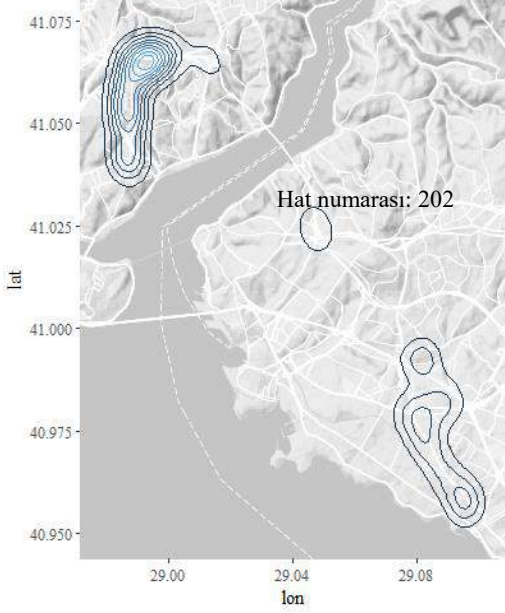
İstanbul'un farklı bölgelerini içeren altı hat incelenmiştir. Bunlardan 202 kodlu hat Bostancı – Taksim hattı, 22 kodlu hat İstinye – Kabataş hattı, 30A kodlu hat Beşiktaş – Mecidiyeköy ring hattı, 559C kodlu hat Hisarüstü – Taksim hattı, DT1 kodlu hat Ortaköy – Taksim ring hattı ve U2 kodlu hat Ortaköy – Beşiktaş ring hattıdır. Hatların harita üzerindeki görünümü Şekil 9'deki gibidir.

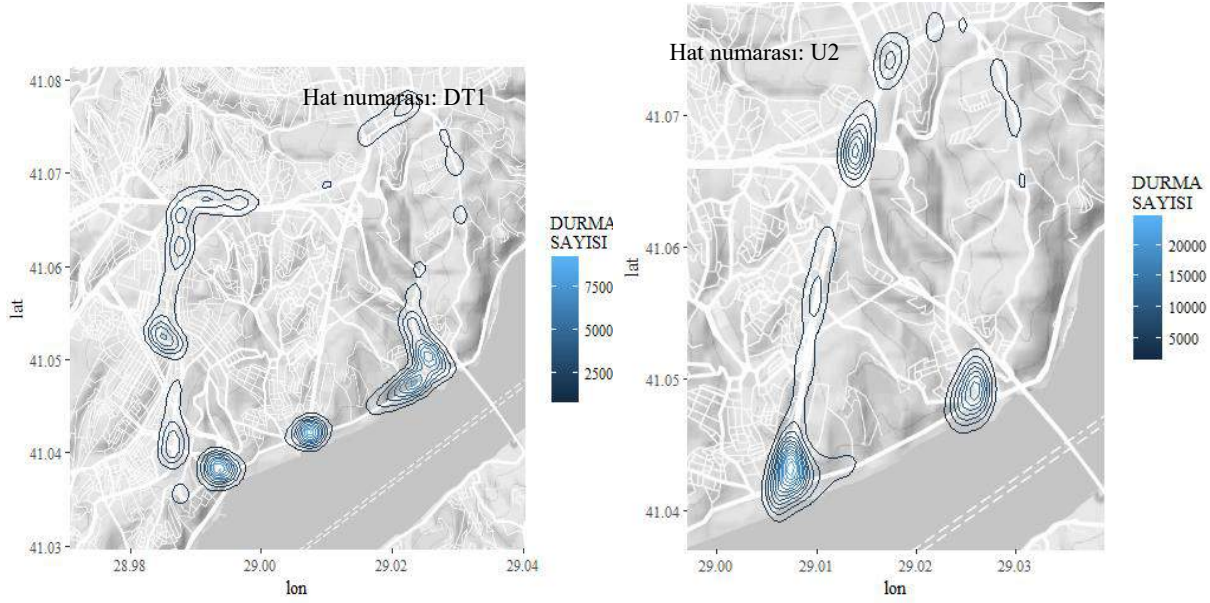


Şekil 9. Seçilen Hatların Harita Üzerinde Gösterimi

Seçilen hatlardaki durma yoğunluğu harita üzerinde Şekil 10'teki gibi gösterilmiştir. Eş yükseklik (izohips) haritasında yükseklik için olduğu gibi, eş yoğunluk haritasında çizgiler aynı yoğunluktaki bölgeleri, çizgi içi daha yoğun alanları, çizgi dışı ise daha az yoğun alanları göstermektedir. Daha yoğun olan çizgiler, diğer çizgilerin içerisinde kalır. Buna ek olarak yoğun çizgiler daha açık renkle gösterilmiştir.

Bir bölgenin çizgi içerisinde kalmaması, o bölgede hiç duraklama yaşanmadığı anlamına gelmez. Fakat o bölgelerde öbekleşmiş bir yoğunluk bulunmadığı çıkarımı yapılabilir. Öte yandan, daire şeklini alan ve üst üste binen çizgiler, bölgede bir dar boğazın bulunduğu ihtimalini güçlendirir. Daire şeklini alan çizgilerin merkezindeki bölgede otobüslerin çok sık duruyor, oranın yoğun bir durak olduğu ya da trafik sıkışıklığı yüzünden sürekli tıkağın ifade edilebilir.





Şekil 10. Analiz edilen hatlar: 202, 22, 30A, 559C, DT1, U2

Dikkat edilmesi gereken başka bir nokta ise, eğer rotanın bir bölümündeki yoğunluk, diğer bölümlere nazaran aşırı yüksek ise, KDE algoritmasının doğası gereği, diğer bölgelerdeki yoğunluklar ihmal edilebilir. Bu sebeple terminal durakları gibi uzun bekleme yapılan alanlar analizden çıkarılmalıdır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada otobüslerin GPS konum bilgileri kullanılarak otobüs güzergahları üzerinde otobüslerin yaşadığı duraklama bölgelerinin analizi yapılmıştır. Bu verilerin sabit trafik sensörlerine alternatif olarak kullanılabilceği belirtilmiş, yöntem ve Kernel yoğunluk tahmini algoritmasının kullanımı kısaca anlatılmıştır.

Otobüslerin sıkça durduğu noktalar bulunarak, bu noktaların yoğunlaştığı bölgeler hesaplanmıştır. İncelenen altı otobüs hattı üzerinde otobüslerin yoğun duraklama yaptığı bölgeler Tablo 2’de gösterilmiştir. Yoğunluk değerinin en yüksek olduğu, harita üzerindeki en açık renkli çizgilerin içerisindeki bölgeler tespit edilerek, her hattın en yoğun bölgesi belirlenmiştir. Önemli görünen diğer bölgeler de not edilmiştir.

Tablo 5: Tespit Edilen Yoğun Bölgeler

Hat	En yoğun bölgesi	Diğer yoğun bölgeleri
202	Mecidiyeköy merkezi	Mecidiyeköy köprü bağlantı noktası – Harbiye arası
22	Beşiktaş meydanı	Ortaköy, Bebek ve İstinye – Baltalimanı arası
30A	Dolmabahçe Gazhane Cd.	Beşiktaş Barbaros Blv., Mecidiyeköy – Şişli ve Osmanbey
559C	Taksim	Dolmabahçe Gazhane Cd., Beşiktaş Barbaros Blv. ve Zincirlikuyu
DT1	Beşiktaş Barbaros Blv.	Dolmabahçe Gazhane Cd. ve Ortaköy
U2	Beşiktaş Barbaros Blv.	Ortaköy ve Zincirlikuyu

Beşiktaş merkezinde hem sahil yolu hem de Barbaros Bulvarı tarafında yüksek yoğunluk tespit edilmiştir. Taksim – Beşiktaş arasında bulunan stadyum arkasındaki Gazhane Caddesi üzerinde de pek çok hatta yoğunluk tespit edilmiştir. Ortaköy ve Mecidiyeköy de analizler sonucunda fark edilen diğer yoğunluk noktalarındandır.

Beşiktaş ilçesi hem Kadıköy ve Üsküdar ilçesine deniz yoluyla, Beyoğlu, Şişli ve Sarıyer ilçelerine karayoluyla bağlı olan yüksek yoğunluklu bir transfer bölgesidir. Tespit edilen bölgede ise üç yoğun karayolunun birleştiği kavşak ile iki deniz ulaşımının geldiği iskele bulunmaktadır. Bölgedeki yoğunluğun azaltılması için yapılan metro çalışmaları devam etmektedir.

Gazhane Caddesi ise Beşiktaş, Kağıthane Tüneli, Taksim ve Kabataş'ı birbirine bağlayan en önemli noktalardan birisidir. Mecidiyeköy iş yerlerinin yoğun olarak bulunduğu bir bölgedir, özellikle iş çıkışlarında D100 bağlantısında kuyruklar oluşmaktadır. Bu bahsedilen üç farklı noktadaki trafik ışıkları da beklemleri arttırmaktadır.

Varılan sonuçların İBB Trafik Yoğunluk Haritası ile karşılaştırılması için, zirve saatler dışında 14:00 ve 16:30 saatlerinde olmak üzere, **Şekil 11**'te görüldüğü iki ekran görüntüsü gibi alınmıştır. Zirve saatleri dışında seçilmesi, gün boyunca devam eden sorunlu bölgelerin saptanması açısından kolaylık sağlamaktadır. İBB Trafik Yoğunluk Haritasında benzer bölgelerin kırmızı-turuncu tonlarında olduğu görülmektedir. Bunlardan örnek vermek gerekirse, Mecidiyeköy merkezi, Beşiktaş meydanı, Beşiktaş Barbaros Blv. ve Bebek gösterilebilir.



Şekil 11. İBB Trafik Yoğunluk Haritası, saat (a) 14:00 ve (b) 16:30 görüntüleri

Bu çalışmada kullanılan yöntem trafik mühendislerine ve şehir planlamacılara, özellikle sabit sensör uygulamasının zor olduğu bölgelerdeki sorun tespitinde yardımcı olabilir. Otobüs yoğunluğunun yüksek olduğu yollarda, büyük veri kullanılarak, sorunlu bölgenin konumunu saptamada ve zamana bağlı değişimini gözlemlemede kullanılabilir.

Sonraki çalışmalarda, sensör ve otobüs hattı bulunan yollarda, sensör verisi ile otobüslerin konum bilgisinden elde edilen yoğun bölgeler karşılaştırılarak, otobüs verilerinin güvenilirlik derecesi incelenebilir. Ayrıca, başka bir çalışmada, farklı otobüs hız aralıkları kullanılarak, yol üzerindeki bölgeler hızlara göre gruplandırılabilir. Bu, ağıdaki sorunlu bölgelerin saptanmasında kolaylık sağlayabilir. Otobüslerinde GPS konum bilgisi olmayan diğer şehirlerimizde ise şoförlerin konum bilgisi toplama yeteneği olan telefonlarına uygulama yüklenerek benzer sonuçlar elde edilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma BÜ Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 16A04P2 kodu ile 11660 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Otobüslerin konum verilerini temin eden İETT'ye, bu çalışmaya verdiği büyük destekten dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Klein LA. Sensor technologies and data requirements for ITS; 2001.
- [2] De Fabritiis C, Ragona R, Valenti G. Traffic estimation and prediction based on real time floating car data. In: *Intelligent Transportation Systems*, 2008. ITSC 2008. 11th International IEEE Conference; 2008. p. 197-203. IEEE.
- [3] Neumann T. A cost-effective Method for the Detection of Queue Lengths at Traffic Lights. In: *Traffic Data Collection and its Standardization*; 2010. p. 151-160. Springer New York.
- [4] Bertini R, Tantiyanugulchai S. Transit buses as traffic probes: Use of geolocation data for empirical evaluation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*; 2004. 1870:35-45.
- [5] İstanbul İl Nüfus ve Vatandaşlık Müdürlüğü, "Sayılarla İstanbul", <http://www.istanbulnvi.gov.tr/sayilarla-istanbul>, accessed at June 2017.
- [6] IETT. IETT Statistical Report. İstanbul; 2016.
- [7] Kirchner M, Schubert P, Haas CT. Characterisation of real-world bus acceleration and deceleration signals. *Journal of Signal and Information Processing*; 2014.
- [8] Gökaşar, I. and Y. Çetinel, "Evaluation of Bus Dwelling Patterns Using Bus GPS Data", *Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems*, Napoli, 2017.
- [9] Xie, Zhixiao, and Jun Yan. "Kernel density estimation of traffic accidents in a network space." *Computers, Environment and Urban Systems* 32.5 (2008): 396-406.