

OTOBÜS YOLU UYGULAMASININ EKONOMİK ANALİZİ: MİLLET CADDESİ ÖRNEĞİ

ECONOMIC ANALYSIS OF BUS-LANE APPLICATION: A CASE STUDY IN MILLET STREET

Adnan ÇORUM^{1*}, Emrah AKBIYIK², Göksel DEMİR³

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

adnan.corum@eng.bahcesehir.edu.tr

²BELBİM AŞ, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, Türkiye.

emrahakbiyik@gmail.com

³Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

goksel.demir@eng.bahcesehir.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 16.09.2014, Kabul Tarihi/Accepted: 05.01.2015

doi: 10.5505/pajes.2015.38980

* Yazışılan yazar/Corresponding author

Araştırma Makalesi/Research Article

Özet

Dünyanın en büyük metropollerinden olan İstanbul'da artan nüfus ve hareketlilik ile beraber içinden çıkılmaz bir hal alan trafik problemi, ulaşım uzmanları için cazip bir konu olmuştur. Trafikçe çözüm getirmesi ve toplu taşımanın özendirilmesi açısından uygulanan en eski yöntemlerden biri olan Otobüs Yolu'nun (Bus-lane) toplu taşıma araçlarına getirdiği avantaj aşikârdır. Bu çalışmada toplu taşıma şeridi uygulamasının sağladığı fayda ölçülmüş, sayısallaştırılmış ve analizi yapılmıştır. Çalışma İstanbul Millet Caddesindeki toplu taşıma şeridini kullanan 25 hatta ait araçları ve bu araçlara ait verileri kapsamaktadır. Değerlendirilen veriler sabah ve akşam yoğun saatleri içermektedir. Söz konusu saatlerde otobüslerin caddeden geçişi esnasındaki konum ve hız verileri, sefer süreleri ve taşıdığı yolcu sayıları yolcu bilgi sisteminden temin edilmiştir. Uygulama öncesi ve sonrasına ait hız, hacim, sefer süresi bilgilerinin karşılaştırılarak Otobüs Yolu kullanan otobüsler içerisindeki yolcuların zaman tasarrufu, araçların yakıt tasarrufu ve CO₂ emisyon salımı azaltılması ile ilgili sonuçlara ulaşılmıştır. Otobüs Yolu uygulamasının zaman, yakıt ve CO₂ emisyon bakımından avantaj sağladığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Otobüs yolu, Otobüs şeridi, Toplu taşıma

Abstract

The traffic problem which gets worse with the increasing population and mobility in Istanbul, one of the biggest metropolises of the world, has been an attractive subject for the transportation experts. It is obvious that Bus-lane, which is one of the oldest methods to solve traffic jam and promote public transportation, brings advantages. In this study it is aimed to measure, quantify, and analyze the benefit of the Bus-lane application. The study contains 25 lines and their data that are serving on bus-lane of Millet Street, Istanbul. The data includes the morning and evening pick hours. During the cross of the buses on the street in the pick hours, the location data, speed data, service duration data, and number of passengers in the busses are provided by passenger information system. By comparing the speed, volume and service duration data of before and after application, it is reached to a conclusion on how much time saved by the passengers in the buses using bus-lane, the amount of fuel saved by buses and how much CO₂ emission is reduced. It is seen that the bus-lane application provides advantages on time, fuel, and CO₂ emission.

Keywords: Bus-lane, Public transportation

1 Giriş

Ulaşım kısaca, insanların ve ürünlerin (araç, yük, eşya, vb.) belirli bir amaç için yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir. Ulaşım ise belirli bir amaca yönelik oluşturulan ara bir hizmettir. Ulaştırımda amaç fayda sağlanmasıdır. Bu faydayı sağlamada zaman kavramı önemli bir etkidir.

Ulaşım, tarih boyunca insanoğlunun temel ihtiyaçları arasında olmuş ve insanoğlu bu ihtiyacı çeşitli yöntemlerle çözmüştür. Ulaşım ihtiyacı için atılan en önemli adım 1670 yılında otomobilin kullanılmasıdır. O tarihten bugüne ihtiyaç duyulan yollar, bunların karşılanması, doğan yeni ulaşım ihtiyacı ve arz edilen yeni ulaşım yolları bir sektör haline gelmiştir.

Metropolleşen kentlerde kalabalıklaşan nüfus, artan enerji ihtiyacı ile beraber gelen kirlilik insanoğlunu toplu taşıma çözümüne yöneltmiştir. Bireysel araç kullanılmadan yapılan yolculuklarda kullanılan bütün ulaşım sistemlerine genel olarak toplu taşımacılık denir. Toplu taşıma, bu anlamda trafik sıkışıklığını rahatlatan, enerji tüketimi ve hava kirliliğini azaltan ve ekonomik gelişime katkı sağlayan bir sistemler bütünüdür [1].

Motorlu araçlar, fabrikalar, güç santralleri ve evsel ısıtma hava kirliliğinin önemli kaynaklarıdır. Nüfusun ve gelir seviyesinin artması ile her geçen gün karayollarındaki taşıt sayısı da artmaktadır.

Motorlu taşıtlarda egzoz emisyonları içerisinde bulunan kirleticiler, motorlu taşıt kullanımının artması ile her geçen gün çevreye ve insan sağlığına zarar vermektedir. Benzinli ve dizel taşıtların çıkardığı egzoz gazlarında bulunan zararlı maddelerin özellikle trafiğin yoğun olduğu kent merkezlerinde çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar oldukça fazladır. Kent merkezlerindeki karbon monoksit (CO) emisyonlarının %70-90'ına, azot oksit (NO) emisyonlarının %40-70'ine, hidrokarbon (HC) emisyonlarının yaklaşık %50'sine ve kurşun emisyonlarının %100'üne motorlu taşıtlar neden olmaktadır [23].

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar, atmosferde gaz, aerosol ve partikül madde şeklinde bulunurlar. Motorlu taşıtlar ile ilişkili başlıca hava kirleticileri, karbon monoksit, karbondioksit, partikül madde, azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerdir [24].

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan diğer bir kirlilik türü de gürültü kirliliğidir. Gürültü düzeyi 85 desibeli geçince

psikolojik ve sinirsel, 140 desibeli geçince de fiziksel ve fizyolojik olarak insanları olumsuz etkilemektedir. Çevre gürültüsünün kaynakları, genellikle, kara, hava, deniz ve raylı ulaştırma sistemleri, endüstriyel kuruluşlar, açık hava pazarları ve açık hava eğlence yerleridir. Toplu taşımanın tüm bu kirlilikleri azaltması beklenmektedir.

Bilimsel olarak toplu taşıma, belirli ve sabit bir güzergâhı olan, fiyatı bilinen, zaman tarifesi olan, isteyen herkesin yararlanabileceği, kent içi yolcu taşımacılığında kullanılan sistemlerin genel adıdır. Toplu taşıma sistemlerinin temel amacı, bir kamu hizmeti olarak, insanların kent içinde bir noktadan diğer noktaya en ekonomik şekilde taşınmasını sağlamaktır. Bilindiği gibi kent içi yolcu taşımacılığının temel amacı taşıtların değil insanların taşınmasıdır [2].

Günümüzde her ne kadar ulaştırma planları ve yatırımları yapılsa da metropol kentler için ulaştırma altyapıları artan nüfusun ulaşım talebini karşılamakta zorlanmaktadır [3]. Bunun sonucunda oluşan trafik problemlerine çeşitli çözüm yolları aranmaktadır [4].

Trafik problemlerine çözüm getirmek amacıyla uygulanan Otobüs Yolu (Bus-lane) iyi bir planlama ve uygulama sahası ile etkinlik ve maliyet bakımından avantajlı olabilmektedir. Otobüs Yolu'nun iyi uygulama örneklerinden birisi Londra'dadır. Londra uygulamasında haftanın belirli günlerinde ve belirli saatleri arasında kent içi yolların bir şeridi otobüs, taksiler, bisikletler ve motosikletler için ayrılmak sureti ile hareketliliği veya kapasitesi yüksek toplu taşıma araçlarının kullanımının özendirilmesi sağlanmıştır.

Güney Kore'nin başkenti Seul'deki uygulamada ise Metrobüs toplu taşıma yolu bileşimi bir uygulama bulunmuştur. Londra örneğinden farklı olarak toplu taşıma için ayrılmış yol en dışarıda değil yol ortasında yer almaktadır. Yine Londra'dan farklı olarak Otobüs Yolu tek şerit değil en az üç şerittir. Toplu taşıma koridoru boyunca bazı bölgelerde genişlik beş şeridi bulabilmektedir. Bunlardan ortada olan iki şerit devamlı surette toplu taşıma araçlarına tahsis edilmekle beraber dışta kalan şeritler günün yoğun olmayan saatlerinde diğer araçların kullanımına da sunulmaktadır.

Bu çalışmada incelenmiş olan İstanbul/Fatih/Millet Caddesi'ndeki Otobüs Yolu uygulamasında ise yolun en sağ şeridi haftanın yedi günü sabah 07.00-10.00 ve akşam 16.00-20.00 saatleri arasında yalnızca toplu taşıma araçlarının kullanımına açıktır. Çalışmamız, Millet Caddesi'ndeki bu uygulama ile ulaşım talebinin toplu taşımaya ne kadar kanalize olduğunu ölçmek, trafikte geçirilen sürelerin uygulama öncesi ve sonrasını karşılaştırmak sureti ile kazanılan zamanı ortaya çıkarmak üzerinedir. Toplu taşıma araçlarının sefer sürelerinin ve taşınan yolcuların uygulama öncesi ve sonrası değişimi incelenmiştir. Ayrıca kazanılan bu zamanın çevresel ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi, uygulamanın sağladığı CO₂ emisyonu azalması ve sağlanan yakıt tasarrufu neticesinde uygulamanın faydasını ortaya koymaktadır.

Çalışma şu şekilde organize edilmiştir: Bölüm 2'de literatür taraması sunulmuştur. Bölüm 3'te İstanbul'da toplu taşıma sistemleri hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 4'te Otobüs Yolu'nun uygulandığı Millet Caddesi tanıtılmış ve uygulama hakkında teknik bilgiler verilmiştir. Bölüm 5'te yapılan ekonomik analize yer verilmiştir. Bölüm 6'da ise sonuçlar sunulmuştur.

2 Literatür Taraması

Otobüs Yolu; Bus-lane, toplu taşıma öncelikli ulaştırma yolu ve otobüs şeridi olarak da adlandırılır. Bilinen başlıca çalışmalardan biri İngiltere ulaşım planlama bölümü tarafından yapılmıştır. Hounsell ve McDonald [5] bu çalışmada toplu taşıma şeridinin öncelikli ve öncelikli olmayan araçların yolculuk süreleri üzerindeki etkisini görmek için türetilen tahmin yöntemlerini ele almıştır. İngiltere genelindeki 22 ayrı yönlü ve üç ters akım yönlü toplu taşıma şeridine ait yolculuk süreleri ve trafik akım bilgileri, çalışmalarında temel veri olmuştur. Çalışma toplu taşıma şeridini kullanan öncelikli araçlar için yolculuk sürelerinde ve buna bağlı olarak ekonomik iyileşme öngörmekle beraber önceliğe sahip olmayan araçların nasıl etkilendiğini tahmin eden bilgisayar tabanlı trafik modellerini içermektedir. Çalışmada ayrıca her bir toplu taşıma şeridine ait Fayda/Maliyet analizlerine de yer vermektedir. Xuewu ve Wang [6] toplu taşıma önceliğinin büyük bir ihtiyaç olduğunu savunduğu çalışmasında Otobüs Yolu'nun temel koşullarını ortaya koymakla beraber, Otobüs Yolu uygulaması yapılan caddelerdeki trafik işleyişini ele almış, kavşaklarda ve yol boyunca meydana gelen iyileşmenin mali analizini ve bunun hesaplanma yöntemini ortaya koymuştur. Zhang ve diğ. [7] toplu taşıma şeridinin dizayn standartlarını ortaya koymaya çalışmışlardır. Bai ve diğ. [8] Çin'in Guangzhou bölgesindeki kentsel trafiği Otobüs Yolu açısından yeniden değerlendirmek için yeni bir metot önermektedir. Önerdikleri metotta değerlendirme birimi olarak araç yerine yolcu kullanılmıştır. Otobüs Yolu'nun trafiğe olan faydası, temel olarak kavşaklar ve yolun fayda sağlayacak önemli bölümleri hesaba katılarak değerlendirilmiştir. Zhou ve diğ. [9] kentsel yol ağı üzerindeki Otobüs Yolu etkilerini hesaplamaya yarayan bir model üzerinde çalışmışlardır. Bu modelde öncelikle zaman ve mekân tüketimine dayalı bir formül hesaplanmakta, sonra taşıma kapasitesi hesaplaması ve karşılaştırması yapılmaktadır. Çalışma, logit modeli ve taşıma direnç fonksiyonu analizi sayesinde kent içi ulaştırma sisteminin optimizasyonu ve araçların yoldaki dağılımına yönelik bir model sunmaktadır. Wu ve Chen [10] Otobüs Yolu uygulamasının faydalarına değindiği çalışmalarında üç ana indeksten bahsetmiştir. Bunlar araç hızları, taşınan kişi sayısı ve kişi başına tasarruf edilen zamandır. Ye ve diğ. [11] Changzhou bölgesindeki yol kenarı yapısı ve trafik karakteristikleri ile birlikte hatların fizibilitesini ve gerekliliğini gösteren bir çalışma sunmuşlardır. Liu ve diğ. [12] Otobüs Yolu ile ilgili yol ve trafik durumu, şerit kullanım oranları, şeritlerin doygunluk derecesi, trafik akımı içerisinde otobüs hacmi ve diğer araçların hacmi ne olmalı sorularına yanıt bulmaya çalışmışlardır. Ayrıca Otobüs Yolu için kritik trafik hacimlerini ve bunu etkileyen faktörleri belirlemeye çalışmışlardır. Lin ve diğ. [13] Çin'de şu anda kullanılan ve yetersiz kalan tek Otobüs Yolu'nun ikili şeritle değiştirilmesi ile ilgili hem hacim hesaplamaları hem de çizimlerini karşılaştırmalı olarak sunmuşlardır. Zhang ve Li [14] Otobüs Yolu uygulamasına farklı bir sayısal yaklaşım getirerek, ağ planlama, kamusal trafik hizmetleri iyileştirme, etkin trafik senaryoları tasarlayabilmek ve trafik sıkışıklığını hafifletmek için kentsel raylı ulaştırma ağı planlaması yöntemi kullanmışlardır. Otobüs hatlarının fizibilite ve ihtiyaç analizlere dayanarak, hız standardı, akış hızı standardı ve yol durumu standartlarını belirlemişlerdir. Talep ağı planlaması ve avantajlı Otobüs Yolu ağı için bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntemde otobüslerin akış hızları normal trafiğe ait ölçümler

ve tahminler üzerinden elde edilmiştir. Pan ve Huang [15] üç şeritli yollarda Otobüs Yolu ile ilgili çalışmalarında geçiş önceliği konusuna değinmiş ve üçüncü şeridin neden dışta olması gerektiği açıklamışlardır. Zhong [16] hazırladığı çalışmada bir değerlendirme indeks sistemi oluşturmuştur. Oluşturduğu bu sistemde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemini indekslerin oranlarını sabitlemek için kullanmış, bulanık karar verme yöntemini de indekslerin kapsamlı faydalarını değerlendirmede kullanmıştır. Otobüs Yolu projesinde karar verme ve karşılaştırma için optimum sonuçlar edilmiştir. Da-gang [17] analiz ve değerlendirme sistemlerinin temel göstergesi olan otobüs hızının hesaplanmasına getirdiği yöntem ile otobüs şeridi kapasite hesaplama ve mevcut otobüs şeritlerinin fizibilitesinin kanıtlanması konusunda bir çalışma sunmuştur. Li ve diğ. [18] ise ana arterler üzerinde tahsis edilecek olan otobüs şeritlerindeki otobüs hacimleri ve ara caddelere yönlendirilecek otobüsler (aktarma sistemi) ile ilgili model geliştirmişlerdir. Çalışmalarında yollar en hızlı şerit, orta şerit ve sağ şerit olmak üzere üç bölüme ayrılmış. En hızlı şerit herhangi bir giriş çıkışın yapılmadığı ve kavşaklardan etkilenmeyen transit şerit, orta şerit ara caddelere dönülebilme imkânı veren kavşak şeridi ve sağ şerit duraklarda duran, yol kenarı ile etkileşimde bulunan araçlar için olan şerit olarak tanımlanmıştır. Çalışma bu şeritlerin performansı ve en uygun otobüs oranı ile ilgili de model önerisi sunmaktadır.

Bizim çalışmamız ise elde etmesi zor gerçek verilere dayanmaktadır. İstanbul gibi büyük bir şehirde, önemli bir caddede yer alan Otobüs Yolu uygulamasının getirdiği faydayı sayısallaştırması açısından önemlidir.

3 İstanbul'da Toplu Taşıma Sistemi

İstanbul nüfus bakımından 2012 yılı Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) verilerine göre 13 854 740 kişilik nüfusuyla neredeyse Türkiye'nin %20'sine yaklaşmışken alan olarak %1'i bile değildir. Bu da İstanbul için ülke ortalamasının çok üstünde bir nüfus yoğunluğu tablosu ortaya çıkarmaktadır. Özellikle ekonomik açıdan güçlü konumu İstanbul'u 1950'li yıllardan bugüne kadar nüfus hareketlerinin yöneldiği ana çekim merkezi haline getirirken, sürekli artan nüfusuyla birlikte oluşan sosyo-ekonomik gelişme baskısı, kentin bütünüyle planlı bir gelişme sergilemesini güçleştirmiştir.

İstanbul'da nüfusun dağılım yüzdesi Anadolu ve Avrupa Yakalarına göre büyük farklılık göstermektedir. Nüfusun üçte ikilik bölümü Avrupa Yakası'nda, geri kalan üçte birlik bölümü ise Anadolu Yakası'nda ikamet etmektedir. İstihdamın %73'ü Avrupa Yakası'ndadır.

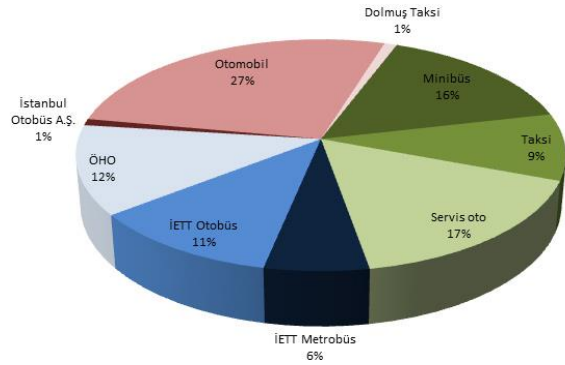
İstanbul'da günlük yolculuk sayısı yaklaşık 20 Milyon olup bu yolculukların büyük bir kısmı toplu taşımayla yapılmakta; bununla birlikte trafiği oluşturan araçların çok büyük bir bölümünü otomobiller oluşturmaktadır. Karayoluna dayalı bu sistem, her geçen gün artan büyüme eğilimiyle, gelecekte sorunların daha da kalıcı ve çözülemez hale geleceğini göstermektedir. 2012 yılı itibarıyla trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıtı sayısı 3 065 465 adettir. 2004 yılına göre artış oranı %47'dir [19].

Trafik; insanların, hayvanların ve araçların karayolları üzerindeki hal ve hareketleridir. Trafik sadece içerisinde akışın yönlendirildiği bir yollar sistemi değil, aynı zamanda toplum bireylerinin başka bir biçimde etkileşim de bulunmasıdır [20]. Önce kara taşıtlarının, sonra deniz ve hava

taşıtlarının sayıları ve hızları artmıştır. 2012 yılında Dünyanın en yoğun trafiğine sahip ilk 20 büyük şehri sırası ile Tokyo, Los Angeles, São Paulo, Bangkok, Moskova, Şanghay, Mumbai, Meksiko, New York, Seul, Chicago, Manila, Londra, Cakarta, Osaka, Venezuela, Atina, Auckland, Rio de Janeiro, Katmandu şeklindedir. İstanbul, trafik yoğunluğu hesaplamalarında ilk 20'ye girmemiş olup, nüfus sıralamasında ise 22. sıradadır [20].

Gelişen dünya metropollerinde yönetimler, nüfus yoğunluğu nedeniyle bireysel araç kullanımını azaltarak trafiği rahatlatmak için toplu taşıma sistemlerini geliştirmeye çalışmaktadırlar. Özellikle Tokyo, Paris ve Berlin gibi şehirlerde geniş raylı sistem ağları döşenerek toplu taşıma daha cazip hale getirilmiştir. İstanbul'da 2013 yılı itibarı ile toplam 187 km uzunluğunda raylı sistem hattı olup 171 km'lik hat üzerinde hizmet verilmektedir. Ancak raylı sistem hattının oldukça gelişmiş olduğu bilinen Tokyo, Paris, New York ve Münih gibi Dünya Şehirleri ile karşılaştırıldığında İstanbul'daki raylı sistemin oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Kara toplu ulaştırma sisteminin ağırlıklı olduğu İstanbul'da karayolu ulaştırmasının insan ve çevreye verdiği zararlı etkiler önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. İstanbul'da kent içi toplu ulaştırma karayolu, raylı sistem ağı ve deniz yolu ile sağlanmaktadır.

İstanbul'da kent içi toplu taşımada en fazla kullanılan ulaştırma sistemi Karayolu ulaştırmasıdır. Günlük yolculukların %87'si karayolu ile yapılmakta olup bu oran içinde toplu taşımanın payı %73'tür. Kamu tarafından İETT otobüsleri ve metrobüsler ile toplu taşıma hizmeti sunulmakta olup kamunun payı %17'dir. Özel toplu taşıma araçlarının payı ise %56'dır [21]. Şekil 1'de araçların karayolu ulaşım payları sunulmuştur.

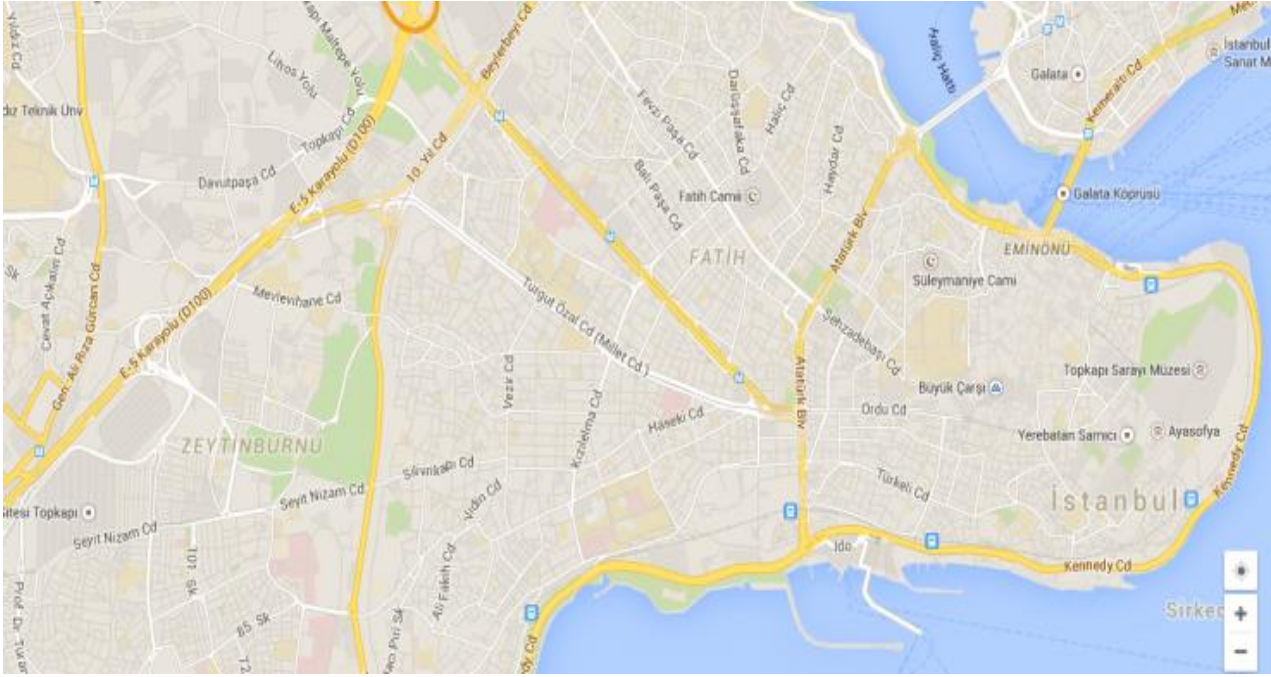


Şekil 1: İstanbul karayolu ulaşım payları [22].

4 Otobüs Yolu: Millet Caddesi

Bilinen adı ile Millet Caddesi, planlarda Turgut Özal Bulvarı ismi ile geçmektedir. Tarihi yarımada'nın önemli arterlerinden biri olan bu cadde Topkapı sur dibinden başlayarak Aksaray meydanına kadar uzanan hafifçe eğimli ve toplam 3.3 km uzunluğunda bir caddedir. Caddenin iki yönü arasındaki orta refüjden geçen tramvay hattı sebebi ile kavşak düzenlemeleri yeniden elden geçirilmiş ve cadde üzerinde bulunan dört kavşağın giriş ve çıkışları sebebi ile sinyalizasyon sistemi sayısı iki katına çıkmıştır.

Cadde üç şerit geliş, üç şerit gidiş olmak üzere toplam altı şeritten oluşmakla beraber üç metrelik şerit genişliği ile de üçüncü sınıf şehir içi yol kategorisindedir ve proje hızı 50-60 km/saat'tir. Caddenin harita görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2: Millet caddesi.



Şekil 3: Otobüs yolu.



Şekil 4: Otobüs Yolu uygulaması uyarısı.

Otobüs Yolu uygulaması caddenin her iki yönüne ait en dış şeritlerde günün belirli saatlerinde uygulanmaktadır. Otobüs dışındaki araçların belirlenen 07.00-10.00 ve 16.00-20.00 saatleri arasında bu şeride girmeleri yasaktır. Bu uygulama 03 Eylül 2012 Pazartesi günü uygulanmaya başlanmıştır. Otobüs Yolu Uyarı işareti Şekil 3'te, caddenin görünümü ise Şekil 4'te verilmiştir.

Otobüs Yolu uygulamasından önce sabah 07.00-10.00 ve akşam 16.00-20.00 yoğun saatlerde yapılan sayımlara ait sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Görüldüğü gibi gidiş yönünde hacim 1667 araç ile en yüksek olup bunun $200/1667 = \%12$ 'sini otobüsler oluşturmaktadır. Aynı saatlerde karşı yönden gelen araçlar içerisinde otobüsler $68/687 = \%10$ pay almaktadır. Akşam saatlerinde ise dönüş yönündeki yoğunluk artarak beraber $(140/1053 = \%13)$, gidiş yönündeki hacimde ise otobüslerin payı daha da artmaktadır $(143/1033 = \%14)$.

Millet Caddesi İstanbul'un önemli merkezlerinden olan Eminönü, Beyazıt ve Taksim'e yolcu taşıyan otobüslerin güzergâhı üzerinde bulunması sebebi ile pek çok hat bu caddeyi kullanmaktadır.

Çalışmada Millet Caddesi'nden geçen 47 hatta görev yapan otobüslerde AKYOLBİL (Akıllı Yolcu Bilgilendirme Sistemi) tarafından kaydedilen sefer süreleri ve yolculuk bilgileri değerlendirilmiştir.

Tablo 1: Akım yönlerine göre araç sayıları [25].

GİDİŞ TÜREL DAĞILIM (araç/saat)				
ZAMAN	ÖZEL HALK	İ.E.T.T	DİĞER	TOPLAM
SABAH	80	120	1467	1667
AKŞAM	59	94	880	1033
TOPLAM	139	214	2347	2700

DÖNÜŞ TÜREL DAĞILIM (araç/saat)				
ZAMAN	ÖZEL HALK	İ.E.T.T	DİĞER	TOPLAM
SABAH	24	44	619	687
AKŞAM	49	91	913	1053
TOPLAM	73	135	1532	1740

Otobüs Yolu uygulamasını dönemsel ve münferit etkilerden (örneğin bayram gibi) arındırmak adına 20 Şubat- 18 Mart

2012 ve 18 Şubat-17 Mart 2013 dönemleri değerlendirmeye tabii tutulmuştur. Çalışmada bu dönemin seçilmesinin başlıca sebepleri arasında uygulamanın 3 Eylül'de başlaması ve vatandaşlar tarafından benimsenecek kadar uzun bir süre geçmiş olmasıdır. Diğer yandan sömestr tatili ve belirli bir tatil günü olmaması sebebi ile de tercih edilmiştir.

Otobüs Yolu uygulamasının öncesi ve sonrasını mevsim etkisinden arındırılmış bir şekilde karşılaştırabilmek için 2013 yılı verilerinin bir yıl öncesi tercih edilmiştir ve her iki yıl için de bir aylık bir veri kütlesi seçilmiştir.

Değerlendirmede AKYOLBİL sisteminden elde edilen ham veriler arasında sistem hatalarından kaynaklanan problemliler veriler elimine edilmiştir. AKYOLBİL sisteminden çekilen veri sayısı toplam 83949 adettir. Hata içermeyen, sağlıklı veri sağlayan ve çalışılan 25 hat Tablo 2'de verilmiştir.

Millet Caddesinden söz konusu tarih aralığında yapılan seferlerde taşınan yolcuların otobüse binişlerinde ücret ödemek için kullandıkları ödeme aracı (Akbiil, istanbulkart) kayıtları yine AKYOLBİL sisteminden alınmış ve seferlerle eşleştirilmiştir. 25 hattaki taşınan yolcu sayıları 2012 ve 2013 olarak ayrı ayrı değerlendirilmiş, gidiş ve dönüş seferleri ayrıştırılmıştır. Verilerden 2012 yılına ait toplam 47982 adet, 2013 yılına ait 41535 adet tekil sefer bilgisi; haftanın günü ve saat dilimine göre ayrıştırılmıştır. Ayrıştırılan bu verilerden hat bazında sefer sayısı, ortalama sefer süresi ve toplam yolcu sayısı elde edilmiştir.

5 Ekonomik Analiz

Kamu ekonomisinde yatırım projeleri etkinlik yönünden Fayda/Maliyet analizi kullanarak değerlendirilebilir. Bu teknik topluma en yüksek faydayı sağlayacak olan projelerin seçiminde veya öncelik sırasının tespit edilmesinde kullanılır. Aynı şekilde kamu yatırımlarında savurganlıkların ortadan kaldırılmasında Fayda/Maliyet analizinin uygulanması son derece önem taşımaktadır. Fayda/Maliyet analizi esasen özel kesimdeki yatırım projelerine uygulanmakla birlikte zamanla kamu yatırım projelerinde de geniş bir şekilde uygulamaya başlanmıştır. Fayda/Maliyet analizinde öncelikle projenin sağlayacağı fayda, zarar ve yatırım için gerekli maliyet unsurları belirlenir. Bu unsurlar şu şekilde tanımlanabilir [26]:

Fayda: Projenin kullanıcıları ve sahipleri tarafından sağlanan avantaj.

Zarar: Projenin uygulanması durumunda beklenen olumsuz ya da istenmeyen durumlar. Ayrıca projenin dolaylı olumsuz ekonomik etkileri de bu kapsamda değerlendirilir.

Maliyet: Projenin inşa, operasyon ve bakım maliyetleri.

Faydanın maliyetten büyük olması beklenir. Bir proje için Fayda/Maliyet ≥ 1 eşitsizliği geçerli olursa proje kabul edilebilir.

Kamu ve özel sektör yatırımlarının ekonomik değerlendirmesinde önemli karakteristik farklılıklar bulunmaktadır. Kamu tarafından yapılan yatırımlarda işin sahibi ve kullanıcıların her ikisi de söz konusu hizmetin sunulduğu yönetimin, şehrin, ülkenin vatandaşlarıdır. Otobüs Yolu uygulamasının da bir kamu projesi olması ve maliyet olarak göz ardı edilebilecek unsurlar içermesi Fayda/Maliyet analizinde halkın faydasını birinci planda tutmayı gerektirmektedir. Uygulamanın devreye alınması için altı noktada kamera sistemi kurulmuş ve yolun en dış şeritleri renklendirilmiştir. Bunun dışında bir maliyet unsuru bulunmamaktadır. Bu açıdan bakıldığında proje, sağlaması

düşünülen fayda ile karşılaştırıldığında ihmal edilecek bir maliyete sahiptir. Bu durumda bu çalışmanın amacı ne kadar fayda elde edildiğini bulmaktır.

Otobüs Yolu olarak düzenlenen sağ şeridin belirli saatlerde yalnızca otobüsler tarafından kullanılması otobüslerin sefer sürelerini kısaltırken diğer araçların o şeridi kullanmasını engellemektedir ama aynı zamanda otobüslerin de diğer şeritlere girmemesini de sağlamaktadır. Bir aracın ortalama doluluk miktarı 1.5 yolcu kabul edilirken uygulamaya tabi tutulan otobüs hatlarının ortalama doluluk miktarı çok daha fazladır. Ayrıca bir otobüsün yakıt tüketimi binek araca göre yaklaşık 10 kat daha fazladır. Bu sebepten araçların 3 değil 2 şerit kullanmasından dolayı beklenen kayıpları ihmal edilmiştir.

Tablo 2: Hatlar.

HAT NO	HAT ADI	UZUNLUK (KM)
89I	ATAKENT İNÖNÜ MAH.-AKSARAY	25
145	İ.MARMARA EVLERİ-AKSARAY	36
75M	AKSARAY - MECİDİYEKÖY	13
89	ATAKENT MAHALLESİ-AKSARAY	30
89B	TEPEÜSTÜ-AKSARAY	19
35	KOCAMUSTAFAPAŞA-EMİNÖNÜ	6
35A	KOCAMUSTAFAPAŞA-BEYAZIT	4
35C	KOCAMUSTAFAPAŞA-TAKSİM	7
28T	TOPKAPI-BEŞİKTAŞ	10
83	TOPKAPI-TAKSİM	8
80	YEDİKULE-EMİNÖNÜ	7
73F	FLORYA-TAKSİM	26
80T	YEDİKULE-TAKSİM	8
76T	İSPARTAKULE-BİZİMEVLER-TAKSİM	34
82	YENİBOSNA METRO-EMİNÖNÜ	15
82B	YENİBOSNA METRO-BEYAZIT	12
73	YENİBOSNAMETRO-TAKSİM	16
830	OTOĞAR-TAKSİM	13
94A	BAKIRKÖY-BEYAZIT	11
97A	BASINSİTESİ-EMİNÖNÜ	15
97T	BASINSİTESİ-TAKSİM	17
145T	BEYLİKDÜZÜ-TAKSİM(ÇİFT KATLI)	46
33Y	YÜZYIL MH.-EMİNÖNÜ	21
92T	BAĞCILAR DEV. HASTANESİ-TAKSİM	18
94	OSMANİYE-EMİNÖNÜ	17
77MT	MECİDİYEKÖY-EDİRNEKAPI-TAKSİM	19
71T	ATAKÖY-TAKSİM	19
92C	HAZNEDAR-EMİNÖNÜ	16
36	KARADENİZ MAHALLESİ-BEYAZIT	14
33	GİYİMKENT-T. REİS-EMİNÖNÜ	19
92K	ATEŞTUĞLA-KİRAZLI-BEYAZIT	19
32A	CEVATPAŞA-BEYAZIT	15
72T	YEŞİLKÖY-TAKSİM	23
93	ZEYTİNBURNU-EMİNÖNÜ	17
93C	ZEYTİNBURNU-BEYAZIT	14
93T	ZEYTİNBURNU-TAKSİM	18
31	YENİBOSNA (KUYUMCUKENT)-YENİKAPI	18
97B	ÇAVUŞPAŞA-BEYAZIT	17
92	ATEŞTUĞLA-EMİNÖNÜ	20
85T	ESENLER METRO-TAKSİM	21
92B	ATEŞTUĞLA-BEYAZIT	15
97	GÜNEŞLİ-BEYAZIT	19
36ES	ESENTEPE MAH.-BEYAZIT	17
33B	GİYİMKENT-BİRLİK MH-EMİNÖNÜ	21
	KAYABAŞI KİPTAŞ-KAYAŞEHİR-EMİNÖNÜ	
79E	EMİNÖNÜ	37
89C	BAŞAKŞEHİR 4-1. ETAPLAR-TAKSİM	37
76D	BAHÇEŞEHİR-TAKSİM(ÇİFT KATLI)	46

Değerlendirmede 3 ana unsur ele alınmıştır. Bunlardan ilki zamandır. Otobüs Yolu'nun en önemli kazançlarından birisi toplu taşımayı kullananlara daha hızlı yolculuk yapmalarını

sağlamasıdır. Diğer bir unsur yakıttır. Bilindiği üzere toplu taşıma araçları ağır araç kategorisinde olup yüksek yakıt tüketir. Bu araçların daha hızlı gidip trafikte daha az zaman harcamaları yakıt tasarrufu sağlayacaktır. Son unsur ise karbondioksit emisyonudur. Seferlerini daha hızlı yapan ve yakıt tasarrufu sağlayan toplu taşıma araçlarının emisyonları da azalacaktır.

5.1 Zaman Açısından Ekonomik Analiz

Otobüs Yolu olarak düzenlenen sağ şeridin belirli saatlerde yalnızca otobüsler tarafından kullanılması otobüslerin sefer sürelerini kısaltmaktadır. Yolcular gideceği yere daha kısa sürede gidebilmektedir. Otobüs Yolu'nu kullanan her bir otobüs hattının sefer sürelerinin bir önceki yıla ait sefer sürelerinden çıkarılarak kazanılan süre hesaplanmıştır. Bu süre her bir otobüs hattında taşınan yolcu sayısı ile çarpılarak gidiş ve dönüş için ayrı ayrı hesaplanmıştır ve aşağıdaki gibi toplam kazanç ulaşılmıştır.

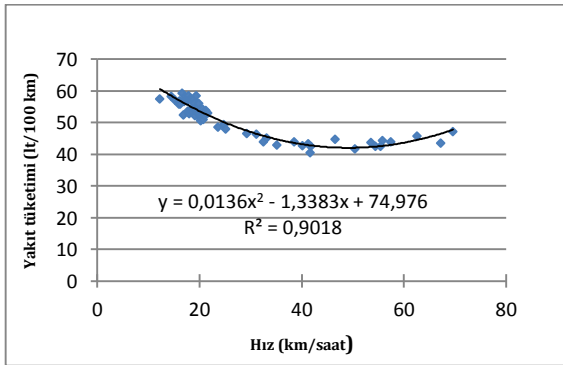
$$\text{Kazanç}_{\text{Gidiş}} = 354844 \text{ dakika/gün}$$

$$\text{Kazanç}_{\text{Dönüş}} = 55908 \text{ dakika/gün}$$

Toplam Kazanç = 354844 + 55908 = 410752 dakika/gün (6846 saat/gün) dür. Elde edilen bu sonuç Otobüs Yolu uygulamasının zaman açısından sağladığı faydadır. Bu faydanın parasal karşılığı olarak Yüksel ve diğ. [27] bir kişinin trafikte geçirilen sürenin maliyetini gelir ile oranlayarak 3.47 \$/saat ile 6.93 \$/saat aralığında bulmuşlardır. Bu durumda elde edilen zaman kazancının para cinsinden değeri ise günlük en az 23755.17 \$ en çok 47441.88 \$ olarak ifade edilebilir.

5.2 Yakıt Açısından Ekonomik Analizi

Otobüs Yolu'nun kullanılması otobüslerin seferlerini daha kısa sürede gerçekleştirmelerini sağlarken daha az yakıt harcamalarını da sağlar. Otobüslerin sefer sürelerinde meydana gelen kısımla doğal olarak hızlarının arttığını göstermektedir. Hızlanan otobüslerin eski ve yeni durumlarına göre harcadıkları yakıtlar arasındaki fark doğrusal olmayan regresyon analizi kullanarak Şekil 5'teki hız yakıt tüketimi ilişkisine göre aşağıdaki gibi formüle edilmiştir.



Şekil 5: Otobüslerin hız/yakıt tüketim ilişkisi.

Araçların ticari hızları ile yakıt tüketimi ilişkisini ortaya koyan Şekil 5 IETT ve ÖHO Otobüsleri Ortalama Hız (km/saat) ve Yakıt Tüketimi (lt/100 km) verileri kullanılarak doğrusal olmayan regresyon analizi ile aşağıdaki fonksiyona ulaşılmıştır. Burada bağımlı değişken Yakıt Tüketimi bağımsız değişken ise Hız'dır.

$$\text{Yakıt Tüketimi} = 74.97 + 0.013 \text{ Hız}^2 - 1.338 \cdot \text{Hız}$$

Otobüslerin 2012 ve 2013'teki hızları, gidiş ve dönüş yönü için bağlı oldukları hat uzunluğunu otobüsün ortalama servis süresine bölerek bulunur. Tüm otobüsler için regresyon formülü kullanılarak toplam 2012 ve 2013 yılı yakıt sarfiyatı elde edilir. Aradaki fark da tasarrufa eşittir. Gidiş ve dönüş yönü için toplam sonuçlar aşağıdaki gibidir.

$$\text{Toplam Yakıt Tasarrufu} = 86.3 + 73.2 = 159.5 \text{ Litre/Gün}$$

Tasarruf edilen bu yakıtın (Euro dizel) litre fiyatı 2.2 \$ kabul edilerek yapılan hesaplamada yaklaşık 351 \$ günlük tasarruf hesaplanır.

5.3 Emisyon Açısından Ekonomik Analiz

Bir otobüsün harcadığı yakıtın litre başına ortalama emisyon değeri 2630 g/Litre kabul edilmiştir [28]. Bölüm 5.2'de Otobüs Yolu sayesinde 159.5 Litre/Gün tasarruf edildiği hesaplanmıştır.

Bu durumda emisyon kazancı 159.5*2630 = 419485 g/Gün (419.49 kg/gün) olarak hesaplanır. Çevre kirliliğinin azalmasının yanı sıra Yüksel ve diğ. [27] CO₂ emisyon maliyetini 0.00006 \$/gr olarak tespit etmişlerdir. Tasarruf edilen 419485 g/gün CO₂ salınımı için 25.17 \$/Gün tasarruf edilmiştir.

Tüm sonuçlar Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3: Sonuçlar.

	Zaman	Yakıt	CO ₂ Emisyon
Kazanç/gün	6846 saat	159.5 lt	419485 g
Birim Maliyet /gün	3.47\$ - 6.93\$ / Saat	2.2 \$/lt Motorin	0.00006 \$/gr
Toplam Kazanç/gün	en az 23755 \$ en çok 47442 \$	351 \$	25.17 \$

6 Sonuçlar

Otobüs Yolu zaman, yakıt ve CO₂ emisyonu açısından incelendiğinde her bir faktörün uygulamadan olumlu etkilendiği görülmektedir. Çalışma ile zaman açısından Otobüs Yolu'nun günlük yaklaşık 6850 saat gibi bir avantaj sağladığı tespit edilmiştir. Bununla beraber yolcuların gelir seviyesine göre günde yaklaşık 23800 \$ ile 47500 \$ aralığında bir parasal karşılığı bulunmaktadır.

Çalışma Otobüs Yolu'nun yakıt tasarrufu açısından da avantaj sağladığını göstermektedir. Toplu taşıma araçlarının ticari hızlarındaki yükselmeye bağlı olarak tasarruf sağlanmaktadır. Günde yaklaşık 160 litrelik yakıt tasarrufuna karşılık 350 \$ tasarruf sağlanmaktadır.

Çalışma emisyon açısından da Otobüs Yolu'nun kazanç sağladığını göstermektedir. Toplu taşıma araçları büyük hacimli motorlara ve dolayısı ile binek araca göre çok daha fazla yakıt tüketimine sahip oldukları için hızlarındaki yükselme emisyon salımlarında düşüşe sebep olur. Sonuç olarak günde yaklaşık 420 Kg emisyon salımının önüne geçilmiştir. Bu değerlerin parasal karşılığı günde yaklaşık 25 \$ tasarruftur. Otobüs Yolu uygulamasının CO₂ emisyonu açısından çevresel faktörü maddi faktörden daha da önemlidir.

Sonuç olarak; toplu taşıma araçlarını kullananlar için zaman açısından tasarruf ettirmesi, araçların verimliliğini artırması ve CO₂ salımını azaltması bakımından Otobüs Yolu yararlı bir uygulamadır denilebilir. Çalışma boyunca incelenen üç faktör için sağladığı günlük maddi tasarruf 24130 \$ ile 47820 \$ arasında olmakla beraber vatandaşların toplu taşımaya yöneltmesi ve bu bilincin uyandırılması önemlidir.

7 Kaynaklar

- [1] Kim S, Ulfarsson GF, Hennessy JT. "Analysis of Light Rail Rider Travel Behavior: Impacts of Individual, Built Environment and Crime Characteristics on Transit Access". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(6), 511-522, 2007.
- [2] Ilıcalı M, Camkesen N, Kızıldaş M. "Kent içi Toplu Taşımada Verimliliğin Artırılması". *Transist 2011 2. Toplu Taşıma Haftası 4. Ulaşım Sempozyumu ve Sergisi*, İstanbul, Türkiye, 1-2 Aralık 2011.
- [3] Görmez K. "Büyük Kentlerde Kent Planlaması ve Bazı Sorunları". *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(2), 133-140, 2001.
- [4] Fidan A. "Metropolitan Kentlerde Yaşayanların Kentsel Sorunlara ve Bu Sorunlardan Kent içi Ulaşım Bakışları Araştırması". *Mevzuat Dergisi*, 7(73), 2004.
- [5] Hounsell NB, McDonald M. "Evaluation of Bus Lanes", Transport and Prad Research Laboratory Report, Berkshire, England, 0266-7045, 1988.
- [6] Xuewu L, Wang W. "Benefit Analysis and Conditions of Bus Lane". *Journal of Southeast University*, 3, 1998.
- [7] Zhang W, Huang Y, Hu G. "Study on Design Standard for Urban Bus-Lane". *Communications Standardization*, 7, 33-36, 2003.
- [8] Bai Y, Xue K, Yang XG. "Discussion on Bus Lane Evaluation Method", *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 21(1), 102-105, 2014.
- [9] Zhou Z, Chen J, Chen X, Wang W. "Some Reflections about Planning and Setup for Bus Lane in Cities". *Modern Urban Research*, 4, 57-60, 2004.
- [10] Wu Y, Chen X. "The Traffic Benefit Evaluation Method of Bus-Lane Programming". *Traffic & Transportation*, 12, 2013.
- [11] Ye X, Chen X, Li W. 2006. "Study on Urban Exclusive Bus Lane Design". *China Municipal Engineering*, 2, 2006.
- [12] Liu W, Bie M, Zhang J, Zhu S. "Study on Traffic Volume Condition of Setting Bus Lane". *Journal of Chongqing Jiaotong University*, 6, 2005.
- [13] Lin J, Song R, Xu W, Xie X. "Research of Transit Benefit Based on dual bus lanes". *Road Traffic & Safety*, 2, 2006.
- [14] Zhang N, Li X. "Method for Urban Bus Lane Network Planning". *Journal of Southwest Jiaotong University*, 5, 2006.
- [15] Pan Y, Huang H. "Study on Evaluation of Bus Lanes Configuration Scheme in Three Breadth Road". *Urban Management Science & Technology*, 3, 2007.
- [16] Zhong Y. "The Traffic Benefit Evaluation of Special Bus Lane Setting". *Technology & Economy in Areas of Communications*, 4, 2007.
- [17] Da-gang XU. "The Method for Calculating the Vehicle Speed as Bus Lane Being Set [J]". *Communications Standardization*, 10, 2007.
- [18] Li TZ, Ding JY, Sun YF, He, W. "Traffic Condition for Bus Lane Setting on Urban Arteries". *Journal of Kunming University of Science and Technology*, (1), 56-60, 2010.
- [19] TÜİK. "Türkiye İstatistik Kurumu". www.tuik.gov.tr (10.08.2013)
- [20] Culum C. Trafik Sinyal Sürelerinin Optimizasyonu ve Çevre Kirliliği Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye, 2013.
- [21] İETT. "İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğü". www.iETT.gov.tr (10.08.2013).
- [22] İETT. "İstanbul'da Toplu Taşıma". <http://www.iETT.gov.tr/tr/main/pages/istanbulda-toplu-tasima/95> (10.08.2013).
- [23] İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı Ulaşım Planlama Müdürlüğü. "İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı (İUAP)", İstanbul, Türkiye, 2012.
- [24] Munzuroğlu Ü. İstanbul Trafikindeki Ticari Taksilerin Emisyon Açısından Olumsuz Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye, 2010.
- [25] İBB Ulaşım Koordinasyon Müdürlüğü. "İstanbul'da Otobüs Şeritleri Hazırlık Çalışması", Aralık 2011.
- [26] Blank L, Tarquin A. *Engineering Economy*. 7th ed. New York, USA, The McGraw-Hill Companies Inc, 2012.
- [27] Yüksel H, Yardım MS, Gürsoy M. "Eminönü İçin Bir Trafik Tıkanıklık Fiyatlandırması Modeli". *İMO Teknik Dergi*, 327, 4995-5022, 2010.
- [28] Kumbaroğlu G, Arıkan Y. *Farkındalık ve Fark Yaratmak: Türkiye'nin CO₂ Salımları*. 1. Baskı. İstanbul, Türkiye, Yelken Basım, 2009.