

Toplu Ulaşımında Bekleme Süresini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi: Güvenilirlik, Yolcu Bilgilendirme Sistemi ve Fiziksel Koşullar

Gizem DOĞAN¹
Mustafa ÖZUYSAL²

ÖZ

Toplu ulaşımında bekleme süresi, yolcuların algıladığı hizmet seviyesinin en önemli boyutlarından biridir. Özellikle trafik koşullarının etkisi altında işletilen kent içi otobüs taşımacılığında aşırı bekleme süresi, yolcuların tür ve güzergâh seçimini değiştirebilecek bir fayda fonksiyonu bileşenine dönüşebilmektedir. Bu çalışmada, kent içi otobüs taşımacılığında karşılaşılan bekleme süresi, hat ve durağa ait fiziksel koşulların yanı sıra, güvenilirlik ve yolcu bilgilendirme sistemlerinin etkisi de dikkate alınarak modellenmiştir. Oluşturulan doğrusal modeller sonucunda bilgilendirme sistemi varlığının bekleme süresini ortalama 2 dakika, güvenilirliğin ise ortalama 1,3 dakika kısaltıcı etkisi olduğu görülmüştür. Ayrıca yolcu bilgilendirme sistemlerinin, kent merkezinden gelen hatlar tarafından kullanılan ve geometrisine uygun kullanılan duraklarda uygulanmasının daha verimli olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toplu ulaşım, güvenilirlik, yolcu bilgilendirme sistemi.

ABSTRACT

Investigation of the Factors Effecting Waiting Time in Public Transportation: Reliability, Passenger Information System and Physical Conditions

Waiting time in public transportation is one of the most important dimensions of the level of service perceived by the passengers. Excessive waiting times may turn into a utility function component that change the mode and route choices of passengers, especially for the urban bus transportation operated under the effect of traffic conditions. In this study, the waiting times in urban bus systems are predicted by using the effects of reliability and passenger information systems, together with the physical conditions of bus routes and stops. As the result of the constituted linear multiple regression models, it is found that the existence of passenger information system and reliability have reducing effect on waiting

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 20.07.2015 günü ulaşmıştır.
- 30 Eylül 2017 gününe kadar tartışmaya açıktır.
- DOI: 10.18400/tekderg.307513

1 Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir - gizzemdogan@gmail.com

2 Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir - mustafa.ozuysal@deu.edu.tr

time by 2 and 1.3 minutes, respectively. Besides, it is concluded that the passenger information systems are more efficient if they are implemented for the stops conveniently used according to their geometry and the ones used by the lines coming from the city center.

Keywords: Public transportation, reliability, passenger information system.

1. GİRİŞ

Toplu ulaşımında bekleme, yolculuk deneyiminin önemli bir bileşenidir. Tipik bir yolculuk için, yolculuk süresinin %10-30'u beklemeyle harcanmaktadır [1]. Özellikle fayda fonksiyonu tabanlı modelleme çalışmalarında toplam yolculuk süresi genellikle araç içi ve araç dışı süre (yürüme süresi/erişim süresi ve bekleme süresi) olarak ayrılmaktadır. Araç dışında geçen sürenin önemli bir bölümü olan bekleme süresi, araç içinde geçen zamandan daha etkili bir unsur olarak değerlendirilmekte ve genellikle ulaşım tür seçimini etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak gösterilmektedir. Öyle ki durağa erişim süresinin azaltılması, kentiçi otobüs sistemi tasarımında başlı başına bir amaç fonksiyonu olarak değerlendirilebilmektedir [2].

Her ne kadar bekleme süresinden yapılan tasarrufların ekonomik olarak büyük bir öneminin olmadığı bulgularına ulaşılmışsa da psikolojik nitelikteki diğer bileşenlerinin varlığı, toplu ulaşım kullanıcı memnuniyeti bakımından göz ardı edilmemesi gereken bir unsurdur [3]. Kullanıcıların bekleme süresine ilişkin algıları ve tutumları, hizmet endüstrisi için büyük önem taşımakta, hizmet kalitesinin değerlendirilmesi ve kullanıcı memnuniyetinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir [4].

Katz vd. tarafından belirtildiği gibi, temel olarak bekleme sürecini yönetmeyi sağlamak için mevcut iki yol vardır [5]. Birincisi, işletme yönetim teknikleri ile beklemenin gerçek uzunluğunu düşürmektir (örneğin, otobüs sıklığını arttırmak). İkinci bir yöntem olarak, psikolojik bazı etkiler yardımıyla algılanan bekleme süresinin düşürülebileceği ve bu durumun bekleme süresinin azaltılması kadar etkili olabileceği ileri sürülmektedir.

Daha önce yapılan çalışmalarda bekleme deneyiminin sonuçları üç aşama ile tanımlanmıştır. İlk aşama algılanan bekleme süresidir: "beklemeyle meşgul olan kişinin zaman uzunluğu algısı" olarak tanımlanmıştır [4], [6]. İkinci aşama beklemeye karşı olan duygusal tepkilerdir. Stres, endişe, kızgınlık, hayal kırıklığı ve bıkkınlık, hizmet bekleme kapsamında sıkça bahsedilen duygusal kavramlardır. Üçüncü aşama ise sağlanan hizmet kalitesinin kullanıcılar tarafından değerlendirilmesi, dolayısıyla kullanıcıların genel memnuniyetidir. Bu hizmet değerlendirmesi, genellikle hizmet beklemenin açıklayıcı değişkeni olarak belirlenmiştir. Bu üç aşama, birbiriyle ilişkili iki kavram tarafından şekillendirilmektedir: gerçek bekleme süresi ve algılanan bekleme süresi. Gerçek bekleme süresi, beklemelerde harcanan objektif bireysel zaman olup saat veya kronometre ile ölçülürken; algılanan bekleme süresi, beklemelerde kişilerin bireysel algılamalarına göre olan öznel süre olup, anket yardımıyla elde edilebilen ve hava koşulu, emniyet vb. birçok koşula duyarlı olabilen bir ölçüttür [4]. Bugüne kadar bu iki bileşene ilişkin az sayıda deneysel çalışma yapılmıştır. Örneğin, Hui ve Tse [7], süre bilgisi sağlamanın sadece uzun beklemelerde (15 dakikadan fazla) algılanan bekleme süresini etkilediğini bulmuştur. Katz vd. [5], bekleme süresi bilgisini sağlamanın algılanan bekleme süresini azalttığını fakat

stres aşamalarını ve kullanıcıların memnuniyetini etkilemediğini bulmuşlardır. Bir diğer çalışmada, bekleme süresi bilgisini sağlamanın algılanan bekleme süresi uzunluğuna bir etkisinin olmadığı kanısına varılmış; bekleme süresi bilgisi nedeniyle hizmete karşı daha olumlu yaklaşım, bekleme üzerinde artan kontrol duygusuna ve bekleme seviyesinin yüksek olarak tahmin edilmesine bağlanmıştır [8].

Toplu ulaşımda bekleme süresine ilişkin alışlagelmiş yaklaşım, tahmin edilen bekleme süresinin ulaşım taşıtları arasındaki sürenin (sefer aralığı) yarısı kadar olduğudur [9]. Bu yaklaşım aşağıdaki varsayımlara dayanmaktadır:

- Yolcuların durağa gelişi güzel varmaları
- Yolcuların gelen ilk araçlara binmeleri
- Servisin güvenilir olması

Hizmet güvenilirliğinin bir sorun olduğu zamanlarda ortalama bekleme süresinin tahmin edilenden daha uzun olduğu bulunmuştur. Ayrıca deneysel sonuçlar göstermiştir ki bu varsayım, sefer aralığının küçük olduğu durumlarda geçerlidir [10]. Aralık daha uzun yani ulaşım hizmeti daha seyrek olduğu zaman, bazı yolcuların duraklarda bekleme sürelerini azaltmak için zaman çizelgelerine göre kendi varışlarını planlamaları beklenebilmektedir. Dolayısıyla sefer aralığı arttıkça yolcu varışları daha az rastlantısal olmaktadır. Fonzone vd. [11] durağa varış zamanlarının rastlantısal olmayışının, otobüs kümelenmelerine de sebep olabileceğini göstermiştir. Bu kümelenmelerin uyarlanabilir kontrol sistemleri yardımıyla engellenmesine yönelik çalışmalarda da sefer aralığı güvenilirliği vurgulanmaktadır [12].

Toplu taşımadaki gerçek ve algılanan bekleme süreleri arasındaki ilişkiyi inceleyen az sayıdaki çalışmadan biri olan Moreu [13], yolcuların ortalama bekleme süresini %14 oranında olduğundan büyük tahmin ettiklerini bulmuştur. Çalışmada, kısa süre bekleyen yolcuların bekleme süresi tahminlerinin, uzun süre bekleyenlere kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur.

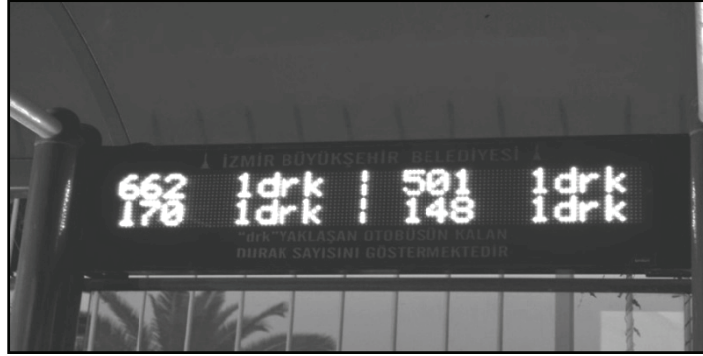
Özetle, toplu ulaşım hizmet seviyesinin önemli bir bileşeni olan bekleme süresinin; taşıtların planlanan zamanda ulaşma durumunu ifade eden güvenilirlikten, yolcuların bekleme süresi algısını değiştirebilecek bir faktör olan yolcu bilgilendirme sistemlerinden ve kullanılan hat ve durağın fiziksel koşullarından etkilenebileceği anlaşılmaktadır. Bekleme süresinin bu faktörlerden ne düzeyde etkilendiğinin incelenmesi, toplu ulaşım hizmet seviyesinin yükseltilmesi açısından önemli bulgular sunacaktır. Çalışmanın iki temel amacından biri, yapımı ve işletimi belirli bir maliyet unsuru olan GPS tabanlı yolcu bilgilendirme sistemlerinin, bekleme süresi üzerinde etkisi olup olmadığını, etkisi varsa hangi ortak özelliklere sahip ulaşım sistemi elemanlarından etkili olduğunu incelemektir. Diğer bir amacı ise güvenilirliğin bekleme süresi üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Bu amaçla, güvenilirliğin daha değişken ve kritik olduğu kentiçi otobüs taşımacılığı üzerinde durulmuş, İzmir kent merkezi ve merkezin kuzeyini içeren bir analiz bölgesinde toplam 13 otobüs durağına ilişkin analiz ve gözlemler gerçekleştirilmiştir. Takip eden bölümlerde öncelikle, yolcu bilgilendirme sistemleri ve güvenilirlik hakkındaki çalışmalardan örnekler verilmiştir. Daha sonra, seçilen analiz bölgesi ve duraklara ilişkin durak gözlemleri ve güvenilirlik ölçütü hesaplamalarına ilişkin çalışmalar aktarılmıştır. Son bölümde ise gözlem ve hesaplamalardan elde edilen veriler kullanılarak, bekleme süresinin bağımlı değişken olarak ele alındığı çoklu doğrusal regresyon modelleri sunulmuş ve sonuçlar irdelenmiştir.

2. YOLCU BİLGİLENDİRME SİSTEMLERİ

Dünya genelinde büyük şehirlerde, ulaşımda toplu taşımanın payı genellikle durağan veya azalma eğilimindeyken, trafik hacimleri sürekli olarak her yıl artmaktadır. Yolcuları kendi arabalarının sürüş rahatlığından vazgeçirmek zor bir iştir ve bunu yapmak adına, öncelikle yolcu davranışı üzerine odaklanarak, yolculuk öncesi yolculara zamanında ve doğru bilgi verilmeye çalışılmaktadır. Bu bilgiler yolcuların ulaşım türleri, güzergâhlar ve kalkış süreleri hakkında bilinçli karar vermelerine olanak sağlayacaktır [14].

Yolcu bilgilendirme sistemleri, kullanıcıların karayolu, ulaşım ağı ve yolculukları için önemli olan bilgileri almalarını sağlamak amacıyla birçok teknolojiyi kullanmaktadır. Bu bilgiler yolcuların kendileri için en uygun ulaşım türünü (otomobil, tren, otobüs), güzergâhı ve varış zamanını seçmelerine yardımcı olmaktadır. Ulaşım çizelgesi ve durum bilgisi ulaşım yönetim sistemlerinden elde edilebilmektedir. Karayolu tabanlı çoğu bilgi, gözetim cihazları aracılığıyla toplanmakta (araç dedektörleri, kameralar, otomatik araç konumu belirleme sistemleri) ve yolcu bilgi sistemlerine iletilmek için ulaşım yönetim merkezlerinde bulunan bilgisayarlar tarafından işlenmektedir [15].

Otomatik araç konumu belirleme sistemleri ile bağlantılı olan yolcu bilgilendirme sistemleri; varış zamanları, kalkış zamanları ve gecikmeler gibi gerçek zamanlı bilgiyi sağlamaya başlamıştır [16]. Bu tür sistemlerin performansı, otobüs gecikme modelleri verisini destekleyecek şekilde kullanıldığı zaman geliştirilebilmektedir [17]. Yolcular bu bilgilere telefonlar, monitörler, kablolu televizyon, çeşitli mesaj işaretleri, bilgi noktaları ve kişisel bilgisayarları içeren çeşitli medya araçları aracılığıyla erişebilmektedir [14, 16]. Bu çalışmada daha çok, durakta beklemekte olan yolculara sabit monitörler yardımıyla, yaklaşmakta olan hattın kaç durak uzaklıkta olduğunu bildiren gerçek zamanlı yolcu bilgilendirme sistemleri (GZYBS) üzerinde durulacaktır (Şekil 1).



Şekil 1. Gerçek zamanlı yolcu bilgilendirme sistemi (GZYBS) durak monitörü örneği

GZYBS toplu taşıma için günden güne daha yaygın hale gelmektedir. Gerçek zaman bilgisi ve durak görselleri gibi bilgilendirme teknolojisi tabanlı uygulamalara önemli miktarda bütçe harcanmaktadır. Çoğu proje bu tür bilgilerin kullanıcılar tarafından beğenildiğini göstermektedir [18, 19], fakat bu sistemlerin mevcut ve potansiyel kullanıcıların davranışlarına etkileri hakkındaki çalışmalar oldukça azdır [20].

Duraklarda bulunan GZYBS görsellerinin etkilerinin daha çok psikolojik yapıda olduğu kabul edilmektedir [20]. Duraklarda ve istasyonlarda bulunan bir sonraki tren veya otobüsün varış zamanını gösteren sistem görselleri endişeyi büyük ölçüde azaltmaktadır. Sadece bu tür sistemlerin varlığı bütün toplu taşıma sistemleri için güven oluşturmada ve sistem imajını iyileştirebilmektedir. Duraklarda algılanan güvenilirliğin kullanılan yeni görseller sayesinde olumlu olarak etkilendiği kabul edilmekte [21] ve hizmet daha güvenilir olarak algılanmaktadır. Böylece algılanan hizmet seviyesi artmaktadır [22].

Gerçek zamanlı yolcu bilgilendirme sistemleri (GZYBS) hakkında literatürde mevcut olan bilgiler ve yapılan çoğu çalışmadan elde edilen sonuçlar, bu tür sistemlerin yolcular üzerinde önemli bir etkisi olduğu tezini desteklemektedir [23, 24, 25, 26]. Yolcuların yaklaşımlarını ve algılarını araştıran çalışmalar göstermektedir ki “bir sonraki otobüsün varış zamanı” ve “gecikmenin ne kadar uzun olduğu” soruları hakkında olan bilgiler yolcular tarafından büyük ölçüde önemsenmektedir [18, 20, 27]. Bunlara ek olarak, yapılan bir çalışmada GZYBS'nin yol seçimine etkisinin nasıl olacağı araştırılmış ve bu tür sistemlerin ne yolculuk süresi ne de yolculuk süresi değişikliği için geliştirilmediği ve genellikle yolcuların elde ettikleri bilgiler neticesinde seyahat şekillerini değiştirmeye gönüllü olmadıkları sonucu elde edilmiştir [28].

Wardman vd. [3], yapmış oldukları çalışmada transfer (aktarma) noktalarında sağlanan bilgilerin özellikle sık yolculuk yapmayan yolcular için önemli olduğunu gözlemlemişlerdir. Yapılmış olan çeşitli çalışmalardan da, duraklarda bulunan GZYBS görsellerinin bir diğer etkisinin algılanan bekleme süresini azaltmak olduğu sonucu bulunmuştur [20, 29]. Yolcuların, bekleme sürelerini, bilgi olmaması durumunda, %9-13 ile %24-30 oranında daha fazla algıladıkları görülmüştür. Diğer bir çalışmada ise duraklarda bulunan GZYBS'nin genellikle yolcuların bekleme süresi beklentilerini olumlu bir şekilde etkilediği sonucuna varılmıştır [30]. Schweiger ise bu tür sistemlerin algılanan bekleme süresini %26 oranında düşürdüğünü göstermiştir [29]. Literatürdeki tartışmalar, bu tür sistemlerin algılanan ve ölçülen faydalarının, araştırmanın yapıldığı yere göre değiştiğini göstermektedir. Bu çalışmada, GZYBS'nin gözlem yapılan duraktaki varlığı bir kukla değişken ile model yapısına açıklayıcı değişken olarak ilave edilmiş, bekleme süresi üzerindeki gözlemlenen etkisi incelenmiştir.

3. GÜVENİLİRLİK

Güvenilirlik, toplu ulaşım sisteminin işletme karakteristikleriyle ilişkili olan servis kalitesi ölçme yöntemidir [31]. Yolcuların bekleme süreleri, servis sıklığından çok, sefer tarifesinin güvenilirliğinden etkilenmektedir.

Abkowitz vd. [32], güvenilirliği toplu ulaşım işletmecilerinin ve yolcuların karar verme süreçlerini etkileyen servis özelliklerindeki süreklilik olarak tanımlamıştır. Güvenilirlikle ilgili yapılan çalışmalarda temel olarak toplam seyahat süresinin ve temel bileşenlerinin tahmin edilmesi konusu incelenmektedir. Özellikle seyahat süresindeki değişkenlik yolcuları iki farklı şekilde etkilemektedir:

- Güvenilir olmayan servislerin toplam seyahat süresi ve bekleme süresinin tahmin edilememesi,
- Güvenilir olmayan servislerin, yolcuların faydasızlığı minimize edilmesini amaçlayan en uygun seyahat seçeneği kararını vermesini engellemesi.

Güvenilirlik, toplu ulaşım sisteminin, bir çizelgelemeye ya da daha önceden belirlenmiş sefer aralıklarına ve sabit bir seyahat süresine bağlı kalma kabiliyeti olarak da tanımlanabilir. Başka bir deyişle sistemin dakiklik ve düzenlilik performansı olarak açıklanabilir [33].

Toplu ulaşım sistemlerinde güvenilirlik, yolcular ve işletmeciler açısından çok önemli bir yere sahiptir. Güvenilirliğin göz ardı edilmesi yolcular için bekleme sürelerinin artmasına, düzensiz araç sıklıkları nedeniyle konforsuzluğa neden olmaktadır. İşletmeciler açısından ise ölü mesafe ve işletme maliyet artışına ve filodan yararlanma oranının azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca yapılan çalışmalar güvenilirliğin yolcuların tür ve güzergâh seçimlerini etkilediğini de göstermektedir [34, 35].

Otobüs sistemleri, metro ve hafif raylı sistemlerle karşılaştırıldığında trafik tıkanıklarından, hava durumundan, yolcu yükü değişimlerinden ve işletme personelinin davranışlarından daha fazla etkilenmektedir. Genel olarak güvenilirliği etkileyen faktörler aşağıdaki gibi gruplandırılabilir.

a) Trafik Karakteristikleri: Trafikteki araçların kompozisyonu, şerit sayısı, trafik talebinin gün içindeki değişimi ve mevcut trafiğin doygunluk oranı, diğer araç trafiği ile karışık işletme sistemi, sinyalizasyondan kaynaklı gecikmeler, kazalar, diğer araçların park manevraları güvenilirliği etkilemektedir [31, 36].

b) Hat (Rota) Karakteristikleri: Hattın uzunluğu, sefer aralıkları, sefer süreleri, otobüs duraklarının konumu (otobüsler için ayrılmış ceplerin bulunup bulunmaması), hattın bazı bölümlerinde ya da tamamında otobüse şerit tahsisi uygulamaları ya da kavşaklarda otobüs öncelikli sistemlerin bulunması, kaldırım kenarı parklanmaları ve kaplama koşulları güvenilirliği etkilemektedir [31].

c) Yolcu karakteristikleri: Duraklardaki yolcu yoğunlukları, yolcu hacimlerindeki değişim, yolcuların rota seçimleri ve yolcu gelişlerinin dağılımları da güvenilirliği etkilemektedir. Turnquist ve Bowman [34], yolcu talebiyle kesim seyahat süresinin değişiminin içsel bağımlı olduğunu ve servis sıklığının kuyruklanmaya sebep olabileceğini söylemiştir.

Toplu ulaşım servislerinin güvenilirliği durağa bağlı olarak ve hatta bağlı olarak iki ayrı grupta incelenebilir. Alt tabanlı ölçümler (örneğin durak bazında incelemeler) üst tabanlı ölçümlere (hat ve yol şebekesi bazında incelemeler) dönüştürülebilmektedir [37]. Hat bazlı güvenilirlik, bir otobüs işletmesinin güvenilirlik performansını hat seviyesinde dikkate almaktadır ve belirlenen özel bir hat için ya da tüm sistem için ölçümler de yapılabilmektedir. Durak bazlı güvenilirlikte ise bir otobüs işletmesinin güvenilirlik performansı seçilen duraklar için değerlendirilmektedir. Güvenilirlik ölçümleri literatürde çeşitli hat karakteristikleri kullanılarak yapılmaktadır (Örneğin sefer süreleri [38], kalkış saatlerine bağlılık [39], duraktaki yolcuların bekleme süreleri [34], uygun olmayan kapasite nedeniyle sonraki otobüsü bekleyen yolcu oranı [39] v.b.). Bu ölçütleri yolculuk süresine, sefer aralığına, son durağa varış zamanına, yolcu bekleme süresine ve O-D çiftleri arasındaki seyahat süresine bağlı ölçütler olarak sınıflandırmak mümkündür. Strathman vd., uygulama amacına göre seçilecek güvenilirlik ölçütünün, aşağıda belirtilen çeşitli işletme ve yönetim hedeflerini sağlamanı gerektiğini belirtmektedir [40]:

- Ölçütler yeterince açık ve değerlendirmesi kolay olmalıdır.

- Ölçütler hatların kendi içinde ve hatlar arasında doğrudan bir karşılaştırma yapılmasına izin vermelidir (Örneğin bir hatta hizmet veren araçların sefer sürelerinin gün içindeki değişimi ya da düşük ve yüksek sefer sıklığı ile hizmet veren hatlardaki sefer süresi değişimlerinin karşılaştırılması vb.).
- Güvenilirlik ölçütleri kendi içlerinde karşılaştırılabilir olmalıdır (Örneğin sefer aralığındaki düzenlilik ile sefer süresindeki değişimin karşılaştırılabilirliği v.b.).
- Ölçütler karşılaştırma kısıtına göre, mümkün olan yeterli bilgiyi sağlayabilmelidir. (Örneğin sefer aralıklarındaki düzenliliğin çeşitli sınıflara ayrılıp seferlerin düzenli ya da düzensiz olarak tanımlanması)

Bu prensipler değerlendirildiğinde, anlaşılması ve yorumlanması en kolay ölçütlerin, yolculuk süresine dayalı ölçütler olduğu kanısına varılmış ve çalışmada, yolculuk süresine dayalı durak bazında güvenilirlik ölçütleri ele alınmıştır.

4. ANALİZ ÇALIŞMALARI

4.1. Veri ve Analiz Bölgesi

Çalışmaya ilişkin analiz bölgesi, İzmir kent merkezini kapsayacak biçimde, kent yerleşim alanının kuzey bölümünü içermekte, bölge içerisinde Çiğli, Karşıyaka, Bayraklı ve Konak ilçelerine dâhil olan 74 mahalle yer almaktadır. Analiz bölgesinde organize sanayi bölgesi, çeşitli yoğunluklarda konut alanları, merkezi çalışma alanları ve ticaret tesisleri gibi farklı arazi kullanım dokuları bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Analiz bölgesi sınırları

Toplu Ulaşımında Bekleme Süresini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi: Güvenilirlik, ...

Analiz bölgesi içinde yer alan Anadolu Caddesi, Altınyol, Cemal Gürsel Caddesi gibi önemli arterler bölgenin kent ile bağlantısını sağlamaktadır. Bölgedeki toplu ulaşım, çoğunlukla kentiçi otobüs hatlarına dayalı olmakla birlikte, İzmir Banliyö raylı sistemi ve vapur türlerinden de destek almaktadır. Analiz bölgesi sınırları içerisinde toplam 60 adet otobüs hattı bulunmakta, bunlardan 45'i analiz bölgesi sınırları içerisinde başlayıp yine analiz bölgesi sınırları içerisinde sonlanmaktadır. Bu hatların bir kısmı kent merkezine bağlantı sağlarken, bir kısmı analiz bölgesi içerisindeki yerleşimlerin farklı ulaşım türlerine (vapur ve banliyö) bağlantısını sağlamaktadır.

Güvenilirlik analizinde, otobüslerin duraklara varış süresi varyasyonlarını elde etmekte kullanılan akıllı kart veri seti, veriyi temin eden ESHOT Genel Müdürlüğü tarafından "durak yoğunluk verisi" olarak adlandırılmaktadır. ID ve plaka ile tanımlanan her bir otobüsün ait olduğu güzergâhtaki her bir durağa ulaştığı zaman, hareket yönü (gidiş veya dönüş), ulaştığı durağın bu yöne göre sıra numarası, durağa varış ve ayrılış zamanı, dakika cinsinden durakta geçirdiği süre ve varsa o durakta binen yolcu sayısı verilerini içermektedir. Durak yoğunluk veri seti, hafta içi her bir gün yaklaşık 650.000 satırlık durak detayı içermektedir. Her bir güne ait veri yaklaşık 85 MB'lık dijital boyuta sahiptir. Şekil 3'te veri tablosunun örnek birkaç satırı verilmiştir.

HAT_KODU	BUS_ID	PLAKA	STOP_ID	DURAK_ADI	YON	SIRA	VARIS_ZAMANI	AYRILIS_ZAMANI	ZAMAN	YOLCU_SAYISI
00888	28243	FU423	10001	Bahribaba	Gidis	1	01.11.2012 03:47:00	01.11.2012 03:47:00	0	
00200	26499	DA7287	10634	Cumhuriyet Lisesi	Donus	18	01.11.2012 03:50:08	01.11.2012 03:50:16	0.13	
00200	26499	DA7287	10636	Söğüt	Donus	17	01.11.2012 03:50:44	01.11.2012 03:50:50	0.1	
00200	26499	DA7287	10638	Kızılak	Donus	16	01.11.2012 03:50:55	01.11.2012 03:51:03	0.13	
00200	26499	DA7287	10640	Paşa Köprüsü	Donus	15	01.11.2012 03:51:25	01.11.2012 03:51:38	0.22	
00200	26499	DA7287	10642	Karabağlar	Donus	14	01.11.2012 03:51:51	01.11.2012 03:52:01	0.17	
00200	26499	DA7287	10652	Sinem	Donus	13	01.11.2012 03:52:37	01.11.2012 03:52:47	0.17	
00200	26499	DA7287	10654	Semt Garajı	Donus	12	01.11.2012 03:52:59	01.11.2012 03:53:07	0.13	
00200	26499	DA7287	10660	Serbest Bölge 2	Donus	10	01.11.2012 03:55:44	01.11.2012 03:55:53	0.15	
00200	26499	DA7287	10662	Leylak	Donus	9	01.11.2012 03:55:58	01.11.2012 03:56:06	0.13	
00200	26499	DA7287	10664	Ulaştırma	Donus	8	01.11.2012 03:56:28	01.11.2012 03:56:36	0.13	
00200	26499	DA7287	10666	Askeri Lojmanlar	Donus	7	01.11.2012 03:57:08	01.11.2012 03:57:18	0.17	
00200	26499	DA7287	10668	Çağdaş Eğitim	Donus	6	01.11.2012 03:57:30	01.11.2012 03:57:38	0.13	
00200	26499	DA7287	10670	Gazlemir İlçe Emniyet	Donus	5	01.11.2012 03:58:00	01.11.2012 03:58:30	0.5	
00200	26499	DA7287	10674	Emlak Bankası Evleri	Donus	3	01.11.2012 03:59:22	01.11.2012 03:59:29	0.12	
00200	26499	DA7287	10676	Seçkinler Sitesi	Donus	2	01.11.2012 03:59:38	01.11.2012 03:59:46	0.13	
00200	26499	DA7287	13016	Havallımanı Dış Hatlar Geliş	Donus	1	01.11.2012 04:03:22	01.11.2012 04:05:02	1.67	
00200	26499	DA7287	13016	Havallımanı Dış Hatlar Geliş	Donus	1	01.11.2012 04:07:38	01.11.2012 04:08:21	0.72	
00888	30355	BE952	10001	Bahribaba	Donus	1	01.11.2012 04:43:52	01.11.2012 04:43:52	0	
00204	28330	DA7461	30001	Bornova Metro	Gidis	1	01.11.2012 04:34:28	01.11.2012 04:41:18	6.83	14
00204	28330	DA7461	30272	Ege Üniversitesi Hastanesi	Gidis	2	01.11.2012 04:42:05	01.11.2012 04:42:12	0.12	
00204	28330	DA7461	30511	Otogar	Gidis	3	01.11.2012 04:46:31	01.11.2012 04:49:51	3.33	6
31112	26270	93431	40307	Geziz Abdiye	Donus	1	01.11.2012 05:13:16	01.11.2012 05:46:45	33.48	
00202	29465	DA7458	10323	Montrö	Gidis	2	01.11.2012 05:03:39	01.11.2012 05:03:53	0.23	
00202	29465	DA7458	10554	Vasif Çınar	Gidis	3	01.11.2012 05:04:12	01.11.2012 05:04:37	0.42	1
00202	29465	DA7458	10106	Dokuz Eylül Rektörlük	Gidis	4	01.11.2012 05:06:11	01.11.2012 05:06:23	0.2	
00202	29465	DA7458	10104	Sosyal Sigortalar Kurumu	Gidis	5	01.11.2012 05:07:18	01.11.2012 05:07:28	0.17	
00202	29465	DA7458	10102	İskele	Gidis	6	01.11.2012 05:08:39	01.11.2012 05:08:48	0.15	
00202	29465	DA7458	10185	Asansör	Gidis	7	01.11.2012 05:10:30	01.11.2012 05:10:57	0.45	1

Şekil 3. Durak yoğunluk verisi örneği

4.2. Güvenilirlik Analizi

Üçüncü bölümde değinilen güvenilirlik ölçütlerinden, anlaşılması ve yorumlanması en kolay ölçüt türünün, yolculuk süresine dayalı güvenilirlik olduğu kanısına varılmıştır. Bununla birlikte, bekleme süresinin durak bazında gözlemlere paralel olarak incelenmesi uygun olacağından, güvenilirliğin de durak bazında analiz edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, analiz bölgesi içinde yer alan gözlem yapılan 13 duraktan geçen analiz bölgesi

hatlarının ilgili durağa ulaşma sürelerinin varyasyonlarına dayalı durak bazında güvenilirlik ölçütleri hesaplanmıştır. Güvenilirlik ölçütü, üç aylık bir zaman periyodu boyunca (hafta sonu ve resmi tatiller hariç toplam 61 gün) duraktan geçen tüm hatlar için hesaplanmıştır. Güvenilirliği hesaplanmanın literatürde değinilen en basit yolu, bir hattın ele alınan bir durağa varış sürelerinin ortalamasının standart sapmasına bölümü şeklindedir [32]:

$$RT_i = \mu_{ii} / \sigma_{ii} \quad (1)$$

Burada;

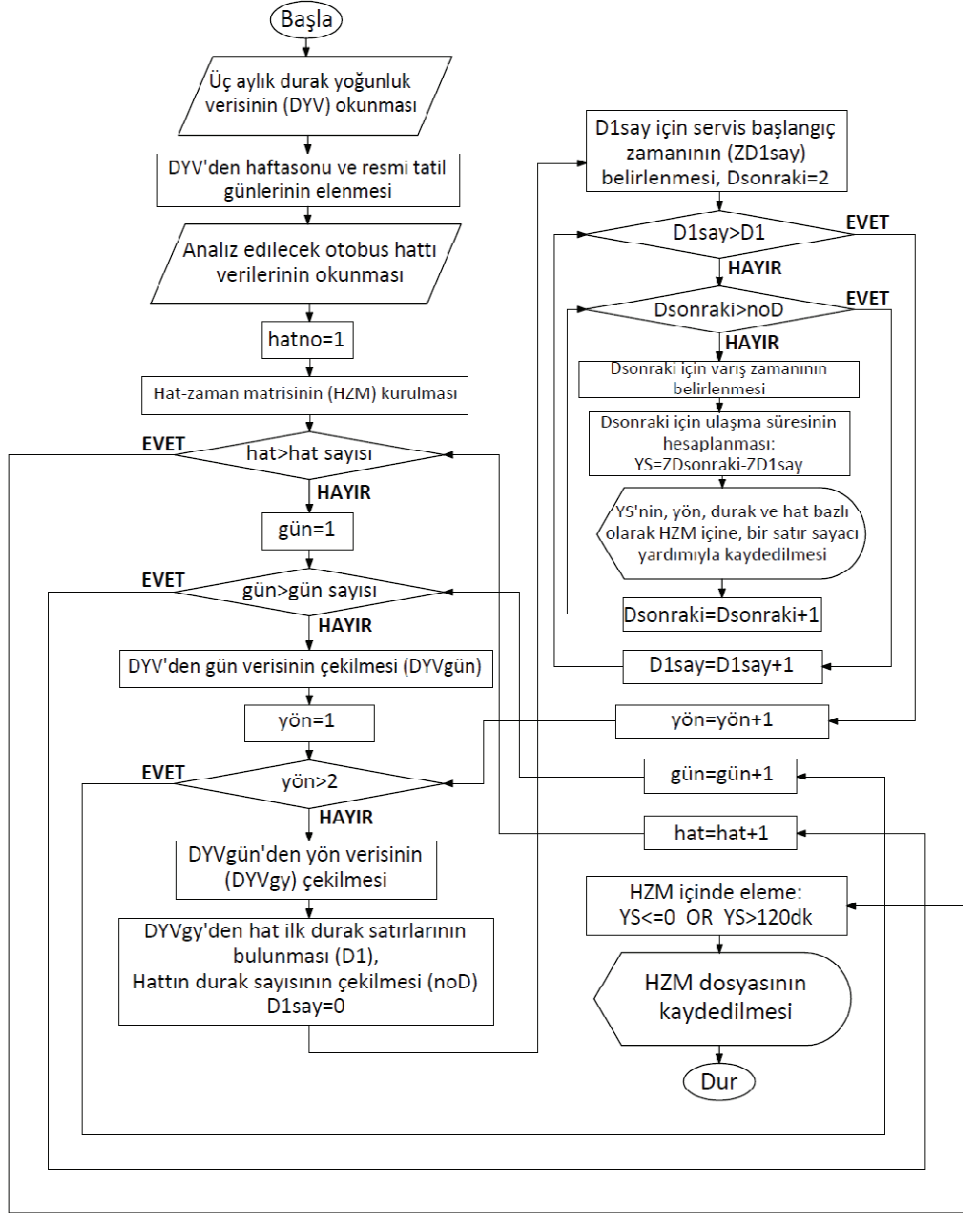
RT_i : Yolculuk süresi esaslı güvenilirlik (Reliability based on Travel Time)

μ_{ii} : i. hatta incelenen otobüslerin yolculuk sürelerinin ortalaması

σ_{ii} : i. hatta incelenen otobüslerin yolculuk sürelerinin standart sapmasıdır.

Basitçe varyasyon katsayısının tersi şeklinde olan ifade, varyasyon ortalamaya göre büyüdükçe daha düşük güvenilirlik hesaplanmasını ifade etmektedir. Durak bazında güvenilirliğin durak yoğunluk verileri kullanılarak hesaplanması için geliştirilen iki aşamalı algoritmaya ait ilk aşamanın akış şeması Şekil 4'te görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi, durağa varış süresi negatif veya 120 dk'nın üzerinde hesaplanan yolculuk süresi gözlemleri elenerek GPS sistemindeki hataların veya trafik kazası vb. kaynaklı uç durumların, güvenilirliği etkilemesi önlenmeye çalışılmıştır. Bu aşama sonucunda elde edilen istatistiklerin bir hat için örneği Tablo 1'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi, 61 gün içerisinde her bir hat için binlerce geçişin ortalaması ve standart sapması elde edilebilmiştir. Duraklardaki GPS sinyallerinin kayıp ve hataları bazı uçdeğer varış sürelerinin elde edilmesine sebep olmaktadır. Ortalama istatistiklerinin minimum ve maksimum değerlerden oldukça uzak olması da uç gözlemlerde sağlıklı veri oluşmadığını göstermektedir. Ancak hemen her hatta 1000'in üzerinde geçiş gözlemlenebildiğinden, uç değerler durağa varışlardaki genel güvenilirliği etkilememektedir.

Her bir hattın tüm duraklarına ait güvenilirlik değerlerinin ortalaması alındığında, analiz bölgesi içinde kalan 60 hat için hat bazlı güvenilirlik değerleri Tablo 2'deki gibi elde edilmektedir. Güvenilirlikteki zirve saat etkisinin de irdelenebilmesi için zirve saatte başlayan (sabah 7:00-8:00, akşam 17:00-18:00) servislere ait varış süreleri, algoritma başlangıç zamanı filtresiyle tekrar çalıştırılarak elde edilmiştir. Tablo incelendiğinde, kentin merkezi iş alanı diyebileceğimiz Gümrük semtinden çıkan hatların genellikle orta ve düşük düzeyde güvenilirliğe sahip olduğu söylenebilir. Bu hatlarda gidiş yönündeki güvenilirlik değerleri, çoğunlukla dönüş yönünden daha düşüktür. Dolayısıyla hattın ilk duraklarda kent merkezinden geçerken kaybettiği zaman ve yüksek varış süresi belirsizliğinin, hattın tamamına yansıdığı söylenebilir. Karşıyaka ve Bostanlı İskele gibi kentin ikincil düzeyde merkezlerinde başlayan hatların gidiş ve dönüş yönlerindeki güvenilirlikleri, Gümrük'te başlayan hatlara kıyasla, birbirine daha yakındır. Bu hatların çoğunlukla kent merkezine uğramadan, kentin çeperlerine yakın konutsal yerleşimlere ulaşımı sağlıyor olması bu sonucu doğrulamaktadır.



Şekil 4. Yolculuk süresi güvenilirliği için geliştirilen algoritma, birinci aşama

Tablo 1. Hat boyunca hesaplanan varış süreleri bazında durak güvenilirlik değerlerinden bir örnek (77 no.lu otobüs hattı)

Hat:		77 Gümrük - Nafiz Gürman													
Yön:		GİDİŞ							DÖNÜŞ						
Sıra No	Durak ID:	Duraktan Geçiş Sayısı:	Min. Varış Zamanı(dk):	Maks. Varış Zamanı(dk):	Ort. Varış Zamanı(dk):	Varış Zamanı Std. Sapması:	Güvenilirlik:	Durak ID:	Duraktan Geçiş Sayısı:	Min. Varış Zamanı(dk):	Maks. Varış Zamanı(dk):	Ort. Varış Zamanı(dk):	Varış Zamanı Std. Sapması:	Güvenilirlik:	
1	10081	2304	20,00	118,78	48,58	8,77	5,54	10101	2539	1,00	111,15	2,61	3,73	0,70	
2	10322	2556	19,47	116,50	47,19	9,96	4,74	10325	2541	2,10	113,12	5,70	5,59	1,02	
3	10328	2626	18,83	119,77	45,79	9,75	4,70	10331	2541	3,10	115,25	9,45	7,01	1,35	
4	10332	2634	18,35	118,25	44,66	9,60	4,65	10423	2540	4,50	118,42	13,13	7,79	1,68	
5	10334	2638	17,53	119,22	43,38	9,54	4,55	10425	2535	5,10	119,35	14,12	7,88	1,79	
6	10338	2636	16,68	118,18	41,89	9,30	4,50	10427	2531	5,47	119,72	14,70	8,26	1,78	
7	10424	2645	15,73	116,27	39,68	9,05	4,38	10429	2528	5,57	119,83	14,80	8,25	1,79	
8	20054	2657	15,25	107,50	29,17	8,06	3,62	20053	2522	13,12	117,65	25,64	8,27	3,10	
9	20056	2662	14,50	106,27	28,10	7,90	3,56	20055	2519	14,02	118,95	27,09	8,40	3,23	
10	20058	2694	9,92	105,42	26,94	7,83	3,44	20057	2529	14,48	117,82	28,89	8,52	3,39	
11	20060	2706	9,07	119,37	24,41	7,72	3,16	20059	2520	16,67	120,00	31,48	8,80	3,58	
12	20062	2707	6,77	110,93	21,97	7,17	3,06	20061	2519	17,45	110,95	32,38	8,70	3,72	
13	20064	2691	11,25	110,32	21,23	6,96	3,05	20425	2522	18,02	111,57	33,12	8,75	3,78	
14	20066	2699	10,78	109,50	20,13	6,74	2,98	20427	2521	18,70	112,70	34,65	8,97	3,86	
15	20426	2704	8,40	106,73	16,87	6,59	2,56	20429	2515	19,32	113,62	35,73	9,10	3,93	
16	20428	2705	8,05	105,88	16,19	6,46	2,50	20431	2513	19,95	114,13	36,72	9,23	3,98	
17	20430	2705	7,35	119,28	15,18	6,72	2,26	20433	2507	20,93	114,82	37,65	9,35	4,03	
...	

Mavişehir, Çiğli vb. kent merkezine daha uzak aktarma merkezlerinden çıkan hatlarda bu durum daha açık bir şekilde görülmekte, bunun yanı sıra bu hatlarda zirve saat güvenilirliği, tüm gün değerlerine göre yüksek bir farklılık göstermemektedir. İlginçtir ki Gümrük çıkışlı hatlarda da zirve saat – tüm gün farklılığı düşük seviyededir. Dolayısıyla büyük bir kısmı kent merkezinden uzakta kalan hatlarda gün boyu orta düzeyde; çoğu kent merkezinde bulunan hatlarda gün boyu yüksek düzeyde trafik yoğunluğuna maruz kaldığı için, bu hatların güvenilirliğinin zirve saat için ayrıca analiz edilmesinin gerekli olmadığı söylenebilir. Genellikle, Bostanlı ve Karşıyaka iskeleden çıkan hatların zirve saatte gidiş ve dönüş yönlerindeki güvenilirlik farkları açılmakta, dönüş yönündeki güvenilirlik çoğunlukla daha yüksek bulunmaktadır. Bu bölgeler kentin ikincil merkezleri sayılabileceğinden, Gümrük gibi tüm gün değil, günün belirli saatlerinde trafik yoğunluğuna maruz kalmakta, dolayısıyla zirve saat ayrımı en çok bu ikincil merkezlere hizmet eden hatlarda kayda değer bir fark oluşturmaktadır. Çalışmada, söz edilen farklı tipteki hatların tamamının birlikte değerlendirilebilmesi ve bazı duraklarda zirve dışı saatlere kayan gözlemlerin de bekleme süresi tahmin modellerine yansıtılabilmesi için tüm güne ait durak varış sürelerine dayalı güvenilirlik değerleri kullanılmıştır. Böylece, trafik yoğunluğunun sebep olduğu varış zamanı varyasyonlarının tamamı güvenilirlik ölçütüne yansıtılmıştır.

Tablo 2. 60 analiz bölgesi hattına ait güvenilirlik değerleri

Sıra No	Otobüs Hattı	Hat		Zirve Saat -		
		Uzunluğu (km)	Tüm Gün - Gidiş Yönü	Tüm Gün - Dönüş Yönü	Zirve Saat - Gidiş Yönü	Zirve Saat - Dönüş Yönü
1	77: GÜMRÜK-NAFİZ GÜRMAN	20.00	2.522	3.350	3.953	2.998
2	78: GÜMRÜK-YAMANLAR	18.00	2.603	2.925	4.480	2.729
3	120: KONAK-ATA SANAYİ	32.50	4.604	4.408	7.348	4.498
4	121: M.ŞEHİR AKT.MRK.-KONAK	23.05	4.717	3.406	5.324	4.193
5	122: M.ŞEHİR AKT.MRK.-GÜMRÜK	19.00	2.631	2.387	4.970	2.795
6	123: ÇİĞLİ AKT.MRK.-ŞİRİNEVLER	6.00	1.717	2.994	3.181	3.413
7	125: GÜMRÜK-ESİN SİTESİ	17.50	2.800	2.586	2.809	2.019
8	126: KARŞIYAKA İSKELE-CUMHURİYET MAH.	8.50	2.655	3.225	3.850	4.938
9	131: GÜMRÜK-CUMHURİYET MAH.	17.50	2.530	2.461	2.828	4.070
10	135: KARŞIYAKA İSKELE-DOĞANÇAY	11.00	2.836	2.467	4.657	2.328
11	136: KARŞIYAKA İSKELE-ÖRNEKKÖY	13.50	3.187	3.348	6.970	4.461
12	137: KARŞIYAKA İSKELE-YAMANLAR	8.00	2.989	2.436	5.377	2.251
13	140: GÜMRÜK-ÖRNEKKÖY	19.00	2.396	2.856	2.611	2.598
14	147: GÜMRÜK-POSTACI	16.50	2.466	2.888	3.710	2.525
15	148: GÜMRÜK-ONUR	19.00	2.501	3.116	3.407	2.784
16	197: KARŞIYAKA İSKELE-NAFİZ GÜRMAN	11.50	2.952	3.385	4.642	3.675
17	198: GÜMRÜK-DOĞANÇAY	20.50	3.517	2.914	5.128	2.433
18	222: M.ŞEHİR AKT.MRK.-KARŞIYAKA	10.00	2.630	3.214	3.440	5.329
19	227: BOSTANLI İSKELE-A.O.S.B	16.60	4.022	3.883	5.528	4.242
20	247: GÜMRÜK-EVKA-6	22.00	3.274	2.661	2.900	3.208
21	258: KARŞIYAKA İSKELE-ONUR	9.50	2.406	2.741	4.488	3.234
22	326: KARŞIYAKA İSKELE-ESİN SİTESİ	11.50	2.612	3.340	3.915	7.907
23	329: GÜMRÜK-GÜZELTEPE	23.50	2.459	3.484	4.168	2.929
24	342: GÜMRÜK-EGEKENT	21.00	2.644	3.488	4.463	2.908
25	344: GÜMRÜK-EVKA-2	17.50	3.031	3.372	4.414	2.990
26	346: GÜMRÜK-EVKA-5	23.50	3.135	3.436	4.333	2.977
27	361: KONAK-BAHRİYE ÜÇÖK	19.40	2.762	3.538	3.885	3.368
28	423: BOSTANLI İSKELE-ŞİRİNEVLER	11.00	3.159	3.896	7.863	4.103
29	429: BOSTANLI İSKELE-GÜZELTEPE	16.00	2.930	2.377	4.405	3.446
30	430: BOSTANLI İSKELE-YAKA KENT	15.00	2.709	3.185	6.291	8.644
31	435: BOSTANLI İSKELE-KÖRFEZ EVLERİ	7.75	2.453	2.833	3.988	2.753
32	442: BOSTANLI İSKELE-ATATÜRK MAH.	15.00	2.375	3.632	5.662	7.596
33	443: BOSTANLI İSKELE-EGEKENT	15.50	2.366	2.334	2.699	4.262
34	445: BOSTANLI İSKELE-EVKA-2	15.00	2.952	2.867	3.942	4.012
35	446: BOSTANLI İSKELE-EVKA-5	16.50	2.723	2.461	3.755	5.129
36	447: BOSTANLI İSKELE-EVKA-6	14.25	3.572	2.936	4.025	5.602
37	461: BOSTANLI İSKELE-BAHRİYE ÜÇÖK	4.50	2.901	2.516	3.938	1.994
38	477: GÜMRÜK-NAFİZ GÜRMAN	15.00	2.281	2.758	4.026	2.563
39	487: KARŞIYAKA İSKELE-DEMİRKÖPRÜ	5.50	2.417	2.748	3.572	2.293
40	810: EGEEKENT AKT.MRK.-ATATÜRK MAH.	6.90	1.650	1.898	1.353	2.214
41	817: ÇİĞLİ AKT.MRK.-A.O.S.B	6.80	2.022	2.834	2.219	2.578
42	822: M.ŞEHİR AKT.MRK.-BOSTANLI İSKELE	7.00	2.321	2.538	3.249	5.753
43	825: M.ŞEHİR AKT.MRK.-EVKA 6	18.00	3.470	4.674	5.277	5.202
44	847: KARŞIYAKA İSKELE-BA YRAKLI EVLERİ	8.50	3.458	3.647	3.450	7.347
45	853: ÇİĞLİ AKT.MRK.-BOSTANLI İSKELE	9.25	3.263	2.500	3.612	3.090
46	128: GÜMRÜK-EGEKENT-2	30.50	3.831	3.930	3.178	6.842
47	130: BORNOVA METRO-BOSTANLI İSKELE	16.00	3.198	2.146	4.872	2.813
48	149: ÇİĞLİ AKT.MRK.-KAKLIÇ	21.50	2.918	4.810	3.285	6.336
49	200: M.ŞEHİR AKT.MRK.-HAVALİMANI	37.00	3.514	3.963	6.799	4.868
50	295: GÜMRÜK-HARMANDALI	29.50	3.045	3.606	5.968	3.344
51	300: F. ALTA Y AKT.MRK.-KARŞIYAKA	20.65	3.735	3.959	5.500	4.561
52	330: BOR.METRO-BOSTANLI İSKELE	16.50	3.900	3.887	5.209	3.749
53	428: BOSTANLI İSKELE-EGEKENT-2	23.00	3.304	3.082	3.994	3.689
54	514: TINAZTEPE-BOSTANLI İSKELE	23.50	3.233	3.257	3.377	4.201
55	612: BOSTANLI İSKELE-OTOGAR	19.50	3.349	5.015	4.060	6.415
56	613: BOSTANLI İSKELE-OTOGAR	18.00	3.410	4.514	8.283	4.521
57	751: ÇİĞLİ AKT.MRK.-SASALI	20.00	2.826	3.562	5.189	5.754
58	777: KARŞIYAKA İSKELE-D.YAŞAM PARKI	15.00	2.435	6.012	4.208	5.922
59	820: BOSTANLI İSKELE-HARMANDALI	15.00	2.758	3.188	3.102	8.027
60	827: BOSTANLI İSKELE-ULU.KOOP	16.00	2.990	3.093	3.898	6.626
ORTALAMA:		16.41	2.93	3.25	4.35	4.17
STANDART SAPMA:		6.72	0.59	0.76	1.34	1.69

Tablo 3. Bekleme süresi gözlemlenen 13 durak için ağırlıklı durak güvenilirliği

No	Durak		Duraktan geçen hat sayısı	Gözlemlenen toplam otobüs geçişi (61 iş günü boyunca)		Ağırlıklı durak güvenilirliği
	kodu	Durak adı		geçen hat sayısı	geçiş sayısı	
1	20134	Bayraklı Üst Geçit	13	26.030	4,184	
2	20057	Turan	26	40.859	3,061	
3	20154	Karşıyaka İskele	19	27.149	4,732	
4	20069	Serinkuyu Merkez Yönü	13	26.268	3,422	
5	20070	Serinkuyu Çiğli Yönü	12	24.693	3,314	
6	20059	Nakdöken Merkez Yönü	15	30.829	3,099	
7	20062	Nakdöken Serinkuyu Yönü	15	35.233	3,276	
8	20148	Kasman	11	8.486	4,728	
9	20071	Kayalar Mezarlığı Karşısı	8	18.739	3,456	
10	10329	Alsancak Camii Karşısı	15	23.099	1,410	
11	10336	Alsancak Camii Önü	10	31.245	4,593	
12	30280	PTT Önü	25	12.829	4,198	
13	30279	PTT Karşısı	26	12.516	2,158	

Durak bazında güvenilirliğin hesaplanmasındaki ikinci aşama, ilk algoritmada elde edilen hatlara özel güvenilirliğin, o duraktan geçen tüm analiz bölgesi hatları dikkate alınarak geliştirilmesidir. Bu amaçla oluşturulan ikinci algoritmanın aşamaları aşağıdaki gibidir:

1. Analiz bölgesindeki durak listesinin girilmesi ve her bir durak için hesap yapacak bir döngü oluşturulması
2. Sıradaki durak için toplam güvenilirlik, toplam geçiş sayısı ve duraktan geçen hat sayısı değişkenlerinin başlangıç değeri olarak "0" tanımlanması
3. Her bir analiz bölgesi hattı gidiş ve dönüşü için ($60 \times 2 = 120$) döngü oluşturulması
4. Sıradaki hat/yön için ilgili durağın hat listesinde aranması
5. Bulunduğu takdirde duraktan geçen hat sayısına "1" ilave edilmesi, toplam geçiş sayısına bulunan geçiş sayısının ilave edilmesi, toplam güvenilirliğe bulunan güvenilirliğin eklenmesi
6. Hat/yön döngüsünün çevrilmesi
7. Hat/yön döngüsü bittikten sonra, ilgili durak için toplam güvenilirliğin toplam geçiş sayısına bölümüyle ağırlıklı durak genel güvenilirliğinin elde edilmesi
8. İlgili durak için güvenilirlik, hat ve geçiş sayılarının kaydedilmesi
9. Durak döngüsünün çevrilmesi

Algoritma ile analiz bölgesi içinde başlayıp biten 60 hattın kullandığı toplam 964 durağın ağırlıklı güvenilirlik ölçütü elde edilmiştir. İkinci aşama sonucunda elde edilen durak güvenilirlik değerlerinden, bekleme süresi gözlemlenen 13 durağa ait veriler Tablo 3'te görülmektedir. Tabloda verilen güvenilirlik değerleri, kullanan hat sayısı, geçiş sayısı veya durağın servis yönü (kent merkezi veya tersi) gibi temel parametrelerle ilişkilendirilmeye çalışılmış, ancak kayda değer bir ilişki elde etmek mümkün olmamıştır. Güvenilirliğin,

bunlardan ziyade, daha dinamik faktörlerin etkisi altında olduğu söylenebilir. İncelenen duraklara ait ağırlıklı güvenilirlik değerleri yaklaşık 1,5-4,5 aralığında gerçekleşmektedir. Özellikle, yoğun kent merkezi trafiğine maruz kaldıktan sonra erişilen 10 ve 13 no.lu duraklarda ağırlıklı güvenilirliğin 2 ve altına düştüğü, dolayısıyla varış süresi sapmalarının ortalama değerine yaklaştığı görülmektedir.

4.3. Durak Gözlemleri ve Hat-Durak Parametreleri

Analiz bölgesi içinde, 6'sı GZYBS'ne sahip olmak üzere toplam 13 adet durakta gözlem çalışmaları yapılmıştır. Yolcu iniş-biniş hareketliliğinin yoğun olduğu duraklarda bekleme davranışının da kritik olacağı bilindiğinden [41] duraklar seçilirken yolcu iniş-biniş sayılarının yeterince yoğun olduğu, analiz bölgesi hatlarının başlangıç duraklarına yakın olmayan (Başlangıca yakın duraklarda olası güvenilirlik kayıpları gözlemlenemeyebilir.) ve gözlem olanağı bulunan duraklar tercih edilmiştir. Yolcu hareketliliğinin yönü dikkate alınarak, Karşıyaka ve çevresindeki konut yerleşimi yoğunluklu bölgelerde yer alan 1-9 no.lu duraklarda sabah zirve saatte, kent merkezi ve diğer iş merkezleri çevresindeki 10-13 no.lu duraklarda ise akşam zirve saatte gözlem çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Gözlem, durağa ulaşmakta olan otobüs hattının okunabildiği ve bekleyen yolcuların rahatlıkla tanımlanabildiği bir konum ve yükseklikte, bir saat boyunca yerleşik kalan video kamera çekimleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Gözlemlerde, durağa ulaşan her bir yolcunun durağa varış zamanı, cinsiyet, yaklaşık yaş ve tanımlayıcı bir takım fiziksel özellikleri ile birlikte kaydedilmekte; yolcunun duraktan ayrılış zamanı ise, gerektiğinde video çekimi ileri-geri sarılarak bindiği otobüs hattı ile birlikte tespit edilmektedir. Yolcunun beklemesinin, herhangi bir minibüs hattı veya taksi binişi ile sonuçlanması, ya da bindiği hat numarasının gözlemlenmemesi durumları, gözlem güvenilirlik ölçütü ile eşleştirilemeyeceğinden, değerlendirme dışı bırakılmıştır. Gözlem yapılan tüm duraklara ait veriler birleştirildiğinde toplam 1281 bekleme süresi gözlemi elde edilmiştir. Ancak güvenilirlik ölçütlerinin de bekleme süresi üzerindeki etkisi incelenmek istendiğinden, binişlerin gerçekleştiği hatların analiz bölgesi kapsamında incelenen hatlar olması zorunluluğu doğmaktadır. Çünkü analiz bölgesi içinde başlayıp biten hatlar haricindeki hatların güvenilirlik ölçütü, işlem yoğunluğu sebebiyle hesaplanmamıştır. Bu yüzden güvenilirlik ölçütü çekilebilen hatlara yapılan gözlem binişleri sayısı 657'ye düşmektedir.

Tüm gözlemlenen bekleme sürelerine ait ortalama ve diğer bazı tanımlayıcı istatistikler Tablo 4'te görülmektedir. Gözlemlenen bekleme süresi ortalamalarının, yolcu binişlerinin yoğun olduğu duraklarda bir miktar daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Çarpıklık değeri, tüm gözlem yapılan duraklar için pozitif bulunmuştur. Bu durum bekleme süresi dağılımlarının sağ kuyruğunun daha uzun olduğunu, dolayısıyla ortalamanın üzerindeki bekleme süresi varyasyonunun daha geniş olduğunu göstermektedir. Basıklık değerleri oldukça değişken olup yoğun binişlerin görüldüğü Bayraklı, Turan, Serinkuyu Merkez Yönü gibi, banliyölerden kent merkezine yolcu taşıyan duraklarda yüksek ve pozitif iken, kent merkezinde yer alan Alsancak duraklarında düşük ve negatiftir. Dolayısıyla merkezdeki bekleme sürelerinin, banliyölerdekilere kıyasla, daha geniş bir bantta değiştiği anlaşılmaktadır. Şekil 5'te, en yüksek yolcu yoğunluğu gözlemlenen dört durağa (1, 2, 4 ve 11 no.lu duraklar) ait bekleme süresi gözlemleri ile duraktan geçen analiz bölgesi hatlarının hat bazında güvenilirlik değerlerinin histogramları verilmiştir. Güvenilirlik dağılımının 3,5

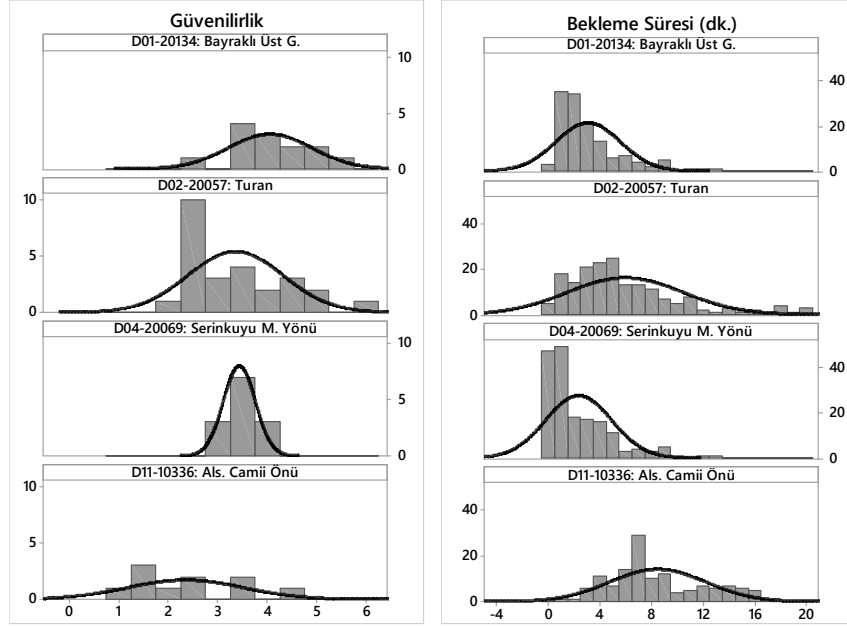
civarında kümelendiği Turan ve Serinkuyu merkez yönü duraklarında bekleme sürelerinin 0-4 dk. gibi düşük bir aralıkta zirve yaptığı görülmektedir. Hatlara göre güvenilirliğin çok çeşitlilik göstermediği Serinkuyu durağında bu yığılma çok daha yüksektir. Hat bazında güvenilirliğin 2,5 gibi daha düşük bir değer civarında en sık görüldüğü Turan durağında ise bekleme süreleri 20 dk.'ya kadar yükselen ve yaklaşık 5 dk.'da zirve yapan bir dağılıma sahiptir. Güvenilirliğin yaklaşık tek düze dağıldığı Alsancak Camii önündeki durakta, bekleme süreleri de 7 dk. civarındaki zirve haricinde yaklaşık tek düze dağılmakta, hemen her uzunlukta bekleme gözlemlenebilmektedir. Özetle, güvenilirlik yüksek ve tek değer etrafında yığılı olduğunda bekleme süresinin oldukça kısa, düşük değerler etrafında yığıldığında bekleme sürelerinin yüksek ve geniş varyasyonlu, tek düze olduğunda ise bekleme sürelerinin de tek düzeye yakın dağıldığı; dolayısıyla dağılımlar bakımından da bekleme süresi üzerinde güvenilirliğin kayda değer bir etkisi olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4. Gözlemlenen bekleme sürelerine ait tanımlayıcı istatistikler

No	Durak ID	Durak Adı	N	% N	Std.				
					Ortalama	Sapma	Aralık	Çarpıklık	Basıklık
1	20134	Bayraklı Üst Geçit	133	10,4%	3,101	2,512	12,650	1,618	2,589
2	20057	Turan	181	14,1%	5,974	4,482	20,340	1,331	1,608
3	20154	Karşıyaka İskele	107	8,4%	4,209	3,452	17,840	0,909	1,170
4	20069	Serinkuyu Merkez Yönü	176	13,7%	2,369	2,561	12,700	1,628	2,641
5	20070	Serinkuyu Çiğli Yönü	109	8,5%	7,042	4,687	19,420	0,591	-0,586
6	20059	Naldöken Merkez Yönü	78	6,1%	3,216	2,915	13,860	1,236	1,561
7	20062	Naldöken Serinkuyu Yönü	37	2,9%	4,555	4,381	17,950	1,331	1,313
8	20148	Kasman	40	3,1%	6,295	4,085	16,920	0,798	0,363
9	20071	Kayalar Mezarlığı Karşısı	23	1,8%	5,869	6,398	28,000	2,492	6,883
10	10329	Alsancak Camii Karşısı	57	4,4%	6,237	3,765	15,250	0,590	0,114
11	10336	Alsancak Camii Önü	132	10,3%	8,495	3,724	15,920	0,512	-0,656
12	30280	PTT Önü	90	7,0%	3,013	1,940	9,380	1,158	1,475
13	30279	PTT Karşısı	118	9,2%	4,192	3,332	15,850	1,883	3,447
GENEL :			1281	100,0%	4,822	4,069	28,220	1,315	1,889

Bekleme süresi üzerinde etkili olabilecek yaklaşık yolcu yaşı, cinsiyeti, binilen hat gibi gözlem değişkenlerinin yanı sıra, binilen hat ve durağın fiziksel, fonksiyonel ve topolojik özellikleri de kayıt altına alınmıştır. Gözlemlenen duraklarla ilgili, temelde kukla değişken olarak incelemeye yansıtılan tanımlamalar Tablo 5'te özetlenmiştir. Durakların çoğu kapalı olup bir kısmı otobüsler için yolcu indirme-bindirme cebi içermektedir. Bu cepler refüj ile trafik şeridinden ayrılmış ise "1", ayrılmamış ise "0,5" değeriyle sayısallaştırılmıştır.

Toplu Ulaşımında Bekleme Süresini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi: Güvenilirlik, ...



Şekil 5. En yoğun dört durağa ait güvenilirlik ve bekleme süresi dağılımları

Tablo 5. Gözlem yapılan durakların genel fiziksel yapısı

No Durak İsimleri	Durak ID	Yöntü merkezden gelen mi?	GZYBS var mı?	Kapalı mı?	Kapalı bekleme yeri sayısı	Cepli mi?
1 Bayraklı Üst Geçit	20134	0	1	1	2	1
2 Turan	20057	1	0	1	2	1
3 Karşıyaka İskele	20154	0	0	1	2	0
4 Serinkuyu Merkez Yönü	20069	1	1	1	2	0,5
5 Serinkuyu Çiğli Yönü	20070	0	0	1	1	0,5
6 Naldöken Merkez Yönü	20059	1	0	1	1	0,5
7 Naldöken Serinkuyu Yönü	20062	0	0	1	2	1
8 Kasman	20148	0	1	1	1	0
9 Kayalar Mezarlığı Karşısı	20071	1	0	1	1	0
10 Alsancak Cami	10329	1	0	0	0	0
11 Alsancak Cami	10336	0	1	1	2	0
12 PTT önü	30280	0	1	1	1	0
13 PTT Karşısı	30279	1	1	0	0	0

Tablo 6. Bekleme süresi analizinde kullanılan değişkenler

Değişken				Değişken			
No	Türü	Değişken	Kodu	No	Türü	Değişken	Kodu
1		Cinsiyet	CNS	19		Merkezden Geliş Yönü	MRKZ
2		Yaş	YAS	20		Yolcu Bil. Sistemi Durumu	YBS
3	Kişisel	Yaş Grubu	YAS_GR	21	Durak ve	Sabah-akşam Zirvesi	SABAH
4	Özellikler	18-30 Yaş Grubu Kuklası	YAS_GK2	22	Gözlem	Kapalı Durak	Kap_Dur
5		30-50 Yaş Grubu Kuklası	YAS_GK3	23	Özellikleri	Kapalı Bölme Sayısı	Kap_BolS
6		50 üzeri Yaş Grubu Kuklası	YAS_GK4	24		Cepli Durak	Cep_Dur
7		Durağın Hattaki Sırası	Hat_Sıra	25		Durak Bazında Güvenilirlik	D_gvn
8		Hattın Durak Sayısı	Hat_DS	26		Bayraklı Üst Geçit	D_kuk1
9		Durağın Sıra Oranı	DurSO	27		Turan	D_kuk2
10		Hattın Duraktan Ort.Geçişi	Hdur_OG	28		Karşıyaka İskele	D_kuk3
11		Duraktan Geçen Hat Sayısı	Dur_Hat	29		Serinkuyu Merkez Yönü	D_kuk4
12	Hatla	Duraktan Ort. Otobüs Geçişi	Dur_Oto	30	Durak	Serinkuyu Çiğli Yönü	D_kuk5
13	İlgili	Durağın Başlangıca Uzaklığı	DH_MES	31	Konumsal	Naldöken Merkez Yönü	D_kuk6
14	Özellikler	Hatta Mesafe Oranı	DH_ORAN	32	Kukla	Naldöken Serinkuyu Yönü	D_kuk7
15		Durağa Kadarki Durak Sıklığı	DH_SIK	33	Değişkenleri	Kasman	D_kuk8
16		Hattın Sefer Sıklığı	Hat_SS	34		Kayalar Mezarlığı Karşısı	D_kuk9
17		Hat Bazında Durak Güvenilirliği	HBD_gvn	35		Alsancak Camii Karşısı	D_kuk10
18	Bağımlı Değişken	Bekleme Süresi (dk.)	Bek_Sur	36		Alsancak Camii Önü	D_kuk11
				37		PTT Önü	D_kuk12

Tablo 6'da bekleme süresinin modellenmesi için dikkate alınan, hesaplanmış, gözlemlenmiş veya türetilmiş değişkenlerin tamamı görülmektedir. Bazı değişkenler ile ilgili detaylar aşağıda sıralanmıştır:

- Durağın kapalı olup olmaması, kapalı ise kapalı bölme sayısı ve cep durumu yolcuların bekleme koşullarını etkilediğinden; koşulların uygun olmaması halinde yolcular daha az bekleyebilmek için bilgilendirme sisteminin sağladığı bilgiye daha çok önem verebileceklerdir.
- Yaş grupları 6-18 yaş için "1", 18-30 yaş için "2", 30-50 yaş için "3" ve 50 yaş üzeri için "4" şeklinde düzenlenmiş, gruplar hem bu kategoriler, hem de 3 adet grup kuklası şeklinde korelasyonda dikkate alınmıştır.
- Durağın hattaki sırası ve bu sıranın hattaki tüm durak sayısına oranı, binilen durağın hattaki konumunu yansıtmak üzere ele alınmıştır. Gözlenen durağın binilen hattın sonlarında yer alması; otobüsün o durağa gelene dek daha uzun bir süre trafik koşulları ve yolcu iniş-binişine maruz kalması ve o hattı bekleyen yolcuların daha uzun süre beklemesi sonuçlarını doğurabilmektedir.
- Binilen hattın gün boyunca ortalama kaç kez binilen duraktan geçtiği, servis sıklığını yansıtan bir parametredir.
- Hat bazında durak güvenilirliği, binilen hattın ilk duraktan kalkışından gözlemlenen durağa varışına kadar geçen sürelerinin değişimini ifade etmektedir. Durak bazında güvenilirlik ise binilen durağın ağırlıklı genel güvenilirliğini ifade etmektedir.
- Analiz bölgesindeki hatların kaç tanesinin ilgili durağı kullandığı, türetilen diğer bir parametredir. Bu parametrenin yüksek değerler alması, durağın sağladığı

güzergâh alternatifini arttırırken, diğer taraftan bulunduğu arter boyunca yoğun bir otobüs trafiği yaşandığını da göstermektedir. Dolayısıyla bekleme süresini olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilecektir.

- Duraktan geçen günlük ortalama otobüs sayısı da benzer bir şekilde sefer sıklıklarıyla birlikte yansıtılan bir parametredir.
- Durağın hattaki konumuna ilişkin, ilk durağa uzaklık, bu uzaklığın hat uzunluğuna oranı ve durağa kadar kaç kilometre sıklıkta durak bulunduğu da hat topolojisine ilişkin bekleme süresinde etkili olabilecek değişkenlerdir. Durak sıklığı arttıkça otobüsün yolcu indirip bindirmeden kaynaklanan gecikme süreleri bekleme süresine yansıtılabilecektir.
- Binilen hattın sefer sıklığı, hattın gözlem periyodundaki (sabah veya akşam zirvesi) dakika cinsinden aralık olarak dikkate alınmıştır.

5. BEKLEME SÜRESİNİN MODELLENMESİ

Bekleme süresinin tahminine ilişkin model geliştirme çalışmasından önce, bekleme süresinin hangi değişkenlerle yüksek korelasyona sahip olduğu analiz edilmiştir. Pearson çift kuyruklu korelasyon sonuçları Tablo 7'de verilmiştir. Tabloda kalın ve italik karakterle işaretli değişkenler "0,05" düzeyinde korelasyonu etkin olan, kalın karakter ve gri tonla işaretli değişkenler ise "0,01" düzeyinde (daha yüksek düzeyde) korelasyonu etkin olan değişkenleri göstermektedir.

Yolcu bilgilendirme sistemi durumu, görüldüğü gibi en yüksek korelasyonu vermektedir. Gözlenen durakta bilgilendirme olması "1", olmaması "0" kukla değişkeni ile gösterildiğinden, negatif bir korelasyon bulunması, GZYBS'nin olması durumunda bekleme sürelerinin azaldığını göstermektedir ki bu araştırmadaki en kritik hipotezin sağlandığını ortaya koymaktadır. Diğer tüm değişkenlerle kıyaslandığında mutlak değerce en büyük korelasyon katsayısını (-0,313) yolcu bilgilendirme sisteminin sağlıyor olması da dikkat çekicidir.

Kukla değişken şeklinde yaş grupları etkin çıkmaz iken grup no.sunun kendisini içeren değişken düşük düzeyde de olsa negatif etkin korelasyonlu bulunmuştur. Dolayısıyla yaş grubu yükseldikçe, bekleme süresi bir miktar azalmaktadır. Bu durum, yaş ortalaması büyüdükçe bilgilendirme sisteminden daha bilinçli yararlandığını ve dolayısıyla daha kısa süre beklendiğini düşündürmektedir. Diğer bir düşük düzeyde etkin değişken de duraktan geçen analiz bölgesi hattı sayısıdır. Pozitif etkin bu değişken, hat sayısı arttıkça durak ve öncesindeki arteri kullanan otobüs geçişleri sebebiyle trafiğin ve duraklardaki hareketliliğin artmasından dolayı bekleme süresinin bir miktar uzadığını göstermektedir.

Durak fiziki koşullarından olan kapalı bölme sayısı arttıkça, bekleme süresinin azalan yönde korelasyon göstermesi, bekleme koşulları iyi iken bekleme süresinin azaltılması konusunda yolcularının eğiliminin (dolayısıyla bilgilendirmeyi etkin kullanmanın) azaldığını işaret etmektedir.

Tablo 7. Bekleme süresi ile açıklayıcı değişkenler arasındaki korelasyonlar

No	Değişken Adı	Kodu	Korelasyon Katsiyısı	Etkinlik
1	Cinsiyet	CNS	-0,002	0,96789
2	Yaş	YAS	-0,069	0,07846
3	Yaş Grubu	YAS_GR	-0,090	0,02171
4	Yaş Grubu Kuklası 2	YAS_GK2	0,041	0,29310
5	Yaş Grubu Kuklası 3	YAS_GK3	-0,034	0,38144
6	Yaş Grubu Kuklası 4	YAS_GK4	-0,048	0,22190
7	Durağın Hattaki Sırası	Hat_Sira	-0,178	0,00000
8	Hattın Durak Sayısı	Hat_DS	-0,210	0,00000
9	Durağın Sıra Oranı	DurSO	-0,024	0,53701
10	Hattın Duraktan Ort. Geçişi	Hdur_OG	-0,178	0,00000
11	Duraktan Geçen AB Hat Sayısı	Dur_Hat	0,094	0,01553
12	Duraktan Ort. Otobüs Geçişi	Dur_Oto	0,111	0,00438
13	Durağın Başlangıca Uzaklığı	DH_MES	0,134	0,00000
14	Hatta Mesafe Oranı	DH_ORAN	0,213	0,00000
15	Durağa Kadarki Durak Sıklığı	DH_SIK	0,110	0,00488
16	Hattın Sefer Sıklığı	Hat_SS	0,246	0,00000
17	Hat Bazında Durak Güvenilirliği	HBD_gvn	-0,195	0,00000
19	Merkezden Geliş Yönü	MRKZ	-0,076	0,05189
20	Yolu Bil. Sis Durumu	YBS	-0,313	0,00000
21	Sabah-Akşam Zirvesi	SABAH	-0,004	0,92197
22	Kapalı Durak	Kap_Dur	-0,066	0,09125
23	Kapalı Bölme Sayısı	Kap_BolS	-0,154	0,00007
24	Cepli Durak	Cep_Dur	0,073	0,06203
25	Durak Bazında Güvenilirlik	D_gvn	0,201	0,00000

Durağın hattaki sıra numarasına ilişkin değişkenler negatif etkin çıkmıştır ki durağın sıralamada sonlarda yer alması bekleme süresini azaltıcı bir etken olarak anlamlı değildir. Sıra numarasından ziyade mesafe parametrelerinin daha mantıklı sonuç verebileceği düşünülmektedir.

Hattın duraktan günlük ortalama geçiş sıklığı da negatif yönde etkin bir parametre olarak bulunmuştur. Dolayısıyla hattın ilgili durağından gün boyu daha sık geçerse bekleme süresi kısalmaktadır. Hat bazında durak güvenilirliği ve durak için ağırlıklı güvenilirlik değerleri de bekleme süresi üzerinde negatif etkin çıkmıştır. Dolayısıyla güvenilirliği yüksek duraklarda bekleme süreleri kısalmaktadır ki araştırmanın beklenen hipotezlerinden biridir.

Durağın hattın başlangıcına mesafesi ve bu mesafenin tüm hat uzunluğuna oranı değişkenleri, sıra numarasına ilişkin fiziki parametrelerin aksine, pozitif etkin çıkmıştır ki durağın hat sonuna yakın mesafede bulunmasının bekleme süresini arttırdığını göstermektedir.

Diğer bir hat fiziki parametresi olan binilen durağa kadarki durak sıklığı da pozitif etkin görünmektedir. Binilen durağa kadarki durakların "km" cinsinden ortalama mesafesini gösteren değişken büyüdükçe bekleme süresi de uzamakta; uzun mesafeli duraklar, otobüslerin trafikle birlikte kat ettiği mesafenin daha fazla olması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla bekleme süresinin, iniş-binişlerde kaybedilen süreden ziyade, trafikte seyir halindeyken kaybedilen süreden etkilendiği söylenebilir.

Hattın sefer sıklığı değişkeni, "dk" cinsinden otobüs kalkış aralığı olarak dikkate alındığından bu değer artması sonucunda bekleme süresinin de artması, öngörülen etkin bir korelasyondur.

Elde edilen korelasyonların büyük bir kısmı beklenen hipotezleri karşılamaktadır. Ancak bekleme süresi bir çoklu regresyon ile modellenmek istendiğinde, değişkenlerin bir aradaki davranışının ayrı davranışından farklı olabileceği bilinmektedir. Bekleme süresinin çoklu doğrusal regresyon yöntemi ile tahmin edilebilmesi için birçok bağımsız değişken kombinasyonu denenmiştir. Denemelerin hiçbirinde sabit terimin etkin çıkması dikkat çekicidir. Dolayısıyla dikkate alınan değişkenlerin alacağı değerlerden bağımsız bir bekleme sabit değerinin olmadığı söylenebilir. Bununla birlikte, modelde kullanılan kukla değişkenlerin kayda değer düzeyde etkin çıkması, kukla değişkenlerin sabit terimin yerini aldığı kanısını doğurmaktadır. Denemeler sonucunda en az sayıda (en etkin) terim içeren regresyon modeli Tablo 8'deki gibi elde edilmiştir. Regresyon katsayısı (R-kare) 0,616 mertebesinde olup varyans analizi F-testi anlamlılık düzeyi bakımından modelin başarımının doyurucu olduğu söylenebilir.

Tablo 8. Bekleme süresi çoklu regresyon modeli istatistikleri

<i>Regresyon İstatistikleri</i>		<i>ANOVA</i>				
		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P(F)</i>
Çoklu R	0,785	5	15.086,9	3.017,4	209,475	0,000
R Kare	0,616	652	9.391,7	14,4		
Ayarlı R Kare	0,612					
Standart Hata	3,795					
Gözlem	657					

	<i>Standart</i>			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>
Cep_Dur	1,118	0,449	2,489	0,013
DurSO	9,668	1,387	6,973	0,000
D_gvn	-1,305	0,262	-4,975	0,000
Hat_SS	0,114	0,017	6,866	0,000
YBS	-2,101	0,312	-6,730	0,000

Durağın fiziki parametrelerinden durağın cepli olması durumu, bekleme süresini pozitif etkileyen bir açıklayıcı değişken olarak bulunmuştur. Cepli duraklar, yoğun duraklarda otobüslerin birbirini takip etmesi ve yolcuların biniş için sırayı beklemesi zorunluluğunu doğurduğundan bu tür bir etki öngörülebilir. Bu bulgu, çalışmadaki diğer bulgularla da örtüşmektedir. Otobüs cebinin bulunmadığı durumlarda, otobüslerden oluşan bir katar oluşması halinde, otobüsler cebin boşalmasını beklemeden ön sıralara geçebilmektedir.

"t" istatistikleri karşılaştırıldığında diğerlerine göre en yüksek etkili değişken durak sıra oranıdır. Pozitif etkin çıkan değişkenlerden biri olan durak sıra oranı, hat geometrisine ilişkin bir model parametresidir. Durağın hat durakları içinde sonlarda yer alması, dolayısıyla büyük bir sıra oranı alması, bekleme süresini uzatan; hattın trafik ve hat yoğunluğundan daha çok etkilendiğini gösteren bir parametre olarak ortaya çıkmıştır.

Durak güvenilirliği, modelde beklendiği üzere negatif etkin değişkenlerdendir. Güvenilirliği yüksek duraklar daha kısa bekleme süresi sağlamaktadır. Hattın sefer sıklığı da beklenen şekilde pozitif etkili bir bekleme süresi etkisi olarak bulunmuştur. Dakika cinsinden aralıklar uzadıkça daha uzun bekleme sürelerine yol açmaktadır.

Çalışmanın ana amaçlarından biri olan GZYBS'nin varlığına ilişkin değişken de, katsayısı ve "t" istatistiği dikkate alındığında, modelde önemli paya sahip bir etken olarak ön plana çıkmaktadır. GZYBS durumunun sadece "1" ve "0" şeklindeki bir kukla değişken ile ifade edildiği göz önüne alınırsa "-2,101" gibi büyük bir katsayı ile modele girmesi; sistemin varlığının bekleme süresini 2 dk.'dan fazla kısalttığını göstermektedir. 657 adet gözlemlenmiş bekleme süresinin genel ortalamasının 4,443 dk., standart sapmasının da 4,186 dk. olduğu dikkate alınırsa, YBS den kaynaklanan 2 dk.'lık etkinin oldukça kayda değer olduğu açıktır.

Modelde kullanılan değişkenlerin birbirleriyle olan korelasyonları Tablo 9'da görülmektedir. Tablo incelendiğinde değişkenlerin aralarındaki küçük düzeydeki korelasyonların multi-kolineerliğe yol açmadığı anlaşılmıştır. Bu da modelin geçerliliği yönünden önemli bir sonuçtur.

Tablo 9. Modelde kullanılan değişkenlerin aralarındaki korelasyonları

		YBS	CEP_DUR	DUR_SO	D_GVN	HAT_SS
YBS	Pearson Korelasyonu:	1,000	0,232	0,059	0,121	-0,077
	Etkinlik:		0,000	0,129	0,002	0,049
CEP_DUR	Pearson Korelasyonu:	-0,232	1,000	0,064	0,041	-0,290
	Etkinlik:	0,000		0,100	0,300	0,000
DUR_SO	Pearson Korelasyonu:	0,059	0,064	1,000	-0,078	-0,044
	Etkinlik:	0,129	0,100		0,046	0,263
D_GVN	Pearson Korelasyonu:	0,121	0,041	0,078	1,000	0,012
	Etkinlik:	0,002	0,300	0,046		0,765
HAT_SS	Pearson Korelasyonu:	-0,077	-0,290	-0,044	0,012	1,000
	Etkinlik:	0,049	0,000	0,263	0,765	

Bekleme süresi regresyon modelinin hangi duraklarda etkin sonuçlar verdiğini irdelemek amacıyla, aynı regresyon modelinin her bir durağa ait kukla değişkeni içeren bir analiz daha gerçekleştirilmiştir. Modelde 13 farklı gözlem durağı için oluşturulan kukla değişken

kolonları, ait olduğu durak için "1" değerini alırken, diğer duraklar için "0" değerini almaktadır. Böylece gözlem durağına özel bir sabit terimin modele katkısı sınanabilmekte; modelde konumsal olarak farklılık yaratan bileşenler "sabit etkiler" (fixed effects) yöntemiyle ortaya konabilecektir [42].

Konumsal kukla değişkenli regresyon analizinde, modelin "multicollinearity" kriterine takılmasını engellemek için, türetilen kukla kolonlarından bir tanesinin regresyon dışında tutulması, dolayısıyla referans gözlem olarak ayrılması gerekmektedir. Aksi halde, kukla değişkenler, model içindeki diğer parametreler ile korelasyon oluşturabilmektedir. Bu amaçla, nispeten az sayıda gözlem içeren 13 no.lu "PTT Karşısı" isimli durak değerlendirme dışında tutulmuş, 13 farklı durak gözlemi için 12 kukla değişken kolonu kullanılmıştır.

Tablo 10'da konumsal kukla değişkenli regresyon analizi sonuçları görülmektedir. Kukla değişken içermeyen model ile karşılaştırıldığında, artan bağımsız değişken sayısı sebebiyle model başarımının bir miktar yükseldiği görülmektedir. Durak sıra oranı (DurSO) ve durak güvenilirliği değişkenlerinin modeldeki etkisi, kukla değişkenler ilave edildiğinde yükselmekte, durağın cepli olması durumu (Cep_Dur) hattın sefer sıklığı (Hat_SS) ve yolcu bilgilendirme sistemi durumu (YBS) değişkenlerinin etkisi ise bir miktar düşmektedir. Dolayısıyla, kukla değişkenler ile konumsal olarak tanımlanamayan bileşenler ayrıştırıldığında, güvenilirlik ve durağın hat boyunca konumu, bekleme süresi üzerinde daha belirgin etkenler haline gelmektedir. Yolcu bilgilendirme sistemlerinin modeldeki etkinliğinin, katsayı değişimi dikkate alındığında yaklaşık %30 mertebesinde düşmesi, bilgilendirme sistemlerinin hangi durakta bulunduğu önem arz ettiğini göstermektedir.

Tablo 10. Konumsal kukla değişken içeren bekleme süresi regresyon analizi sonuçları

<i>Regresyon İstatistikleri</i>		<i>ANOVA</i>					
			df	SS	MS	F	P (F)
Çoklu R	0,795	Regresyon	11	15.466,83	1406,08	100,79	0,000
R Kare	0,632	Fark	646	9.011,83	13,95		
Ayarlı R Kare	0,626	Toplam	657	24.478,65			
Standart Hata	3,735						
Gözlem	657						

	<i>Standart</i>			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Hata</i>	<i>t Stat.</i>	<i>P-değeri</i>
Cep_Dur	1,099	0,540	2,035	0,042
DurSO	10,943	1,508	7,256	0,000
D_gvn	-1,439	0,274	-5,250	0,000
Hat_SS	0,088	0,018	4,833	0,000
YBS	-1,441	0,461	-3,125	0,002
D_kuk4	-1,217	0,453	-2,684	0,007
D_kuk5	1,064	0,530	2,009	0,045
D_kuk6	-1,891	0,634	-2,983	0,003
D_kuk7	0,029	0,795	0,036	0,971
D_kuk9	1,147	1,060	1,082	0,280
D_kuk12	0,072	0,917	0,079	0,937

Kukla değişkenlerden 1, 2, 3, 8, 10 ve 11 no.lu duraklara ait olanlar, durak ve gözlem özellikleri ile korelasyon verdiğinden elenmiş, kukla değişkenlerin etkinliği 4, 5, 6, 7, 9 ve 12 no.lu duraklar için analize yansımıştır. Korelasyon sebebiyle elenen durak kuklaları için, seçilen durak ve gözlem özelliklerinin kukla gerektirmeyecek nitelikte konumsal nitelikleri tanımlayabildiği söylenebilir. 4, 5 ve 6 no.lu duraklara ait kukla değişkenler etkin "t" istatistikleri ile modelde yer bulurken; 7, 9 ve 12 no.lu duraklara ait kukla değişkenler modelde etkisiz kalmıştır. Kısacası 13 gözlem noktasının 3'ünde, model tarafından tanımlanamayan konumsal bileşenler bulunduğu söylenebilmektedir. Kukla değişken istatistiklerinin durak ve gözlem özellikleri ile karşılaştırılabilmesi için Tablo 11 düzenlenmiştir.

Tabloda görülebileceği gibi, kukla değişkenin etkin çıktığı durakların en belirgin ortak özelliği durağın yarı cepli (veya durak cebinin etkin kullanılmadığı) özellikte olmasıdır. Durak geometrisindeki belirsizliğin, bekleme süresi tahminin de tanımsız kalan boyutu arttırdığı söylenebilir. Dolayısıyla yolcu bilgilendirme sistemlerinin daha verimli olabilmesi için durak geometrisinin belirgin olduğu duraklarda kullanılmasının daha yararlı olacağı sonucuna varılmaktadır. Tablo yardımıyla yapılabilecek diğer bir çıkarım, kukla etkin duraklar merkezden gelen hatlara hizmet ettiğinde kukla katsayısının "eksi" işaretli ve daha etkin, merkeze giden hatlara hizmet ettiğinde ise "artı" işaretli ve nispeten daha az etkin olmasıdır. Dolayısıyla modeldeki konumsal belirsizlikler, merkezden gelen hatları bekleme süresinin kısa, merkeze giden hatları bekleme süresinin uzun tahmin edilmesine neden olmaktadır. Bu sebeple yolcu bilgilendirme sistemlerinin, bekleme süresini tahminde ve yolcu davranışında daha etkin hale gelebilmesi için kent merkezinden gelen hatlara hizmet eden duraklarda öncelikli olarak uygulanması daha yararlı olacaktır.

Tablo 11. Konumsal kukla değişken başarımları ve durak/gözlem özellikleri

No	Durak İsimleri	Kukla Değişkenli Model Başarımı				Durak ve Gözlem Özellikleri					
		Katsayı	Standart hata	t istatistiği	P-değeri	Yönü merkezden gelen mi?	Gözlem sabah zirve mi?	Bilgilendirme sistemi var mı?	Kapalı mı?	Kapalı bekleme yer sayısı	Cepli mi?
1	Bayraklı Üst Geçit	-	-	-	-	0	1	1	1	2	1
2	Turan	-	-	-	-	1	1	0	1	2	1
3	Osman Bey Parkı	-	-	-	-	0	1	0	1	2	0
4	Serinkuyu Merkez Yönü	-1,217	0,453	-2,684	0,007	1	1	1	1	2	0,5
5	Serinkuyu Çiğli Yönü	1,064	0,530	2,009	0,045	0	1	0	1	1	0,5
6	Naldöken Merkez Yönü	-1,891	0,634	-2,983	0,003	1	1	0	1	1	0,5
7	Naldöken Serinkuyu Yönü	0,029	0,795	0,036	0,971	0	1	0	1	2	1
8	Kasman	-	-	-	-	0	1	1	1	1	0
9	Kayalar Mezarlığı Karşısı	1,147	1,060	1,082	0,280	1	1	0	1	1	0
10	Alsancak Camii	-	-	-	-	1	0	0	0	0	0
11	Alsancak Camii	-	-	-	-	0	0	1	1	2	0
12	PTT Önü	0,072	0,917	0,079	0,937	0	0	1	1	1	0
13	PTT Karşısı	-	-	-	-	1	0	1	0	0	0

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çoğu büyük kentimizde toplu ulaşım yolculuklarının yarısından fazlasını üstlenen kent içi otobüs sistemlerinde, yolcular tarafından algılanan hizmet seviyesinin önemli bir boyutunu durakta bekleme süresi oluşturmaktadır. Günden güne artan özel taşıt sahipliği dikkate alındığında, toplu taşımanın cazip bir seçenek olmasını sağlamak için, bekleme süresinin nedenlerinin incelenmesi ve bu süreyi azaltma yollarının aranması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, bekleme süresinin, hat ve durak özelliklerinin yanı sıra, güvenilirlik ve gerçek zamanlı yolcu bilgilendirme sistemlerinden ne düzeyde etkilendiği irdelenmiştir. Altısı bilgilendirme sistemli yedisi bilgilendirmesiz olmak üzere toplam 13 durakta bekleme süresi gözlemleri yapılmıştır. Oluşturulan ampirik doğrusal model sonucunda, bağımlı değişken bekleme süresinin dakika cinsinden olduğu dikkate alınırsa, bilgilendirme sistemi varlığının bekleme süresini ortalama 2 dakika, durak ortalama güvenilirliğinin ise ortalama 1,3 dakika kısaltıcı etkisi olduğu sonucuna varılmaktadır.

Durakların konumsal farklılıklarının, modelde etkili olup olmadığına sınanması amacıyla aynı doğrusal modele, duraklara ait kukla değişkenler ilave edilmiştir. Konumsal kukla değişkenlerin etkin çıktığı duraklarda en belirgin ortak özellik, durağın yarı cepli (veya durak cebinin etkin kullanılmadığı) olmasıdır. Durak geometrisindeki belirsizliğin, bekleme süresinin tahminin de tanımsız kalan boyutu arttırdığı görülmüştür. Dolayısıyla yolcu bilgilendirme sistemlerinin daha etkin olabilmesi için geometrinin belirgin olduğu duraklarda uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Modeldeki konumsal belirsizliklerin, merkezden gelen hatları bekleme süresinin kısa, merkeze giden hatları bekleme süresinin uzun tahmin edilmesine neden olduğu görülmüştür. Bu sebeple yolcu bilgilendirme sistemlerinin daha başarılı tahminler verip, yolcu davranışında etkin hale gelebilmesi için kent merkezinden gelen hatlara hizmet eden duraklarda uygulanmasına öncelik verilmesi gereği ortaya konmuştur.

Bekleme süresi tahmini, çalışmaya yansıtılan modeller haricinde, her bir durakta binilen hat bazında ayrı ayrı ele alındığında veya binilen hatta ait bir kukla değişken, açıklayıcı bir değişken olarak regresyona dâhil edildiğinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Dolayısıyla çalışmada hattı temsil eden, durağın hattaki sırası, hattın duraktan ortalama geçişi, hattın sefer sıklığı vb. değişkenlerin bekleme süresini öngörmeye yeterli olduğu, modellerde açıklanamayan kesimin ise bazı diğer dışsal etkenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışma için yapılan gözlemler, yağışsız ve hava koşullarının elverişli olduğu zaman dilimlerinde gerçekleştirilmiştir. Hava koşullarının elverişsiz olduğu dönemlerde, yolcuların bekleme süresi algısının daha uzun olacağı ve bu süreyi kısaltmak için daha büyük çaba sarf edebileceği açıktır. Bu yüzden takip eden çalışmalarda, aynı durakların farklı mevsimsel koşullarda gözlemlenerek sonuçların karşılaştırılması önerilmektedir. Ayrıca, sistem yöneticileri ile gerekli işbirliğinin sağlanması halinde, anket çalışmalarından da yararlanılarak, belirlenen duraklarda GZYBS'nin çalıştığı ve çalışmadığı durumlar (Sistemin yerel yönetim tarafından geçici olarak kapatılması gerekmektedir.) için algılanan ve gerçekleşen bekleme süreleri karşılaştırılarak yeni ve değerli bulgular elde edilebileceği düşünülmektedir.

Semboller

GZYBS : Gerçek zamanlı yolcu bilgilendirme sistemi

RT_i : Yolculuk süresi esaslı güvenilirlik (Reliability based on Travel Time)

μ_i : i. hatta incelenen otobüslerin yolculuk sürelerinin ortalaması

σ_i : i. hatta incelenen otobüslerin yolculuk sürelerinin standart sapmasıdır.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 112M117 no.lu ve "Akıllı Kart Verilerine Dayalı Güvenilirlik Ölçütlerinin Toplu Ulaşım Atama Modellerine Entegrasyonu" başlıklı araştırma projesinde elde edilen bulguları içermektedir. Bu bağlamda, sağladığı proje desteği için TÜBİTAK'a ve veri temininde verdiği destek için İzmir Büyükşehir Belediyesi ESHOT Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] Victoria Transport Policy Institute, Transit Station Improvements: Improving Public Transit Waiting Conditions. Victoria, Canada, www.vtpi.org, 2015.
- [2] Murat, Y.Ş., Kutluhan, S., Uludağ, N., Use of Fuzzy Optimization and Linear Goal Programming Approaches in Urban Bus Lines Organization. Soft Computing in Industrial Applications, 223, 277-287, 2014.
- [3] Wardman, M., Hine, J., Stradling, S. G., Interchange and Travel Choice. Research Report, Edinburgh: Scottish Executive Central Research Unit, Edinburgh, Scotland, 2001.
- [4] Durrande-Moreau, A., Waiting for Service: Ten Years of Empirical Research. International Journal of Service Industry Management, 10 (2), 171 - 194, 1999.
- [5] Katz, K., Larson, B., Larson, R., Prescription for the Waiting-in-Line Blues: Entertain, Enlighten and Engage. Sloan Management Review, 32 (2), 44-53, 1991.
- [6] Taylor, S., Fullerton, G., Waiting for Service: Perceptions Management of the Wait Experience. In Handbook of Services Marketing and Management, ed. Teresa A. Swartz and Dawn Iacobucci, Thousand Oakes, CA: Sage Publications, 171-189, 2000.
- [7] Hui, M. K., Tse, D. K., What to Tell Consumers in Waits of Different Lengths: An Integrative Model of Service Evaluation. Journal of Marketing, 60, 81-90, 1996.
- [8] Hui, M. K., Zhou, L., How Does Waiting Duration Information Influence Customers' Reactions to Waiting for Services? Journal of Applied Social Psychology, 26 (19), 1702-1717, 1996.
- [9] Hall, R. W., Passenger Waiting Time and Information Acquisition Using Automatic Vehicle Location for Verification. Transportation Planning and Technology, 24 (3), 249-269, 2001.

- [10] Jolliffe, J. K., Hutchinson, T. P., A Behavioral Explanation of the Association Between Bus and Passenger Arrivals at a Bus Stop. *Transportation Science*, 9 (4), 248–282, 1975.
- [11] Fonzone, A., Schmöcker, J.D., Liu, R., A Model of Bus Bunching under Reliability-Based Passenger Arrival Patterns. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 59 (October), 164-182, 2015.
- [12] He, S.X., An Anti-Bunching Strategy to Improve Bus Schedule and Headway Reliability by Making Use of the Available Accurate Information. *Computers & Industrial Engineering*, 85 (July), 17-32, 2015.
- [13] Moreau, A., Public Transport Waiting Times as Experienced by Customers: Marketing Research Involving the Grenoble System. *Public Transport International*, 41 (3), 52-68, 1992.
- [14] Casey, R. P., Lawrence, N. L., Moniz, L., Royal, J. W., Sheehan, M., Sheehan, T., Advanced Public Transportation Systems: The State of the Art, Research and Special Programs Administration Volpe National Transportation Systems Center Office of System and Economic Assessment Operations Assessment Division, Cambridge, MA, 2000.
- [15] U. S. Department of Transportation (USDOT), Developing Traveller Information Systems Using the National its Architecture. *Intelligent Transportation Systems Joint Program Office*, Washington DC, 1998.
- [16] Marks, J., How Transit Agencies are Leveraging the Web for Traveller Information. *Newsletter of the ITS Cooperative Deployment Network*, 2001.
- [17] Abdelfattah, A., Ata, M. K., Models for Predicting Bus Delays. *Transportation Research Record*, 1623, 8-15, 1998.
- [18] Lehtonen, M., Kulmala, R., The Benefits of a Pilot Implementation of Public Transport Signal Priorities and Real-Time Passenger Information. Paper presented at the *Inform Norden International Conference*, Tampere, Finland, 2001.
- [19] Coogan, M. A., Recent Developments in Integrated Passenger Information Systems in North America. Paper presented at the *3rd UITP Conference on Travel Information*, Gothenburg, Sweden, 2003.
- [20] Dziekan, K., *Customer Perceptions and Behavioural Responses to it Based Public Transport Information*, Stockholm, Sweden: Infrastruktur, 2004.
- [21] Kronborg, P., Anders, L., Eva, S., *Fungera Transportinformatik i Praktiken? 14 Fallstudier i Syfte att Undvika Misstag i Framtiden*, Stockholm: TFK, 2002.
- [22] Infopolis2, *Review of Current Passenger Information Systems, Advanced Passenger Information for European Citizens of 2000*, 1998.
- [23] Stradling, S. G., *Transport User Needs and Marketing Public Transport*. *Municipal Engineer*, 151 (1), 23-28, 2002.

- [24] Federal Highway Administration, 2010 Status of the Nation's Highways, Bridges, and Transit: Conditions & Performance. U.S. Department of Transportation, Washington DC, 2010.
- [25] Abdel-Aty, M. A., Using Ordered Probit Modeling to Study the Effect of ATIS on Transit Ridership. *Transportation Research Part C*, 9, 265–277, 2001.
- [26] Tang, L., Thakuriah, P., Ridership Effects of Real-Time Bus Information System: A Case Study in The City of Chicago. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 22, 146-161, 2012.
- [27] Peng, Z., Oliver, J., Assessing Means of Transit Information Delivery for Advanced Public Transportation Systems. *Journal of the Transportation Research Board*, 1428, 99, 1999.
- [28] Hickman, M., Wilson, N., Passenger Travel Time and Path Choice Implications of Real-Time Transit Information. *Transportation Research Part C* 3 (4), 211-226, 1995.
- [29] Schweiger, C., Real Time Bus Arrival Information Systems. *Transportation Research Board Transit Cooperative Research Programme Synthesis* 48, 2003.
- [30] Forsyth, E., Silcock, D., Real Time Information for Passengers on the London Underground. *PTRC SAM Seminar J*, 157-171, 1985.
- [31] Liu, R., Sinha, S., Modelling Urban Bus Service and Passenger Reliability. *The Third International Symposium on Transportation Network Reliability (INSTR)*, Hague, Netherlands, 2007.
- [32] Abkowitz, M., Slavin, H., Waksman, R., English, L., Wilson, N., *Transit Service Reliability Report*. USDOT Transportation Systems Center, Cambridge, MA, 1978.
- [33] Chen, X., Yu, L., Zhang, Y., Guo, J., Analyzing Urban Bus Service Reliability at the Stop, Route, and Network Levels. *Transportation Research Part A*, 43, 722-734, 2009.
- [34] Turnquist, M. A., Bowman, L. A., The Effects of Network Structure on Reliability of Transit Service. *Transportation Research*, 14B, 79-86, 1980.
- [35] Murat, Y. S., Uludag, N., Bulanık Mantık ve Lojistik Regresyon Yöntemleri ile Ulaşım Ağlarında Rota Seçim Davranışının Modellenmesi. *Teknik Dergi*, 19 (2), 4363-4379, 2008.
- [36] *Transit Cooperative Research Program (TCRP), Transit Capacity and Quality of Service Manual*. Second Ed., TCRP Report 100, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, 2003.
- [37] Kittelson & Associates Inc., Urbitran Inc., LKC Consulting Services Inc., MORPACE International Inc., Queensland University of Technology, Nakanishi, Y., *TCRP Report 88: A Guidebook for Developing a Transit Performance Measurement System*. TRB, Washington, D.C., 2003.
- [38] Polus, A., Modelling and Measurements of Bus Service Reliability. *Transportation Research*, 12, 253-256, 1978.

- [39] Bates, J., Polak, J., Jones, P., Cook, A., The Valuation of Reliability for Personal Travel. *Transportation Research Part E*, 37, 191-229, 2001.
- [40] Strathman, J., Dueker, K., Kimpel, T., Gerhart, R., Turner, K., Taylor, P., Callas, S., Griffin, D., Automated Bus Dispatching, Operations Control and Service Reliability: The Initial Trimet Experience. *TransNow Report*, 1999.
- [41] Özuysal, M., Çalışkanelli S.P., Tanyel, S, Otobüs Duraklarındaki Yolcu İniş-Biniş Zamanları Üzerine Bir Tartışma. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (6), 460-467, 2016.
- [42] Özuysal, M., Tanyel, S., Induced Travel Demand in Developing Countries: Study on State Highways in Turkey. *ASCE - Journal of Urban Planning and Development*, 134 (2), 78-87, 2008.