



Mekân-Zamansal Veri Madenciliği Yöntemi ile Otobüs Durak İhlallerinin Tespiti

Murat Taşyürek^{1*}

^{1*} Kayseri Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5623-8577), murattasyurek@kayseri.edu.tr

(2nd International Conference on Access to Recent Advances in Engineering and Digitalization (ARACONF)-10–12 March 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.899717)

ATIF/REFERENCE: Taşyürek, M. (2021). Mekân-Zamansal Veri Madenciliği Yöntemi ile Otobüs Durak İhlallerinin Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (24), 449-454.

Öz

Otobüsler, nüfus yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde günlük hayatta sıklıkla kullanılan toplu taşımacılığının en önemli bileşenlerinden birisidir. Ulaşım için otobüsleri kullanan birçok insan otobüs durak ihlallerinden dolayı günlük hayat planlamasında işe geç kalma veya eve geç kalma gibi problemler yaşamaktadır. Bu problemi yaşayan insanlar genellikle ilgili belediyenin çağrı merkezi veya web sitesi üzerinden durak numarası ve otobüs hattı gibi bilgiler ile şikâyet talebi oluşturur. İlgili belediye talebi inceleyerek gerçekte bir durak ihlali olup olmadığını tespit eder ve durak ihlali varsa ona göre aracı kullanan şoföre belirlenen kurallar çerçevesinde yaptırım uygular. Bu durum, durakta bekleyen gerçek bir vatandaş var ise ve ilgili vatandaş talep oluşturursa tespit edilmekte ve vatandaş tarafından da bir mağduriyet ve onun sonucunda ilgili belediye hizmetlerinden memnuniyetsizlik oluşmaktadır. Bu sorunların oluşmaması için otobüs durak ihlallerinin herhangi bir şikâyet talebi gelmeden tespit edilmesi ve durak ihlalinin tekrarlanmaması için gerekli işlemlerin yapılması önem arz etmektedir. Otobüs durak ihlallerinin tespiti otobüste bulunan cihazların gönderdiği GPS sinyallerinin yanlış konumu göstermesi veya GPS sinyallerini düzenli olarak göndermemesinden kaynaklı zor bir problemdir. Literatürde otobüs durak ihlallerinin tespiti için veri madenciliği yöntemlerinden birliktelik kuralı tabanlı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, otobüs durak ihlallerinin tespiti için birliktelik kuralı tabanlı mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntemin performansı gerçek veriler üzerinde birliktelik kuralı tabanlı mekânsal veri madenciliği yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, Kayseri Büyükşehir Belediyesine ait 800 adet farklı otobüs hattının güzergâh verileri, bu hatlarda çalışan araçların mekân-zamansal GPS verileri ve 6482 adet otobüs durağının konum verileri kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, birliktelik kuralı tabanlı mekân-zamansal veri madenciliği yaklaşımının mekânsal veri madenciliği yaklaşımına göre daha tutarlı ve doğru sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Mekânsal veriler, Mekân-zamansal veri madenciliği, Otobüs durak ihlali.

Determination of Bus Station Violations with Spatial-Temporal Data Mining Method

Abstract

Buses are one of the most important components of public transportation, which is frequently used in daily life in cities with high population density. Many people who use buses for transportation experience problems such as being late for work or being home late due to daily life planning due to bus station violations. People who have this problem usually create a complaint request through the relevant municipality's call center or website with information such as station and route number. The relevant municipality examines the request and determines whether there is a real violation of the station and if there is the station violation, it imposes sanctions on the driver who uses the vehicle according to the determined rules. This situation is determined if there is a real citizen waiting at the

* Sorumlu Yazar: murattasyurek@kayseri.edu.tr

station and the relevant citizen creates a request, and there is a grievance on the part of the citizen and dissatisfaction with the relevant municipal services as a result. In order to prevent these problems, it is important that the bus station violations are detected before any complaint is requested and the necessary actions are taken to prevent the station violation from being repeated. Detection of bus station violations is a difficult problem due to the GPS signals sent by the devices on the bus showing the wrong location or not sending the GPS signals regularly. In the literature, association rule-based methods, one of the data mining methods, are used to detect bus station violations. In this study, an association rule-based spatio-temporal data mining method is proposed to detect bus station violations. The performance of the proposed method has been compared with the association rule based spatial data mining method on real data. In this study, route data of 800 different bus routes belonging to Kayseri Metropolitan Municipality, spatial-temporal GPS data of vehicles operating on these routes and location data of 6482 bus stations were used. Experimental results show that the association rule-based spatial-temporal data mining approach gives more consistent and accurate results than the spatial data mining approach.

Keywords: Spatial data, Spatio-temporal data mining, Bus station violation.

1. Giriş

Otobüsler, nüfus yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde günlük hayatta sıklıkla kullanılan toplu taşımacılığının en önemli bileşenlerinden birisidir (Taşyürek ve ark., 2020). Ulaşım için otobüsleri kullanan birçok insan otobüs durak ihlalinin dolayısıyla günlük hayat planlamasından işe geç kalma veya eve geç kalma gibi problemler yaşamaktadır (Doğan ve ark., 2017). Toplu ulaşımda bekleme süresi, yolcuların algıladığı hizmet seviyesinin en önemli göstergelerinden biridir. Bu problemi yaşayan insanlar genellikle ilgili belediyenin çağrı merkezi veya web sitesi üzerinden durak numarası ve otobüs hattı gibi bilgiler ile şikâyet talebi oluşturur. İlgili belediye talebi inceleyerek gerçekte bir durak ihlali olup olmadığını tespit eder ve durak ihlali varsa ona göre aracı kullanan şoföre belirlenen kurallar çerçevesinde yaptırım uygular. Bu durum, durakta bekleyen gerçek bir vatandaş var ise ve ilgili vatandaş talep oluşturursa tespit edilmekte ve vatandaş tarafında da bir mağduriyet ve onun sonucunda ilgili belediye hizmetlerinden memnuniyetsizlik oluşmaktadır. Bu sorunların oluşmaması için otobüs durak ihlallerinin herhangi bir şikâyet talebi gelmeden tespit edilmesi ve durak ihlalinin tekrarlanmaması için gerekli işlemlerin yapılması önem arz etmektedir. Otobüs durak ihlalinin tespiti otobüste bulunan cihazların gönderdiği GPS sinyallerinin yanlış konumu göstermesi veya GPS sinyallerini düzenli olarak göndermemesinden kaynaklı zor bir problemdir.

Literatürde otobüs durak ihlallerinin tespiti için veri madenciliği yöntemlerinden birliktelik kuralı tabanlı yöntemler kullanılmaktadır (Kargupta, 2013; ve Samerei ark., 2020; Xydas ve ark., 2013). Veri madenciliği, büyük ölçekli veriler arasında değerli, ilginç ve anlamlı bilgileri çeşitli yöntem ve teknikler yardımıyla tespit edilmesi olarak tanımlanır (Taşyürek ve ark., 2020). Veri madenciliği yöntemleri mekânsal, zamansal ve mekân-zamansal olarak kendi içerisinde gruplandırılabilir (Shekhar ve ark., 2008; Taşyürek ve ark., 2021). Mekânsal veri madenciliği konum (spatial) bilgilerini içeren veri kümelerine veri madenciliği yöntemleri uygulayarak konumlar ile ilgili faydalı bilgilerin ortaya çıkarılması olarak ifade edilir (Taşyürek ve ark., 2020). Zamansal veri madenciliği; zaman bilgileri içeren veri kümelerinde zamana bağlı veriler içerisinden anlamlı bilgiler çıkarmayı amaçlar (Mitsa, 2010). Mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi ise konum ve zaman bilgilerini içeren veri kümelerinden veri madenciliği yöntemleri ile örüntü ve bilgi keşfetme olarak tanımlanır (Compieta ve ark., 2007). Bu çalışmada, otobüs durak ihlallerinin tespiti için birliktelik kuralı tabanlı mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi önerilmiştir. Bu çalışmada önerilen sistemde Oracle veri tabanında gerçek veri olarak Kayseri Büyükşehir Belediyesi'ne (KBB) ait farklı

otobüs hatlarının güzergâh verileri, bu hatlarda çalışan araçların mekân-zamansal GPS verileri ve otobüs duraklarının konum verileri kullanılmıştır.

Bu çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde mekân-zamansal veri madenciliği modeli tanıtılmış, otobüs GPS verilerinin mekân-zamansal olarak tutulduğu veri kümesinde durak ihlal tespiti tartışılmış ve sonuçlar bölümünde ise yapılan deney sonuçları ve uygulama paylaşılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi otobüs durak ihlallerinin tespiti için mekân ve zaman bilgilerini içeren gerçek veri kümesinde kullanılmıştır. Bu nedenle öncelikle mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi tanıtılacak ve daha sonra ise bu yöntem ile otobüs durak ihlali tespit işlemleri tartışılacaktır.

2.1. Mekân-zamansal Veri Madenciliği Yöntemi

Mekânsal veri madenciliği konum (spatial) bilgilerini içeren veri kümelerine veri madenciliği yöntemleri uygulayarak konumlar ile ilgili faydalı bilgilerin ortaya çıkarılması olarak ifade edilir (Taşyürek ve ark., 2020). Zamansal veri madenciliği; zaman bilgileri içeren veri kümelerinde zamana bağlı veriler içerisinden anlamlı bilgiler çıkarması, mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi ise konum ve zaman bilgilerini içeren veri kümelerinden veri madenciliği yöntemleri ile örüntü ve bilgi keşfetme olarak tanımlanır (Mitsa, 2010; Compieta ve ark., 2007). Mekânsal, zamansal ve mekân-zamansal veri madenciliği yöntemleri veri madenciliği yöntemleri üzerine kuruludur. En yaygın kullanılan veri madenciliği yöntemlerinden bir tanesi de birliktelik kuralıdır (Koperski ve ark., 1995). Olayların birlikte gerçekleşme durumlarını çözümlen veri madenciliği yöntemi olarak tanımlanan birliktelik kuralı önceki verilerin analiz edilerek bu veriler içindeki birliktelik davranışlarının tespit edilmesi ile geleceğe yönelik çalışmalar yapılmasını destekleyen bir yöntemdir. Birliktelik kuralı tabanlı veri madenciliği yöntemi, sık geçen bütün öğelerin bulunması ve sık geçen bu öğelerden güçlü birliktelik kurallarının oluşturulması olarak ifade edilir. Birliktelik kuralının ilk aşaması için genellikle Apriori Algoritması kullanılır (Aflori ve ark., 2007). Algoritma ismini geçmiş verileri incelediğinden dolayı önceki anlamına gelen prior kelimesinden almaktadır (Yuan, 2017). Bu algoritmada özellikler ve veri, mantıksal (boolean) ilişki kuralları ile değerlendirilir (Yabing, 2013). Bu çalışmada Apriori algoritmasının mantıksal ilişki özelliği kullanılarak çözüm üretilmiş ve Bölüm 3.1 ve 3.2'de sunulmuştur.

3. Problem ve Çözümler

Problem, KBB tarafından ulaşım sisteminde çalışan araçların güzergâh ihlallerinin tespit edilmesinde ortaya çıkmıştır. İlk olarak uygulamada, mekânsal veri madenciliği yöntemi birliktelik kuralı uygulanmış ve otobüs durak ihlali tespit edilmeye çalışılmıştır. Ancak, geliştirme aşamasında mekânsal veri madenciliği tabanlı sistemin özellikle otobüsün konum göndermediği durumlarda başarılı sonuçlar üretmediği görülmüştür. Bu noktada, konum verileri zaman bilgilerini içerdiğinden dolayı mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi birliktelik kuralı tabanlı bir yöntem önerilmiş ve otobüs durak ihlalleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

3.1. Mekânsal Veri Madenciliği Yöntemi

Yapılan incelemeler sonucunda otobüs hat numarası, hat güzergâhı, araç numarası, otobüs durak numarası ve durak konumu bilgilerinin normalizasyon işlemleri ile oracle veri tabanında mekânsal veri tablolarında tutulduğu tespit edilmiştir. Verilerin tutulduğu tablolar aşağıda gösterilmiş, tablo isimleri kalın renkli, birincil anahtar altı çizili, ikincil anahtarlar ise italik olarak sunulmuştur:

- **OtoDurak** (DurakNo, *Adi*, Geometri)
- **Hat** (HatNo, *Adi*, Geometri)
- **Arac** (AracNo, *Plaka*, *Turu*)
- **AracHatKonum** (AracNo, HatNo, *Geometri*, *Tarih*, *BirOncekiKonumZamanFarki*)
- **OtoHatDurak** (HatNo, DurakNo, *SıraNo*)

OtoDurak tablosu durak numarasının, durak adının ve durak konumunun geometri veri tipi olarak nokta türünde tutulduğu mekânsal bir tablodur. Hat tablosu, ulaşım sisteminde çalışan seferlerinin hat numarasının, güzergâh isminin ve güzergâh geometrik verisinin çizgi (line) formatında tutulduğu mekânsal tablodur. Arac tablosu ulaşım sisteminde çalışan araçların araç numarasının, plakasının ve aracın tür bilgisinin tutulduğu tablodur. AracHatKonum tablosu ulaşım sisteminde çalışan aracın hangi hatta çalıştığını bilgisinin mekânsal olarak tutulduğu en önemli tablodur. Bu tabloda araç numarası, hat numarası, aracın o an için nerede olduğunun konumu geometrik veri tipi olarak nokta formatında ve zaman bilgisi saniye bilgi detayıyla tutulmaktadır. OtoHatDurak tablosu ise bir hat güzergâhında bulunan durak bilgilerinin tutulduğu tablodur. Bu

tabloda hat numarası, durak numarası ve hattın sırası ile hangi duraklara uğrayacağını bilgisi sıra numarası ile tutulmaktadır.

Mekânsal veri madenciliği birliktelik yöntemi ile otobüs durak ihlali tespit edilirken öncelikte aracın çalıştığı hattın güzergâhında olması gerekmektedir. Şekil 1’de gösterilen sorgu aracın hatta olup olmadığını göstermektedir. Burada mekânsal veri madenciliği yöntemlerinden olan birliktelik kuralının mantıksal (boolean) özelliği kullanılmaktadır. Hat üzerinde çalışan aracın konumu hatta 30 metre mesafeden daha yakınsa aracın o hatta çalıştığı kabul edilmektedir yani bu durumda araç ve hat birliktedir. Bu kural oracle veri tabanının mekânsal sorgularından olan Şekil 1’de gösterilen “SDO_GEOM.WITHIN_DISTANCE” mantıksal fonksiyonu ile sağlanmaktadır. Şekil 1’de bulunan sorguda geçen “PARAM_ARACNO” parametresi güzergâh ihlali tespiti için incelenen aracın araç numarasını ifade etmektedir.

İncelenen araç otobüs güzergâhında çalışıyor ise bu durumda aracın duraklara uğrayıp uğramadığının tespit edilmesi gerekmektedir. Bu durumda Şekil 2’de bulunan sorgu ile tespit edilmektedir. Bu sorguda da mekânsal veri madenciliği yöntemi mantıksal birliktelik kuralı uygulanmaktadır. Hatta çalışan araç hatta bulunan duraklara 200 metreden daha yakın mesafede bulunmuş ise bu araç duraklara uğradı olarak kabul edilmektedir. Burada mesafenin 200 metre seçilmesine KBB ile yapılan görüşmeler neticesinde karar verilmiştir. KBB tarafından kullanılan ulaşım sisteminde araçlar 7 saniye aralıklara konum göndermektedir (Taşyürek ve ark., 2020). Bu da yaklaşık olarak durağın 100 metre öncesi veya 100 metre sonrasında gelebilmektedir ve bu durumları durak ihlali tespit etmemesi için 200 metre eşik değer olarak seçilmiştir. Bir araç durağa 200 metreden daha yakın konumda bulunmuş ise araç durağa uğramıştır ve mekânsal veri madenciliği açısından ise araç ile durak birliktedir. Sistemde incelenen aracın uğraması gereken bütün duraklardan uğramış olduğu duraklar çıkartıldığında aracın uğramadığı duraklar tespit edilmektedir.

3.2. Mekân-zamansal Veri Madenciliği Yöntemi

Mekânsal veri madenciliği yöntemi ile önerilen çözüm, ulaşım sisteminde çalışan araçların düzenli olarak konum gönderdiğinde başarılı sonuçlar üretmesine rağmen kırsal kesim gibi arazi şartlarının uygun olmadığı yerlerde araçların konum göndermediğinde, anlık konum kaybında veya hava şartlarından

```
SELECT * FROM HAT H, ARACHATKONUM K
WHERE K.ARACNO =PARAM_ARACNO
AND H.HATNO = K.HATNO
AND SDO_GEOM.WITHIN_DISTANCE (K.GEOMETRI ,H.GEOMETRI , 'distance=30 ')='TRUE '
```

Şekil 1 Araç Hat Sorgusu

```
SELECT * FROM OTODURAK D, ARACHATKONUM K, OTOHATDURAK H
WHERE K.ARACNO =PARAM_ARACNO
AND H.HATNO = K.HATNO
AND H.DURAKNO = D.DURAKNO
AND SDO_GEOM.WITHIN_DISTANCE (K.GEOMETRI ,D.GEOMETRI , 'distance=200 ')='TRUE '
```

Şekil 2 Araç Durak Sorgusu

kaynaklı konum gönderme durumunda istenilen sonuçları elde edilememiştir. Örneğin araç iki dakika gibi bir zaman aralığında konum göndermediğinde mekânsal veri madenciliği yöntemi öncelikle aracın uğradığı durakları tespit edecek daha sonrada uğraması gereken duraklardan uğradı durakları çıkararak uğramadığı durakları tespit edecektir. Fakat iki dakika boyunca konum göndermediği ancak gerçekte araç tarafından uğranan duraklar bu yöntemde aracın uğramadığı duraklar olarak gösterilmektedir. Bu sorunun üstesinden gelmek için dolayısı ile araç konum göndermediğinde durak ihlali olarak algılanmasının önüne geçmek için mekân-zamansal veri madenciliği birliktelik kuralı tabanlı bir çözüm önerilmiştir. Mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi mantıksal birliktelik kuralı ulaşım sistemine uygulandığı zaman aracın mekânsal ve zamansal veri madenciliği yönteminin kurallarını aynı anda sağlaması gerekmektedir. KBB ile yapılan görüşmeler neticesinde araçlar 7 saniye aralıkla konum gönderdiğinden ve aracın durağa uğramış olarak kabul edilmesi için durağa 200 metre mesafeden daha yakın olması gerektiğinden dolayı zamansal veri madenciliği şartı 30 saniye olarak alınmıştır. Mekân-zamansal veri madenciliği yönteminde durak ihlalinin tespiti için aracın göndermiş olduğu konumların zaman farkları en az 30 saniye olmalıdır. Diğer bir ifade ile aracın göndermiş olduğu iki konum arasındaki zaman farkı 30 saniyeden daha fazla ise bu araçta durak ihlali aranmamalıdır. Mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi açısından aracın göndermiş olduğu bütün konumlar arasındaki zamansal mesafe 30 saniyeden daha küçük ise bu konumlar zamansal açıdan birliktedir. Zamansal birlikteliği gösteren bu kural Şekil 3'te gösterilmiştir.

```
SELECT COUNT(*) AS ADET FROM ARACHATKONUM K
WHERE K.ARACNO =PARAM_ARACNO
AND BIRONCEKIKONUMZAMANFARKI > 30
```

Şekil 4 Zamansal Birliktelik Sorgusu

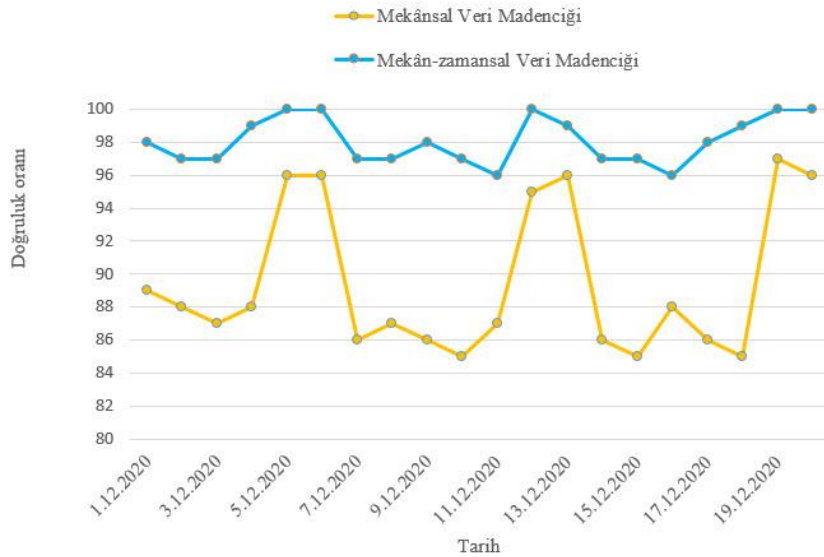
Mekân-zamansal veri madenciliği yönteminde öncelikle Şekil 3'te bulunan sorgu çalıştırılır. Bu sorguda dönen değerler sıfır olması gerekmektedir. Değer sıfır döndüğünde mekân-zamansal veri madenciliği açısından tüm konumlar zamansal açıdan birliktedir. Bu kural sağlandıktan sonra Şekil 1 ve 2'de bulunan konumların mekânsal olarak birlikte olduğunu gösteren sorgular çalıştırılır. Bu üç sorgu sayesinde mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi ile otobüs durak ihlali tespit edilir.

4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada KBB'den alınan gerçek mekânsal ulaşım verileri kullanılmıştır. KBB'ye ait verilerin özet bilgisi Tablo 1'de gösterilmiştir. Tablo 1'de KBB'ye ait 800 adet farklı otobüs hat güzergâhının, güzergâhın geçtiği durakların ve bu güzergâhta çalışan araçların mekân-zamansal verileri hakkında bilgi sunulmuştur. KBB tarafından 2020 yılı aralık ayına ait veriler paylaşılmıştır. Bu zaman içerisinde veri tabanında araçların konum geçmişini gösteren yaklaşık olarak 82.000.000 kayıt bulunmaktadır.

Tablo 1. KBB Mekânsal Veriler

Tablo Adı	Geometrik Veri Tipi	Kayıt Sayısı
OtoDurak	Nokta	6.482
Hat	Çizgi	800
AracHatKonum	Nokta	82.000.000
OtoHatDurak	-	53.317
Arac	-	1.172



Şekil 3 Yöntemlerin Doğruluk Oranı

Bu çalışmada gerçekleştirilen deneyler Intel Xenon E5-2660 V3 2.30 GHz (4 Core) 16 GB Ram 500 GB Sata disk özelliklerine sahip ve Windows Server 2016 sunucu işletim sistemi kurulu olan bir bilgisayar ortamında çalıştırılmıştır.

4.1. Deneysel Sonuçlar

Mekânsal veri madenciliği yöntemi ve mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi ile oluşturulan çözümlerinin sonuçları karşılaştırmak için 2020 yılı aralık ayının ilk yirmi günü için yaklaşımların durak ihlali olarak tespit etmiş olduğu bütün seferler incelenmiştir. Her iki yöntem içinde durak ihlali olarak tespit ettiği seferlerin gerçekten ihlal olup olmadığı harita üzerinde aracın göndermiş olduğu konumlar kontrol edilerek araştırılmıştır. Yöntemlerin doğruluk oranı Şekil 4'te verilmektedir. Şekilde yöntemlerin doğru tespit ettiği sefer sayısının toplam tespit sefer sayısına oranı doğruluk oranı olarak belirtilmiştir.

Şekil 4'te görüldüğü üzere mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi mekânsal veri madenciliği yöntemine göre daha başarılı sonuçlar üretmiştir. Mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi zamansal birliktelik incelediğinden dolayı araçların konum göndermediği durumları incelememiş düzenli olarak konum gönderdiği durumları incelenmiş ve bu yüzden durak ihlallerini daha başarılı olarak tespit etmiştir. Mekânsal veri madenciliği yöntemi araçların GPS verilerini göndermediği durumlarda zamansal birlikteliği dikkate almadığından dolayı bu seferleri durak ihlali olarak tespit etmektedir. Deneysel sonuçlar incelendiğinde bazı günlerde yaklaşımların başarı oranlarının birbirlerine yakın olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi ise covid-19 salgınının yayılmasını önlemek için sokağa çıkma yasağı ilan edilmesinden dolayı o gün düzenlenen sefer sayılarının az olmasıdır.

4.2. Durak İhlal Tespit Uygulaması

Önerilen mekân-zamansal veri madenciliği tabanlı yaklaşım KBB'nin kurumsal portal sayfasında aktif olarak

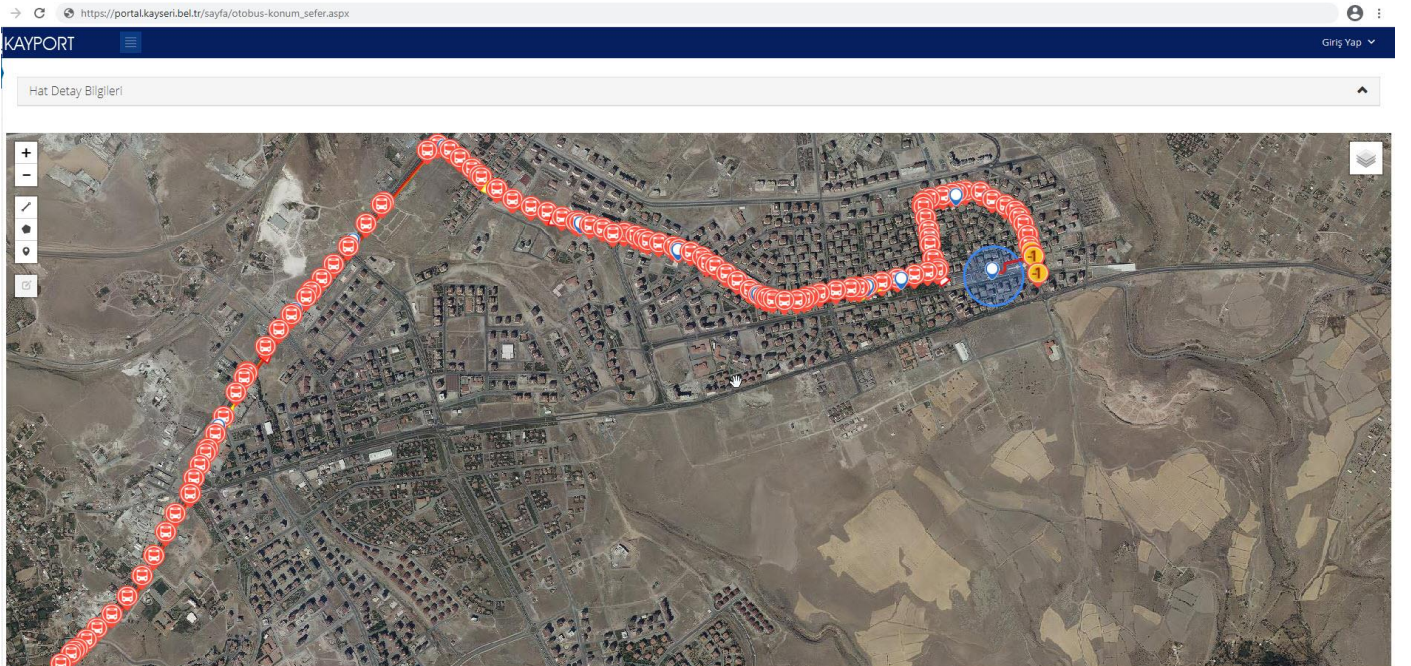
kullanılmaktadır. İlgili sayfaya kurum içerisinde yetkilendirilen personeller erişebilmektedir. Şekil 5'te KBB tarafından kullanılan ve sistem tarafından tespit edilen durak ihlali gösterilmiştir. Şekil 5'te görüldüğü üzere araç tarafından düzenli olarak GPS verileri gönderilmektedir. Fakat araç ana duraktan hareket etmesi gerekirken ana durağa uğramadan direkt sefere başlamıştır. Önerilen sisteme aracın uğramadığı durak mavi renkle çizili çember içerisinde gösterilmektedir.

5. Sonuç

Mekânsal ve mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Konum verilerinin zamanla ilişkisinin olduğu veya zaman göre değiştiği durumlarda mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi mekânsal veri madenciliği yöntemine göre daha başarılı sonuçlar üretmektedir. Bu çalışmada, ulaşım sistemine çalışan araçların göndermiş olduğu GPS verilerinin mekân ve zaman bilgileri ile birlikte tutulduğu mekânsal veri tabanında otobüs durak ihlallerinin mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi ile tespit edilmesi için sistem önerilmiştir. Önerilen mekân-zamansal veri madenciliği tabanlı sistemin çözümünün performansı mekânsal veri madenciliği tabanlı sistemin çözümünün performansı ile KBB'den alınan gerçek veriler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar mekân-zamansal veri madenciliği yöntemi ile geliştirilerek önerilen çözümün mekânsal veri madenciliği yöntemi ile geliştirilen çözüme göre daha iyi sonuçlar ürettiğini göstermiştir.

6. Teşekkür

Bu çalışma kapsamında kullanılan ulaşım sistemine ait otobüs hatlarının ve durakların mekânsal konum verilerini ve ulaşım araçların mekân-zamansal GPS verilerini paylaştığı için Kayseri Büyükşehir Belediyesi'ne (KBB) teşekkürlerimi sunarım.



Şekil 5 KBB Durak İhlal Tespiti

Kaynakça

- Aflori, C., & Craus, M. (2007). Grid implementation of the Apriori algorithm. *Advances in engineering software*, 38(5), 295-300.
- Compieta, P., Di Martino, S., Bertolotto, M., Ferrucci, F., & Kechadi, T. (2007). Exploratory spatio-temporal data mining and visualization. *Journal of Visual Languages & Computing*, 18(3), 255-279.
- Doğan, G., Özuysal, M. (2017). Toplu Ulaşımında Bekleme Süresini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi: Güvenilirlik, Yolcu Bilgilendirme Sistemi ve Fiziksel Koşullar. *Teknik Dergi*, 28 (3), 7927-7954. DOI: 10.18400/tekderg.307513
- Kargupta, H. (2013). U.S. Patent No. 8,478,514. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Koperski, K., & Han, J. (1995, August). Discovery of spatial association rules in geographic information databases. In *International Symposium on Spatial Databases* (pp. 47-66). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Mitsa, T. (2010). *Temporal data mining*. CRC Press.
- Samerei, S. A., Aghabayk, K., Mohammadi, A., & Shiwakoti, N. (2020). Data mining approach to model bus crash severity in Australia. *Journal of Safety Research*.
- Shekhar, S., Vatsavai, R. R., & Celik, M. (2008). Spatial and spatiotemporal data mining: Recent advances. *Data mining: next generation challenges and future directions*, 1-34.
- Tasyurek, M., & Celik, M. (2020). RNN-GWR: A geographically weighted regression approach for frequently updated data. *Neurocomputing*, 399, 258-270.
- Taşyürek, M., Çelik, M. (2020). Akıllı Durak Sistemindeki Araç Seyahat Sürelerinin Birleşik Yapay Sinir Ağları Kullanarak Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Special Issue 2020 (ARACONF)*, 72-79. DOI: 10.31590/ejosat.araconf10
- Taşyürek, M. & Çelik, M. (2020). Hava Sıcaklık Değerlerinin Coğrafi ve Rakım Ağırlıklı Regresyon Yöntemi ile Tahmin Edilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Special Issue 2020 (HORA)*, 81-86. DOI: 10.31590/ejosat.779074
- Taşyürek, M., & Çelik, M. (2021). FastGTWR: Hızlı coğrafi ve zamansal ağırlıklı regresyon yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(2), 715-726.
- Xydas, S., Marmaras, C. E., Cipcigan, L. M., Hassan, A. S., & Jenkins, N. (2013). Electric vehicle load forecasting using data mining methods.
- Yabing, J. (2013). Research of an improved apriori algorithm in data mining association rules. *International Journal of Computer and Communication Engineering*, 2(1), 25.
- Yuan, X. (2017, March). An improved Apriori algorithm for mining association rules. In *AIP conference proceedings* (Vol. 1820, No. 1, p. 080005). AIP Publishing LLC.