

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 3, Issue: 1, p. 1-21, 2020

AKILLI ŞEHİRLER KAPSAMINDA YAPAY ZEKÂ TEKNİKLERİ KULLANARAK ETKİN ULAŞIM PLANLARININ OLUŞTURULMASI ŐZERİNE BİR MODEL ÖNERİŐİ

A MODEL PROPOSAL ON THE PREPARATION OF EFFECTIVE TRANSPORTATION PLANS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES WITHIN THE CONTEXT OF SMART CITIES

Onur BAŐKAYA¹
Balca AĖAŐSAPAN²
Alper ŐABUK³

(Received 09.08.2019 Accepted 15.02.2020) - Research Article

Özet

Akıllı Şehirler kapsamında her Şehir için farklı konularda ŐalıŐmalar yapılabilirken, ulaşım hizmetinin bütün akıllı Şehir örneklerinde oldukça önemli olduğu görölmüŐtür. Ulaşım hizmetinin akıllı Şehir kapsamında değerlendirilebilmesi için ulaşım planlanmasının etkin olarak hazırlanması gerekmektedir. Ulaştırma sistemlerinin etkin bir Şekilde kullanımını sağlayabilmek amacıyla hazırlanan Toplu Ulaşım Ana Planları, uzman kişiler tarafından belirli periyotlarda hazırlanmaktadır. Bu ŐalıŐmada, ulaŐıma etki eden faktörlerin ve parametrelerin dinamik bir yapıda toplanarak yapay zekâ teknikleri analizleri neticesinde otomatik planların hazırlanması ve etkin toplu ulaşım faaliyetlerinin yürütölmesi ile çevre kirliliğine, trafik yoğunluğuna, yüksek maliyet problemlerine Çözüm getirilmesi, bunun sonucunda, belirli periyotlarda hazırlanan ulaşım planlaması iş yükü ve maliyetinin azaltılması hedeflenmektedir. GerĖekleŐen ulaşım hareketlerinin kayıt altında tutulması ile ileride oluşacak olan ulaşım hareketlerinin analizi yapılabilecek ve gelecekte gerĖekleŐmesi beklenen ulaşım hareketlerinin düşük bir yanılma payı ile yaklaşık olarak

¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, onurbaskaya@eskisehir.edu.tr

² Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, bagacsapan@eskisehir.edu.tr

³EskiŐehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Faköltesi, Mimarlık Bölümü, Restorasyon Anabilim Dalı, acabuk@eskisehir.edu.tr

Başkaya, O. & Ağaçsapan, B. & Çabuk, A. (2020). Akıllı Şehirler Kapsamında Yapay Zekâ Teknikleri Kullanarak Etkin Ulaşım Planlarının Oluşturulması Üzerine Bir Model Önerisi. GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST), 3 (1): 1-21.

tahmin edilerek ulaşım planlanmasının somut bir bilgiye bağlı kalarak yapılması amaçlanmaktadır.

Anahtar sözcükler: Akıllı şehir, Yapay zekâ, Coğrafi bilgi sistemleri, Ulaşım planı, Etkin ulaşım.

Abstract

While it is possible to work on different topics for each city within the scope of smart cities, it is seen that transportation service is very important in all smart city examples. In order to evaluate the transportation service within the scope of smart city, transportation planning must be prepared effectively. The Public Transportation Master Plans, which are prepared in order to ensure the efficient use of transportation systems, are prepared by experts in certain periods. In this study, by gathering the factors and parameters affecting the transportation in a dynamic structure, preparing automatic plans as a result of artificial intelligence techniques, and carrying out effective public transportation activities, solving environmental pollution, traffic density, high cost problems, and consequently, transportation planning workload prepared in certain periods so reduce cost. It is aimed to carry out the transportation planning by adhering to a concrete information by keeping a record of the realized transportation movements and to analyze the transportation movements that will occur in the future and to estimate the transportation movements that will be realized in the future with a low margin of error.

Keywords: Smart city, Artificial intelligence, Geographical information systems, Transportation planning, Effective transportation.

Başkaya, O. & Ağaçsapan, B. & Çabuk, A. (2020). Akıllı Şehirler Kapsamında Yapay Zekâ Teknikleri Kullanarak Etkin Ulaşım Planlarının Oluşturulması Üzerine Bir Model Önerisi. GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST), 3 (1): 1-21.

Bu makale, birinci yazar Onur BAŞKAYA'nın "Başkaya O., Akıllı Şehirler Kapsamında Yapay Zekâ Teknikleri Kullanarak Etkin Ulaşım Planlarının Oluşturulması Üzerine Bir Model Önerisi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir Teknik Üniversitesi" yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Ulaşım, insan veya nesnelerin yer değiştirmesi (bulunduğu yerden farklı bir yere aktarılması) ve bunun organize edilmesidir. Yer değiştirmenin yanında erişebilirliğin de sağlanmasıdır. Ulaşmak ve ulaşılabilir olmak oldukça önemlidir (Ayataç, 2016, 31- 35). Tarihte araç sayı ve teknolojilerindeki yetersizliklerden dolayı zor şartlarda gerçekleştirilen ulaşım hizmeti, günümüzde araçların fazlalığından kaynaklanan, yol ve park alanlarının yetersizliği, hava kirliliği, trafik yoğunluğu, yüksek miktarda enerji tüketimi gibi problemlerle birlikte gerçekleşmektedir (Franklina vd., 2018, 1). Bu problemlerin çözümlenebilmesi için birçok şehirde insanlar toplu taşıma araçlarına yönlendirilmekte ve toplu taşıma araçlarının hatları ve kapasiteleri genişletilmektedir.

İyi yönetilen, yaşayanlara kolaylık sağlayan, sürdürülebilir ve çok yönlü şehir olarak tanımlanmakta olan akıllı şehirlerde ulaşım konusu, özellikle çevre, enerji ve insanların hayatlarının kolaylaştırılmasına etkileri bakımından oldukça önemlidir (Glasmeier ve Nebiolo, 2016, 1122). Bir şehrin akıllı şehir olabilmesi için çok az insan müdahalesi gerektiren ya da hiç gerektirmeden, kendi kendine çalışabilen ve düzeltme yapabilen akıllı teknolojiler kullanılmalıdır (Goodspeed, 2014, 79-92). Ulaşım alanında akıllı teknolojilerin kullanılmasıyla, araçlar etkin bir şekilde kullanılabilir, ulaşım hareketlerini etkileyen faktörler önceden hesaba katılarak dinamik planlar oluşturulabilecektir. Bunun sonucunda trafik yoğunluğu, çevre kirliliği, maliyet ve iş yükü gibi problemler azalacaktır (Ling vd., 2017, 375-379).

Son yıllarda, akıllı teknolojilerin hızlı ilerlemesi ile akıllı şehir kavramı büyük bir ün kazanmış ve birçok şehirde kentsel hizmetlerin iyileştirilmesi için daha bütünsel bir yaklaşım benimsenmeye başlanmıştır. Sınırlı kaynaklarla toplu taşıma hizmeti sağlamaya çalışan şehirler, Akıllı Ulaşım Sistemi yatırımları yapmaya başlamıştır. Akıllı Ulaşım Sistemi'nde mevcut ulaşım altyapısını daha verimli kullanmak amacıyla akıllı teknolojiler kullanılmaktadır. Akıllı Ulaşım Sistemi'nin sonucunda ise ulaşım hizmetleri iyileşmekte, tıkanıklıklar, kazalar ve hava kirliliği azalmaktadır. Bu nedenle Akıllı Ulaşım Sistemi, akıllı ulaşım bileşeni olarak akıllı şehirlerin temel uygulaması haline gelmiştir. 2011 yılında düzenlenen Dünya Ekonomik Forumu'na göre dünya çapında toplam enerji kullanımının yaklaşık beşte biri ve en yükseklerinin ulaştırma hizmetlerinde kullanıldığı belirtilmektedir. Akıllı Ulaşım Sistemi ile sağlanan kentsel ulaşım talep yönetimi, iklim değişikliğini hafifletmek için büyük bir çözüm olarak görülmektedir (Chen vd., 2017, 381-396).

Şehirlerde gün içerisinde gerçekleşen çok sayıdaki ulaşım hareketleri, veri olarak tutulmadığından çeşitli çıkarımlar için kullanılamamaktadır. BİT kullanılarak, hat, durak ve otobüs kapasite bilgilerinin tutulması sonucunda hangi saatlerde yoğunluğun olduğu, hangi kapasitedeki araçların kullanılması gerektiği hesaplanabilir. Tüm ulaşım verilerine ait kayıtlar saklanabilir ve bu kayıtlardan çeşitli çıkarımlar yapılabilir (Neumann, 2017, 494-505). Ulaşım hareket verilerinin coğrafi bilgi sistemleri dâhilinde düzenli bir biçimde toplanması, makine öğrenmesi ve genetik algoritma teknikleri ile ulaşım planlarının etkinliğinin sağlanması, bu verilerin işlenerek karar verme mekanizmasına katkıda bulunması amaçlanmaktadır. Ulaşım

planlamalarının teknoloji yardımıyla insan gücü olmadan yapılması ve etkin olarak yapıldığı için iş yükünün, araç ve yakıt miktarlarının azaltılması hedeflenmektedir. Bahsedilen modelin kullanılması, etkin ulaşım planlanması ve ulaşım hizmeti verilmesinin yanında şehrin yönetimi, karar verme gibi birçok konuda bu verilerin kullanılabilceği görüşünü savunarak şehirler için ulaşım veri tabanı modeli sunmasından dolayı önem arz etmekte ve ulaşım planlarının coğrafi bilgi sistemleri ve yapay zekâ teknikleri ile birlikte yapılmasının gerekliliğini göstermektedir. Ayrıca bu çalışma daha önce birçok rotalama çalışması yapılmasına rağmen toplu ulaşım rota planlaması hakkında yeterli sayıda çalışma yapılmaması nedeniyle önem kazanmakta, araç rotalama problemini toplu taşıma araçları çerçevesinde değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

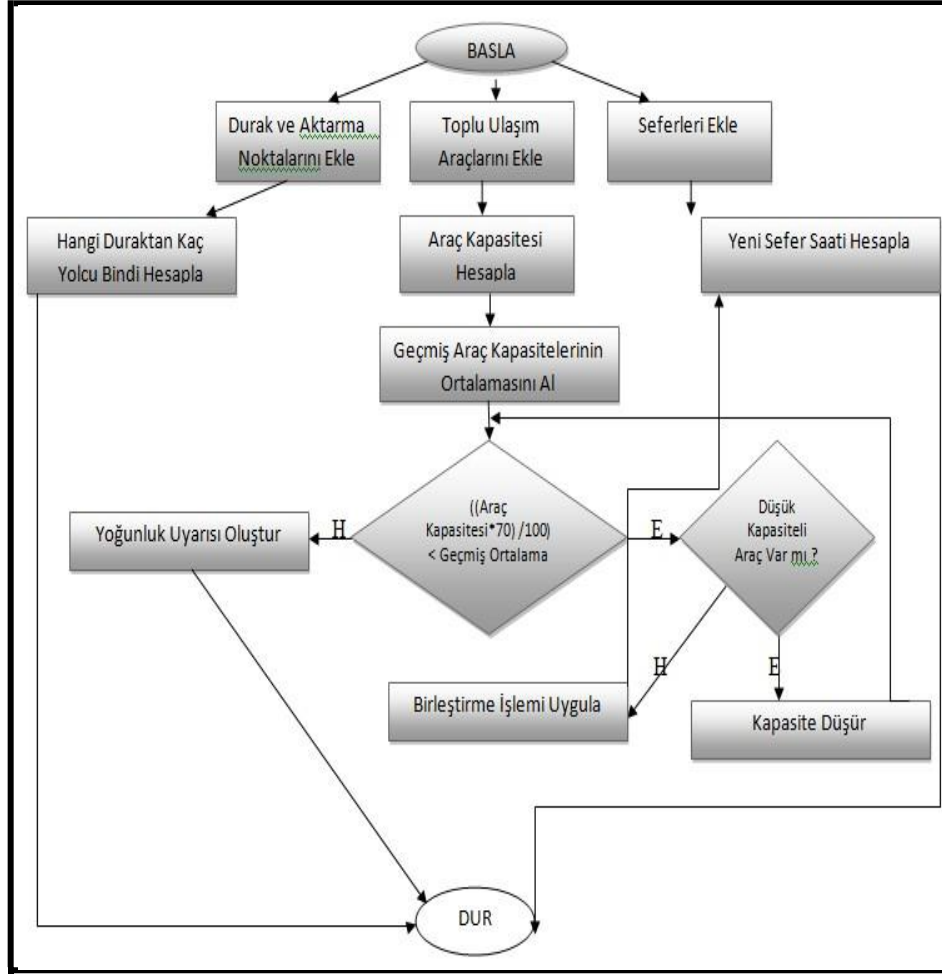
Geçmiş ulaşım verilerinin toplanması ve analiz edilmesi neticesinde dinamik ulaşım planı oluşturmayı hedefleyen çalışmanın modelinde kullanılan materyal, yöntem ve veriler bu bölümde tanımlanmıştır.

2.1. Materyal

Önerilen modelde, Esri Community Analyst, Esri Location Analytics, ArcGIS Network Analyst, ArcGIS Geoevent Extension For Server, ArcGIS Desktop araçları kullanılmıştır. Bu materyallerden Esri Community Analyst, planlama yapılan şehrin bölgeleri için yoğunluk analizi ve yoğunluk haritalarının oluşturulması, Esri Location Analytics, durakların en uygun yerlerde konumlandırılması, ArcGIS Network Analyst, yol ağı içerisinde toplu ulaşım araçları için en uygun hatların oluşturulması amacıyla kullanılmıştır. Araçların validatör ve GNSS cihazlarından alınan verilerin gerçek zamanlı olarak modele aktarılması ve böylece gerçek zamanlı analizlerin yapılabilmesi, durumların anlık olarak takip edilerek gerekli müdahalelerin yapılmasını sağlayabilmek amacıyla ArcGIS GeoEvent Extension for Server kullanılmıştır. ArcGIS Pro ve ArcMap editörleri vasıtasıyla kullanılacak olan diğer araçlar için platform olarak ise ArcGIS Desktop kullanılmıştır. Toplu taşıma araçlarının anlık yoğunluklarının ölçülebilmesi ve bu çerçevede karar verebilmek için (ilave araç göndermek, sefer sayısını azaltmak, sefer saatlerini düzenlemek vb.) iniş kapılarında yolcu sayma sensörü kullanılması gerekmektedir.

2.2. Yöntem

Hatlarda geçmişte yaşanan yoğunluk bilgilerinin veri tabanı ortamında saklanması sonrasında coğrafi bilgi sistemleri ve yapay zekâ teknikleri kullanılarak toplu taşıma araçları teknolojik bir altyapı ile hazırlanmış ulaşım planı çerçevesinde hizmet verecektir. Geçmiş ulaşım hareketlerinin analizi ile gelecekte gerçekleşecek olan ulaşım hareketi tahmini yapılarak toplu taşıma araçları, kapasite ve kişi oranı ile daha etkin rotalandırılabilir. Ayrıca modelde ulaşım hareketlerinin ortalaması alınacağından veritabanına kaydedilen ulaşım sayısı arttıkça modelin doğruluğu da artacaktır. Modele ait algoritma Resim 1’de gösterilmiştir.

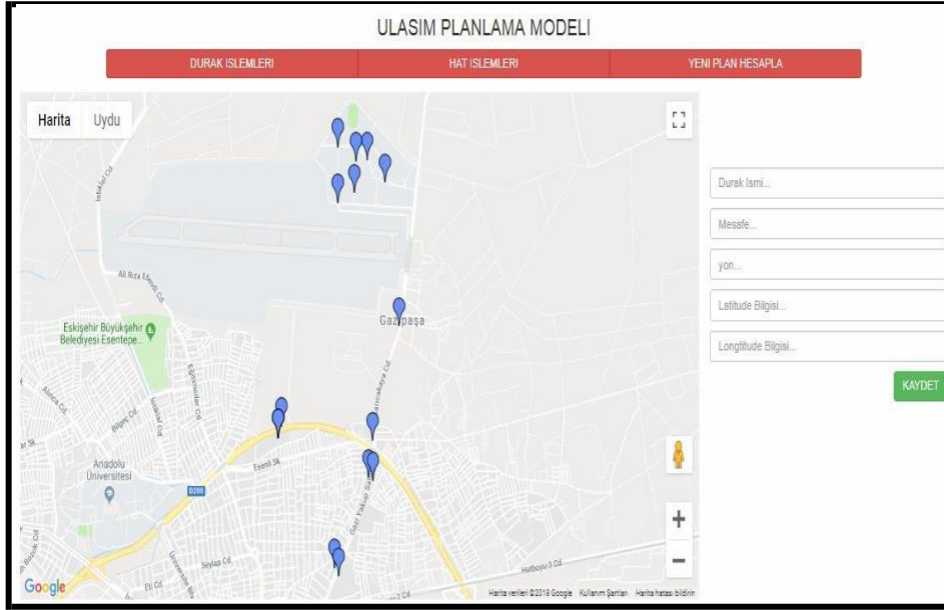


Resim 1. Modelin Algoritması

Kapasite durumuna göre araç kapasitesi artırılabilir veya azaltılabilir. Bu seçenekler veri tabanı ortamında tutularak veriler birikecek böylece makine öğrenmesi tekniği ile uzman sistem kurgusu yapılarak ortaya daha gerçeğe yakın sonuçlar çıkacaktır. Bahsedilen model aşamalardan oluşacaktır. Bu aşamalar yöntem alt başlığı altında incelenmiştir.

2.2.1. Durak ve Aktarma Noktalarının Konumsal Olarak Kaydedilmesi

Durak bilgileri hangi araca hangi seferde kaç yolcunun bindiğinin hesaplanması için nokta veri tipinde uygulamaya eklenmelidir. Resim 2’de durakların uygulamaya eklenmesi ve harita üzerinde nasıl gösterildiği görülmektedir. Uygulamada altlık olarak Google Harita kullanılmıştır. Her bir durak uygulamaya eklenirken id, isim, yön ve konum bilgisi girilerek kaydedilmiştir.



Resim 2. Durakların Harita Düzleminde Gösterilmesi

2.3. Toplu Taşıma Araçlarının Veri Tabanına Kapasite Bilgileri İle Birlikte Kaydedilmesi

Çalışma yapılan bölge içerisinde hizmet vermekte olan toplu taşıma araçları kapasite kontrolü yapılmak üzere öznitelik verisi olarak eklenmelidir. Araçlar, id, plaka, araç türü ve kapasite bilgileri ile kaydedilmelidir.

2.4. Sefer Bazında Ulaşım Yoğunluk Verilerinin Analizi

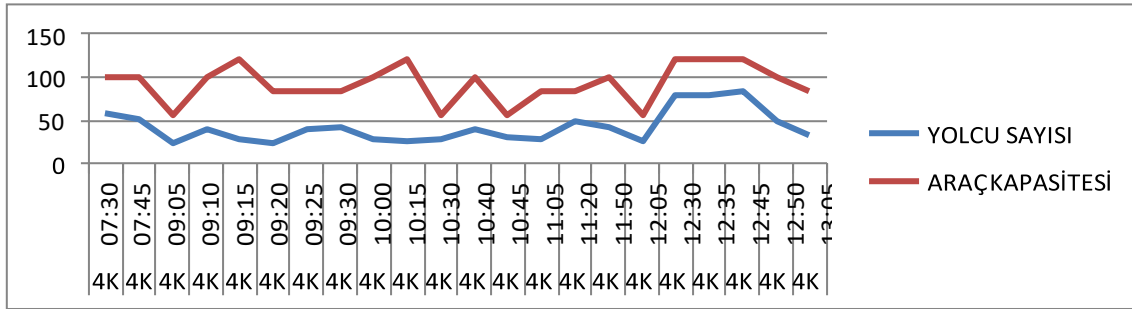
Her sefere ait yoğunluk bilgisi veri tabanında tutulduğunda karşılaştırma yapılarak daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilecektir. Geçmiş ulaşım hareketlerinin yoğunluk analizi yapıldığında, gelecekte yapılacak olan ulaşım hareketlerinin tahmininde daha doğru sonuçlar üretilebilecektir. Günlük yolculuk bilgilerinin her otobüs seferi bazında hareket kaydının tutulması sonucunda ilerleyen zamanlarda gerçekleşecek olan ulaşım hareket yoğunluğu hakkında çıkarım yapılabilecektir. Otobüs kapasite bilgileri de saklandığında belirli saatlerde daha düşük kapasiteli veya daha yüksek kapasiteli araç görevlendirmek mümkün olabilecektir. Veritabanında sefer, araç, durak tabloları ilişkisel olarak saklanacak ve işlemler bu tabloda yapılacaktır.

2.5. Hat Yoğunluklarının Tespit Edilmesi ve Sefer Sıklıklarının Düzenlenmesi

Hat yoğunlukları, hafta içi, hafta sonu, gündüz, akşam gibi zamanlarda değişkenlik göstermektedir. Hafta içi ve hafta sonu günler seçilerek bu günlerde yaşanan yoğunlukların ortalaması alınarak hafta, ay ve yıl olarak katsayılandırma yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bunun yanında sefer bazında yoğunluk bilgisinin tutulması ile hangi saatlerde daha yoğun ulaşım hareketi olduğu analiz edilebilecektir.

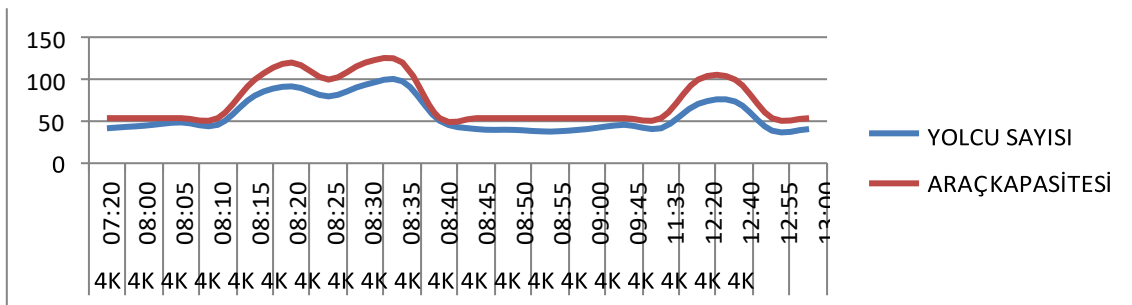
Üniversite öğrencileri toplu ulaşım araçlarında konfordan daha çok kullanılabilirliğe önem vermektedirler. Bu sonuç, karar vericilerin konfordan ziyade öncelikle hattın kullanılabilirliğini artırmaya yönelik çalışmalar yapması gerektiğini göstermektedir (Güner S., 2017, 33-41). Toplu taşıma araçlarının doluluk oranlarındaki azalma yolcu başına taşıma maliyetini artırmaktadır. Bu yüzden yüksek kapasiteli araçların insan hareketinin yoğun olduğu saatler dışında hizmet vermesi verimliliği düşürmektedir (Akbulut F., 2016, 336-355). Bu sebeplerden dolayı ulaşım planlamalarında bir doluluk oranının belirlenmesi gerekmektedir. Ulaşım hizmeti verilirken oturarak ya da ayakta seyahat edecek yolcuların rahatlıkla seyahat edebileceği bir doluluk oranı olması ve kapasite düşürme işlemi yapılırken araç kapasiteleri arasında yaklaşık yüzde 15(2 kez kapasite düşürme işlemi uygulandığında yaklaşık yüzde 30 olacaktır.) fark olmasından dolayı bu oran %70 olarak seçilmiştir.

Eskişehir Teknik Üniversitesi'ne hizmet vermekte olan 4K hattında sefer saatleri web sitesinden alınarak hipotetik veri üretme yöntemi ile denenmiştir. Saat 07:20 – 13:05 saatleri arasındaki seferler veritabanına kaydedilerek denenmiştir. Model en az %70 doluluk oranı ile toplu taşıma araçlarının yolcu taşımalarını amaçlamıştır. Az sayıda yolcunun olduğu durumlarda ise daha önce mobil uygulama üzerinden alınmış ulaşım hareketlerine göre oluşacak dinamik rotalı toplu taşıma araçlarının görevlendirilmesini tavsiye etmektedir. Modelin analizi neticesinde yüzde 70 doluluk kapasitesinin altındaki seferleri listelenmiştir. Modele dâhil edilen toplam 42 adet seferden 22 adedi doluluk kapasitesine ulaşamayarak Resim 3'de gösterilmiştir.



Resim 3. Sefer Kapasite Karşılaştırılması Sonucu %70 Doluluk Altındaki Seferlerin Listesi

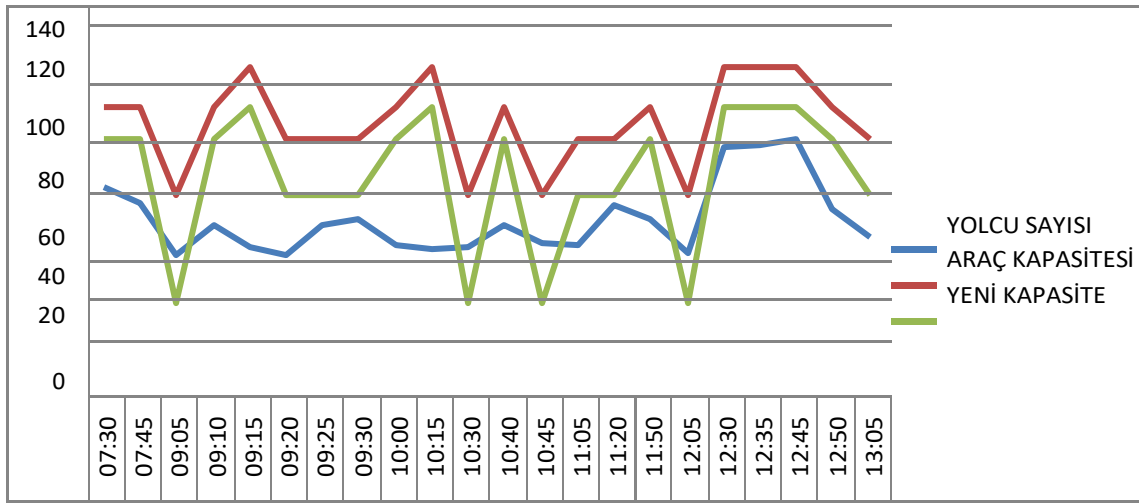
Resim 4'de ise modelin analizi sonucunda 42 adet hattın yüzde 70 ve üzeri dolulukta 20 adet hat gösterilmiştir.



Resim 4. Yüzde 70 ve Üzeri Doluluk Kapasitesindeki Seferlerin Listesi

Yüzde 70 ve üzerindeki doluluk oranındaki seferler model için uygundur ancak diğer seferler yeni analizlere tabi tutularak doluluk oranına ulaşması sağlanmalıdır. Bu kapsamda 22 adet sefer üzerinde araç kapasitesi düşürülecektir.

Araç kapasitesinin düşürülmesi ile elde edilen sonuç Resim 5’de gösterilmiştir. Araç kapasitesinin düşürülmesi sonucunda uygun doluluk oranına ulaşan araçlar için herhangi bir işlem yapılmayacak yüzde 70 doluluk oranına ulaşmamış olan araçlar için ise kapasite düşürme veya sefer birleştirme işlemi yapılacaktır. Araç kapasitesinin düşürülmesi ile 22 araçtan 7 araç istenilen doluluk oranına ulaşmıştır.



Resim 5. Araç Kapasitesi Düşürülerek Uygun Doluluk Oranına Ulaşan Seferler

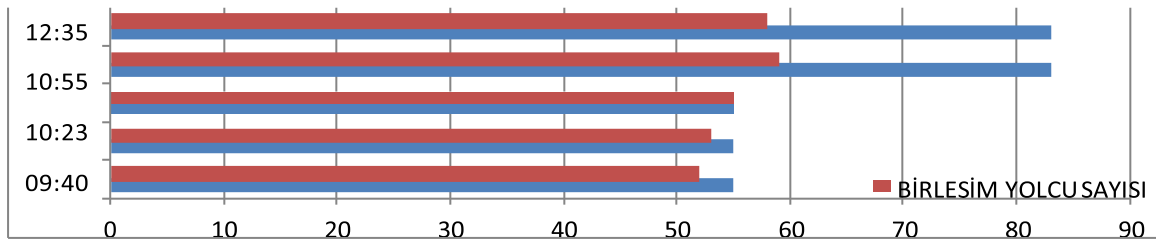
2.6. Hat Yoğunluklarının Tespit Edilmesi ve Araç Kapasitelerinin Düzenlenmesi

Kapasite düşürme işlemlerinin ardından seferlerin birçoğu %70 doluluk oranının üzerinde bir kapasiteye ulaşmıştır. 42 adet seferden 10 adedi istenilen yoğunluğa ulaşmadığından bu seferler üzerinde birleştirme işlemi uygulanacaktır.

Burada araca binen kişi sayıları araç kapasitesi ile karşılaştırılarak araç kapasitesini geçmeye kadar birleştirme işlemi uygulanmıştır.

2.7. Düzenlenen Seferlerin Saatlerinin Yeniden Optimize Edilmesi

Birleştirme işleminin sonucunda uygun doluluk oranına ulaşmayan 10 sefer, 5 sefere düşürülmüş ve sefer saatleri yoğunluk oranına göre Resim 6’da görüldüğü gibi oluşmuştur.

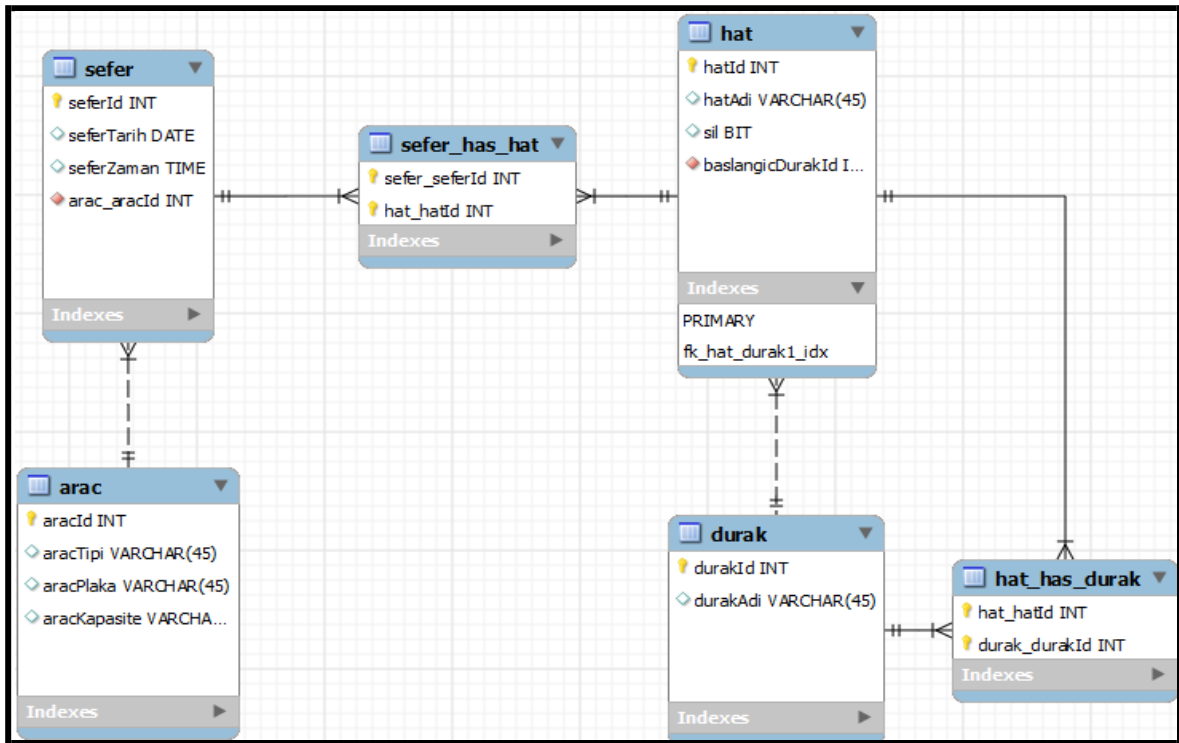


Resim 6. Seferlerin Yeniden Optimize Edilmesi Sonucu

Sonuç olarak hipotetik veriler ile oluşturulmuş olan modelde 42 adet sefer yerine 37 adet sefer ile 1 hat üzerinde ve yarım günlük veriler ele alındığında 5 adet seferin iptal edilebileceği görülmüştür. Uydu görüntüsü üzerinde mesafe ölçüldüğünde her sefer için yaklaşık 8 km. mesafe tasarrufu yapılacağı ve ulaşımın çok küçük bir bölümünü oluşturan Eskişehir Teknik Üniversitesi yönünde hizmet veren 4 hattın sadece 1 hattı ele aldığımızda 40 km. tasarruf yapıldığı görülmüştür. Bu modelin tüm ulaşım hareketlerinde uygulandığı düşünüldüğünde oldukça büyük miktarlarda araç, yakıt, hava kirliliği ve iş gücü tasarrufu sağlanacaktır.

2.8. Veri Tabanı Tasarımı

Sisteme ait veri tabanı tasarımı Resim 7’de görüldüğü gibidir.



Resim 7. Veri Tabanı Tasarımı

Veri tabanı, durak, hat, arac, sefer, cadde/sokak, onemli_lokasyon ve bolge tablolarından oluşmaktadır. Bir aracın birden fazla seferde bulunabileceğinden ancak bir seferde sadece bir aracın bulunabileceğinden araç ve sefer tabloları arasında bire-çok ilişki bulunacaktır. Bir araç birden fazla duraktan geçebileceği ve bir duraktan birden fazla araç geçeceği için durak ve araç tabloları arasında çoka-çok ilişki bulunacaktır. Bir araç birden fazla hatta çalışabileceği ve bir hatta birden fazla araç çalışabileceğinden araç ve hat tabloları arasında çoka çok ilişki bulunacaktır. Bir durakta birden fazla hat geçebileceğinden ve her hat birden fazla duraktan oluşabileceğinden hat ve durak tabloları arasında çoka-çok ilişki bulunmaktadır. Her bölgede birden fazla durak bulunabileceğinden ancak bir durağın sadece bir bölgede bulunabileceğinden durak ve bölge tabloları arasında bire çok ilişki olacaktır. Bir

önemli lokasyonun farklı zamanlarda farklı ziyaretçileri olacağından önemli lokasyon tablosu ile giriş_cikis tabloları arasında çok-açok ilişki kurularak giriş ve çıkış saatleri arasında gerçekleşecek yoğunluk bilgisi kaydedilebilecektir. Bunun yanında cadde ve sokaklara ait yoğunluk bilgileri de kaydedilerek bölgelere ait yoğunluk bilgileri kaydedilmektedir.

2.9. Veri Yapıları

Sistem modelinde kullanılması öngörülen veri ve veri yapıları bu alt başlık kapsamında açıklanmıştır.

Araç verisi: Araç verisi nokta veri tipinde olacak ve tip (otobüs, tramvay, metro, dolmuş vs.), plaka, kapasite ile aracın nerede olduğunu görebilmek amacıyla gps cihazından alınan verinin saklanacağı konum sütunlarından oluşmaktadır.

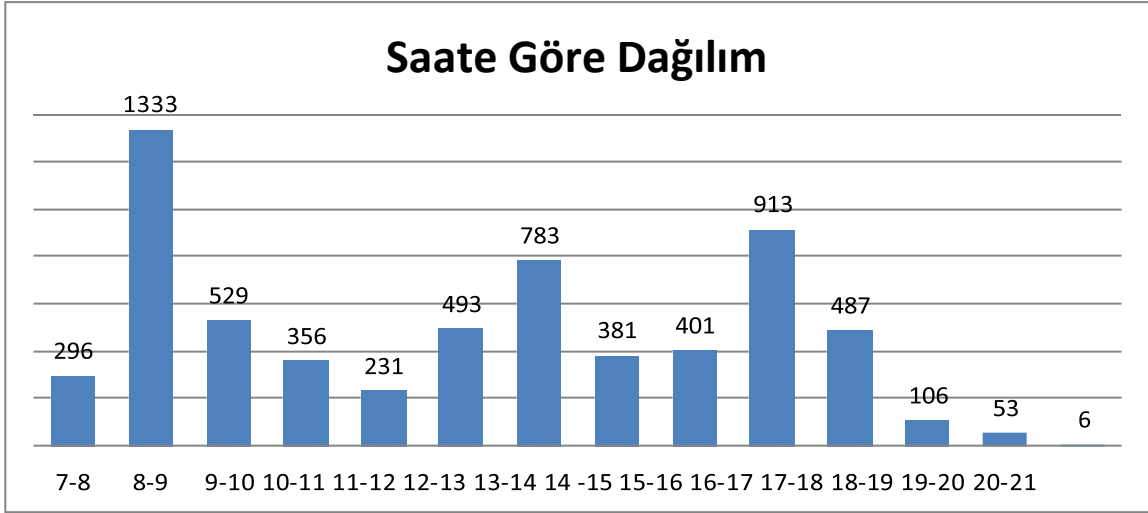
Sefer verisi: Sefer verisinde tarih, saat, binen kişi sayısı ve araç bilgisi kaydedilerek hangi seferde kaç yolcunun taşındığı bilgisi saklanacaktır.

Durak verisi: Durak verisi nokta tipinde olacaktır. Durağın hangi yöne doğru hizmet verdiğini gösteren yön bilgisi, isim bilgisi ve hangi bölgede olduğunu gösteren bolge_id bilgisi bulunacaktır.

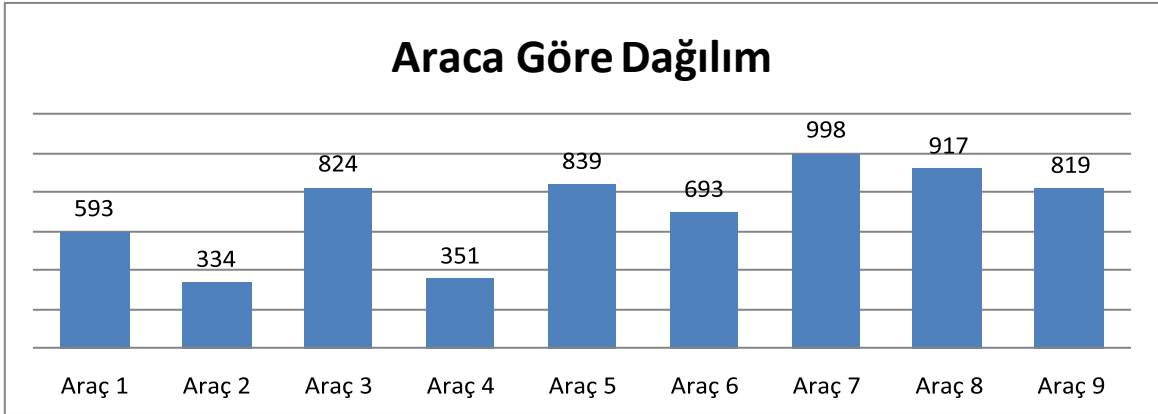
Hat verisi: Hat verisi çizgi tipinde olacaktır. İsim ve hangi yöne doğru ilerleyeceğini gösteren yön bilgisinden oluşacaktır. Yön bilgisi 0 iken ilerlenen yön 1 iken tersine ilerletilebilecektir. Genetik algoritma kullanılarak duraklardaki yolcu sayılarına göre durakların takip edilmesi sonucunda dinamik olarak oluşacaktır.

Öznitelik Verileri: Hazırlanan model önerisinin denenmesi amacıyla Eskişehir ilinde, Eskişehir Teknik Üniversitesi'ne hizmet vermekte olan 4K hattının yolcu sayıları Estram A.Ş.'den temin edilmiştir. Bunun yanında 4K hattına ait sefer bilgileri Eskişehir Büyükşehir Belediyesi'nin web sitesinden güncel şekli ile model üzerinde kaydedilmiştir (Hızlı Menü Otobüs Saatleri, 2019).

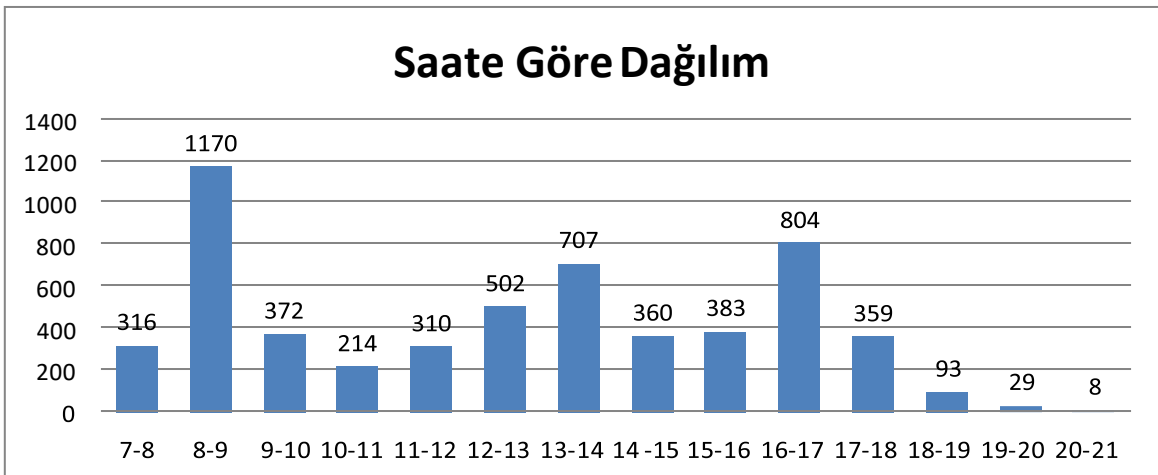
Estram A.Ş.'den alınan 4K hattına ait veriler aşağıda görüldüğü gibidir. Bu veriler hafta içi ve hafta sonu olarak seferlere göre değerlendirilecek ve ortalama alınarak hesaplanmıştır. Verilerin sefer ve durak bilgisine göre bir uygulama ile validatör cihazlarından alınması daha hızlı, kolay ve hata oranı düşük bir seçenek olacaktır.



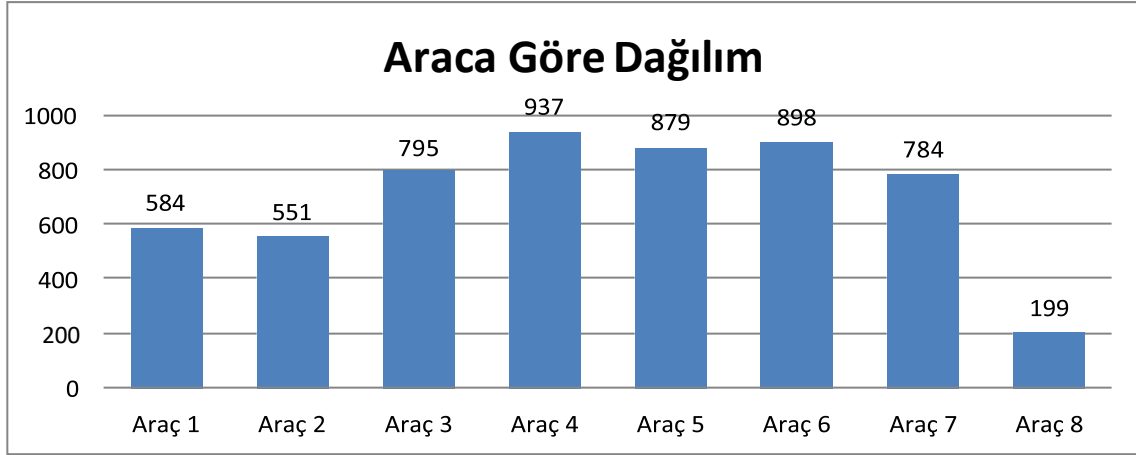
Resim 8. 08.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının saate göre dağılımı



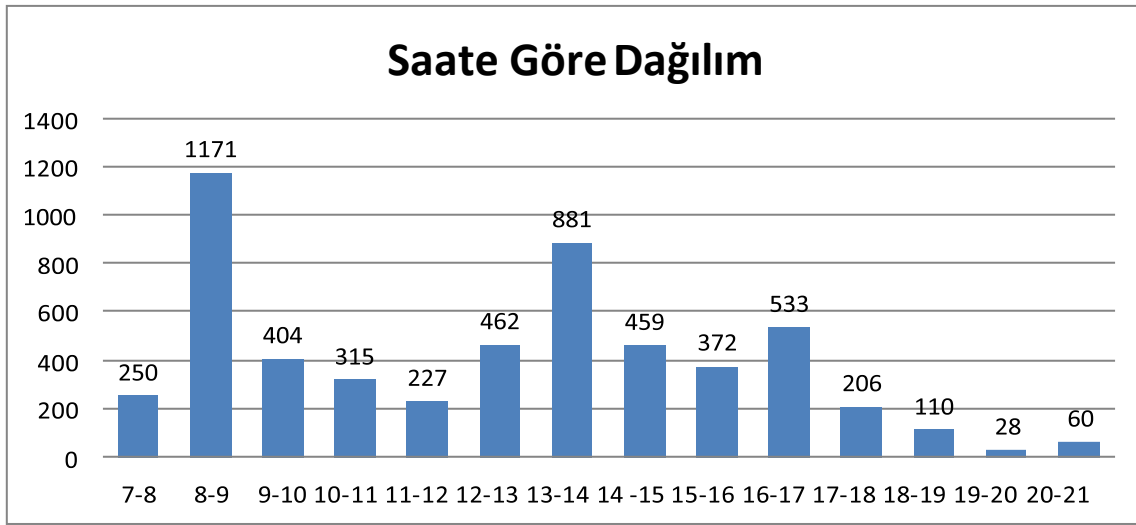
Resim 9. 08.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının araca göre dağılımı



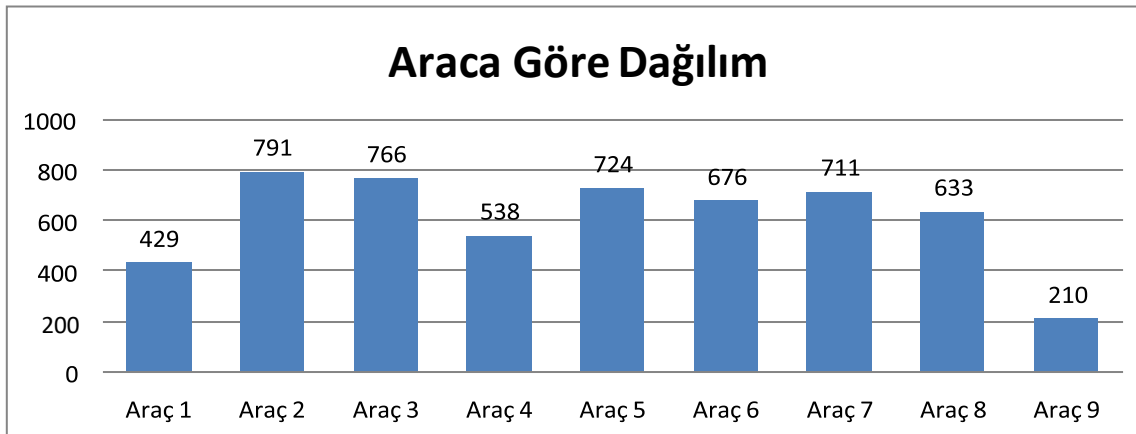
Resim 10. 09.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının saate göre dağılımı



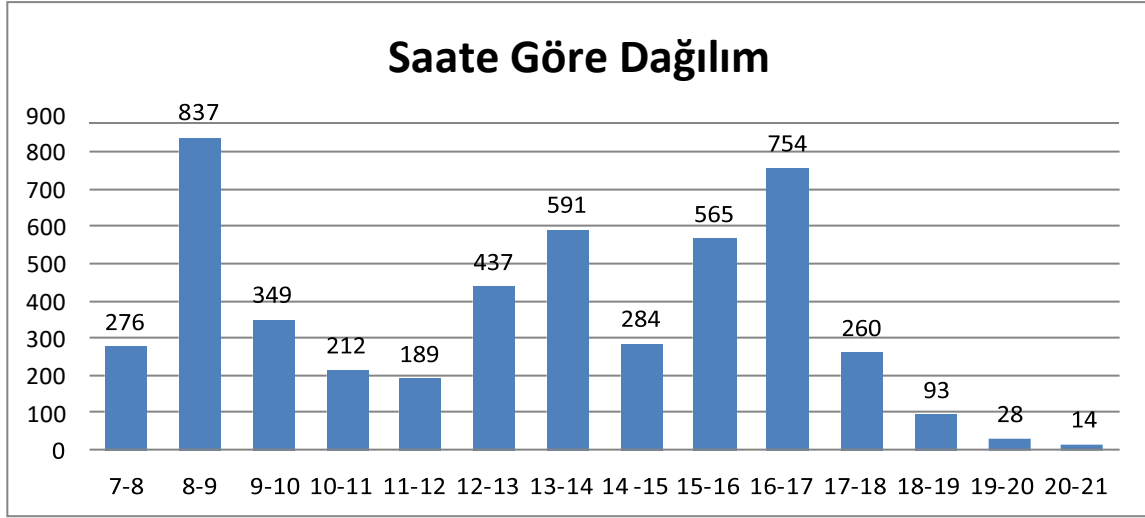
Resim 11. 09.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının araca göre dağılımı



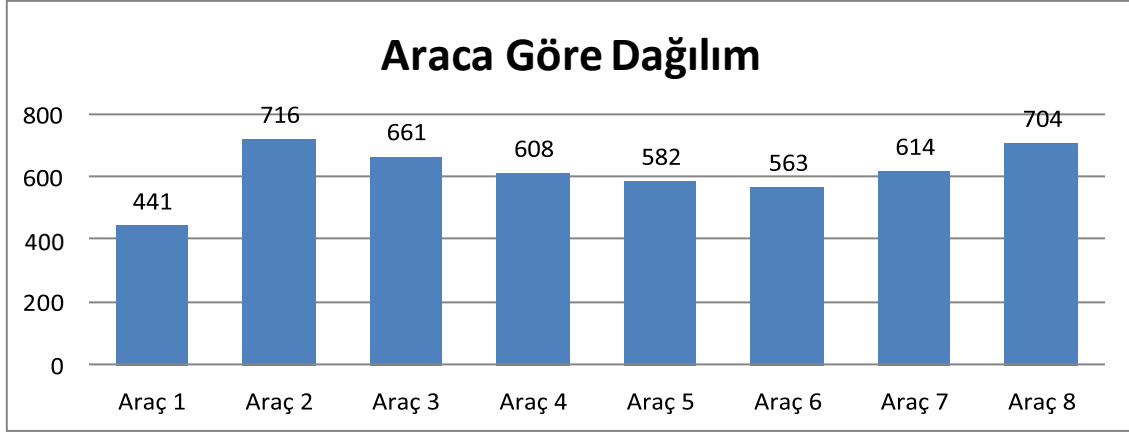
Resim 12. 10.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının saate göre dağılımı



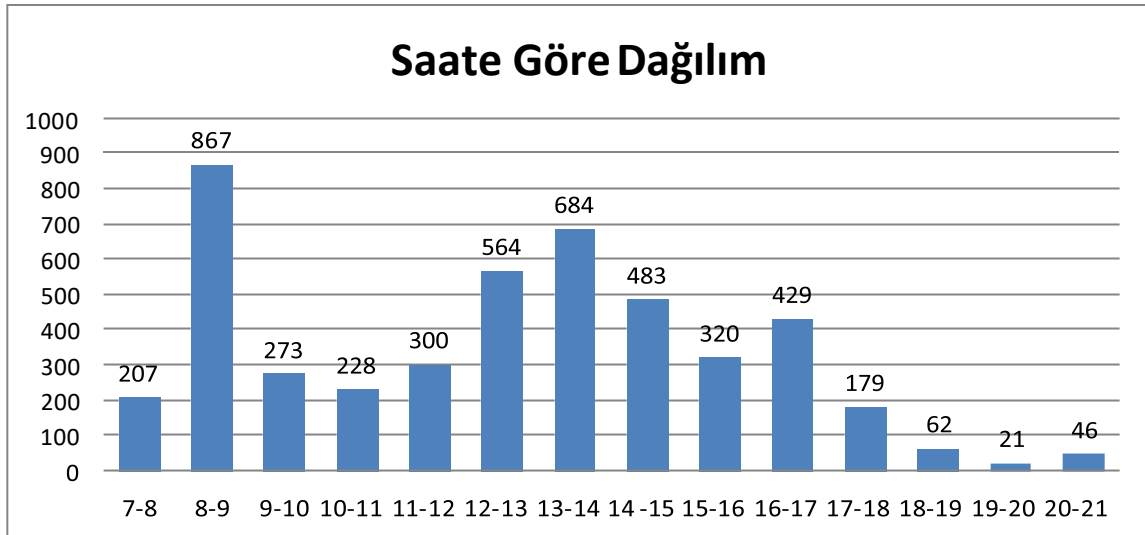
Resim 13. 10.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının araca göre dağılımı



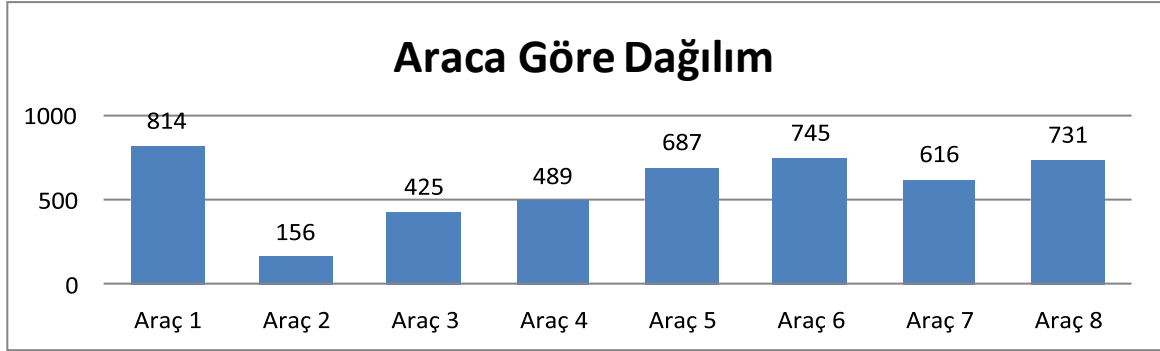
Resim 14. 11.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının saate göre dağılımı



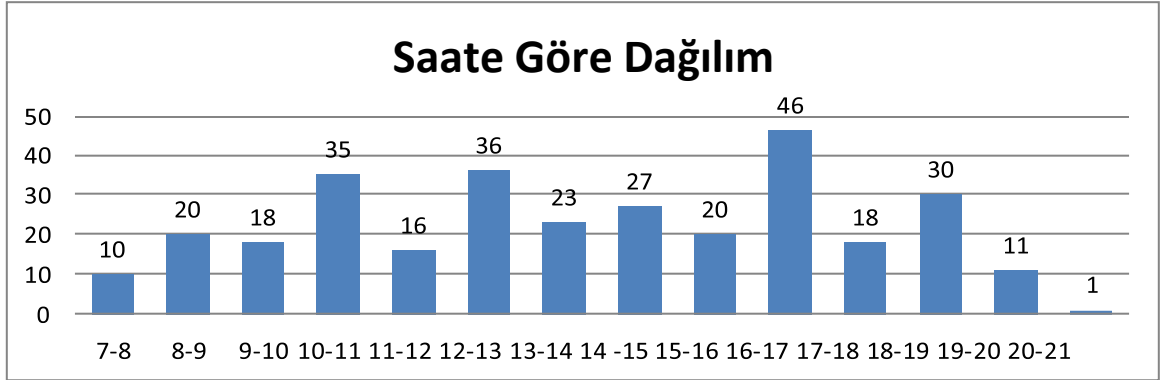
Resim 15. 11.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının araca göre dağılımı



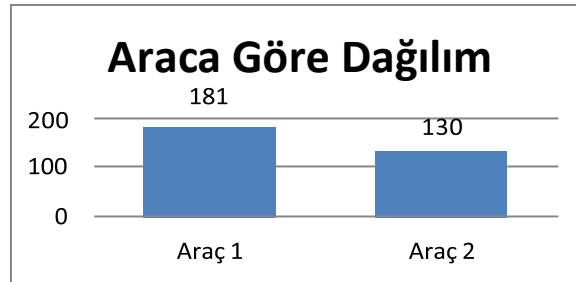
Resim 16. 12.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının saate göre dağılımı



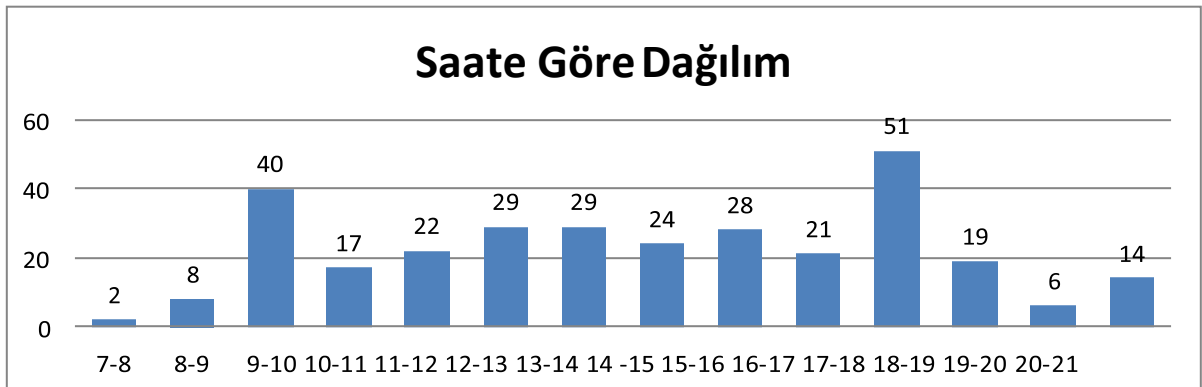
Resim 17. 12.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının araca göre dağılımı



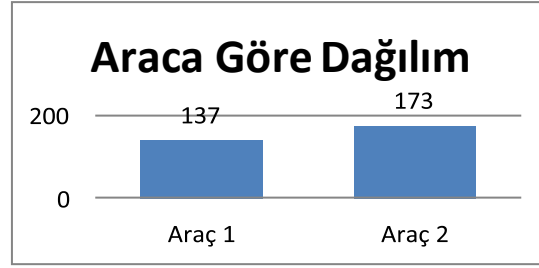
Resim 18. 13.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının saate göre dağılımı



Resim 19. 13.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının araca göre dağılımı



Resim 20. 14.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının saate göre dağılımı



Resim 21. 14.10.2018 tarihinde hizmet veren 4K hattına ait yolcu sayılarının araca göre dağılımı

Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Hızlı Menü Otobüs Saatleri(2019) web sitesinden alınarak modele kaydedilen 4K hattına ait sefer bilgileri ise Resim 22'de görüldüğü gibidir.

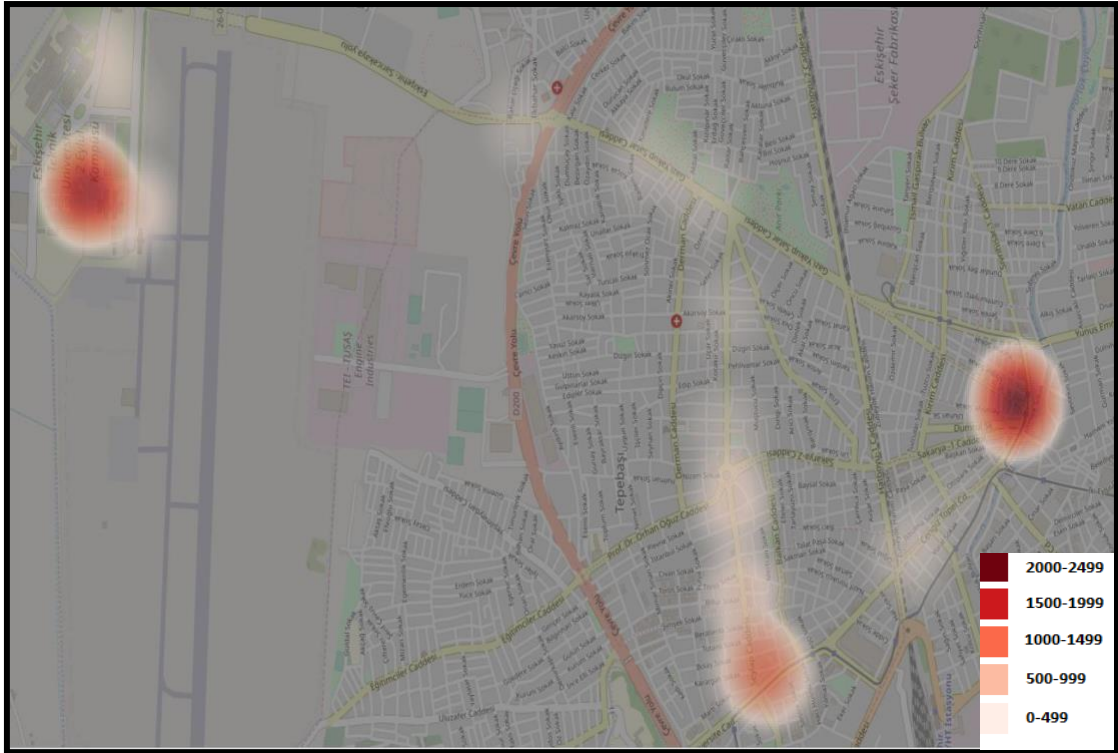
YILDIZ				ESK.TEK.ÜNİV.İKİ EYLÜL KAMPÜSÜ			
SAAT	DAKİKA	CUMARTESİ	PAZAR VE RESMİ TATİLLER	SAAT	DAKİKA	CUMARTESİ	PAZAR VE RESMİ TATİLLER
01				01			
02				02			
03				03			
04				04			
05				05			
06				06			
07	20 30 45	30	30	07	40		
08	00 05 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55	00 30	00 30	08	00 15 25 30 35 40 50 55	15 45	15 45
09	00 05 10 15 20 25 30 45	00 30	00 30	09	00 05 10 20 25 30 45	15 45	15 45
10	00 15 30 40 45	00 30	00 30	10	00 15 30 45	15 45	15 45
11	05 20 35 50	00 30	00 30	11	00 15 30 45	15 45	15 45
12	05 20 30 35 40 45 50 55	00 30	00 30	12	00 15 20 25 30 35 40 45 50 55	15 45	15 45
13	00 05 10 15 20 25 30 40 45 50 55	00 30	00 30	13	00 05 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55	15 45	15 45
14	00 15 20 30 35 40 50	00 30	00 00	14	05 05 15 30 45	15 45	15 45
15	10 25 45	00 30	00 30	15	00 15 30 45	15 45	15 45
16	05 20 25 30 35 40 45 50 55	00 00	00 30	16	00 05 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55	15 45	15 45
17	00 05 10 15 20 25 30 35 40 45	00 30	00 30	17	00 05 10 15 20 25 30 45	15 45	15 45
18	00 20 40	00 30	00 30	18	00 10 20 30 40 50	15 45	15 45
19	00 40	00 30	00 30	19	00 20 40	15 45	15 45
20	20	00	00	20	15	15	15

Resim 22. 4K hattına ait sefer başlangıç saatleri

Yolcu sayıları ve sefer başlangıç saati bilgileri model üzerine yerleştirilmiştir. Modelin doğruluğunun test edilmesi aşamasında manuel olarak girilen veriler modelin başarılı olduğu ispat edilirse web servis vasıtasıyla beş dakikalık periyotlar halinde alınarak hesaplanması amaçlanmaktadır. Veriler model üzerinde hafta içi ve hafta sonu seferleri için ayrı ayrı hesaplanmış ve hafta içi seferleri için elde edilen sonuç aşağıdaki gibi olmuştur. Hafta içi yolculukların ortalaması alınarak model çalıştırıldığında 86 adet 0 yönünde (Yıldız -Eskişehir Teknik Üniversitesi) 85 adet 1 yönünde (Eskişehir teknik Üniversitesi-Yıldız) hizmet veren 171 adet seferden 83 adet sefer iptal edilmiştir. Hafta sonu gerçekleşen seferlerin model sonucu aşağıda görülmektedir. Hafta sonu seferleri incelendiğinde, 26 adet 0 yönü (Yıldız -Eskişehir Teknik Üniversitesi) ve 26 adet 1 yönü (Eskişehir teknik Üniversitesi-Yıldız) olmak

üzere 52 adet seferin hiçbirini %70 ya da daha fazla doluluk oranında hizmet vermediği görülmektedir. Araç kapasitesi düşürüldüğünde yine uygun doluluk oranına ulaşılamamıştır. Aşağıda hafta sonu seferleri için birleştirme sonucu görülmektedir. Hafta sonu verilerinin incelenmesi sonucunda da 52 adet sefer yerine sadece 7 adet gerçekleştirerek ulaşım hizmetinin gerçekleştirilebileceği görülmektedir. Hafta sonu iptal edilen 45 adet sefer ve hafta içi iptal edilen 83 adet sefer il genelinde oldukça yüksek sayıları bulacaktır. İptal edilen bu seferlerle talep edilen seyahatler rahatlıkla karşılanabilecek ve oldukça yüksek bir tasarruf sağlanacaktır. Bu seferlerin yerine mobil uygulama ile yolculuk talepleri alınarak yolculara Singapur örneğinde olduğu gibi oturma garantili yolculuk hizmeti sunulacak böylece iptal edilen bu seferlerle talep edilen seyahatler rahatlıkla karşılanabilecek ve oldukça yüksek bir tasarruf sağlanacaktır. Hafta içi ve hafta sonu olarak sefer sayılarına göre 2 farklı değerlendirme yaptığımız model ile günlere göre bir plan oluşturmakta mümkün olacaktır. Dinamik Ulaşım Planı Modeli ile seferler iptal edilebileceği gibi tam tersine bir hareketin olacağı da önceden tespit edilerek iptal edilen seferler yerine ilave seferler yapılabilir.

Modele uygulanan toplam 2146 adet yolculuk hareketinin duraklardaki dağılımı sonucu oluşan yoğunluk haritası Resim 23’de görüldüğü gibidir. Diğer hatlara ait verilerin toplanmasıyla birlikte daha kapsamlı yoğunluk haritaları oluşturulabilecektir. Bu yoğunluk haritaları ulaşım planlamanın yanında şehrin yönetimi ve güvenliği gibi birçok konuda kullanılabilir.



Resim 23. 4K hattına ait yolculuk yoğunluk haritası

3. SONUÇ

Eskişehir Teknik Üniversitesi Kampüsü'nde hizmet vermekte olan hat ve durak bilgileri çalışmada konvansiyel olarak ele alınarak otobüslere binen yolcu sayıları hipotetik olarak eklendiğinde 42 sefer yerine 37 sefer yaparak yaklaşık yüzde 11 oranında seferlerin azaldığı görülmüştür. Bunun üzerine hipotetik olarak çalışan sisteme gerçek veriler yerleştirildiğinde 171 adet hafta içi bir günde gerçekleşen sefer sayısı ve 52 adet hafta sonu 1 günde gerçekleşen sefer sayısından hafta içi bir günde 83 adet sefer ve hafta sonu bir günde 45 adet sefer iptal edilerek haftada gerçekleştirilen 959 adet sefer yerine 454 adet sefer ile gerçekleştirilebileceği görülmüştür. Sefer sayılarının %52,65 oranında optimize edildiği ve haftada 4040 km tasarruf ederek temel ulaşım hizmetinin verilebileceği görülmektedir. Bu kavramsal altyapı, trafik yoğunluğunun azalmasına, azalan yakıt tüketimi sonucunda çevre kirliliği ve yakıt giderlerinin azalmasına, ulaşım planlarının dinamik hale getirilmesiyle birlikte plan maliyetlerinin ortadan kalkmasına sebep olmakla birlikte daha etkin bir ulaşım da olanak sağlayacaktır. Dinamik programlama mantığı ile geliştirilen bu sistem sezgisel yöntemlerden ziyade ileride geliştirmeye açık (hat optimizasyonu, gelen yolculuk taleplerin doğrudan karşılanabilmesi vb.) akıllı bir sistemin kavramsal altyapısını oluşturmaktadır.

Bu çalışma sonucunda incelenen veriler çerçevesinde araç kapasitelerinde düşüş olduğu ve sefer sayılarının yüksek oranlarda azalabileceği görülmüştür. Ulaşımın çok yoğun olduğu zamanlarda ise toplu taşıma araçları yetersiz kalabilecektir. Bu nedenle ulaşım hareketlerinin önceden tahmin edilebilmesi oldukça önem kazanmaktadır. Bunun yanında daha çeşitli kapasitelerde ulaşım araçlarının bulunmasının sistemdeki alternatiflerin artmasını sağlayacağı görülmüştür. Yolcu sayısının az olduğu durumlarda araç kapasitesinin düşürülmesiyle birlikte yolcuların beklemesinin önüne geçilebilecektir.

Sonuç olarak yoğun zamanlarda seferlerin sıklaştırılarak yolculara etkin bir ulaşım hizmeti sunmak gerekirken sakin zamanlarda da seferleri azaltarak ya da daha küçük kapasiteli araçlar çalıştırarak çevre kirliliği, trafik yoğunluğu, iş gücü, enerji gibi birçok konuda tasarruf sağlayabilmek ve doğru zamanda doğru hizmeti vermek doğru planlama ile mümkün olacaktır. Doğru planlamanın ise teknoloji altyapısına dayanması gerektiği, coğrafi bilgi sistemi teknikleri kullanılarak analizler yapılması ve yapay zeka teknikleri kullanarak çeşitli çıkarımlar yapılması böylece oluşturulan uzman sistemin toplu taşıma hizmetinde 3 farklı faktör ile doğrulama yaparak dinamik bir yapının oluşması gerektiği görülmüştür. Oluşan dinamik model araç validatör cihazlarından anlık alınan veriler ve nüfus veritabanı ile eşleştirilmesi ile bölgeye taşınan ya da bölgeden ayrılan kişiler anlık olarak tutulabilecek ve sistem kendi yaşam döngüsünde hiçbir müdahaleye gerek kalmadan çalışabilecektir. Ulaşım planlarının dinamik yapıda oluşturulmasının yanı sıra şehrin güvenliği ve şehrin yönetimi için yapılması gereken analizlere (Şu anda hangi bölgede kaç kişi var? Yapılacak bir etkinlik nerede yapılmalı? Bisiklet yolu nereye yapılmalı? Genç yoğunluğu nerede? Vb.) imkân sağlayan güncel bir veri tabanı fırsatı sunarak kolay, hızlı ve etkili kararlar alınmasını sağlayacaktır.

4. DEĞERLENDİRME

Günümüzde insanların birçoğu zamanının büyük kısmını ulaşım için harcamaktadır. Zaman ise oldukça önemli bir kavramdır ve zamandan tasarruf etmek önem kazanmaktadır. Bunun yanında ulaşım, şehirdeki trafik yoğunluğunun büyük bir kısmını oluşturur ve enerji tüketimi, çevre kirliliği, iş yükü tasarrufu bakımından anlam teşkil etmektedir. İnsanların toplu taşıma araçlarına yönlendirilebilmesi ve toplu taşıma hizmetinin mümkün olan en efektif biçimde verilmesi şehrin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır.

Yapay zekâ teknikleri kullanılmadan uzun dönemli analizler neticesinde hazırlanan ulaşım planları statik ve değişime açık değildir. Bu planların hazırlanması karmaşık ve zaman alıcı olduğu gibi değişimlere anlık olarak tepki verememektedir. Ulaşım planlarının CBS ve yapay zekâ teknikleri kullanılarak daha detaylı analizler ile oluşturulması, daha etkin bir ulaşım hizmeti sunulabilmesine imkân sağlamaktadır.

Günümüz teknoloji imkânlarını kullanarak hazırlanan ulaşım planları insanlar tarafından optimize edilmeye çalışılan ve bir dayanağı olmayan planların aksine sürekli güncellenen ve işlenen bir bilgiye dayanmaktadır. Ulaşım yoğunlukları ve nüfus yoğunluklarının analizi yapılabilecek böylece ulaşımın yanında birçok alanda yönetim kolaylığı ortaya çıkmaktadır. Ulaşım planı dinamik yapıda olacağından yapılacak olan ekleme veya çıkartmalar kolaylıkla gerçekleştirilebilecektir.

Dinamik olarak hazırlanan ulaşım planları, ulaşımın yanında güvenlik ve yönetim konularında da kolaylık sağlamalıdır. Günümüzde oldukça önemli olan veri, tek bir problemi çözmek için değil ileride oluşabilecek ihtiyaçları önceden görerek farklı karar verebilme mekanizmalarına altyapı olabilecek şekilde gelişime ve değişime açık olarak tutulmalıdır.

Şehirde sürdürülebilirliğin sağlanması ile şehrin akıllı şehir kapsamında değerlendirilmesi, günümüzde çok değerli olan verilerin doğru bir şekilde toplanarak analizlerinin yapılması, şehirde yaşayan kişilerin ulaşımında geçen zamanlarından tasarruf ettirilmesi açısından dinamik ulaşım planlarının oluşturulması önem kazanmaktadır. Literatürde, araç rotalama problemi ve en kısa yolu bulma çalışmaları ile daha sık karşılaşılmasına rağmen toplu ulaşım planlamasında en kısa zaman, en düşük maliyet, en kaliteli hizmet sunmayı hedefleyen çalışmaya rastlanmamıştır. Akademik çalışmalarda ve yerel yönetim çalışmalarında bu konuya ağırlık verilmesinin önemli ve ihtiyaç dâhilinde olduğu görülmektedir.

Yapay zekâ teknikleri kullanılarak etkin ulaşım planları oluşturulması üzerine bir model sunan çalışma ile % 52.65 oranında azalmış olan sefer sayısının küçük bir bölümünü kullanarak toplanan seyahat taleplerinin karşılanması, en kısa mesafe ve en kısa süre problemlerinin optimizasyonu ile oturma garantili hizmet veren toplu taşıma araçlarının hizmete alınması hem ulaşım hizmetinin aksamaması hem de toplu taşımanın vatandaşların daha ihtiyaçlarını gidermeye yönelik planlanabilir. Böylece kentte yaşayan bireyler toplu taşıma araçlarını daha aktif kullanmaya teşvik edilerek

toplu taşıma araçlarının, yakıt, iş gücü, trafik yoğunluğu ve çevre kirliliği parametrelerinde azalma gerçekleştirilebilir.

Çalışmada sadece geçmiş yolculuk hareketlerinden yararlanılarak gelecekteki yolculuk hareketlerinin optimizasyonu yapılmıştır. Bunun yanında şehirdeki önemli lokasyonlara (hastane, üniversite, otogar, kamu kurumları vb.) ait saatlik ulaşım hareketlerinin (yolcu sayısı, öğrenci sayısı, personel sayısı vb.) analizinin yapılması ile toplu ulaşım hatlarının optimizasyonu önemli lokasyonları kapsayan planlar oluşturulabilecek böylece toplu taşıma hizmetinin daha etkin verilmesi sağlanabilecektir.

Ayrıca şehir üzerinde bölgeler (zone) oluşturularak bölgelerin nüfus yoğunluk analizleri (çalışan kişi sayısı, öğrenci sayısı, yaşayan sayısı) sokak ve bina bazındaki analizlere indirgenerek yapıldığında, önemli lokasyonların ulaşım hareketi tahminleri yapıldığında ve geçmiş ulaşım verilerinin analizi ile gelecek ulaşım hareketlerinin tahmini yapıldığında ulaşım hareketlerinin planlanması 3 faktörlü doğrulama tekniği ile yapıldığından çok daha doğru sonuçlar üretilebilecektir. Böylece ulaşım planlaması çok faktörlü olarak gerçeğe çok daha yakın olarak planlanabilir. Bunun sonucunda araçlar nüfus yoğunluğuna göre dağıtılabilir, durak ve hat optimizasyonu bu yoğunluklara göre oluşturulabilir.

Araçlara binen kişi sayıları anlık olarak web servisler ile alınırken, bunun yanında inen kişi sayısının da kapılara yerleştirilen yüz tanıma kameraları, hareket algılayıcı sensörler veya araç lastiklerinde bulunan basınç ölçen sensörler vasıtasıyla hesaplanması araç kapasite hesaplamasının doğru hesaplanması için gerekmektedir. İnen kişi sayısının bilinmesi doğru kapasite hesabının yanında önemli bir veri kaynağı olacaktır.

Oluşturulan ve geliştirilmesi oldukça faydalı olacağı düşünülen bu modelin daha da faydalı ve etkili olabilmesi için kurumsal anlamda şehrin yönetiminde rol sahibi olan kurumların veri paylaşımı ve veri entegrasyonu yapması gerekmektedir. Bu entegrasyonun sağlanması durumunda nüfus sayısı sürekli güncel kalacak, yoğunluk tespit edilerek ulaşım hareketleri planlanabilecek, kolluk kuvvetleri güvenlik amacıyla yoğunluk tespiti yapabilecek ve birçok analizin altyapısı oluşturulacaktır. Dinamik ulaşım planlamanın yanında dinamik kent rehberi oluşmasına da olanak sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Akbulut, F. (2016). Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması Ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1), 336-355.
- Ayataç, H. (2016). Kentsel Ulaşım Planlaması ve İstanbul. *İTÜ Vakfı Dergisi*, 71, 31-35.
- Chen, Y., Ardila-Gomez, A., & Frame, G. (2017). Achieving energy savings by intelligent transportation systems investments in the context of smart cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54, 381-396.
- Franklina, R. S., van Leeuwenb, E. S., & Paezc, A. (2018). Transportation where people leave: An introduction. *Population Loss: The Role of Transportation and Other Issues*, 2, 1.

- Glasmeier, A., & Nebiolo, M. (2016). Thinking about smart cities: The travels of a policy idea that promises a great deal, but so far has delivered modest results. *Sustainability*, 8(11), 1122.
- Goodspeed, R. (2014). Smart cities: moving beyond urban cybernetics to tackle wicked problems. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 79-92.
- Güner, S. (2017). Operational Efficiency and Service Quality Analysis in Public Transportation Systems. *Journal of Transportation and Logistics*, 2 (2), 33-48 . DOI: 10.22532/jtl.358727.
- Hızlı Menü Otobüs Saatleri. (2019, 9 Ocak) Erişim Adresi: http://www.eskisehir.bel.tr/otobus_saatleri_dvm.php?otobus_hat_id=102&menu_id=57
- Ling, Y., Zong-fu, J., Shou-xu, J., Xiang-min, R., & Fu-sheng, Z. (2017, August). Urban night bus routes planning with taxi traces. In 2017 12th International Conference on Computer Science and Education (ICCSE) (pp. 375-379). IEEE.
- Neumann, T. (2017, April). Fuzzy Routing Algorithm in Telematics Transportation Systems. In International Conference on Transport Systems Telematics (pp. 494-505). Springer, Cham.