

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**AKILLI KENTLERDE ÇEVRE DOSTU ULAŞIM İÇİN TRAFİK VERİSİNİN
OLUŞTURULMASI VE SINIFLANDIRILMASI**

Mustafa BAYKAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EYLÜL 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI KENTLERDE ÇEVRE DOSTU ULAŞIM İÇİN TRAFİK VERİSİNİN
OLUŞTURULMASI VE SINIFLANDIRILMASI

Mustafa BAYKAL

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

ANABİLİM DALI

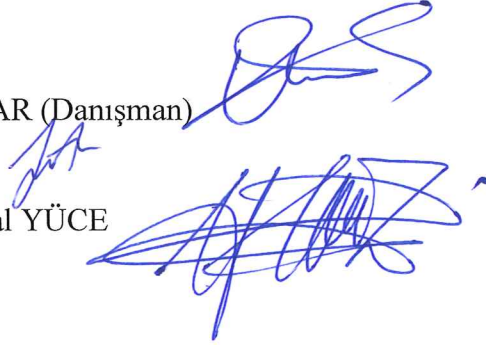
YÜKSEK LİSANS

Bu tez 11/09./2019... tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ümit Deniz ULUŞAR (Danışman)

Doç. Dr. Bekir Taner SAN

Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz Kemal YÜCE



ÖZET

AKILLI KENTLERDE ÇEVRE DOSTU ULAŞIM İÇİN TRAFİK VERİSİNİN OLUŞTURULMASI VE SINIFLANDIRILMASI

Mustafa BAYKAL

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ümit Deniz ULUŞAR

Eylül 2019; 33 sayfa

Türkiye nüfusunun %92'si şehir ve çevresinde yaşamaktadır. Kentleşme ülkemizde hızla artmaktadır. Kentleşmenin etkisiyle artan ve eskiyen altyapı sistemlerinin yenilenmesi gibi problemlerle karşılaşan belediyeler şehirlerindeki verileri incelemek, problemleri önceden tahmin etmek ve bu sorunları çözmek için sürekli daha etkili yöntemler aramaktadır.

Dünya genelinde şehirleşmenin artmasına bağlı olarak insanların gündelik ihtiyaçları ve bir noktadan farklı bir noktaya erişiminde araçlar vazgeçilmez bir unsurdur. Her geçen gün trafiğe çıkan araç sayısı bu ihtiyaç neticesinde artmaktadır. Türkiye'de trafiğe kayıtlı araç sayısı Aralık 2018 tarihi itibari ile 23 milyon adeti bulmuştur. Antalya ilinde ise 1 milyon 60 bin 419 sayısına ulaşmıştır. Antalya bu araç sayısı ile Türkiye'de 4. sırada yer almaktadır. Her geçen gün artan ulaşım ağındaki trafik sıkışıklığını önlemeye yardımcı olabilecek, iyileştirilebilir en uygun seyahat süresi ile hedeflenen noktaya ulaşımı sağlayan akıllı trafik için araştırmalar son zamanlarda hızlanmıştır.

Bu çalışmada, trafik problemine farklı bir bakış açısı getirmek ve otobüslerin ortalama hızları ile trafik üzerinde bekleme süreleri arasındaki ilişkiyi incelemek için trafikte bulunan toplu taşıma araçlarının hareketleri GPS verisi kullanılarak makine öğrenme ve sınıflandırma yöntemleri ile incelenmiştir. Çalışma Aksu, Döşemealtı, Kepez, Konyaaltı, Muratpaşa ilçelerinde uygulanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Akıllı trafik, Cbs, Gps, Zaman Serisi Analizi, Sınıflandırma

JÜRİ: Doç. Dr. Ümit Deniz ULUŞAR

Doç. Dr. Bekir Taner SAN

Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz Kemal YÜCE

ABSTRACT

**CREATION AND CLASSIFICATION OF TRAFFIC DATA FOR
ENVIRONMENT-FRIENDLY TRANSPORTATION IN SMART CITIES**

Mustafa BAYKAL

Department of Remote Sensing and Geographic Information System

Supervisor: Associate Professor Dr. Ümit Deniz ULUŞAR

September 2019; 33 pages

92% of Turkey's population lives in cities and the surrounding areas. Urbanization is a major problem in our country. Municipalities face problems such as the renewal of infrastructure systems, which are increasing and aging due to urbanization, are constantly searching for more effective methods to analyze the data in their cities, to predict the problems in advance and to solve these problems.

Due to the increase in urbanization around the world, people's daily needs and means of accessing from one point to another, vehicles are indispensable. As a result of this need, the number of vehicles in traffic is increasing day by day. The number of vehicles registered to traffic in Turkey was 23 million as of December 2018. In the province of Antalya, number of vehicles has reached to 1 million 60 thousand 419. Antalya ranks 4th in number of vehicles. Research has been accelerating recently for intelligent traffic, which can help prevent congestion in the ever-increasing transport network, providing optimal travel time with the most favorable travel time.

In this study, in order to provide a different perspective to the traffic problem and to examine the relationship between the average speed of buses and waiting times on traffic, using GPS data, the movements of the public transportation vehicles are examined by machine learning and classification methods. The study was conducted in Aksu, Döşemealtı, Kepez, Konyaaltı, Muratpaşa districts.

KEYWORDS: Smart traffic, Gis, Gps, Time Series Analysis, Classification

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Ümit Deniz ULUŞAR

Assoc. Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Asst. Prof. Dr. Yılmaz Kemal YÜCE

ÖNSÖZ

Bu araştırmanın amacı, sonuçların incelenmesi ve hazırlığı aşamasında, benden hiçbir şekilde emeğini esirgemeyen, mesai süresi gözetmeksizin sunduğu büyük yardımlarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ümit Deniz ULUŞAR'a, araştırma süresince yardımlarını esirgemeyen, her konuda çözüm ve önerileriyle yardımlarını gördüğüm bölüm hocalarıma, beni çalışmamda yalnız bırakmayarak desteklerini esirgemeyen değerli ağabeyim Volkan SEPETCİ'ye, Bilgisayar Mühendisi Hüseyin KOZ'a ve moral ve katkı sağlayan arkadaşlarıma ve aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	2
2.1. Akıllı Şehir	2
2.2. Ulaşım.....	2
2.2.1. Akıllı Trafik	3
2.3. Sınıflandırma Analizi	4
2.3.1. Karar ağaçları.....	4
2.3.2. K-means	5
2.3.3. Naive Bayes	6
2.4. Akıl Trafik Yöntemleriyle Yapılan Çalışmalar	7
2.4.1. Hücresel veri ile kentsel trafik izleme	7
2.4.2. Cep telefonlarının GPS trafik sensörü olarak kullanımı	9
2.4.3. Şehir içi yolcu taşıma yapan taksiler ile trafik izleme	10
2.4.4. Görüntü işleme ile gerçek zamanlı trafik izleme	10
2.4.5. Trafik yoğunluğunun duman kirliliğine etkisi	11
2.4.6. Döngü dedektörü ile yoğunluk tahmini	12
2.4.7. Metropol bir alanda GPS verilerinin kullanımı	13
2.4.8. Mobil internetin ulaşım siber fizik sistemlerine etkileri	14
2.4.9. Ulaştırma modu tabanlı hareket yörüngelerinin sınıflandırılması	15
2.4.10. Büyük ölçekli trafik verilerinin sınıflandırılması	16
2.4.11. GPS izleri ile trafik ışığı, sokak ve kavşak noktalarının tespiti	16
2.4.12. Trafik durum verileri ile yol performansını öğrenme	16
2.4.13. Yolculuk verileri ile faaliyet merkezlerinin sınıflandırılması.....	17

2.4.14. Trafik verisi ile çevresel gürültü etki değerlendirmesi	17
2.4.15. Trafik verisinin analizi ile araçların tespiti ve sınıflandırılması	17
2.4.16. Ultrasonik sensörler kullanarak trafik katılımcılarının tespiti	17
3. MATERYAL VE METOT	19
3.1. Çalışma alanı ve veri toplama adımları	19
3.1.1. Veri tabanı tasarımı	19
3.1.2. Veri işleme ve analiz	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	24
4.1. Yolculuk Mesafeleri	24
5. SONUÇLAR	31
6. KAYNAKLAR	32
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Akıllı Kentlerde Çevre Dostu Ulaşım İçin Trafik Verisinin Oluşturulması ve Sınıflandırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

11/09/2019

Mustafa BAYKAL



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

m	: Metre
m/s	: Metre bölü saniye
km/sa	: Kilometre bölü saat
km ²	: Kilometrekare
km	: Kilometre
sn	: Saniye

Kısaltmalar

ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
ATKOM	: Akıllı Trafik İzleme Ve Koordinasyon Merkezi
GPS	: Global Konumlandırma Sistemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
POI	: İlgi Çekici Nokta
Wi-Fi	: Kablosuz Bağlantı Alanı
BT	: Bilişim Teknolojileri
KML	: Google Earth Veri Formatı
RAM	: Rastgele Erişim Belleği
WPAN	: Kısa Mesafe Radyo Frekansı
IR	: Kızılötesi
VTL	: Sanal Teyp Kütüphanesi
KGM	: Kara Yolları Genel Müdürlüğü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Karar ağacı yapısı	5
Şekil 2.2. K-means algoritması akış diyagramı	6
Şekil 2.3. GPS hatalarının ölçülmesi	7
Şekil 2.4. Otobüs duraklarının parmak izi	8
Şekil 2.5. Karayolu üzerindeki dağıtım bölümü.	9
Şekil 2.6. I880 hattında meydana gelen kaza.....	10
Şekil 2.7. Görüntü işleme ile araç tespiti	11
Şekil 2.8. Döngü dedektör verileri ile yoğunluk tahmini.....	13
Şekil 2.9. Hareket yörünge şeması.....	15
Şekil 3.1. Çalışma alanı	19
Şekil 3.2. Veri tabanı diyagram şeması	20
Şekil 3.3. Antalya merkezi beş ilçede bulunan 3200 otobüs durağı	20
Şekil 3.4. Sistemde yer alan KL08 hattına ait güzergâh örneği.....	21
Şekil 3.5. Kavşak üzerinde oluşan iki nokta arasındaki çizgiler.....	21
Şekil 3.6. Veri toplama ve analiz adımları.....	22
Şekil 3.7. Ortalama hız hesaplaması yapan kod örneği	23
Şekil 4.1. Bir numaralı sefer sonucu.....	26
Şekil 4.2. İki numaralı seferin (a) hız ve (b) frekans tablosu.....	27
Şekil 4.3. Bir numaralı seferin 5. yolculuk verisinin analiz sonucu	28
Şekil 4.4. 64 adet seferin K-means algoritması ile sınıflandırılması	29

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Yaralanma sayısının azaltılması için önerilen hız sınırları.....	22
Çizelge 4.1. 01.06.2019 – 10.06.2019 tarihleri arasında 64 sefer için gidilen mesafeler (km)	24
Çizelge 4.2. 64 sefere ait istatistiksel sonuçlar	25

1. GİRİŞ

Bu çalışmada şehir içi toplu taşıma araçlarının trafik verisinin oluşturulması ve oluşturulan bu verinin sınıflandırılması amaçlanmıştır.

Ülkemizde nüfusun çoğalması ve köyden kente gerçekleşen göçün etkisiyle şehirlerde araç sayıları ve ulaşım sorunları artmaktadır. İlleri yönetenler bu sorunu hem teknolojik imkânlarla çözmeli hem de çözüm beraberinde vatandaşa daha kolay bir hayat temin edebilmelidir. Son yıllarda trafik konusunda yaşanan keşmekeşe gelişen teknoloji ile “Akıllı Trafik” başlığı altında çözümler bulunmaya çalışılmaktadır.

Akıllı trafik, kentin ulaşım ağına uygun çözümler sunan, insan-araç-trafik-merkez arasında iletişimin olduğu, trafik sıkışıklığını azaltan, emisyon salınımını minimize eden çevreye duyarlı bir trafik yaklaşımı sunmaktadır.

Antalya Akdeniz Bölgesinde 20.723 km² alana yerleşmiş 19 ilçe belediyesine sahip, sahil şeridi 650 km olup, 2,5 milyon nüfusu bulunan yılda 15 milyon turistin ziyaret ettiği, Türkiye’de turizmin başkenti Dünya’nın en çok 5 yıldız otellerinin bulunduğu Türkiye’nin en büyük 5. şehridir. Araç sayısı katlanarak artmakta ve trafik sıkışıklığı oluşmaktadır.

Antalya Büyükşehir Belediyesi olarak akıllı kent başlığı altında akıllı güvenlik, akıllı yönetim, akıllı sağlık, akıllı enerji, akıllı çevre gibi alanlarda çözümler sunulmakta ve projeler gerçekleştirilerek tek bir merkezden yönetilmektedir. Yapılan çalışma da ise bu başlıklara ek olarak akıllı trafik noktasında çözüm sağlanması hedeflenmiştir. Antalya Büyükşehir Belediyesi alanında bulunan yol ve güzergâhların yönetimi amacıyla “Ulaşım Master Planı” çalışmalarına 2015 yılında başlayarak 2017 yılında tamamlanarak Bakanlık tarafından onaylanmıştır. Ulaşım Master Planı doğrultusunda Antalya’nın ufkunu ortaya koyabilecek bir projeksiyon yansıtılacaktır.

Antalya Trafik Kontrol Merkezi (ATKOM) projesi ile trafik yönetiminin sağlanması konusunda çalışmalar devam etmektedir. Bu proje ile trafiğin bir bütün olarak planlanması ve yönetilmesi, kavşakların sabit sinyalizasyon sistemi ile değil anlık trafik yoğunluğuna göre yönetilmesi planlanmaktadır. Trafik akışının gerçek zamanlı izlenmesi ve olağandışı durumlarda anlık müdahale edilmesinin yanında itfaiye ve ambulans gibi araçlar için öncelikli geçiş sisteminin kurulacaktır. Toplu taşıma öncelikli sinyalizasyonun yapılması, sinyalizasyon sisteminde oluşabilecek aksaklık ve arızalara daha hızlı müdahale edilmesi, trafik kazaları ve yol çalışmalarından oluşan trafik sıkışıklıklarına alternatif çözümlerin üretilmesi ve hızlı bir şekilde uygulanması, ulaşım planlaması için net kavşak sayımlarının yapılabilmesi sağlanacaktır. Sistem ile İl Merkezinde 70 adet kavşak izlenebilir ve yönetilebilir hale gelecektir.

Çalışmamızın ikinci hedefi olarak, üstte belirtilen projelere destek olabilecek şekilde bir çıktı elde edilmesi, veri toplama için kullanılacak bir yapının oluşturulması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Akıllı Şehir

Hızlı nüfus artışı şehirlerin yüzleştikleri pek çok problemin kökeninde büyük bir yer tutmaktadır. Geçtiğimiz 10 yılda dünya nüfusu %12 artarak 6,2 milyardan 7,0 milyara çıkmıştır. Dünya artan nüfusa ek olarak köylerden şehirlere göç, şehirlerin nüfusunu büyük oranda arttırmaktadır. Diğer ülkelere benzer şekilde Türkiye nüfusu ve nüfus içinde şehirlerin payı hızla artmaktadır. Antalya’ımızda olduğu gibi Türkiye’deki köy yerleşimlerinden şehir alanlarına olan göç öncelikli olarak büyük şehirlerde yoğunlaşmaktadır. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sisteminde (ADNKS) 2017-2018 yılı göç verisine bakıldığında 183 bin 152 kişi Antalya’mıza göç etmiş, bulunmaktadır.

Bu durum trafik, kirlilik, temiz su, insan sağlığı ve güvenlik gibi alanlarda pek çok problemi de yanında getirmektedir. Ortaya çıkan bu problemler şehirlerdeki yaşamı olumsuz yönde etkilediği gibi, şehirlerde yaşayanların yaşam kalitesini azaltmakta ve şehirlerin marka ve rekabet gücünü düşürmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri, şehirlerde karşılaşılan problemlerin çözülmesi, kamu hizmetlerinin daha iyi hale gelmesi ve bireylerin yaşam kalitelerinin artırılmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Böyle bir ortamda karşımıza tüm bu sorun ve hedeflerin çözümü için Akıllı Kent tanımı çıkmaktadır.

Akıllı şehir, birbirleriyle ilintili olan çeşitli alt uygulamaların oluşturmuş olduğu büyük bir sistemdir. Sistemin her parçası bilgiyi üretirken aynı zamanda bu üretmiş olduğu bilgilerin analizini sağlayarak, yönetime çözüm süreçlerinde objektif kriterler sunmaktadır. E-Türkiye sürecinde; yasa, yönetmelik ve standartlar yardımıyla paylaşan, sorgulayan ve çağdaş bir kent yapısının oluşturulmasıdır aslında akıllı kent. Sistem temelinde şeffaf, katılımcı, üretken belediyeçiliği ön plana çıkartmaktadır. Vatandaşın yaşam kalitesini artırmak için güçlü analiz teknikleri yardımıyla, vatandaş istek ya da sorunlarına yerinde ve hızlı bir biçimde çözüm sunarak, kentliyle bütünleşen ve herkesin orada yaşamak isteyeceği bir şehri ortaya çıkarmayı hedefler.

Akıllı kentler girişimcilik ve verimlilikle birlikte akıllı ekonomiyi, kamusal yaşama katılım sağlayan ve bilgiye kolay ulaşabilen akıllı toplumu, katılımcı ve şeffaf bir yönetim sergileyen akıllı yönetimi, sinyalizasyon, elektronik denetleme, trafik ölçümleriyle birlikte akıllı ulaşımı, sürdürülebilir kaynak yönetimi ve çevre korumayla birlikte akıllı çevreyi sunar. Kısaca bizlere sağlıktan güvenliğe, eğitimden turizme, sosyal hayattan kültürel hayata akıllı yaşamı sunar Böylelikle Antalya’mızı vatandaşlarımız için daha yaşanabilir bir hale getirirken, ekonomik ve çevresel olarak da büyük kazançlar sağlayıp, belediyemizin ve şehrimizin itibarını ön plana çıkartarak marka bir şehir olma yolunda hedeflerimize ulaşmış olacağız. Daha az para harcayarak daha çok iş yapma imkânını ortaya koyuyoruz.

2.2. Ulaşım

İnsanların belirli bir noktadan başka bir noktaya araç ile gitmesine ulaşım denilmektedir. Diğer bir ifadeyle; ulaşım insanların, hayvanların, canlıların bir amaç için ya da keyfi olarak bir yerden bir yerlere birçok yolla gitmesine, ulaşmasına ulaşım adı verilir. Ya da cansız varlıkların, haberlerin, mektupların vs. posta, insan aracılığı gibi

birçok yolla bir yerden bir yere gidip ulaşmasına da ulaşım adı verilir. Bu ulaşım, ulaşım araçları sayesinde ulaşım yolları ile gerçekleşir.

Ulaşım deniz, kara, hava ve demir yolu şeklinde gruplanmıştır. Bu çalışmanın konusu kara üzerindeki araçların sebep olduğu trafik yoğunluğunun ölçümü olduğu için kara yolu incelenmiştir. Kara yolu ülkemizde en yaygın olan ulaşım türüdür. Yolcu taşımacılığında %80 üzerinde karayolu ile yapılmaktadır. Özellikle son 70 yılda, karayolu yapımı artmış ve ulaşım araçları çoğalmıştır. Ülkemizdeki en çok kullanılan karayolları, Edirne, İstanbul, Ankara, Adana arası ile İstanbul, Bursa, İzmir arası ve İzmir, Aydın, Denizli arasındadır. Kara yolu araçları: Otomobil, araba, otobüs, bisiklet, motosiklet şeklinde tanımlanmıştır.

2.2.1. Akıllı Trafik

Akıllı trafik sistemleri, farklı ulaştırma ve trafik yönetimi yöntemleri ile ilgili yenilikçi hizmetler sağlamayı ve kullanıcıların daha iyi bilgilendirilmelerini, daha güvenli, daha koordineli olmalarını sağlayan gelişmiş uygulamalar bütünüdür. Aynı zamanda çevreye duyarlı çevreci, düşük emisyon tüketimine katkı sağlayan doğaya katkı sağlayan projelerin başında gelmektedir.

Türkiye’de belirli bir nokta veya şehre giriş çıkış yapan araç sayılarının sayımı yol trafik ölçüm hortumları ile yapılırdı. Zemin üzerinde bulunan basınçölçer ile araç hortumun üzerinden geçerken sıkıştığı için basınç değişikli olur ve sayacın basıncı algılaması sağlanır. Böylece üzerinden belirli bir süre aralığında kaç adet araç geçtiğinin tespiti yapılabilmekteydi.

- Trafiği bir bütün olarak planlanması ve yönetilmesi,
- Kavşakların; sabit sinyalizasyon sistemi ile değil anlık trafik yoğunluklarına göre yönetilmesi,
- Trafik akışının gerçek zamanlı izlenmesi ve olağandışı durumlarda anlık müdahale edilebilmesi,
- İl merkezindeki ve ilçelerimizdeki trafik sistemlerini tek noktadan kontrol edilip yönetilmesi,
- İtfaiye, ambulans vb. araçlar için öncelikli geçiş sisteminin kurulması,
- Toplu taşıma öncelikli sinyalizasyon planlanmasının yapılması,
- Sinyalizasyon sisteminde oluşabilecek aksaklıklara ve arızalara daha hızlı müdahale edilmesi,
- Trafik kazaları ve yol çalışmalarından oluşan trafik sıkışıklıklarına alternatif çözümlerin üretilmesi ve hızlı bir şekilde uygulanması,
- Ulaşım planlaması için; net kavşak sayımlarının alınabilmesi,
- Trafik akış ve yoğunluklarının vatandaş tarafından da izlenebilmesi sağlanacaktır.

Son zamanlarda gelişen teknoloji ile birlikte büyük kentlerde araç sayımları mobese kameraları ile yapılmaya başlanmıştır. Antalya’da kayıtlı olan 1 milyon 60 bin araç yaz aylarında katlanarak artmakta trafiği olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple Antalya ili merkez 5 ilçesinde trafiği daha uygun dizayn etmek ve kullanmak için trafik takip sistemine gereksinimi olduğu görülmüştür. Bu sebeple birtakım çalışmalar incelenmiş Antalya için en uygun olanın oluşturulması amaçlanmıştır.

Çalışmalarda kullanılan akıllı trafik ile ilgili diğer terimler şunlardır;

- **Sustainable Traffic** - Sürdürülebilir Trafik
- **Talented Traffic** - Yetenekli Trafik
- **Digital Traffic** - Dijital Trafik
- **Intelligent Traffic** - Akıllı Trafik

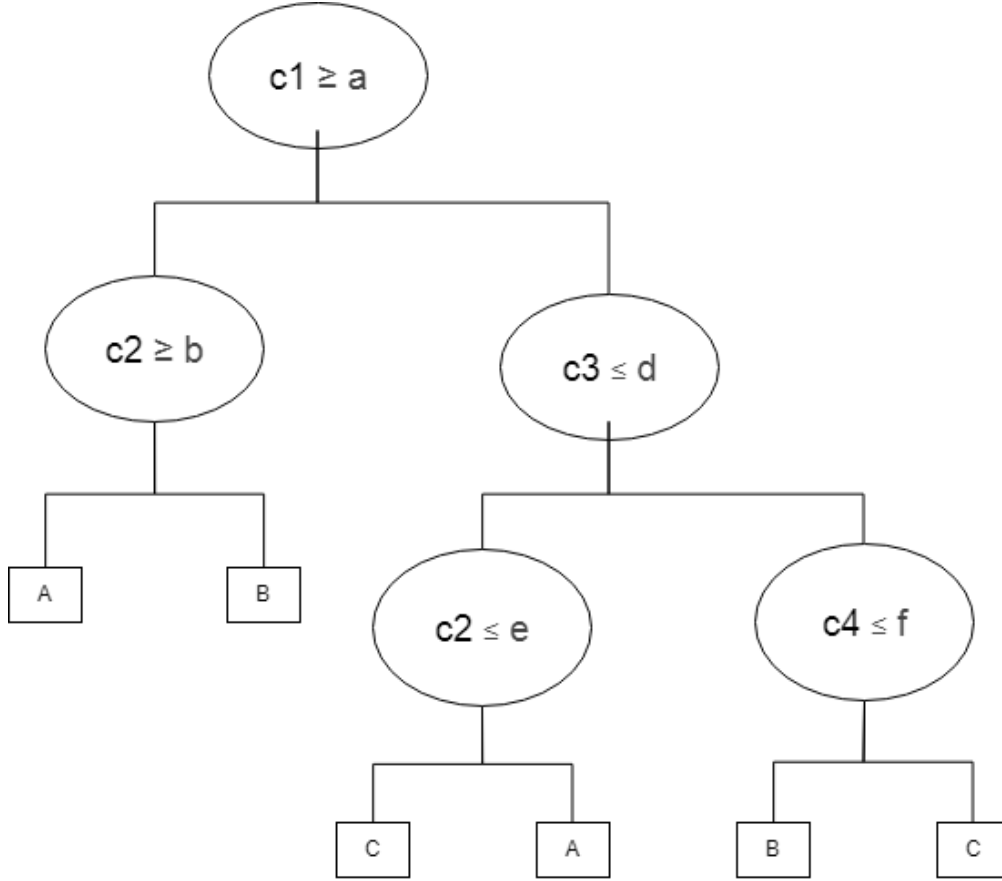
2.3. Sınıflandırma Analizi

Büyük problemleri çözmek için onları parçalayarak daha küçük hale getirmek yaygın bir problem çözme biçimidir. Çözülebilir hale gelmiş küçük problemler ile ilgili gerekli ve doğru işlemler yapıldıktan sonra büyük sorunun kolaylıkla çözülebildiği görülmüştür. Bu sebeple büyük problem ve sorunları çözmek için verilerin belirli bir yöntemler dahilinde parçalara ayrılması ve çözülmesi gerekmektedir. Bunun için verilerin analiz edilerek anlamlı olarak sınıflandırılması gerekmektedir. Bu problemlerin çözümü için sınıflandırma konusunda geliştirilen yöntemler, eğitilmiş sınıflandırma ve eğitimsiz sınıflandırma olarak iki başlık altında toplanmıştır. Eğitilmiş sınıflandırmada Karar Ağaçları, Naive Bayes, Destek Vektör Makineleri gibi algoritmalar kullanılmaktadır. Eğitimsiz sınıflandırmada K-means, DBSCAN gibi algoritmalar kullanılmaktadır.

2.3.1. Karar ağaçları

Karar ağaçları son zamanlarda verileri sınıflandırmada oldukça yoğun biçimde kullanılan bir sınıflandırma metodudur. Uzaktan algılama sistemleri, finansal risk analizleri, proje geliştirme aşamaları, makine öğrenimi, yapay zekâ uygulamaları gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bir karar ağacı, bir seçimin her olası sonucunu göstermek için dallanma yöntemi olarak kullanılan bir grafikdir. Karar ağaçları kolaylıkla elle çizilebilir, grafik programı veya özel bir yazılım ile oluşturulabilmektedir. Karar ağaçları aynı zamanda koşullu kontrol ifadeleri içeren bir algoritma göstermenin bir yoludur. Bu yöntem, karışık olan sınıflandırma süreçlerini bölerek sade ve kolay bir karar verme işlemi uygulanmasını sağlar. Kararı alan kişiye, ele alınması gereken etmenlerin belirlenmesinde ve bu etmenler ile kararın farklı sonuçları arasındaki ilişkinin öğrenilmesine yardım eder. Karar ağaçlarını kurma maliyeti oldukça düşüktür, yorumlanması kolaydır ve veri tabanı ile kolay bir şekilde entegre olabilmektedir.

Karar ağaçları ile oluşturulan yapı ağaca benzemektedir. Oluşturulan ağaç elemanları, karar verme adımları olan düğümler ve bunları birbirine bağlayan dallardan oluşmaktadır (Şekil 2.1). Yapının en tepesinde kök düğüm bulunmaktadır. Karar kriterlerinin ilki kök düğümden başlamaktadır. Sonraki işlemlerin sonucuna göre dallar türemekte ve her yeni bir dal yeni bir karara bağlanmaktadır. Bu işlem yapının en altında bulunan ve kendisinden dal türemeyen yaprak düğümlere kadar devam eder (Seyrek ve Ata 2010). Ağaç üzerinde temel amaç, veriler ile ilgili sorulara alınan cevaplar doğrultusunda en kısa sürede sonuca gidilmesi olarak söylenebilir.



Şekil 2.1. Karar ağacı yapısı

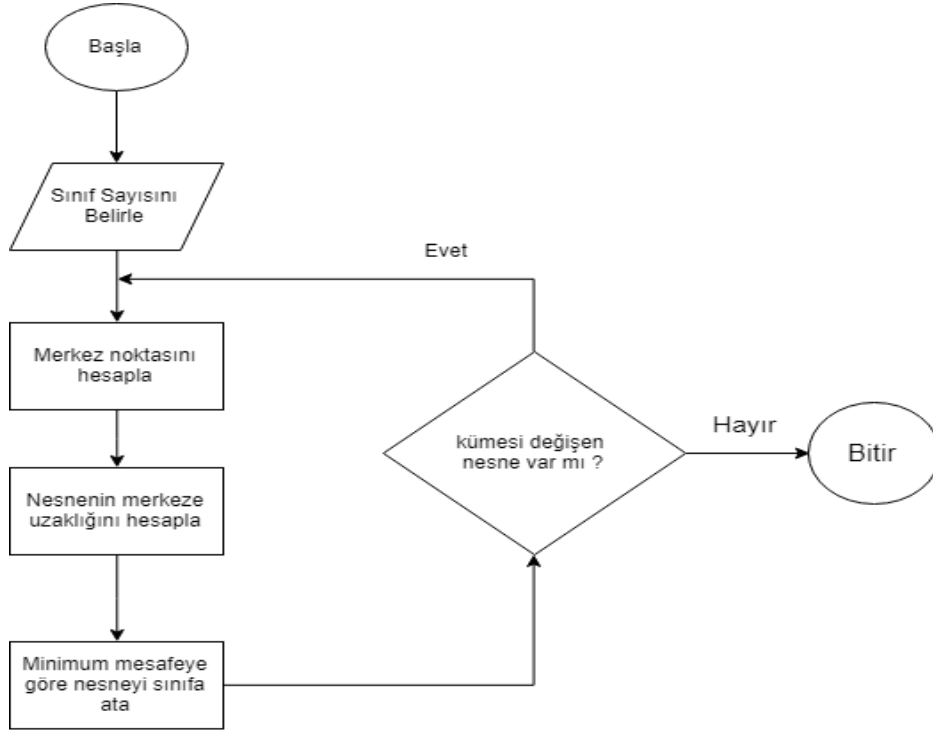
Çalış veri seti ile oluşturulan ağaç yapısının kabiliyetinin belirlenmesi için test veri seti kullanılmaktadır. Test işlemine kök düğümden başlar ve belirli bir yaprak düğüme ulaşana kadar işlem devam eder. Her bir yaprağa giden tek bir yol vardır. Ağaç oluşturulurken çok büyük ve dağınık bir model ortaya çıkabilir. Bunun karışıklığın önüne geçmek için sistemin doğruluğunu ve çalışmasını engellemeyen yaprak ve kısımların düzenlenmesi gerekir. Bu işlem ağacın budanması diye tabir edilir. Budama yapılırken belirlenen alt ağaç modelden çıkarılarak yerine yaprak konulur. Yapılan budama sonucunda ağaç modeli sadeleştirilir bu sayede kolay anlaşılabilir bir ağaç modeli oluşturulmuş olunur.

2.3.2. K-means

K-means algoritması oldukça kolay ve sıkça kullanılan bir kümeleme yöntemidir. Veri analizlerinde ve bilimsel uygulamalarda oldukça yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu algortmada k adet harfi küme sayısını belirtir. Algoritma, küme içi benzerliğin analiz edilmesinde, kümenin ağırlık merkezi ya da çekim merkezi olarak kabul edilen kümedeki nesnelerin ortalama değerini dikkate alır (Han ve Kamber 2006).

Her veri sadece bir kümeye ait olabilmektedir. Algoritma temelinde n adet veriden oluşan veri setinin k adet kümeye dağıtılmasıdır. Burada k sayısı sabittir ve kümeleme işlemi bitene kadar değiştirilemez.

Çalışma metoduna göre algoritmada en başta ilk küme merkezleri hazırlanır. Bu hazırlık için rastgele seçim yapılabileceği gibi dilenirse veri setinde hazırda bulunan k adet veri de kullanılabilir. Başlangıç kümesi seçilen bu veriler kullanılarak tek elemanlı olarak hazırlanır. Kalan veriler, kümelerin merkezine olan mesafelerine göre en yakın kümeye yerleştirilirler. Kümelerin merkezi, kümede bulunan verilerin ortalama değerine göre güncel hale getirilir. Bu işlem kümelerin değerinde değişiklik olmayıp sabit hale gelinceye kadar devam ettirilir.



Şekil 2.2. K-means algoritması akış diyagramı

Bir verinin küme merkezlerine olan mesafesinin hesaplanmasında yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri Öklid uzaklığıdır. İki veri arasındaki düz bir çizginin uzunluğudur. K-means algoritmasının başarı ölçümünde yaygın olarak hataların karelerinin toplamı kullanılır.

Dikkat edilmesi noktalardan biri bu algoritma, sadece kümenin ortalamasının belirlenebildiği durumlarda kullanılabilir. Dezavantaj olarak görülen durumlardan biri oluşturulacak küme sayısını belirten k değerinin başta belirlenmesidir. K-means algoritması aşırı uç değerlere karşı oldukça hassastır. Bu tarz veriler küme ortalama değerini büyük ölçüde değiştirebilmektedir. Yöntemin uygulanması oldukça kolaydır ve avantajlarından bir tanesi büyük veri setlerinin kullanımında hızlı ve etkili bir şekilde verimli olmasıdır.

2.3.3. Naive Bayes

Bayes teoremi, bir sıra hesaplama ile sisteme girilen verilerin sınıfını tespit etmeyi amaçlar. Sınıflandırma yapılırken sisteme belirli bir ölçekte öğretilmiş veri işlenir. Bu verilerin kesin olarak bir sınıfı olmalıdır. Bu öğretilmiş veriler üzerinden yapılan bazı

olasılık işlemleri ile, sisteme sınıfı öğrenilmesi amaçlanan yeni test verileri, daha önceden elde edilmiş olasılık değerlerine işletilir ve yeni verilerin hangi sınıfa ait olduğunun tespiti amaçlanır. Öğretilmiş veri adedi ne kadar fazla ise sınıfının tespiti amaçlanan test verisinin sınıfını tespit etmek daha kolay ve doğru olmaktadır.

Eğitim veri setinde bulunan her bir bağımsız öznitelik arasındaki ilişkiler ve bu ilişkilerin içerisinde bulunan şartlı olasılık analiz edilir. Eğitimde kullanılan veriler ile modelin ortaya çıkarılması için olayların meydana gelme sayısı hesaplanmaktadır. Bu olaylara meydana gelme olasılığı ise, bağımsız değişken sayısının bağımlı değişken sayısına bölümü ile bulunur. Bu çıkan sonuç veri kümesinden yapılacak tahmin için kullanılmaktadır. Tahmin işlemi, bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkenler üzerindeki etkilerini belirleyerek yeni bir olayı sınıflandırmak için gerçekleştirilir.

Yalın tasarımı ve uygulanabilir olması sebebiyle araştırmacılar tarafından yaygın biçimde kullanılmakta ve oldukça iyi sonuçlar vermektedir. İşlemlerin oldukça hızlı olması avantajlarından bazılarıdır. Fakat çok karmaşık sınıflandırma problemleri çözerken yetersiz kalabilmektedir. Ancak, çok karmaşık sınıflandırma problemlerinin çözümünde yetersiz kalabilmektedir.

2.4. Akıl Trafik Yöntemleriyle Yapılan Çalışmalar

2.4.1. Hücresel veri ile kentsel trafik izleme

Hücre sel veri, operatör alıcıları sayesinde internete bağlanmanızı sağlayan bağlantı modelidir. Hücre sel veri oldukça geniş çekim gücüne sahiptir. Hücre sel veri ile kilometrelerce uzaktan bile internet erişimi sağlanabiliyorken Wi-Fi ve WPAN için bu mesafe oldukça düşüktür. Bağlantının kalitesi operatörün sağladığı çekim gücüne bağlıdır. Eğer bulunulan bölgede hücre sel veri çekim gücü düşük olursa internet bağlantısı kesilebilmekte veya internet erişimi olmamaktadır.



Şekil 2.3. GPS hatalarının ölçülmesi

Gerçek zamanlı kentsel trafik bilgisi, şehirde yaşayan geniş nüfus için çok önemli bir yere sahiptir. Trafik koşullarına dair anlık ve kapsamlı bilgi, kentsel ulaşım

verimliliği, yol tıkanıklıklarının azalması ve atık emisyonunun yanı sıra zaman ve maliyet tasarruflarına katkıda bulunur. Verimli ve ucuz bir yolunu keşfetme çabaları son zamanlarda artmıştır. Son çalışmalar, karayolu trafik koşullarını tahmin etmek için taksiler veya özel araçlar gibi “sondaj araçlardan” toplanan GPS izlerine başvuruyor. Böyle pasif bir sondaj yöntemi, engelsiz altyapı dağıtımını önler ve şehirdeki çalışan sondalardan esnek bilgi çıkarmaya sahiptir. Bununla birlikte, çoğu, büyük ölçüde, denek araçlarından tam iş birliğine dayanmakta ve konum referanslarını elde etmekte önemli maliyetler taşımaktadır.

Hücresele veri toplama yöntemine göre; otobüs sürücülerinin cep telefonlarından asgari miktarda hücresele veri toplayarak kentsel trafik izleme sistemi kurulmasını amaçlamışlardır. Sistem otobüs şoförlerinin cep telefonundan ses ve ivme sinyalleri gibi hafif sinyalleri algılayarak tespit etmektedir.

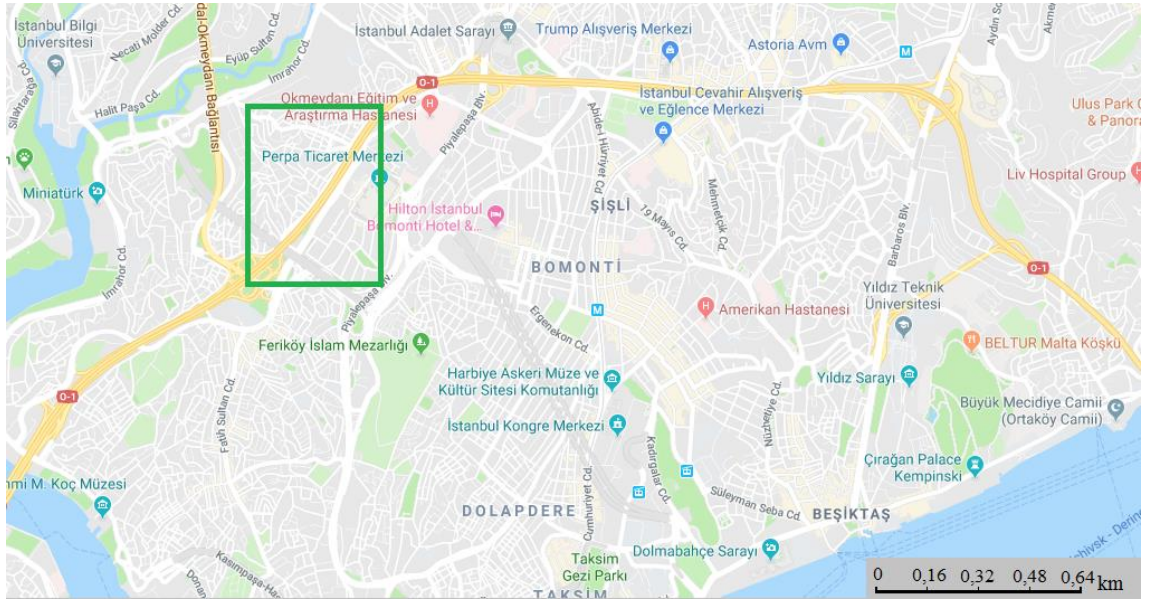


Şekil 2.4. Otobüs duraklarının parmak izi

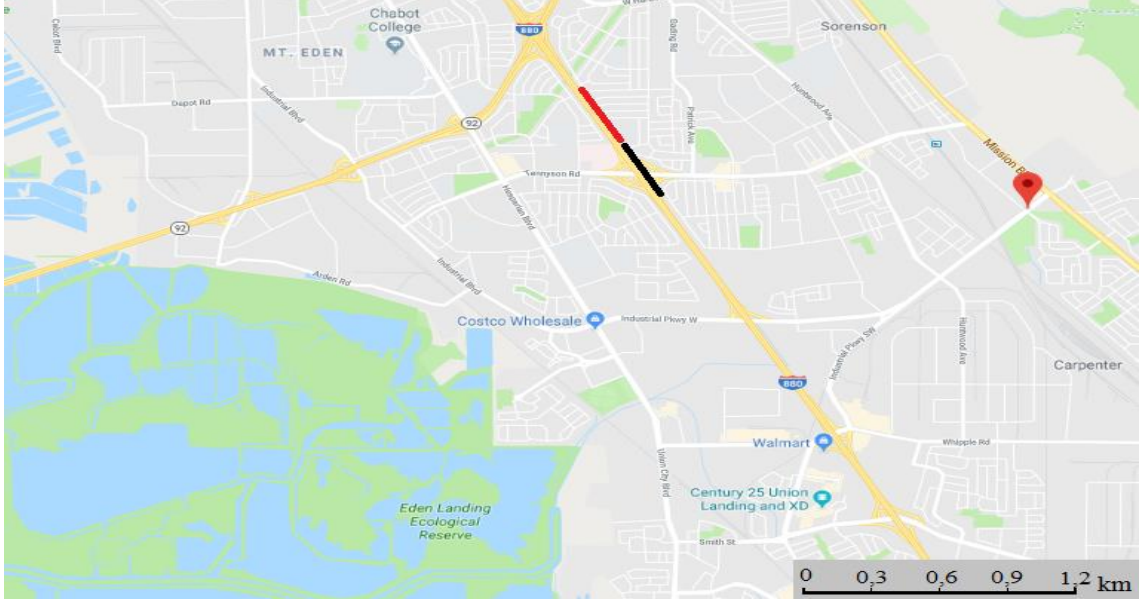
Bu çalışmada (Zho vd. 2015), öncelikle durak bilgilerini sisteme kayıt etmişlerdir. Hareket esnasında sürekli ortamı dinleyen şoför telefonu kart okutma cihazının çıkardığı bip sesini dinlemiş, güzergâh üzerindeki duraklarda olduğunu bilmiş ve log kayıt tablosunda tutmaya başlamıştır. Sistem otobüsün durakta olduğunu anlaması ile birlikte yolcuların telefonlarının bağlı olduğu hücre kulelerini izlemeye başlamış, eşleştirme algoritması ile birtakım analizler yapılarak en yakın hücre kulesini tespit etmiş ve durak için eşsiz bir kimlik tanımlamıştır. Bip sesinin kesilmesiyle takriben 10 dakika bekleme süresinden sonra gelen ilk bip sesi ile yeniden durağa geldiğini anlamış ve tekrar hücre kulelerini analiz ederek aynı kule olup olmadığının tespiti yapılmıştır. Farklı 2 kule ise yolculuk süresi ile 2 durak arasındaki mesafeden ortalama hız çıkarılmış ve harita üzerinde trafik durumu çıkarılmıştır. Bu proje 8 adet güzergâhın incelenerek test edilmiştir. Çalışmada herhangi bir ek cihaza ihtiyaç olmaması maliyet olarak oldukça fayda sağladığı görülmüş ve projenin sonraki aşamalarda geliştirilerek daha kapsamlı hale getirilmesi amaçlanmıştır.

2.4.2. Cep telefonlarının GPS trafik sensörü olarak kullanımı

Bu çalışmada (Amin vd. 2008), otoyol üzerinde 100 araçlık bir deneyle test etmişler ve bu projenin mimarisini 4 parçadan oluşturmuşlardır. Seyahat anında kullanılan GPS donanımlı cep telefonları, hücresel şebeke operatörü, sunucu ve trafik izleme yeniden yapılandırma sistemi. Sistem güvenlik için gezi hatlarının konumlarını tek tek toplamadan gezi hattı noktasındaki hız güncellemelerinin toplanmasıyla takibini yaptığı görülmüştür. Yani belirli bir konumdaki ortalama hızı alarak oranın akış modelini çıkarmak için Ensemble Kalman Filtresi kullanmış ve üretilen tahminler, trafik durumunu internet üzerinden yayınlanan görselleştirme sunucusuna göndermiş ve kullanıcıların hizmetine açılmıştır. Mobile Century, Hayward ile Fremont, Kaliforniya arasında 10 mil uzunluğunda I-880 olan GPS donanımlı Nokia N95 cep telefonu sürüş döngülerine sahip 100 araçtan oluşmuştur. Deneyde elde edilen veriler gerçek zamanlı olarak işlenmiş ve 8 saat boyunca internette yayınlanmıştır. Seyahat süresi ve hız dağılımı, kullanıcılara ve katılımcılara kabul edilebilir bir ortamda bu yeni hizmeti sağlamak için geliştirilen gizlilik koruma mimarisi kullanılarak gerçek zamanlı olarak gösterilmiştir. Verilerin kalitesi, deneyden bağımsız olarak elde edilen verilere göre doğru olduğunu kanıtlamıştır. Deney ayrıca, doğru sonuçlar elde etmek için yüksek oranda donanıma sahip araçlara sahip olmanın gerekmediğini ve GPS özellikli cep telefonlarının bireylerin gizliliğini koruyarak gerçekçi olarak trafik sensörleri olarak kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 2.5. Karayolu üzerindeki dağıtım bölümü



Şekil 2.6. I880 hattında meydana gelen kaza

Şekil 2.6’da kırmızı ile gösterilen çizgi, kaza nedeniyle oluşan trafik yoğunluğunu göstermektedir. Siyah çizgi trafiğin tamamen durduğu yolu göstermektedir.

2.4.3. Şehir içi yolcu taşıma yapan taksiler ile trafik izleme

Bu çalışmada (Li vd. 2009), Şangay kentinde 4000 taksiye monte edilen sensörler kullanılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır. 4000 taksiden gelen GPS verileri (enlem, boylam, zaman damgası) toplanmıştır. Verilerin ortalama analiz süresi 129 saniyedir. Seyahatlerin kalitesini değerlendirirken ortalama hız referans olarak alınmıştır. Taksiler şehir üzerindeki hemen hemen tüm noktalardan gittiği için şehir genelinde kör nokta kalmayacak şekilde trafik yoğunluğu bilgisine ulaşmışlardır. Yapılan çalışmada istenilen sonuç elde edilmiş şehir genelindeki trafik yoğunluğu yüksek doğruluk ile tespit edilmiştir. Sistemi etkileyen unsurlardan bazıları, taksilerin otoparkta beklemeleri, birbirlerine çok yakın hareket etmeleri ve Şangay kentinde katlı yolların fazla olması ve GPS verisinin 2 boyutlu olması sebebiyle aracın doğru konumlandırılması noktasında sorun yaşamışlardır.

2.4.4. Görüntü işleme ile gerçek zamanlı trafik izleme

Bu çalışmada (Ferrier vd. 1994), belirlenen yüksek direk veya köprü gibi yolu geniş açıdan gören konumlara kamera yerleştirilerek gerçek zamanlı trafik izleme yapmışlardır. Araç konumlarını belirlemek için görüntü bölünmüş ve tel ızgara modeli elde edilmiştir. Köşe veya kavşak noktalarında denetleme yapılacaksa sistemin kurulumu bu amaca göre yapılmış o alanı denetlemiştir. Kamera yerleştirildikten sonra yol üzerinde belirli bir noktaya sabitlenmiştir.



Şekil 2.7. Görüntü işleme ile araç tespiti

Kamera açısı içerisindeki odak noktasından araç geçtiği anda aracı yakalamış ve aracın tespiti yapılmıştır. Kamera hareketin takibi tetiklemesini bekler. Bir araç izleyicinin yerel ayarlarına girdiğinde, hareket algılanır. Tespit edilen hareket takibi başlatır ve izci aracı takip eder, araç sınırına oturtulur. İzleyici, hızın hesaplandığı kalibre edilmiş bölge boyunca kilitlenir. Aracın görüntüsü alındığı zaman hızını tespit edilebilmesi sağlanmıştır. Aynı zamanda kamera alanından geçen araçların sayısı da tespit edilmiştir. Böylece o yol üzerindeki trafik sıkışıklığı veya doluluk oranı tespit edilmiştir. İstenirse cihaz üzerine Termal veya IR sistem entegrasyonu sağlanarak gece boyunca da yol üzerinde trafik takibini yapabileceği görülmüştür.

2.4.5. Trafik yoğunluğunun duman kirliliğine etkisi

Şehirselleme trafik yoğunluğu ve hava kirliliği kritik kentleşme sorunlarıdır. Bu çalışmada (Xie vd. 2019), şehirlerde trafik kirliliğine etki eden trafik yoğunluğu mekanizması doğrudan emisyon, mekânsal aglomerasyon ve teknoloji yayılma etkileri perspektifinden açıklanmaktadır. Büyük ve orta ölçekli şehirlerde trafik yoğunluğu ile kentsel duman kirliliği arasında ters yönde U şeklinde bir ilişki tespit edilmiştir. Mekânsal aglomerasyon ve teknoloji yayılmalarının neden olduğu duman kirliliğindeki azalma, doğrudan emisyonların neden olduğu artışı dengelemek için yeterli gelmemektedir. Kentleşmenin ilerlemesinde, hükümet, büyük şehirlere göçü kısıtlayan hane halkı kayıt politikasını gevşetmeli ve inşaat alanı dağıtımında ana karaya ve küçük şehirlere doğru herhangi bir önyargıdan kaçınmalıdır. Bunu yaparak, hükümet ekonomik yoğunluğu ve ölçüğü daha da artıracak, trafik yoğunluğunu ters U şeklindeki eğrinin sağ tarafına

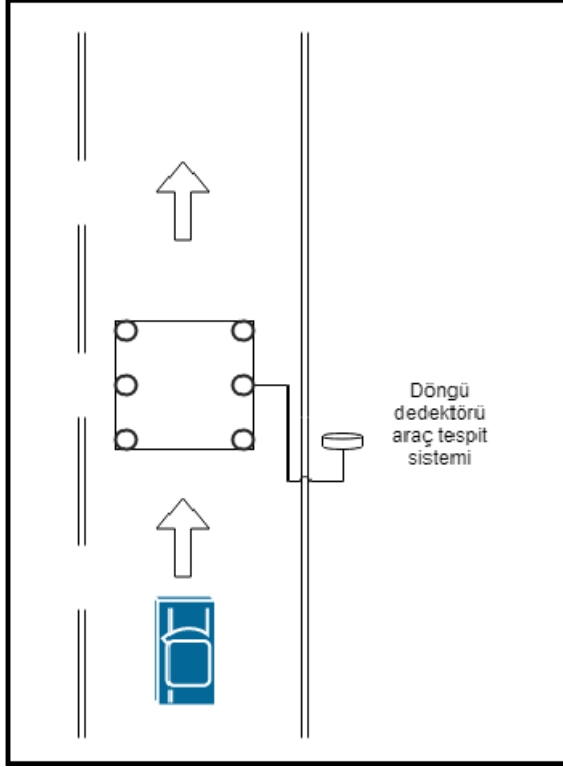
kaydırarak, böylece mekânsal yığılma ve teknoloji yayılma etkileri duman kirliliğini azaltabilecektir.

2.4.6. Döngü dedektörü ile yoğunluk tahmini

Yoğunluk, hız ve akış, trafik analizi için üç kritik parametredir. Trafik yönetimi ve iyi performans ile kontrol, büyük mekânsal ve zamansal kapsama için mesafe ortalama hızının ve yoğunluğunun tahminini / tahminini gerektirir. Zaman ortalama hızı ve mesafe ortalama hızı ve akış dâhil hız, gerçek dünyadaki uygulamalarda ölçülmesi ve hesaplanması nispeten kolaydır, oysa yoğunluğun ölçülmesine ve tahmin edilmesine daha az önem verilir.

Esas olarak döngü detektör verilerine dayanarak yoğunluğu tahmin etme yöntemlerini özetlemiş hem döngü detektör verileri hem de Araç Altyapı Entegrasyonu prob araç verileriyle yoğunluğu tahmin etmek için bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntemden daha iyi sonuçlar elde edildi ve Berkeley Otoyol Laboratuvarı (BHL) döngü dedektörü verileri ve toplanan Probe Vehicle verileri, metodolojiyi doğrulamak için kullanıldı.

Mevcut çalışmada (Qiu vd. 2009), gerçek zamanlı olarak belirlenen bir zaman aralığında önceden tanımlanmış çevre yolu bölgesinde ortalama yoğunluğu tahmin etmek için döngü dedektör ve denek araç bilgilerinin avantajlarını entegre etmek için yeni bir yöntem denenmiştir. Döngü dedektör sisteminden daha güvenilir akış tahmini ve denek araçlarından gelen daha doğru araç konum bilgisi, araç numaralarını doğru saymayı mümkün kılar. Önerilen yöntem yoğunluğun tanımından türetilir ve belirli otoyol bölümlerinde araç sayısının doğru sayılması bu yöntemin kilit noktasıdır. Önerilen yöntem uygulandığında, trafik ağı segmentleri daha serbest bir şekilde tanımlanabilmiş ve daha doğru yoğunluk tahmini de elde edilebilmiştir.



Şekil 2.8. Döngü dedektör verileri ile yoğunluk tahmini

DeneySEL sonuçlar, önerilen yöntemin daha makul yoğunluklu tahmini sonuçlar üretebileceğini göstermiştir. BHL döngü dedektör sisteminde hiçbir rampa ve rampa dışı veri bulunmuyor, rampa ile ilgili verilerin mevcut olması durumunda uygulanabilir. Mevcut rampa verileri durumunda, önerilen metot, sadece döngü dedektör verileri kullanan metottan çok daha yüksek doğruluk sağlamalıdır, çünkü döngü verilerinden uzaklık ortalama hız tahmininin doğruluğu rampa akışı etkisi nedeniyle daha düşüktür.

2.4.7. Metropol bir alanda GPS verilerinin kullanımı

Yüksek maliyetleri sebebiyle gerçek zamanlı olarak trafik izleme hizmetleri sunanların sayısı oldukça azdır. Bu çalışmada Costanzo (2013), sürücülerin akıllı telefonlarından gelen GPS sinyallerine dayalı olarak renkli bir trafik haritası oluşturmak ve bu tür trafik bilgilerini bir mobilite bilgi sistemi üzerinde bulunan asgari bir yol bulma yazılımına aktarmak olan düşük maliyetli bir sistem önermiştir. Kullanıcılara mobil cihaz üzerinden belirlenen hedefe daha iyi yollar önerilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, önerilen sistem, kentsel alandaki kullanıcı ticaret faaliyetlerini daha iyi planlamak için sürücü mobilinde yerleşik bir karar destek sistemini destekleyebilir.

Trafik izleme sistemini yapısını kurmak için, sürücülerin yolculuk sırasında trafik yoğunluğunu gerçek zamanlı olarak hesaplamak için GPS verilerini sisteme göndermeleri gerekmektedir. Trafik ulaşım ağının tamamı için kullanıcı GPS'lerinden gelen trafik bilgilerine sahip olmak zor olduğundan, karışık bir izleme altyapısı tüm ağı kapsayacak şekilde daha uygun görünmektedir. Örneğin, şehir merkezindeki caddelerde çok az trafik bulunan trafik tüpleri ve halkalar kullanılabilir.

Web kamerası, video izleme yapmanın yanı sıra trafik akışını hesaplamının yararlı olduğu yerlerde de kullanılabilir. Önerilen GPS izleme sistemi çevre ve şehir içi trafik yoğunluğu için uygun olabilir. Ayrıca, zaman performansını artırmak için kullanıcı cep telefonlarına bir yazılım geliştirilmiştir. Ayrıca temel izleme sistemi bilgisini herhangi bir sürücünün mobil cihazına ulaştırması planlanmaktadır.

2.4.8. Mobil internetin ulaşım siber fizik sistemlerine etkileri

Bu çalışmada Bayen (2008), mobil internetin ulaşım siber fizik sisteminin çehresini hızlı bir şekilde nasıl değiştirdiğini açıklamıştır. Son beş yılda, cep telefonu teknolojisi trafiği izlemek için özel altyapı sistemleri inşa etmek için birçok girişimi hızlandırmıştır. Bugün, GPS donanımlı akıllı telefonlar, tüm ulaşım ağı için gerçek zamanlı olarak trafik bilgisi sağlama potansiyeline sahip, sürekli olarak her yerde trafik izleme sistemine dönüşüyor. Trafik bilgi sistemleri, büyük ölçekli siber fizik altyapı sistemleri için katılımcı algılama potansiyelinin ilk örneklerinden biridir. Mobil cihaz teknolojisi oldukça ümit verici olsa da özellikle modelleme ve veri asimilasyonu alanlarında temel zorluklar çözülmeyi beklemektedir.

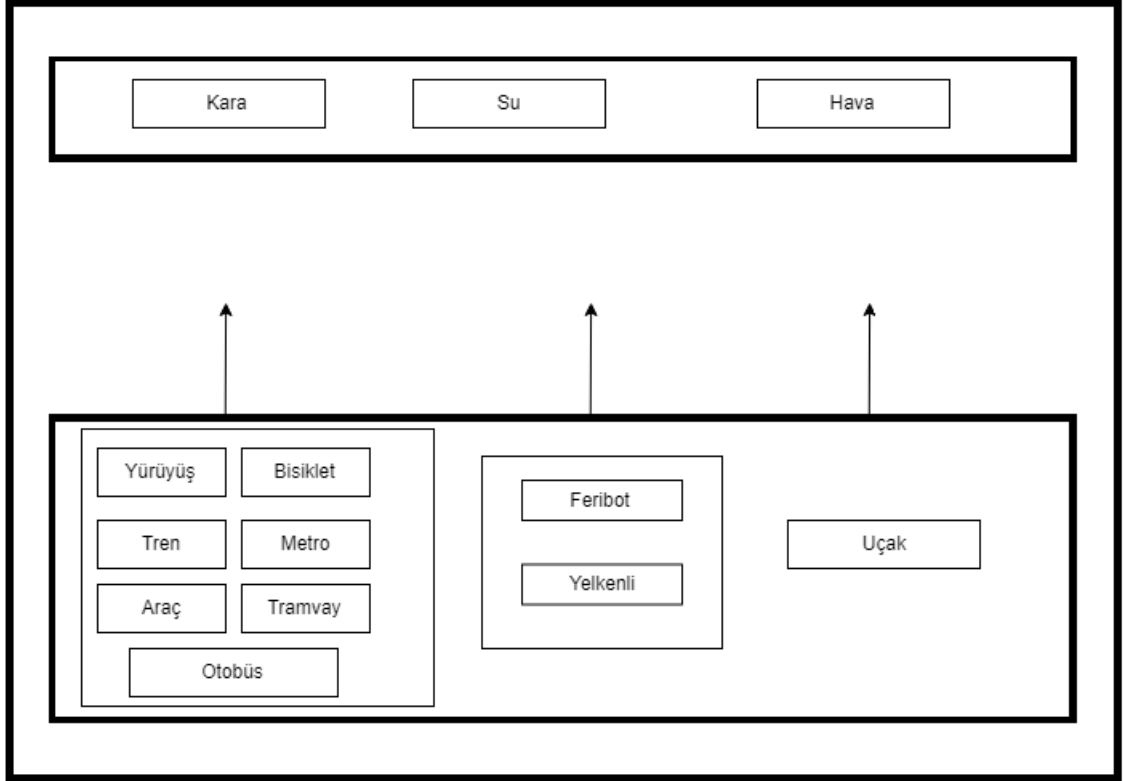
Bu yeni zorlukları incelemek için, Caltrans ve US DOT'un desteğiyle Nokia Araştırma Merkezi Palo Alto, Navteq ve UC Berkeley'in araştırmacıları, Mobile Millennium olarak bilinen mobil cihazları kullanarak trafik izleme sistemi kurmuşlardır. 18 ay süren Mobile Millennium projesi, GPS donanımlı cep telefonlarından trafik verileri toplamak ve gerçek zamanlı olarak trafik koşullarını tahmin etmek için son teknoloji bir sistem uygulamıştır.

Çalışma, San Francisco Körfez Bölgesi'ndeki taşıtlara odaklanmış ve özellikle gezginlerin yüz elli mil uzaklıktaki Tahoe Gölü'ndeki Tahoe Kayak Merkezlerinde yaşadıkları yoğun tıkanıklığı izlemeye odaklanmıştır. Mobile Millennium, VTL örnekleme stratejisini kullanarak hız alanlarını ve seyahat süresi tahminlerini oluşturmak için binlerce mobil cihazdan GPS verilerini kullanabilen ilk gerçek zamanlı kalıcı izleme sistemini göstererek bu çalışmanın kapsamını ve kapsamını önemli ölçüde artırmıştır. Mobile Millennium, Bay Area, Sacramento ve Tahoe Gölü'ndeki ve çevresindeki tüm ana karayolları üzerindeki trafiği tahmin etmiştir. Yaygınlaştırılmış sistem genel olarak beş ana bileşenle tanımlanmıştır.

Araçlarda GPS özellikli akıllı telefonlar (halka açık), bir hücrel şebeke operatörü, hücrel telefon veri toplaması, trafik tahmini ve trafik hizmeti sunumu. Katılan her mobil cihazdan trafik verileri toplanmış ve cihaz üzerinde kullanıcılara gösterilmiştir. Bir arka uç sunucu, çok sayıda mobil cihazdan veri toplayacak ve veri asimilasyonu için verileri UC Berkeley tahmin motoruna iletmiştir. Bu, mevcut durumun en iyi tahminini üretmek için cep telefonu verilerini döngü dedektörleri gibi diğer bilgilerle birleştirmiştir. Trafik Harita veri sunucusu, Navteq Navstreets ağ tabanlı trafik akışı modelleri için gerekli olan dijital harita verilerini sağlamıştır. Arteriyel trafik modelleri de dâhil olmak üzere devam eden araştırmaların bir parçası olarak paralel olarak çoklu tahmin algoritmaları kullanılmıştır. Son olarak, UC Berkeley ve Navteq'deki yöneticileri tahmin etmek, çeşitli algoritmaların performansını izlemiş ve mobil cihaza geri iletmek için en iyi tahmini seçmiştir.

2.4.9. Ulaştırma modu tabanlı hareket yörüngelerinin sınıflandırılması

Sistemler üzerinde veri kaynağı olarak kullanılan konum verilerinin ulaşım modunun bilgisi (bisiklet, yaya, araba ve tren) seyahat davranış araştırması, ulaşım planlaması ve trafik yönetimi için çok önemlidir. Bununla birlikte toplanan veri hareketleri yüksek doğrulukta olmasına rağmen taşıma modunu içermemektedir. Bu çalışmada (Biljecki vd. 2013), hareket verilerini tek modlu segmentlere ayırmak ve bunları kullanılan taşıma metoduna göre sınıflandırmak için yeni bir yöntem sunmuştur.



Şekil 2.9. Hareket yörünge şeması

İlk olarak hareket yörüngesinin bölümlere ayrılması yapılmıştır. Bir yörüngedeki tüm duraklamalar ve sinyal yetersizlikleri potansiyel geçiş noktaları olarak işaretlenir ve bölümler ayrı ayrı olarak sınıflandırılmıştır.

Birinci katman genel grupları içermektedir. Kara, hava ve su şeklinde tek modlu bölümlere ayrılmıştır. Yörüngelerin sınıflandırılması için uygun göstergelerin seçimi dokuz değerle sonuçlanmıştır. Fakat bu 9 değerden 3 farklı seçim kullanılmıştır. Bunlar en yüksek hız, ortalama hız ve hareket hızı dikkate alınmıştır. Araç hareket ederken GPS cihaz hiç hareket etmediğinde düşük hızları kaydeder ve bu sistem üzerinde hesaplamalarda ortalama hızı etkilemektedir. Bu sebeple geliştirilen algoritmalar ile tespit edilmiş ve filtrelenmiştir.

2.4.10. Büyük ölçekli trafik verilerinin sınıflandırılması

Trafik izleme sistemlerinde trafik sıklığı, anormal sürük şekli, ani veya yoldan çıkma gibi trafik olaylarını otomatik olarak tespit etmek sınıflandırmak oldukça faydalı bir özelliktir. Bu çalışmada (Wang vd. 2018), yeni bir otomatik olay sınıflandırma yöntemi önermişlerdir. Trafik tespit sistemlerinde trafik davranışlarını tanımlamak için, makine öğrenme sınıflandırıcılarını beslemek için toplu trafik veri toplamları gerekir. Bu çalışmada 31 günlük verinin hafta sonunda trafik akışı davranışındaki tutarsızlık sebebiyle sadece hafta içlerin kullanılarak 23 günlük veri kullanılmıştır. Trafik sinyalleri ilk önce video görüntüsünden çıkarılmış ve sinyal dönüşüm işlemi yapılmıştır. Bu sinyallerin özelliklerine göre trafik durumlarını kapsayacak şekilde büyük ölçekli bir trafik veri tabanı oluşturulmuştur. Daha sonra bu sinyaller analiz edilerek filtre işleminden geçirilmiş ve trafik verileri ile ilişkilendirilmiştir. Uyarlanabilir sınıflandırıcı metod tarafından trafik üzerindeki anormal durumlar tespit edilmiştir. Bu yöntemin ortalama %92'den fazla sınıflandırma doğruluğu ile başarılı bir sonuç elde ettiği görülmüştür.

2.4.11. GPS izleri ile trafik ışığı, sokak ve kavşak noktalarının tespiti

Bu çalışmada (Organero vd. 2018), trafik ışıkları, sokak geçişleri ve kavşaklar gibi sokak öğelerinin otomatik olarak algılanmasına odaklanan ve sokak haritaları oluşturmak ve bunları trafik ışıkları gibi trafiğe etki eden altyapı elemanlarıyla doldurmak için kullanılacak yeni bir mekanizma sunmuştur. Veri olarak sürüş anında mobil cihazlardan gelen GPS izleri kullanılmış ve bu GPS izlerinin hız ve ivme bilgilerini algılama algoritması kullanarak derin öğrenme ile analiz etmişler ve ilgili bölgedeki trafik ışığı, sokak geçişleri, kentsel kavşak veya başka özellikleri ortaya çıkarmışlardır. Çalışma aynı zamanda iki farklı veri seti kullanılarak doğrulanmıştır. Sadece GPS verisi kullanılarak mevcut yol elemanlı tespit algoritmalarına minimum gereksinimlere sahip yeni yöntem sunulmuştur. Gelecek çalışmada GPS izlerinin yanında diğer sensörlerden gelen bilgilerinde kullanılarak algoritmanın iyileştirilmesini amaçlamışlardır.

2.4.12. Trafik durum verileri ile yol performansını öğrenme

Bu çalışmada, (Chen vd. 2019) otoyolların performansını trafik durum verilerini analiz edip sınıflandırarak tespitini sağlamışlardır. Ücretsiz olarak erişilebilen trafik durum verileri, trafik koşulları hakkında önemli, detaylı ve gerçek zamanlı bilgiler sağlar. Bu çalışmada Baidu harita servisinden elde edilen veriler ile elde edilen trafik durum verilerinden alınan örnek noktalar ile yol performansı değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma Çin'in Yunnan eyaletinde yapılmıştır. Elde edilen veriler incelendiği zaman topolik ilişkisi olmadığı görülmüş ve bu sebeple trafik durum verileri ile ulaşım ağları arasında eşleştirme işlemi yapılmıştır. Bu işlemden sonra veriler zamansal ve mekânsal olarak sınıflandırılmış ve verilerin benzetimi sağlanmıştır. Benzetim işlemleri tamamlandıktan sonra beklenti, varyans ve günlük trafik koşullarına göre yol performansı değerlendirilmiştir. Sonuç 3 kritere dayanarak, yoğun ve dengesiz trafik nedeniyle kötü performans gösteren yolları bulmuşlar ve her bir yolun trafik performansının değişmesine neden olacak düzenli trafik koşullarını tespit etmişlerdir.

2.4.13. Yolculuk verileri ile faaliyet merkezlerinin sınıflandırılması

Bu çalışmada (Cats vd. 2015), Stockholm şehrinde kentsel yapı dinamiklerini ortaya çıkarmak için toplu taşıma yolcu akışının mekânsal-zamansal dağılımının nasıl kullanılabileceğini incelemişlerdir. Hareketlilik verilerine dayanarak merkezleri tanımlamak ve sınıflandırmak için bir yöntem Stockholm'e çok modlu toplu taşıma yolcu akışı kullanılarak uygulanmıştır.

2.4.14. Trafik verisi ile çevresel gürültü etki değerlendirmesi

Bu çalışmada (Ruiz ve Torija 2016), şehir gürültü kirliliğini kontrol altına almak için belirli bir bölgenin farklı trafik koşullarına göre sınıflandırılması yaparak gürültü değerlendirme yapılmasını amaçlamışlardır. Çalışma verisi İspanya şehri üzerine sahip gürültü izleme veri tabanı içerisinden alınmıştır. Veri, ağırlıklı gürültü kaynağı olarak karayoluna trafiğine sahip şehir noktalarını içermektedir.

Geliştirilen sınıflandırıcı, bir dizi ortam değişkeni (zamansal dönem, yol koşulları, hız ve geometri kümesi) kullanarak, ağır vasıta ve motosiklet / motorsikletlerdeki içeriğe dayalı kentsel konumların sınıflandırılmasını yapmıştır. İlk olarak, bir dizi makine öğrenme algoritması kullanılarak kentsel trafiğin şehir içi trafikte bulunan ağır vasıta araç ve motosiklet oranlarına göre sınıflandırılması işlemi yapılmıştır. Sonraki aşamada, farklı sınıflandırma algoritmaları ve özellik çıkarma teknikleri uygulanmış ve test edilmiştir. İşlemler sonucunda ardışık minimal optimizasyon algoritmasının kentsel konumlar kümesinin sınıflandırılmasında çok katmanlı algılayıcı modelinden daha iyi performans gösterdiğini tespit etmişlerdir. Elde edilen bilgi ve bulgular, kentsel ortamlardaki trafik gürültüsü ile ilgili sorunlara yönelik eylemler oluşturmak ve gürültü seviyelerini azaltmak için kullanılabileceğini söylemişlerdir.

2.4.15. Trafik verisinin analizi ile araçların tespiti ve sınıflandırılması

Bu çalışmada (Arinaldi vd. 2018), trafik üzerindeki araçların tespiti, sayımı, sınıflandırılması ve aracın hızının tahminini amaçlamıştır. Çalışma içerisinde iki adet farklı model uygulanmış ve sistem için gece koşullarında daha iyi performans gösteren derin öğrenme mimarisi ile bölge kıvrımlı sinir ağı modeli kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yol üzerindeki araç sayımı, aracın türü (kamyon, araba, otobüs veya araç değil) tespiti sağlanmış ve bu araçların hız tespiti yapılabilmektedir.

Kurulan sistem ile, trafik özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri zamanında algılamakta trafik yönetim sistemleri için yardımcı ve yetkili kişilerin trafik sorunlarına hızlı bir şekilde cevap verebilmeleri sağlanmıştır.

2.4.16. Ultrasonik sensörler kullanarak trafik katılımcılarının tespiti

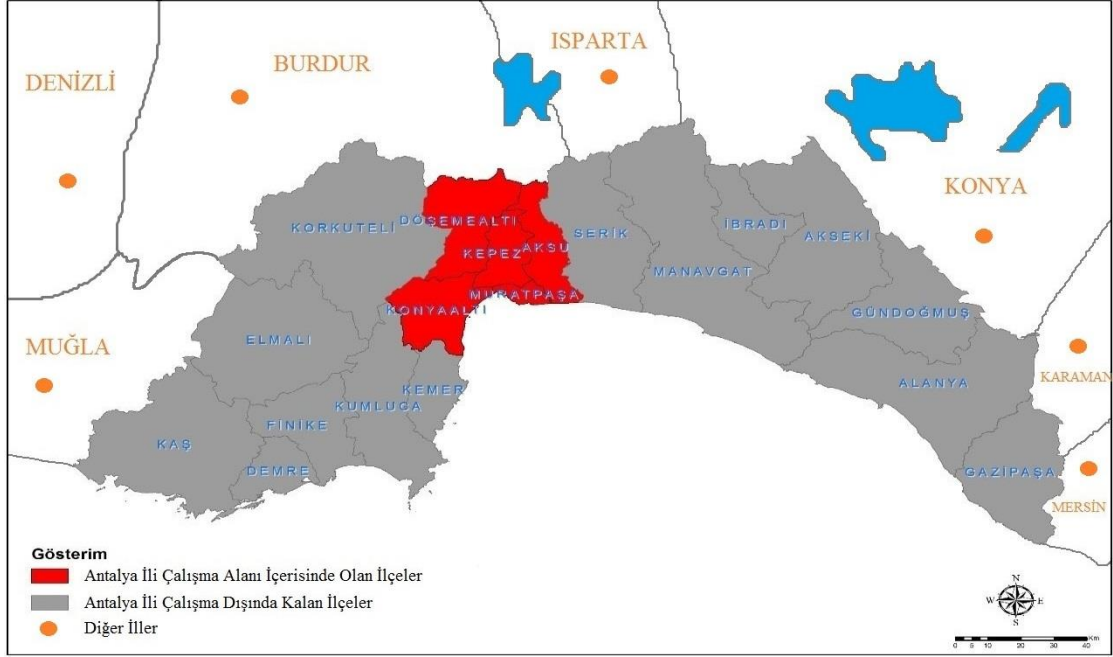
Trafik üzerindeki araçların etkin olarak algılanması, trafik destek sistemleri için oldukça önemlidir. Bu çalışmada (Li vd. 2019), maliyeti oldukça düşük olan ultrasonik sensörler kullanarak trafik üzerindeki katılımcıların (yaya, bisikletli ve araç) tespitini yapmıştır.

Trafik katılımcılardan optimize edilmiş bir özellik alt kümesi seçmek için koşullu bir olasılık maksimizasyonu yöntemi kullanılmıştır. Zamanla birlikte her gruba ait olma olasılığı, her bir zaman adımında bir destek vektör makinesi sınıflandırıcısından çıkarılan birikmiş nesne tipi niteliklerine dayanarak belirlendi. Sensörlerin saptama mesafe aralığı yaklaşık olarak 5 metre ve açı aralığı 120 derecedir. Her birinin arasında 50 cm'lik mesafe olan sekiz adet sensör nesnelere algılamak için doğrusal bir şekilde dizilmiştir. Katılımcıların ilgili hangi kümeye ait olduğu tespiti 0.8 sn gibi kısa sürede tespiti yapılmış ve %86 gibi tespit doğruluk oranına sahiptir. Fakat bisikletli ve yaya gibi benzer görünüme sahip nesnelere ayırt edilmesi oldukça zor olmuştur. Sonraki çalışmalarda bisikletliler, yaya ve trafik sıklığı gibi nesne ve durumların tespiti için çalışılması amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma alanı ve veri toplama adımları

Çalışmamız kapsamında 01.06.2019 ile 10.06.2019 tarihleri arasında Antalya ili merkezinde (Şekil 3.1) 64 adet sefere ait yolculuk bilgisi otobüslerde kart okuma cihazı (Validatör) içerisinde entegre bulunan GPS cihazı aracılığıyla toplanmıştır. Her sefer için yaklaşık 10 saniyede bir konum bilgisi elde edilmiştir.

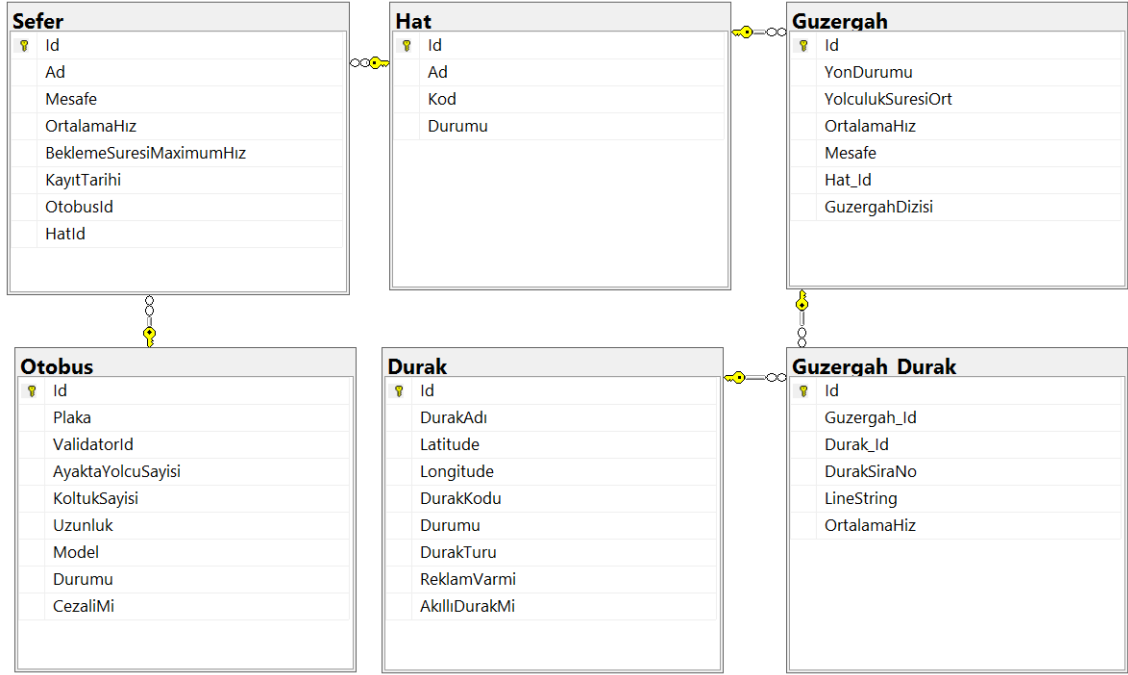


Şekil 3.1. Çalışma alanı

Şekil 3.1’de gösterilen çalışma alanı Antalya ilçe sınırları içerisinde yer alan ve nüfusun büyük bir çoğunluğunun yaşadığı Aksu, Döşemealtı, Kepez, Konyaaltı ve Muratpaşa ilçe sınırlarını kapsamaktadır.

3.1.1. Veri tabanı tasarımı

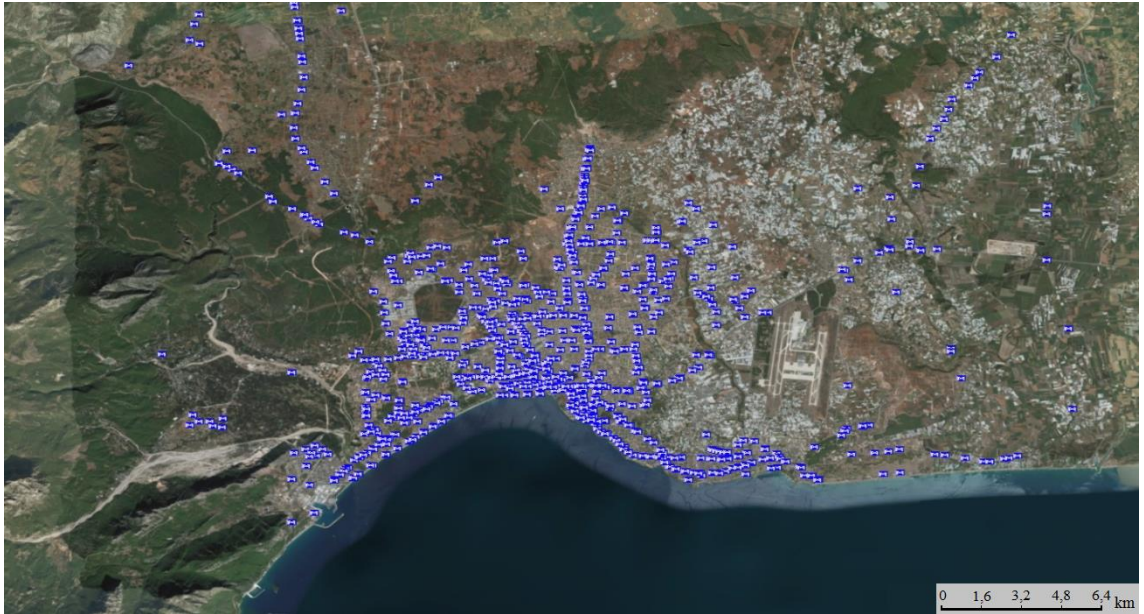
Konum, araç kavşak güzergâh bilgilerini tutmak için bir veri tabanı hazırlanmıştır (Şekil 3.2). Veri tabanı, mantıksal ve fiziksel tasarım olarak iki parçadan oluşmaktadır. Veri tabanının detaylı yapım aşamasında çalışmada ne tür verilerin tanımlanacağı, kullanılan verilerin hangi nasıl üzerinde sınıflandırıldığı, gösterim detaylarının (nokta, çizgi, alan) nasıl ifade edileceği ve hangi özelliklere sahip olacağı tanımlanmaktadır. Tasarım sürecinde ise, mantıksal tasarımda ortaya koyulan verilerin ilişkisel veri tabanı modelinde kaydedileceği veri kümeleri, obje sınıfları ve tablolar oluşturularak, birbiriyle ilgili veriler arasında ilişki boyutları tanımlanmaktadır.



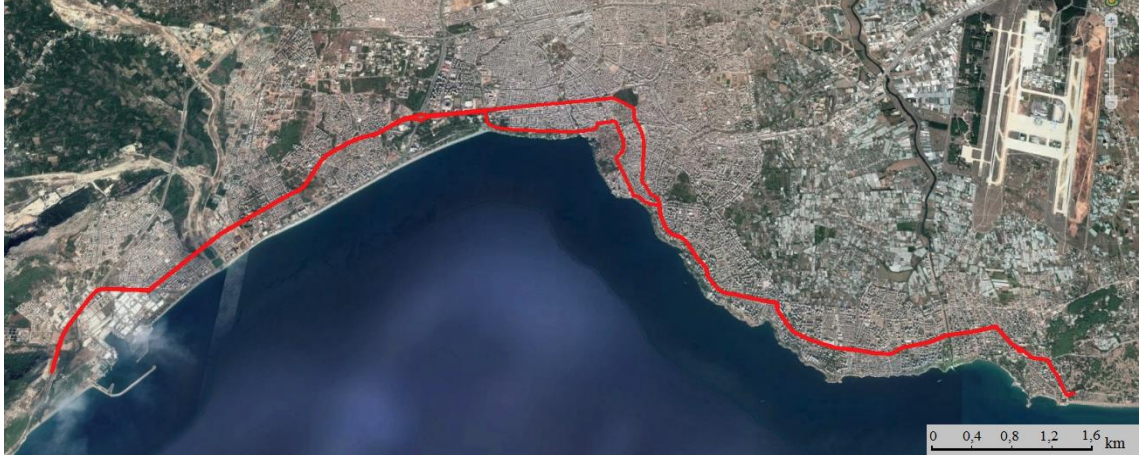
Şekil 3.2. Veri tabanı diyagram şeması

3.1.2. Veri işleme ve analiz

Çalışma kapsamında veri tabanı kurgusunu tamamladıktan sonra 720 adet otobüs kaydı yapılmış ve her otobüsün 1 ay boyunca hangi hatlar üzerinde çalışacağı bilgisi sisteme girilmiştir. Şekil 3.3’de (Aksu, Döşemealtı, Kepez, Konyaaltı, Muratpaşa) üzerinde bulunan 3200 durağın bilgisi gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Antalya merkezi beş ilçede bulunan 3200 otobüs durağı



Şekil 3.4. Sistemde yer alan KL08 hattına ait güzergâh örneği

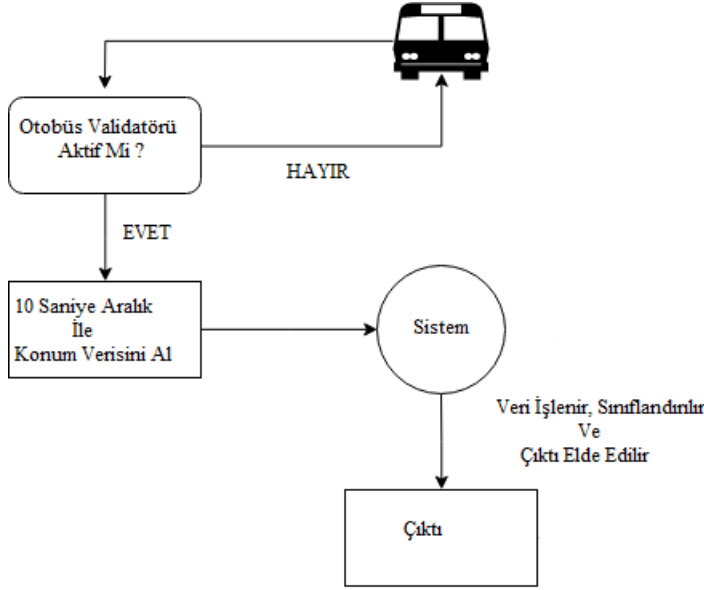
Otobüsler gün içerisinde ki çalışma periyotları ve çalışacakları hatlara göre öncelikli olarak, çalışma alanı içerisinde bulunan dağıtım noktalarında hazır bulunur, oradan yolcuları almaya başlamaktadır. Otobüs çalıştırılıp depoya ulaştıktan sonra o gün hangi hat üzerinde çalışacağı bilgisini alır, hat bilgisinden güzergâh bilgilerine, otobüsün gideceği yöne bakar. Birçok hat 2 yönlü çalışmaktadır. Şekil 3.4’de KL08 hattı Sarısu-Lara güzergâhında yolcu taşımaktadır, aynı şekilde Lara mevkiindeki son durak noktasına ulaştıktan sonra oradan Lara-Sarısu güzergâhında yolcu taşımaktadır. Bu sebeple her hat gidiş-geliş güzergahına sahiptir. Aracın hat, güzergâh bilgisi belirlendikten sonra validatörün açık konuma getirilmesinden itibaren konum bilgisi kaydedilmeye başlanır.

Yolculuk sırasında oluşan çizgi verileri iki durak arasında çok sayıda noktadan oluşmaktadır ve her durak arasındaki konum bilgisi adedi mesafeye göre değişiklik göstermektedir. Kavşak gibi dönüşün olduğu noktalarda örnekleme frekansı nedeniyle güzergâh parça parça düz çizgi şeklinde oluşmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Kavşak üzerinde oluşan iki nokta arasındaki çizgiler

Otobüslerin arızalanması veya kazaya karışması durumunda konum verisi alma işlemi şoför tarafından validatör cihazı kapatılarak yanlış bilgi akışının sağlanması önlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Veri toplama ve analiz adımları

Otobüslerin yolculuk hızı değerlendirilirken Karayolları Genel Müdürlüğü şehir içi hız limitleri doğrultusunda Çizelge 3.1’de gösterilen hız aralıkları kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Yaralanma sayısının azaltılması için önerilen hız sınırları

Yol Tipi	Hız sınırı (km/sa)
Korumasız yol kullanıcıları ve araçlardan oluşan yollar (yayalar ve bisikletliler)	30
Kazaların sonucu yan etkilerin oluşabileceği kontrolsüz erişimli yollar	50
Ayrılmamış ve karşılıklı çarpışmaların meydana gelebileceği bölünmemiş yollar	70
Otoban türü hemzemin erişim olmayan ve yayalara yasak olan, fiziksel ayırıcı ile kontrollü erişimin yer aldığı yollar	>100

Elde edilen veriler doğrultusunda araçların ortalama hızları altta belirtilen formülle hesaplanmıştır. Burada araçların ölçüm esnasında doğrusal bir güzergahta ilerlediği varsayılmaktadır.

```
zaman=datevec((hareket(:,4)));  
zaman_farki_saniye=etime(zaman(2:end,:), zaman(1:(end-1),:));  
mesafe=sqrt(diff(x1(:,1)).^2+diff(x1(:,2)).^2);  
ortamala_hiz_km=(mesafe./zaman_farki_saniye).*3.6;
```

Şekil 3.7. Ortalama hız hesaplaması yapan kod örneği

Şekil 3.7’de gösterildiği gibi öncelikle iki nokta arasında geçen süre ve mesafe hesaplanarak bulunmuş daha sonra toplam kat edilen mesafenin geçen süreye bölünmesiyle ortalama hızın tespiti yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Yolculuk Mesafeleri

Araştırma sonucunda otobüslerin 64 sefer boyunca en az 20,68 km ve en çok 95,3 km olmak üzere ortalama $45.52 \pm 25,82$ km mesafe kat ettiler. Yolculuk süreleri en az 0,74 saat ve en çok 3,63 saat olmak üzere ortalamada 1.89 ± 0.88 saattir. Her bir sefer için otobüslerin kat ettikleri mesafeler Çizelge 4.1’de bulunmaktadır.

Çizelge 4.1. 01.06.2019 – 10.06.2019 tarihleri arasında 64 sefer için gidilen mesafeler (km)

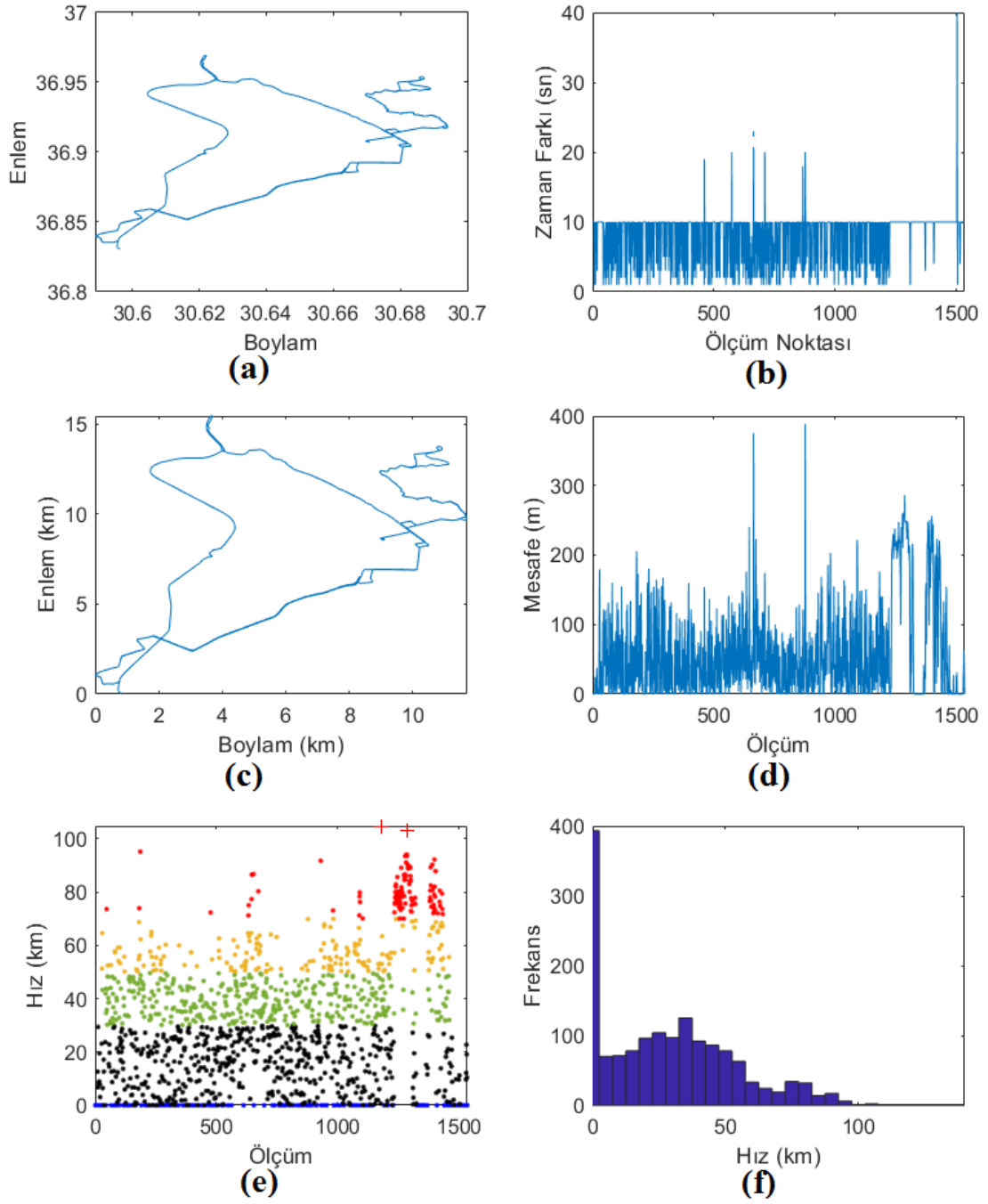
1-7 Arası Seferler	89,53	59,21	59,23	59,48	75,69	22,01	22,08
8-14 Arası Seferler	22,06	22,10	22,10	44,11	22,14	35,39	68,04
15-21 Arası Seferler	75,98	84,14	74,79	79,06	20,71	65,81	65,82
22-28 Arası Seferler	65,86	65,60	95,30	20,68	31,43	34,32	31,33
29-35 Arası Seferler	34,30	65,81	65,32	65,72	21,83	22,10	22,10
36-42 Arası Seferler	22,04	43,74	22,05	23,10	21,83	22,05	22,05
43-49 Arası Seferler	22,04	22,01	22,03	21,84	22,95	22,04	22,06
50-56 Arası Seferler	22,04	22,06	21,95	22,01	21,92	34,93	85,22
57-63 Arası Seferler	85,16	85,06	85,26	69,26	85,12	84,22	84,14
64. Sefer	41,58						

Çizelge 4.2 belirtilen hız sınırları göz önünde bulundurularak otobüslerin anlık ortalama hızlarının ilgili hız ölçeğinde bulunma sayıları, Çizelge 4.2 de gösterilmektedir. Araçlar en fazla 0 – 30 km/sa hız aralığında bulunduğu gözlenmiştir. 100 km/sa üstü hızlarda bulunma durumları 32 adet seferde gözlenmiştir.

Çizelge 4.2. 64 sefere ait istatistiksel sonuçlar

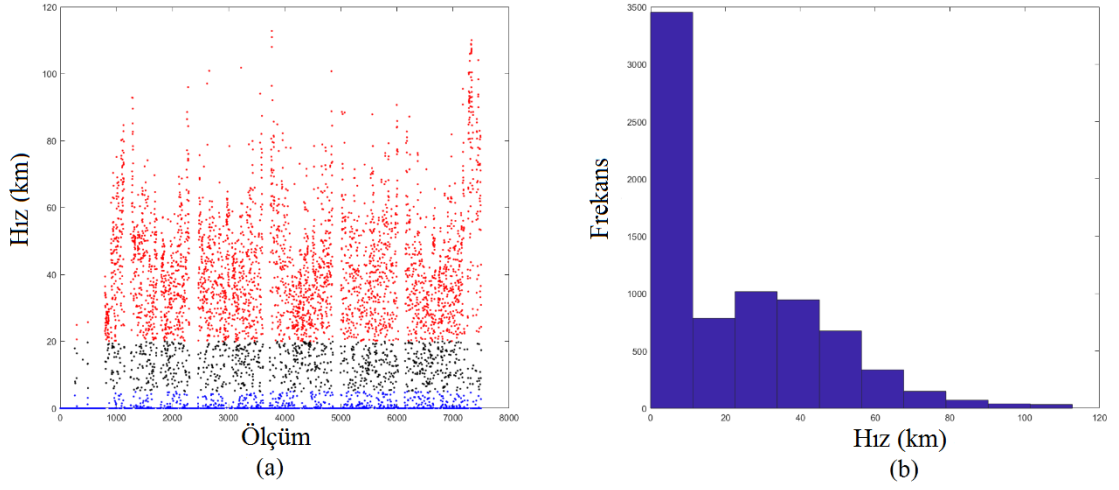
Durum	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Sefer Süreleri (dakika)	45 dakika	217 dakika	113 dakika	52,8
Sefer Başlangıç Saatleri	05:00	22:00	12:52	4,73
Gidilen Mesafe (km)	20,68	95,30	45,52	25,82
Ortalama Hız (km)	18,60	36,13	25,84	4,29
Hız = 0 (km)	46,00	404,00	178,06	88,25
0 < Hız < 5 (km)	63,00	471,00	212,50	102,87
0 < Hız < 30 (km)	132,00	657,00	313,02	131,69
30 < Hız < 50 (km)	75,00	463,00	252,78	113,96
50 < Hız < 70 (km)	16,00	265,00	97,33	81,47
70 < Hız < 100 (km)	0,00	113,00	21,19	26,82
Hız ≥ 100 (km)	0,00	16,00	1,38	2,49

Şekil 4.1’de Sarısu noktasından Mazıdağı noktasına giden KM61 sefer sayılı otobüsün sefer bilgileri gösterilmektedir. Bu sefer otobüs ortalama 27,6 km/sa hızla, 3,48 saat içerisinde tamamladığı ve toplam 89,5 km yol yaptığı görülmüştür.



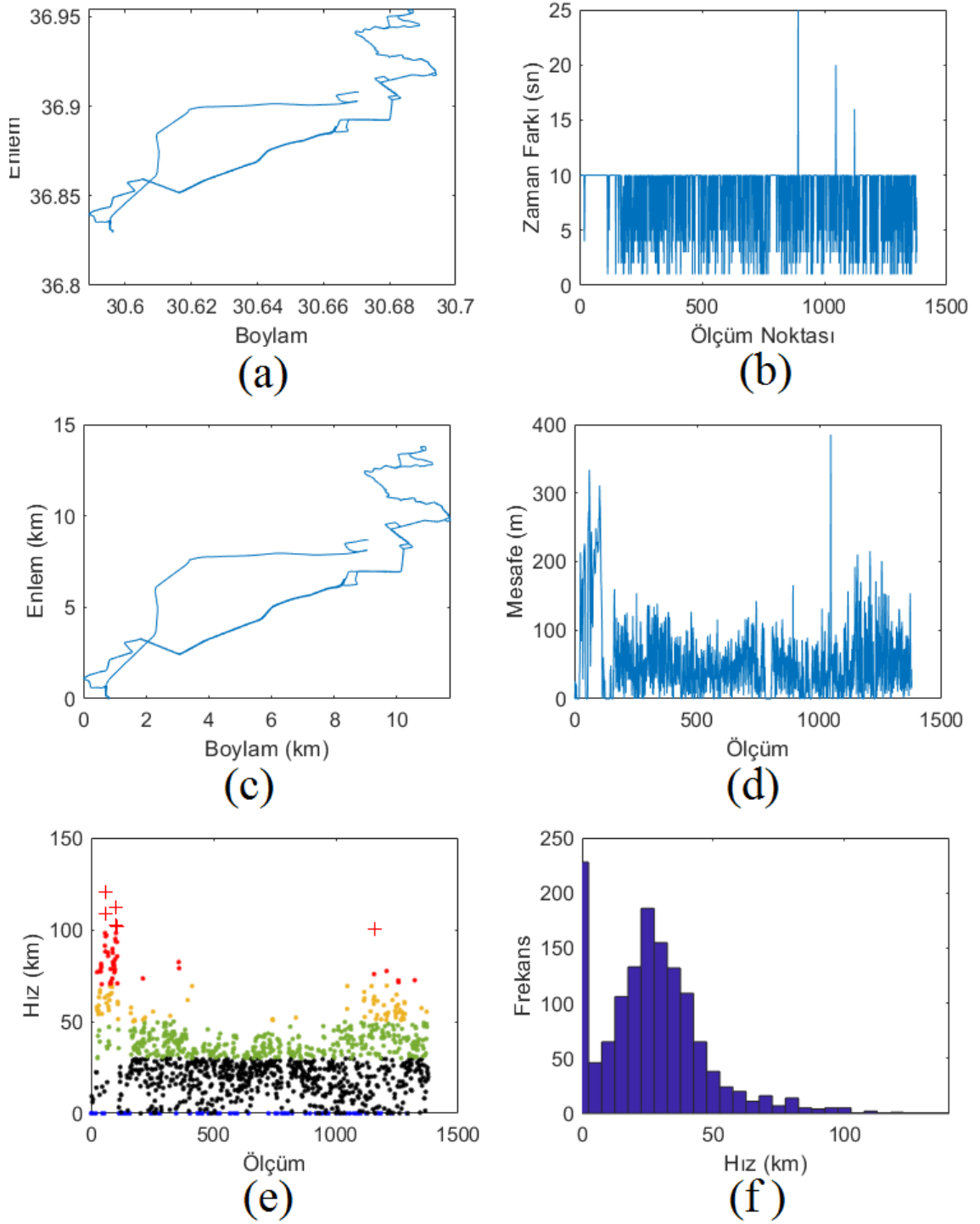
Şekil 4.1. Bir numaralı sefer sonucu

Bir numaralı seferin analiz sonuçlarına bakıldığında, (a) aracın hareket bilgilerini enlem boylam olarak, (b) GPS verilerinin zaman farklılıklarını göstermektedir. Genelde veriler her 10 saniyede bir elde edilmiştir ancak arada işlem süresinin uzaması gibi nedenlerle daha kısa ve uzun sürede kaydedilen bilgiler bulunmaktadır. (c) gidilen güzergâhın km cinsinden, (d) her ölçüm için gidilen mesafe bilgisini, (e) her ölçüm için hesaplanan hızı, (f) her ölçüm için elde edilen ortalama hızın dağılımını göstermektedir.



Şekil 4.2. İki numaralı seferin hız (solda) ve frekans (sağda) tablosu

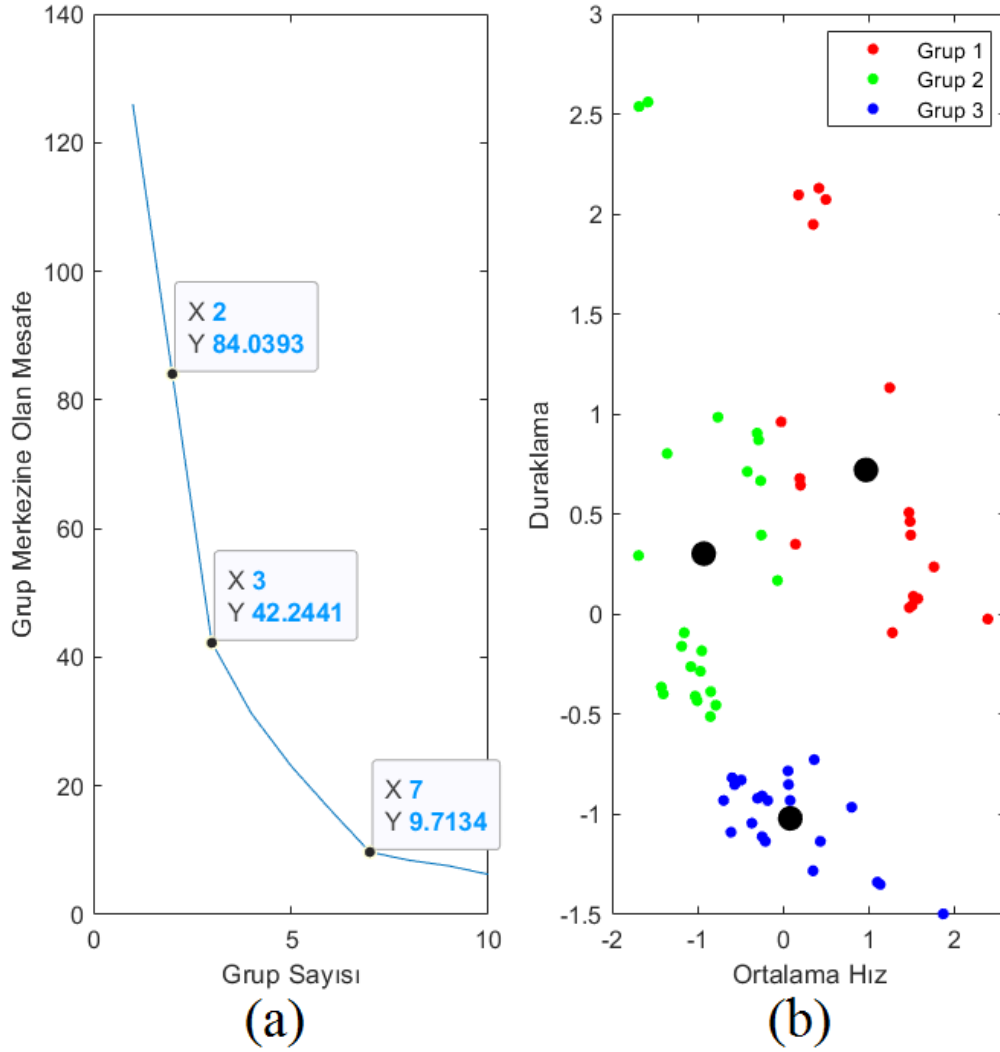
Şekil 4.2’de (a) hız tablosunda son seferin bitişe yaklaştığı zamanlarda 100 km/sa hız üstüne defalarca çıktığı ve hız limitlerine uymadığı tespit edilmiştir. (b) frekans tablosuna bakıldığı zaman yolculuğun büyük bölümünde 0-30 km/sa hız ile seyahat edildiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. Bir numaralı seferin 5. yolculuk verisinin analiz sonucu

Şekil 3.18’de yapılan analiz sonucuna göre yolculuğun başlangıcında otobüsün çok yüksek süratlerde seyahat ettiği ortalama hızın ise 26,4 km/sa olduğu gözlemlenmiştir. Toplam gidilen mesafe ise son yolculukta 75,69 km olduğu tespit edilmiştir. Yolculuğun başlangıç ve sonlarında hızın orta noktalara göre daha yüksek

olduğu ve şoförün yolculuğun ilk ve son saatlerinde aracı daha yüksek süratlerde kullandığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. 64 adet seferin K-means algoritması ile sınıflandırılması

Yapılan analiz ve sınıflandırma sonucu veriler 3 gruba ayrılmıştır. İlk grup duraklama ve ortalama hız arasında doğru orantının olduğu kırmızı gruptur. Bu grubun merkezine yakın olan otobüs seferleri ortalama hızlarına göre uygun sayıda bekleme yapmışlardır.

İkinci grup olan yeşil renkli grubun merkezine yakın olan otobüs seferlerinde ortalama hızın yüksek olduğu bekleme sürelerinin düşük olduğu sınıflandırma sonucu tespit edilmiştir. Burada yapılan yolculuklarda hızların oldukça yüksek olması sebebiyle beklemenin düşük olduğu bazı seferlerde çok yüksek süratlere çıktığı ve yolcu doldur-boşalt süresinin çok düşük olduğu görülmüştür. Bu yolculukların performansının iyileştirilmesi için ortalama hızlarının düşürülmesi ve duraklarda doldur-boşalt sürelerinin uygun hale gelmesi gerekmektedir. Üçüncü grup olan mavi grupta ise beklemenin yüksek olduğu ve bu oranda ortalama hızın düştüğü görülmüştür. Buradaki yolculukların uygun hale getirilmesi için doldur-boşalt noktalarının düzenlenmesi ve

otobüs seyahat süresinin daha kısa hale getirilerek ortalama hızlarının artırılması gerekmektedir.

Otobüsün ortalama hızı çok yüksek seviyelere çıktıkça aynı oranda bekleme süresinde azalma görölmüştür. Hız sınırının aşıldığı yolculuklarda bekleme sürelerinde ciddi derecede düşüş yaşanmıştır. Yüksek süratlerde yapılan yolculuklar sebebiyle emisyon tüketimi artmakta ve yolcu can güvenliği düşmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada 64 adet sefer için GPS verileri kullanılarak çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Bulgular sonucunda ortalama hız ve duraklama sayısı parametreleri kullanılarak K-means algoritmasıyla sınıflandırma yapılmıştır. Dirsek metodu kullanarak elde ettiğimiz bulgular 3 adet sınıf için grupların oluştuğunu göstermiştir. Sınıflandırma sonucu oluşan 3 adet grup incelendiğinde 1. grubun duraklama süresi ve ortalama hızının yüksek olduğu görülmüştür. Bu grup içerisinde yer alan seferlerin yolcu ve çevre birimlerin güvenliği için hızlarını düşürmeleri, 2. grubun duraklama süresinin yüksek olduğu ve ortalama hızının düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu gruba dahil sefer yapan otobüslerin daha fazla yolcu almak için ve gün içerisinde daha fazla sefer yapabilmek için ortalama hızlarını arttırmaları, 3. grubun ise ortalama hızlarının ideal seviyede olduğu fakat duraklama sürelerinin oldukça düşük olduğu görülmüştür. Bu grupta bulunan araçların duraklama sayılarının düşük olmasının nedeninin araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, otobüslerin GPS izleri incelenerek seferlerinin uygun hale getirilebilmesi için istatistiksel veriler oluşturulmuştur. Bu amaçla, otobüslerin sefer boyunca yaptıkları duraklamalar, sefer süreleri, hızları, bu seferlerde kat ettikleri mesafeler, şehir içi otobüs hız limitlerine uyup uymadıkları incelenmiş ve şehir içi yolcu taşıma seferlerine ilişkin önemli bilgiler literatüre kazandırılmıştır. Bu bilgilerin çoğu, şehir içi yolcu taşımacılığını inceleyecek araştırmacılara referans sağlayacak yeni bilgilerdir.

İlerleyen süreçlerde daha kapsamlı sonuçlar elde etmek için veri sayısının artırılması, çalışmanın mevsimsel dönemlere göre uyarlanması düşünülmüştür. Sonuç olarak, otobüs şoförlerinin sefer içindeki süratleri ve duraklamaları ile ilgili veriler ışığında güzergâhların yeniden düzenlenmesi şehir içi otobüs yolculuğunu uygun hale getirecek ve otobüs limitlerine uymayan şoförle gerekli uyarı ve yaptırımların uygulanması sağlanarak yolcular için seyahatin daha güvenli hale gelmesine büyük katkı sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Ata, H.A. ve Seyrek, İ.H. 2010. Veri Zarflama ve Veri Madenciliği ile Mevduat Bankalarında Etkinlik Ölçümü. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 4 (2): 67-84, Ankara.
- Han, J. and Kamber, M. 2006. Data Mining: Concepts and Techniques. *Morgan Kaufmann Publishers Inc.*
- Jiang, S., Li, M. and Zhou, P. 2015. Urban Traffic Monitoring with the Help of Bus Riders. *IEEE 35th International Conference on Distributed Computing Systems*, pp. 21-30, Columbus, Oh, USA.
- Amin, S., Andrews, S., Apte, S., Arnold, J., Ban, J., Benko, M., Bayen, A.M., Chiou, B., Claudel, C.G., Claudel, C. and vd. 2008. Mobile Century Using GPS Mobile Phones as Traffic Sensors: A Field Experiment. *15th World Congress on Intelligent Transportation Systems*, November 16-20, New York, USA.
- Huang, H., Li, M., Li, X., Luo, P., Shu, W. and Wu, M. 2009. Performance Evaluation of Vehicle-Based Mobile Sensor Networks for Traffic Monitoring. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 58 (4): 1657-1653.
- Blake, A., Ferrier, N.J. and Rowe, S.M. 1994. Real-time Traffic Monitor. *Proceedings of 1994 IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, 5-7 December, Sarasota, FL, USA.
- Fang, J., Han, F., Liu, Y., Lu, Y., Wang, J., Wei, D. and Xie R. 2019. The effect of traffic density on smog pollution: Evidence from Chinese cities. *Technological Forecasting and Social Change*, 144: 421-427.
- Chow, H.F., Lu, X. and Qui, T.Z. 2009. Real-time Density Estimation on Freeways With Loop Detector and Probe Data. *IFAC Proceedings Volumes*, 42 (15): 298-303, Redondo Beach, CA, USA.
- Costanzo, A. 2013. An arduino based system provided with GPS/GPRS shield for real time monitoring of traffic flows. *7th International Conference on Application of Information and Communication Technologies*, pp. 1-5, 23-25 October, Baku, Azerbaijan.
- Bayen, A.M. and Work,D.B, 2008. Impacts of the mobile internet on transportation cyberphysical systems: Traffic monitoring using smartphones. *National Workshop for Research on High-Confidence Transportation Cyber-Physical Systems: Automotive, Aviation and Rail*, pp. 18-20, 18-20 Kasım, Washington, DC.
- Biljecki, F., Ledoux, H. and Oosterom, P.V. 2013. Transportation mode-based segmentation and classification of movement trajectories. *International Journal of Geographical Information Science*, 27 (2): 385-407.
- Ngan, H.Y.T., Wang, L. and Yung, N. 2018. Automatic incident classification for large-scale traffic data by adaptive boosting SVM. *Information Sciences*, 467(1): 59-73.

- Blaquez, R.R, Fernandez, L.S. and Organero, M.M. 2018. Automatic detection of traffic lights, street crossings and urban roundabouts combining outlier detection and deep learning classification techniques based on GPS traces while driving. *Computers, Environment and Urban Systems*, 68: 1-8.
- Chen, S., Cheng, L., Li, M., Wei, X., Xia, N., Yan, Z., Yuan, Y. and Zhang, H.M. 2019. Understanding road performance using online traffic condition data. *Journal of Transport Geography*, 74: 382-394.
- Cats, O., Wang, Q. and Zhao, Y. 2015. Identification and classification of public transport activity centres in Stockholm using passenger flows data. *Journal of Transport Geography*, 48: 10-22.
- Ruiz, D.P. and Torija, A.J. 2016. Automated classification of urban locations for environmental noise impact assessment on the basis of road-traffic content. *Expert Systems with Applications*, 53: 1-13.
- Arinaldi, A., Gurusinga, A.A. and Pradana, J.A. 2018. Detection and classification of vehicles for traffic video analytics. *Procedia Computer Science*, 144: 259-268.
- Cheng, B., Li, G., Li, S.E., Liao, Y. and Zou, R. 2019. Detection of road traffic participants using cost-effective arrayed ultrasonic sensors in low-speed traffic situations. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 132: 535-545.
- Anonim 1: <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Trafik/HizSinirlari.aspx> [Son erişim tarihi: 07.09.2019].

ÖZGEÇMİŞ

MUSTAFA BAYKAL

mustafabaykal07@hotmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2016-2019	Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Antalya
Ön Lisans	Anadolu Üniversitesi
2019-Devam Ediyor	Açıköğretim Fakültesi, Adalet Bölümü, Eskişehir
Lisans	Anadolu Üniversitesi
2011-2019	İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Eskişehir
Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi
2009-2014	Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Isparta

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Mühendis	Antalya Büyükşehir Belediyesi
2015-Devam Ediyor	Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, Antalya