



New driver behaviour models for fleet management based on big data analytics

Ramazan Terzi^{1*}, Şeref Sağıroğlu^{1*}, Özge Çöçü¹, Rabia Arkan¹, Merve Tosun¹, Yusuf Tulgar²

¹Computer Engineering, Gazi University, Ankara, 06570, Turkey

²NetDataSoft, Eskişehir Yolu 9.km. No:266, B Blok No:75, Çankaya Ankara, 06800, Turkey

Highlights:

- Driver behavior analysis based on big data
- New models for fleet management
- Real data driven models

Keywords:

- Fleet management
- Driver/drive behavior
- Big data analysis

Article Info:

Research Article
Received: 30.07.2019
Accepted: 27.09.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.598581

Acknowledgement:

This study was supported by Gazi University Scientific Research Projects Unit (Grant Number: 06/2015-04)

Correspondence:

Author: Ramazan Terzi
e-mail:
ramazanterzi@gazi.edu.tr
phone: +90 312 582 3130

Graphical/Tabular Abstract

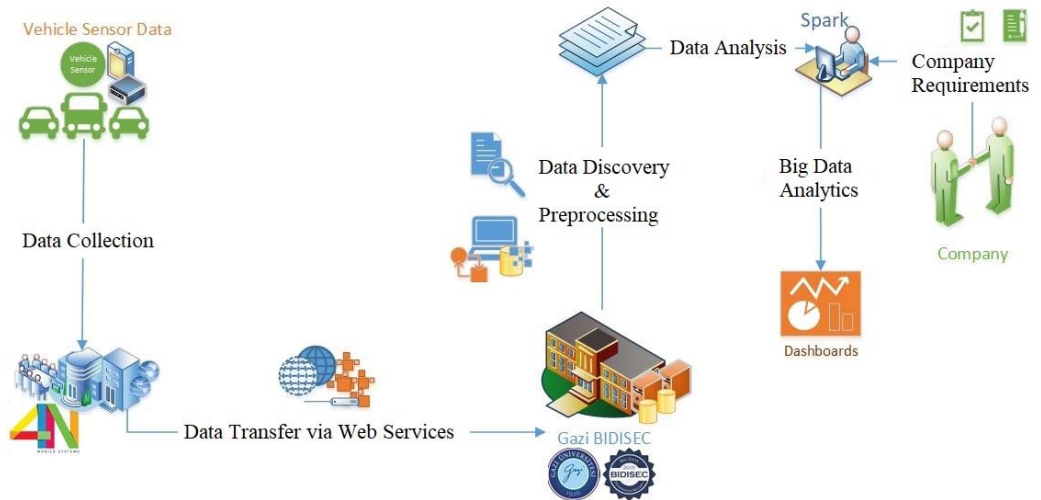


Figure A. Proposed big data based driver behavior analysis model for fleet management

Purpose: In this study, the deficiencies of fleet management systems have been examined from both big data and driver behavior perspectives, and the driver/driving behavior has been analyzed on real data and as a result, big data based new models have been proposed to perform data analysis. With 6 different scenarios on big data, new models have been developed with big data-based approaches that determine the differences in behavior of the drivers in the fleet, the behavior at various locations and the behavior at specific points.

Theory and Methods:

In this study, the deficiencies of fleet management systems have been examined both in terms of big data and driver/driving behavior, real scenarios has been determined and map reduce based models have been proposed to solve this problem with the real big fleet data for the first time.

Results:

From the obtained results, it was determined that (1) in particular, among drivers exceeding the speed limit of more than 50%, certain drivers have a 30% share of these violations compared to other drivers. (2) Even if the average speed is the same, there can be 6 times the difference in speed violations number between drivers, similar to that, even if the number of speed violations are the same, there could be a 2-fold difference in violation times. (3) According to the seasonal analysis, the highest number of speed violations occur in the summer season. However, speed violation duration occurred in autumn at most. (4) Roads where speed limit is exceeded in Ankara are Yenimahalle with a rate of 23.6% on a district basis, Saray with a rate of 4.62% on a quarter basis, Eskişehir road with a rate of 6.85% on intercity roads basis, and Anadolu Boulevard with 2.74% on urban roads basis. Finally, (5) it has been found that differences of near 300% occur in the analysis of 3 different radar points according to the number of speed violations before and after 1 kilometer of radar points.

Conclusion:

As a result, by using big data analytics, fleets can be used more easily and manageable within the scope of driver/driving behavior. These models can be used to prevent cost and work loss, and these analyzes for Ankara province can be used for other provinces. It is also considered that different values can be produced such as the analysis made at speed radar points.



Filo yönetimi için büyük veri temelli yeni sürücü davranış modelleri

Ramazan Terzi^{1*}, Şeref Sağıroğlu^{1*}, Özge Çöçü¹, Rabia Arkan¹, Merve Tosun¹, Yusuf Tulgar²

¹Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 06570, Maltepe, Ankara, Türkiye

²NetDataSoft Şirketi, Eskisehir Yolu 9.km. No:266, B Blok No:75, 06800, Çankaya, Ankara, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Büyük veri temelli sürücü davranış modelleri
- Filo yönetimi için yeni modeller
- Gerçek veri modelleri geliştirme

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 30.07.2019
Kabul: 27.09.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.598581

Anahtar Kelimeler:

Filo yönetimi,
sürücü/sürüş davranışı,
büyük veri analizi

ÖZET

Bu çalışmada, filo yönetim sistemlerinin eksikleri hem büyük veri hem de sürücü davranışı bakış açılarıyla incelenmiş, gerçek veriler üzerinde büyük veri temelli davranış analizleri gerçekleştirilmiş ve büyük veri tabanlı yeni modeller önerilmiştir. Büyük veri üzerinde 6 farklı senaryo ile filodaki sürücülerin davranış farklılıkları, çeşitli bölgelerde ve spesifik noktalardaki davranışları büyük veri temelli yaklaşımlar ile tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, özellikle %50 üzerinde hız limiti aşan sürücüler arasında belirli sürücülerin diğer sürücülere göre %30 oranında bu ihlalleri gerçekleştirdiği, ortalama hızları aynı olsa bile hız ihlalleri bakımından sürücüler arasında 6 kat farklılık olabileceği, hız ihlal sayıları aynı olsa bile ihlal sürelerinde 2 kat fark olabileceği, mevsimlere göre hız ihlal sayısının en fazla yaz mevsiminde olduğu ihlal süresinin de en fazla sonbaharda olduğu, Ankara içinde hız limitlerini aştığı yolların, ilçe bazında %23,6 oranıyla Yenimahalle, mahalle bazında %4,62 ile Saray, şehirlerarası yol bazında %6,85 ile Eskişehir yolunun, şehir içi yollarda ise %2,74 ile Anadolu Bulvarı olduğu, son olarak ise 3 farklı radar noktası incelemesinde, radar öncesi ve sonrası hız ihlallerinde %300'e yakın oranlarda farklılıkların oluşabileceği tespit edilmiştir. Sonuç olarak büyük veri analitiği kullanarak filoların sürücü/sürüş davranış kapsamında daha etkili kullanılabileceği, gerek maliyet gerekse iş gücü kaybının önlenmesi için bu modellerden faydalanılabileceği değerlendirilmektedir.

New driver behaviour models for fleet management based on big data analytics

H I G H L I G H T S

- Driver behavior analysis based on big data
- New models for fleet management
- Real data driven models

Article Info

Research Article
Received: 30.07.2019
Accepted: 27.09.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.598581

Keywords:

Fleet management,
driver/drive behavior,
big data analysis

ABSTRACT

In this study, shortcomings of fleet management systems have been examined from big data and driver behavior perspectives and big data based new models have been proposed to perform analysis with 6 different scenarios. According to the analysis results, it was determined that among the drivers exceeding the speed limit above 50%, certain drivers have committed 30% of these violations compared to other drivers, there may be a 6-fold difference between drivers in terms of speed violations, even if the average speed is the same, similarly, even if the number of speed violations are the same, there may be a 2-fold difference in violation times, according to the seasonal the highest number of speed violations is in summer, however, speed violation duration occurred in autumn at most, roads where speed limits are exceeded in Ankara in terms of districts, quarter, intercity roads and inner city roads are 23.6% Yenimahalle, 4.62% Saray, 6.85% Eskişehir road and 2.74% Anadolu Boulevard, respectively. Finally, according to 3 specific radar analysis, there may be differences of up to 300% in speed violations before and after radar. As a result, it is evaluated that by using big data analytics, fleets can be used more effectively within the scope of driver / driving behavior, and these models can be used to prevent both cost and work loss.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: ramazanterzi@gazi.edu.tr, ss@gazi.edu.tr, ozge.cocu@gazi.edu.tr, rabia.arkan@gazi.edu.tr, merve.tosun@gazi.edu.tr, yusuf@netdatasoft.com / Tel +90 312 582 3130

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Filo yönetim sistemleri; birçok amaç için kullanılabilir. Bu sistemler genellikle araç/rota takibi, yakıt tasarrufu, sürücü/sürüş güvenliğinin sağlanması, optimum rotaların belirlenmesi, araç bakım maliyetlerinin azaltılması gibi amaçlara özgü kullanılabilir [1-6]. Belirtilen amaçlara uygun verilerin toplanabilmesi için filo araçlarına birçok sensör yerleştirilmekte ve bu sensörlerden gelen veriler ile amaca özgü analizler gerçekleştirilmektedir. Bu veriler ile kural tabanlı sürüş ihlali, yakıt tüketimi, sürüş mesafesi, rota vb. analizler, çeşitli yazılım araçları kullanılarak anlık takip edilebildiği gibi ayrıca çeşitli tahminleme modelleri kullanılarak filo ile ilgili gelecek projeksiyonlar da bu veriler yardımıyla gerçekleştirilebilmektedir [7].

Gerek filo yönetim sistemleri gerekse trafiğin temel unsurlarından biri olan sürücü göz önünde bulundurulduğunda sürücü/sürüş davranış analizleri, güvenlik, maliyet, filo verimliliği vb. alanlarda çok önemli bir rol üstlenmektedir. Bu kapsamda, [8]'nolu referansta verilen tez çalışmasında belirtilen ve aşağıda verilen senaryolar dikkate alınarak büyük veri temelli analizler gerçekleştirilmiştir.

1. Sürüş performansları bakımından sürücü davranışları birbirlerinden farklılık göstermekte midir?
2. Sürücülerin agresif sürüş performanslarını ortaya çıkaran temel parametreler nelerdir?
3. Sürücülerin sürüş performansları mevsimlere göre değişkenlik göstermekte midir?
4. Filonun faaliyet gösterdiği aktivite alanında riskli sürüşe olanak sağlayan yollar, bölgeler, ilçeler nerelerdir?
5. Şehir içi ve şehirlerarası yollarda sürüş davranışları nasıl değişmektedir?
6. Spesifik noktalarda (radar, kavşak, trafik ışığı vs.) sürüş davranışları nasıl değişmektedir?

Belirtilen senaryolar eşliğinde sürücü/sürüş davranış analizleri büyük veri bakış açıları ile verilmiştir. Makalenin ikinci bölümünde akademik çalışmalar özetlenerek filo yönetim sistemlerinin temel unsurları ve kullanım amaçları verilmiştir. Üçüncü bölümde ise filo yönetim sistemleri büyük veri bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Dördüncü bölümde ulusal ve uluslararası alanda faaliyet gösteren filo yönetim sistemlerine ait ticari ürünler incelenmiş ve bu sistemler kullandıkları veriler, yaptıkları analizler ve veri kaynakları bakımından karşılaştırılmıştır. Makalenin beşinci bölümünde ise önerilen büyük veri temelli filo yönetim analizleri gerçekleştirilmiştir. Son olarak altıncı bölümde çalışmanın sonuçları verilmiştir.

2. FİLO YÖNETİM SİSTEMLERİ (FLEET MANAGEMENT SYSTEMS)

Literatürde verilen çalışmalar incelendiğinde, filo yönetim sistemleri çeşitli bileşenleri içermekte ve birçok alanda farklı

amaçlarla kullanıldığı gözlemlenmektedir. Bu sistemler kara, hava ve deniz taşımacılığında karşımıza çıkabilmektedir. Deniz taşımacılığında teknelerin konumlarının takibi, hava taşımacılığında uçak bakımlarının takibi gibi örnekler verilebilir [4, 9]. Filo yönetim sistemlerinin en sık karşımıza çıktığı alan ise kara taşımacılığında olmaktadır ve bu alan çok daha fazla kullanım alanına sahiptir. Bu alanlar Şekil 1(a)'da kategorik olarak verilmiştir.

Özellikle kara taşımacılığında otobüs, kamyon, binek araçları, ambulans, itfaiye gibi farklı türden araçlarda maliyet, planlama ve güvenlik gibi çeşitli alt başlıklar Şekil 1(b)'de verildiği gibidir [2, 6, 7, 10-13]. Her bir alt başlık kendi içerisinde farklı analizler içermektedir. Bu analizler ile karayolu taşımacılığında verimliliğin artırılması, zaman tasarrufu ve rota optimizasyonunun sağlanması, ulaşım ve çevre güvenliğinin artırılması gibi çeşitli çalışmalar raporlanmıştır [2, 7].

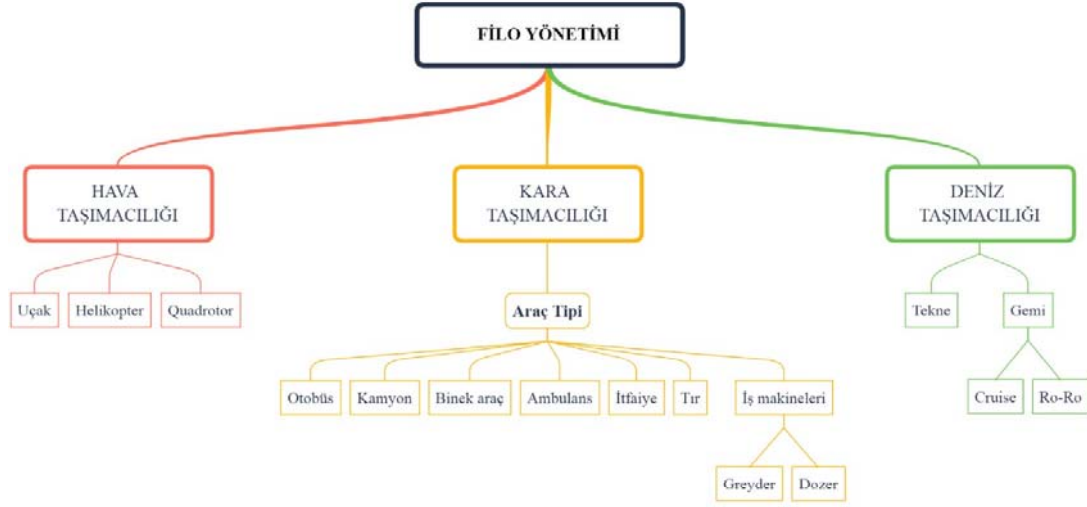
Benzer şekilde gittikçe artan bir pazar payına sahip elektrikli araçlar için de özellikle enerji optimizasyonu, şarj kullanım profillemesi gibi amaçlar için de filo yönetim sistemleri kullanılmaktadır [9, 14, 15].

Şekil 1'de belirtildiği üzere birçok alanda ve çeşitli amaçlarla filo yönetim sistemi bulunmakta ve bu sistemin temelinde de sürücü yer almaktadır. Sürücü, özellikle trafikte en önemli unsur olarak karşımıza çıkmaktadır ve filo yönetiminde diğer farklı unsurları doğrudan veya dolaylı bir şekilde etkilemektedir. Örneğin, güvenlik açısından incelendiğinde trafik kazalarının %90'a yakın bir oranda sürücülerden kaynaklandığı raporlanmaktadır [16] Ayrıca yapılan bir çalışmada insan faktörünün gemi kazalarının da temel nedeni olduğundan bahsedilmiştir [17].

Filo yönetim sistemlerinin temel unsurları Şekil 2'deki gibi özetlenmiştir. Sürücünün odağında olduğu filo yönetim sistemlerinde birçok sürücü davranış analizleri gerçekleştirilmektedir. Sürücü davranış analizleri veriye ihtiyaç duymaktadır ve bu veri çeşitli sensörlerden alınmaktadır. Bu verilere örnek olarak ani yavaşlama, ivme, hız, mesafe, gerçekleştirilen sefer sayısı, sürüş süresi, rölanti durumu/süresi ve devir bilgisi gibi parametreler verilebilir [3, 5]. Bu veriler üzerinde çeşitli analizler yapılabilmektedir. Sürücü profillerinin çıkarılması, sürücülerin puanlanması ve güvenli sürüş analizleri, sürücülerin fiziksel ve/veya zihinsel durumlarının tespiti, sürüş stillerinin belirlenmesi gibi analizler filo yönetim sisteminden alınan veriler ile gerçekleştirilmektedir [5, 18, 19].

Sürücü davranışlarının filo yönetim sistemi içerisinde çeşitli maliyetlerin takibi için de kullanıldığı bilinmektedir. Özellikle en büyük maliyet kalemlerinden biri olan yakıt verimliliği, araçların bakım ve onarımı gibi alanlarda sürücü davranışlarının etkisi çok fazla görülmektedir [18, 20-22].

Benzer bir şekilde çevreye olumsuz etki eden zararlı gaz salınımları üzerinde de sürücü davranış analizler



(a)



(b)

Şekil 1. Filo yönetimi ve optimizasyonu (a) filo yönetimi çeşitliliği, (b) kara taşımacılığında filo yönetimi kapsamında karşılaşılan çözümler (* sürücü davranış analizlerinin etkili olduğu başlıklardır.) [8].
(Fleet management and optimization a) diversity of fleet management, b) solutions in the scope of fleet management in road transportation (* indicating driver behavior related solutions))

yapılmaktadır ve çevresel zararın etkisini azaltmada bu analizler etkili olmaktadır [19, 22]. Ayrıca gittikçe artan araç sayısı ve sürücülerin hız limitlerini aşarak araç kullanması nedeniyle birçok ölüm ve yaralanmalı kaza meydana geldiği açık bir şekilde görülmektedir [23]. Bu nedenle trafikte sürücü, sürüş ve yaya güvenliğinin artırılması bakımından da sürücü davranış analizleri gerçekleştirilmektedir [21, 24].

Genel olarak filo yönetim sistemleri;

- Filo araçlarının bakım, arıza, lokasyon vb. durumları için anlık takibi,
- Çeşitli maliyet kalemlerinin azaltılması, zaman tasarrufu, rota ve yakıt optimizasyonu,
- Sürücü/sürüş güvenliğinin takibi,
- Çevresel endişelerin azaltılması,
- Özelleştirilmiş olarak yangın, sel, taşkın, kar, hastalık gibi durumlarda kullanılmaktadır [12, 13, 25].



Şekil 2. Filo yönetim bileşenleri [8]
(Fleet management components)

3. FİLO YÖNETİMİNDE BÜYÜK VERİ (BIG DATA IN FLEET MANAGEMENT)

Büyük veri, geleneksel yöntemlerle makul zamanda işlenemeyecek, farklı bileşenlere sahip (hacim, hız, çeşitlilik vb.) veriler için kullanılan bir terimdir [26]. Filo yönetim sistemleri doğası gereği birçok sensörden veri toplamakta ve bu verileri harici kaynaktan almış oldukları diğer veriler (hava durumu, trafik bilgisi, yol durumu vb.) ile de birleştirilerek çeşitli analizler yardımıyla değer üretmektedirler. Özellikle binlerce araçlardan oluşan filo yönetim sistemleri düşünüldüğünde büyük veri problemi ortaya çıkabilmektedir. Filo yönetiminde büyük veri analizleri yeni bir alan olup, literatürde bu alanla ilgili detaylı çalışmalar yeteri kadar yer almamaktadır. Bu durumun oluşmasına ise büyük veri farkındalığının olmaması, insan kaynağının eksik olması, gerekli altyapı eksikliği, büyük veri bakış açısının olmaması gibi birçok etken sebep olmaktadır [27]. Büyük veri bakış açısıyla geliştirilen ürünler; geliştirme, iyileştirme, ürünün pazara girme süresinin azaltılması, filoların çeşitli davranışların tahmini, filo araçlarının çevrimiçi bir şekilde analiz yapılması için büyük veri teknolojileri ile bir ana çatı (framework) geliştirme gibi çeşitli avantajlara sahip olabilmektedir [10, 28].

Literatürde büyük veri bakış açısı ile sürücü davranışlarının yakıt tüketimi, trafik durumu ve emisyon salınımı ile ilişkisini araştıran çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [29-31]. Ayrıca sürücü davranış analizi, sürücülerin sürüş stiline göre sınıflandırılarak davranışlarının karakterize edilmesi, sürüş güvenliğini tehlikeye atabilecek sürücülerin diğer sürücülerden ayırt edilerek ya da sürücülere geri bildirimde bulunularak kaza riskinin azaltılması gibi çalışmalarda da kullanılmaktadır [3, 18, 30]. Büyük veri bakış açısıyla gerçekleştirilen çalışmalar ve filo yönetim sistemlerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, karşılaşılan zorluklar ve büyük veri teknolojilerinin bu sistemlere uygulanabilirliğinin iki çalışmada değerlendirildiği gözlemlenmiştir [27, 28]. Buna ek olarak karşılaşılan zorlukların genellikle büyük verinin bileşenlerinden olan "hacim", "değer" ve "çeşitlilik" kavramları üzerinden incelenerek sorunlara çözüm önerileri sunulduğu görülmüştür [32-34]. Büyük veri ve filo yönetimi çalışmalarında verilerin objektif bir şekilde kullanılması ve kişisel veri mahremiyetinin ve güvenliğinin de göz ardı edilmemesi gerekliliğini ortaya koyan çalışmalar olduğu gibi büyük veri üzerinde gerçek zamanlı uygulamalarda verilerin işlenmesi ve analiz edilmesinde ortaya çıkan zorlukların verinin hacminden, çeşitliliğinden, kalitesinden veya kullanılan sensörden kaynaklı olabileceği ve bu zorluklarının çözümüne dair çeşitli öneriler sunan çalışmalar da mevcuttur [6, 28, 32-34].

Sonuç olarak, büyük veri bakış açısıyla geliştirilen ve çeşitli önerilerin olduğu bazı çalışmalar literatürde var olmasına rağmen, özellikle filo yönetim sistemlerinde büyük veri uygulamalarını gerçekleştiren, büyük veriden üretilebilecek potansiyel değerleri gerçek veriler üzerinde gösterebilen yeteri kadar çalışma mevcut değildir.

4. FİLO YÖNETİM SİSTEMİ UYGULAMALARI (FLEET MANAGEMENT SYSTEM APPLICATIONS)

Filo yönetim sistemleri genellikle ticari bir ürün olmalarından dolayı önceki bölümlerde de belirtildiği üzere birçok uygulama alanına sahiptir. Ticari ürünlerin üstünlüklerini, kullandıkları veri kaynakları ve çeşitliliği ile yapmış oldukları analiz türlerini göstermek için Tablo 1 hazırlanmıştır. Tablo 1'de ulusal ve uluslararası bazı ticari ürünler kıyaslanmış olup, bu kıyaslama ilgili veriler ilgili ürüne ait web sitelerinden elde edilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde görülebildiği gibi ticari ürünlerde, toplamda 14 farklı veri ile 5 farklı analiz gerçekleştirilmiştir. Kullanılan veri parametreleri, ürünlere göre çeşitlilik göstermekle birlikte hepsinde konum bilgisi kullanılmaktadır. Ayrıca hıza bağlı özelliklerin de sıklıkla kullanıldığı da gözlemlenmiştir. Sensörlerden toplanan veriler ile hız ihlali, ani hızlanma/yavaşlama, ani kalkış/duruş, keskin dönüş vb. bilgiler kullanılarak çeşitli analizler yapılmaktadır. Bu analizlerden çoğunlukla sürücü davranışı, sürüş performansı ve puanlama analizlerini gerçekleştirmek için yapılmaktadır. Verilerin toplanması için CANBus ve telemetri teknolojileri kullanılabildiği gibi bazı ürünler de şirketlerin kendi geliştirdikleri cihazlar ile veri toplayabilmektedir.

Birçok alanda olduğu gibi filo yönetim sistemlerinde de ihtiyaçlar, kullanılan sensörlerin çeşidi, üretilen verinin hızı ve üretilebilecek potansiyel değerler de değişmektedir. Kimi ürünlerde büyük veriden bahsedilse bile büyük veri tabanlı çözümlerden detaylı olarak bahsedilmemektedir ve bu çözümlerin henüz sunulmadığı görülmektedir. Bölüm 5'te filo yönetiminde büyük veri bakış açısıyla geliştirilmiş olan uygulama sunulacaktır. Böylece büyük veri bakış açısıyla filo yönetim sistemlerinden üretilen değerler, gerçek verilere dayalı analizler sonucunda ortaya konulmuştur.

5. ÖNERİLEN BÜYÜK VERİ TEMELLİ FİLO YÖNETİM SİSTEM MODELLERİ (PROPOSED BIG DATA BASED FLEET MANAGEMENT SYSTEM MODELS)

Tablo 1'de sunulan karşılaştırmalar ve raporlanan literatür çalışmalarından görülebildiği gibi bazı ön çalışmalar olsa da büyük veri temelli bir filo yönetim sistemi henüz bulunmamaktadır. Bu bölümde geliştirilen sistem ve bu sisteme ait işlem adımları Şekil 3'te ayrıntılı olarak verilmiş ve bu işlemler aşağıda farklı başlıklar altında kısaca açıklanmıştır.

5.1. Veri Toplama Stratejisi ve Kullanılan Veri Seti (Data Collection Strategy and Datasets)

Büyük veri tabanlı filo yönetim sistemi gerçekleştirilirken 4N Mobile/Netdatasoft adlı şirketin geliştirmiş olduğu araç takip sisteminden alınan veriler kullanılmıştır [45]. Veriler, sensörlerin donanımlarında (firmware) tanımlanmış birçok kullanıcı tanımlı eşik değerler ile tetiklenerek üretilmiştir.

Tablo 1. Filo yönetimi sistemlerini kullanan ticari ürünlerin sürücü/sürüş davranış bakış açısı ile karşılaştırılması [8]
(Comparison for commercial products for fleet management systems with the driver/driving behavior perspective)

Atıf	Şirket	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	Analiz	Veri Kaynağı	U/U A
[35]	Asis					✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓		SD	CANBus	U
[36]	Scania					✓	✓			✓			✓	✓		SK, AKB, SS	SESS	U
[37]	Infotech	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		SP	B*	U
[38]	Petrol Ofisi					✓		✓		✓	✓	✓	✓			AKB, SS, SP	AutoMatic Plus	U
[39]	Lenoi		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		AKB	CANBus Lenoi Max/Pro	U
[40]	Shell	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓		SD, SK	ESGS	U
[41]	Vodafone					✓	✓	✓	✓	✓			✓			SP	B*	U
[42]	Arvento	✓				✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		AKB, SP	B*	U
[43]	Turkcell					✓				✓			✓			B*	Sensmarine	U
[44]	Opet					✓							✓	✓		AKB, SS, SP	B*	U
[45]	4N Mobile			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		SD, SP	CANBus	U
[46]	Geotab	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		SD, SP	NFC	UA
[47]	Ctrack	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		SD, SP	CANBus	UA
[48]	Chevin Fleet						✓			✓			✓			SD	Telemetri	UA
[49]	Gpstrackit	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	SD, SP	B*	UA
[50]	Samsara			✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓	SD, SP	Telemetri	UA
[51]	Vehicle Tracking Solutions	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓		SD, SP	Telemetri	UA
[52]	Verizon Connect	✓		✓		✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	SD, SP	Verizon Networkfleet Fleetmatics	UA
[53]	Fleetio	✓		✓					✓	✓			✓			SD, SK	Telemetri	UA
[54]	Transpoco	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	SD, SP	Telemetri	UA
[55]	US Fleet Tracking	✓	✓			✓	✓		✓	✓			✓			B*	GPS Tracker	UA
[56]	Webfleet Solutions	✓		✓		✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓	SD, SS, SP	Telemetri	UA
[57]	Gurtam	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	SD, SP	CANBus	UA

P1: Ani hızlanma/ yavaşlama
P2: Ani kalkış/duruş
P3: Sert fren
P4: Keskin dönüş
P5: Hız

P6: Rölanti
P7: Kontak açma/ kapama
P8: Çalışma süresi
P9: Km
P10: Hız ihlal

P11: Mesai içi /dışı çalışma
P12: Konum
P13: Araç durumu (durma/kalkma/çekilme)
P14: İvmelenme

SD: Sürücü Davranışı, SK: Sürücü Karnesi, SP: Sürücü Performansı/Puanlama, AKB: Araç Kullanım Bilgisi, SS: Sürüş Stili, U: Ulusal, UA: Uluslararası, B*: Bulunamadı, SESS: Scania Entegre Sürüş Sistemleri, ESGS: Entegre Sürüş Güvenliği Sistemi



Şekil 3. Büyük veri temelli filo yönetimi için önerilen model [8] (Proposed big data analytical process model for fleet management)

Tablo 2. Analizlerde kullanılan veri istatistikleri [8] (Data statistics used in analysis)

Kayıt Sayısı	Sürücü Sayısı	Araç Sayısı	Sürüş Süresi(h)	Toplam Mesafe(km)
13429078	136	101	60058	1770286

Tablo 3. Analizde kullanılan alarm tipleri ve üretilme sayıları [8] (Alarm types and their counts used in analysis)

Alarm Tipi	%10-%30	%30-%50	%50	Pozitif İvmelenme	Negatif İvmelenme
Alarm Sayısı	807944	400081	452669	229264	237283

Herhangi bir alarmın (hız limiti, ivmelenme) üretilmesi, yön değişimleri, araç durması veya ilk harekete başlaması ve çekilme, belirlenen coğrafik alanın dışına çıkılması gibi durumlarda sensör tetiklenerek veri üretmektedir. Ayrıca yukarıda bahsedilen tetiklerden herhangi birinin olmaması durumunda zaman tetiklemesi devreye girerek (belirlenen eşik değerine göre) veri üretilmektedir. Sensörlerden alınan toplam 43 farklı veriden analizlerde kullanılanlar; adres, alarm açıklaması, alarm tipi, araç hızı, araç toplam kilometre, sürücü ismi, GPS zamanı, kontak açılma zamanı, kontak kapanma zamanı, enlem, boylam ve plakadır.

Bir yıllık zaman dilimi içerisinde toplanan veri setindeki genel istatistikler Tablo 2’de verilmiştir. Verilen istatistiklerden de anlaşıldığı üzere orta büyüklükteki filodan alınan senelik verilerin analizinde geleneksel ilişkisel veri tabanlarının büyük veri alt yapılarına göre daha kötü bir sorgu performansı gerçekleştireceği ortadadır. Ayrıca bir aracı birden fazla sürücünün kullandığı bilgisi de tablodan çıkarılabilmektedir.

Sensörler tarafından toplam 19 farklı alarm üretilmektedir. Bu çalışma kapsamında kullanılan alarmlar; ivmelenme alarmı ve hız limiti ihlal alarmı olarak belirlenmiştir. Üretilen hız ihlalleri, yolun hız limiti aşım oranına göre %10-

%30, %30-%50 ve %50 üzeri olarak ayrılmıştır. Her yolun hız limiti bilgisine göre hız alarmları üretilmektedir. Belirtilen alarmlardan, sürücü davranış analizinde kullanılan alarm türleri ve istatistikleri Tablo 3’te verilmiştir. Özellikle hız ve aşırı hız limiti ihlal alarmları veri setinde diğer alarm türlerine göre çok daha fazla üretilmiştir.

Sensörlerden alınan veriler Gazi Üniversitesi Büyük Veri ve Bilgi Güvenliği (BIDISEC) Laboratuvar altyapısı ve bu altyapıda bulunan büyük veri temelli yazılım araçları kullanılarak işlenmiştir [58].

5.2. Veri Keşfi ve Ön İşleme (Data Discovery and Preprocessing)

Sensörler doğası gereği gürültülü veri üretebilirler. Bu istenmeyen verilerin analizler üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırmak ve sefer bazlı analizler gerçekleştirmek için çeşitli veri ön işleme teknikleri kullanılmıştır. Bunlar aşağıda maddeler halinde listelenmiştir.

Sefer bilgisinin eklenmesi: Daha etkin analizler yapılması amacıyla veri setine sefer numarası adında yeni bir özellik eklenmiştir. Sefer numarası bilgisi, bir aracın kontak açılıp kapatılıncaya kadar geçen sürüşü tanımlamak için verilmektedir. Bir seferin tanımlı olabilmesi için kontak

açılma ve kapanma bilgisinin doğru bir şekilde gelmesi gerekmektedir. Sensör hatalarından dolayı kontak açılma veya kapanma bilgisinde herhangi bir eksiklik olduğu durumlarda seferler tanımsız olarak atanmıştır ve tanımsız seferler analizlerden çıkartılmıştır.

Sensör hataları: Özellikle sensörlerin araçlara doğru bir şekilde sabitlenememesinden dolayı hatalı veriler gelebilmektedir. Örneğin, sensörün yerinden çıkması ve bulunduğu yerde serbestçe hareket etmesi darbe sensörünü aktif hale getirebilmektedir. Bu gibi durumlar büyük veride tespit edilerek raporlanmıştır ve analizlere dâhil edilmemiştir.

Kilometre eşik değeri konulması: Filo yönetiminde büyük resmi görmek için çok kısa mesafeli (< 1km) seferler sürücü davranışındaki değişiklikler çok az olduğu için analiz kapsamına alınmamıştır.

Adres bilgisinin standardizasyonu: Sensörlerden alınan enlem, boylam bilgileri coğrafi kodlama yapılarak adres bilgisi çıkarılmaktadır. Fakat adres bilgileri zaman zaman standart dışı gelmektedir. Bundan dolayı adres bilgisinin cadde, mahalle, ilçe, il ve ülke olmak üzere beş detayda standardizasyonu gerçekleştirilerek lokasyon bazlı analizler yapılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen veriler anonimleştirilmiş veriler olup, kişisel mahremiyete önem verilerek bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

5.3. Veri Analizleri/Büyük Veri Analitiği (Data Analysis/Big Data Analytics)

Bu bölümde sağlıklı analizler yapılması için analizler sefer bazlı ve lokasyon bazlı olarak iki grupta incelenmiş ve bu gruplar kısaca açıklanmıştır.

5.3.1. Büyük veri tabanlı analiz metodu (Big data based methods for analysis)

Bu çalışmada büyük veri tabanlı analizlerin gerçekleştirilmesi için MapReduce tabanlı dağıtık bir algoritma önerilmiştir. Önerilen algoritma Şekil 4'te sözde kod olarak verilmiştir. Bu büyük veri paradigmasına göre veriler çeşitli parçalara bölünerek (varsayılan 128 MB) paralel olarak işlenmekte (Map aşaması) daha sonra ise bu parçalardan dönen sonuçlar birleştirilerek (Reduce aşaması) genel sonuca ulaşmaktadır. Böylece veriler olduğu yerde işlenmektedir. Diğer bir deyişle veriler kod bloğuna giderek değil, kod bloğu verilere giderek ilgili veri üzerinde çalışmaktadır (data locality). Bu çalışmada büyük veri temelli analizlerde BIDISEC büyük veri altyapısı kullanılmakta olup uygulama aracı olarak Apache Spark kullanılmıştır. Önerilen metoda göre veriler öncelikle araç plakaları ve sürücü isimlerine göre parçalara ayrılmaktadır (Partitions) ve zamana göre sıralanmaktadır. Toplamda 13429078 satır veriyi içeren 907 veri bloğu oluşmaktadır (bir sürücü birden fazla aracı kullanabilmektedir). Oluşan 907

veri bloğu üzerinde aynı anda paralel olarak çalışan kod bloğu (Map aşaması) Şekil 4'te verilmiştir.

Algorithm 1: Map Aşaması - Sefer Tabanlı Sürüş Özelliklerin Çıkarılması

```

Girişler: HDFS bloğu üstündeki bütün satırlar(Satırlar), Radar
Noktaları (RN), Radar Noktasının Öncesi-Sonrası Eşik
Değeri (RNE), Mesafe Eşik Değeri (MED)
Çıktı : Analizler için <Anahtar,Değer> ikilileri
1 mapPartition (Satırlar, RN, RNE, MED)
2 SK = List() ; // Sürüş Kayıtları için
3 SD = "Park Halinde"; // Sürüş durumları için
4 SBZ = Null ; // Sefer Başlangıç Zamanı
5 AKS = 0 ; // Araç Kilometre Sayacı
6 foreach satır in Satırlar do
7 SD=satır.AracTakipDurumu ;
8 if SD == "Kontak Açıldı" then
9 | SBZ = satır.GPSZamani;
10 | AKS = satır.AracToplamKM;
11 else if SD == "Hareket Halinde" then
12 | SK = sürüşVerisiAl(satır);
13 else if SD == "Kontak Kapanı" then
14 | AKS = satır.AracToplamKM - AKS ;
15 | if AKS >= MED then
16 | | SBZ=satır.GPSZamani - SBZ ;
17 | | SeferID = AnahtarUret(SK.Surucu,SK.Plaka, SBZ);
18 | | AlarmBilgileri = AlarmBilgileriCikar(SK.HizAlarmi,
19 | | SK.IvmeAlarmi) ;
20 | | AdresBilgileri = AdresBilgileriCikar(SK.Adres) ;
21 | | HizBilgileri = HizBilgileriCikar(SK.AracHizi) ;
22 | | RadarBilgileri = RadarBilgileriCikar(SK.HizAlarmi,
23 | | RN, RNE) ;
24 | | Mevsim = MevsimBilgiCikar(SBZ) ;
25 | else
26 | | continue;
27 | end
28 else
29 | continue;
30 end
return <SeferID,[AKS,SBZ, AlarmBilgileri, AdresBilgileri,
HizBilgileri, RadarBilgileri, Mevsim]>

```

Şekil 4. Büyük veri temelli filo yönetimi için önerilen algoritma (Proposed big data analytical process algorithm for fleet management)

Önerilen algoritma Map aşamasında giriş olarak; harita programlarından elde edilmiş radar noktalarını (her bir radar noktasını bir dikdörtgen içine alan köşe koordinatları, RN), radar noktalarındaki analizlerde kullanılmak üzere radar öncesi ve sonrası hangi mesafede analizlerin yapılacağını temsil eden eşik değerleri (RNE) ve bir seferin en az ne kadarlık bir mesafe de gerçekleşmesini belirten eşik değeri (ME) bilgilerini almaktadır. Her bir veri bloğu üzerinde (partition) ilgili sürücü ve plakaya ait veriler olduğundan dolayı her bir Map aşamasında ilgili sürücü-plakaya ait seferlerin bilgisi çıkarılmaktadır. Sürüş durumları ve çeşitli kayıtlar için değişkenler tanımlandıktan sonra (satır 2-5) ilgili araçtan üretilen her bir sinyal okunmaya başlanmaktadır (satır 6). Analiz kapsamında aracın sadece hareket durumundayken üretilen sinyaller kullanıldığından, aracın hareket durumu takip edilmektedir (satır 7). Bu çalışmada bir sefer, kontak açılıp kapanıncaya kadar geçen süreç olarak tanımlanmıştır. Kontak açıldığında zaman ve kilometre bilgisi alınmaktadır (satır 8-10). Araç hareket halindeyken Bölüm 5.1'de belirtilen sensörlerden gelen

sürüş bilgileri alınmaktadır ve bir listede tutulmaktadır, SK (satır 11-12). Aracın kontak kapatması durumunda bir sefer sonlandığından dolayı gerçekleştirilen seferle ilgili bütün analizler gerçekleştirilmektedir (satır 13). Öncelikle algoritmaya giriş olarak verilen ME değeri kullanılarak seferin analizlerde kullanılma durumu tespit edilir. Eğer sefer süresince kat edilen mesafe AKS, ME değerinden büyükse (satır 14-15) sefer ile ilgili analizler gerçekleştirilir. Her bir seferi diğer seferlerden ayırt etmek ve sefer bazı analizlerde kullanmak üzere sürücü ismi, plaka ve zaman bilgisini girdi olarak alan *AnahtarUret()* fonksiyonu ile tekil bir tanımlayıcı oluşturulmaktadır (satır 17). Daha sonra toplanan sürüş bilgilerinden hız ve ivme alarmları kullanılarak *AlarmBilgileriCikar()* fonksiyonu Tablo 3'te belirtilen alarm sayıları sefer bazı çıkarılmaktadır (satır 18). Adres bazı analizlerde girdi olarak kullanılan adres bilgisini alan *AdresBilgileriCikar()* fonksiyonu yardımıyla Bölüm 5.2'de belirtilen adres standardizasyonun yapılmaktadır (satır 19). Araç hızı bilgilerini kullanarak *HizBilgileriCikar()* fonksiyonu ile sürüşe ait hız istatistikleri çıkarılmaktadır (satır 20). Radar noktalarındaki analizleri gerçekleştirmek için hız alarm bilgileri, radar noktaları ve analiz için kullanılacak eşik değerleri girdi olarak alan *RadarBilgileriCikar()* fonksiyonu kullanılmaktadır (satır 21). Son olarak mevsimsel analizlerde kullanılmak üzere, zaman bilgisini irdi olarak alan *MevsimBilgiCikar()* fonksiyonu kullanılmaktadır (satır 22). Bütün analiz sonuçları üretilen tekil tanımlayıcı kullanılarak <anahtar, deger> ikilileri oluşturarak Reduce aşamasına gönderilmiştir.

Bu çalışmada Reduce aşaması herhangi bir birleştirme işlemine gerek duyulmamıştır (Identity Reducer). Map aşamasına giren 13429078 satır 907 veri bloğundan oluşan veri paralel bir şekilde işlenmiştir. Map aşamasında sefer bazı analizler tamamlandıktan sonra toplamda 184827 sefere ait veriler çıkarılmıştır. Elde edilen sefer bilgileri çeşitli görselleştirme araçları kullanılarak görselleştirilmiştir.

5.3.2. Sefer bazı analizler (Trip based analysis)

Bu bölümde sefer bazı analizler ile bu analize bağlı sonuçlar sırasıyla açıklanmıştır. Bu kapsamda hız ihlalleri, toplam kilometre, maksimum-ortalama hız bilgileri, mevsimlik ihlal oranları analiz edilmiştir. Analizler için bu çalışma kapsamında işlemlerin hem hızlı hem de belirli bir sistematik içerisinde yapılması için çeşitli gösterge panelleri tasarlanmıştır. Sefer bazı çıkarılan göstergelerde kilometre ve hız analizleri üzerinde odaklanılmıştır. Bu göstergeler sayesinde sürücü, zaman, alarm türü ve plaka bilgisine göre çeşitli filtreleme araçları kullanılabilir. Ayrıca grafiklerdeki her bir farklı renk bir sürücüyü temsil etmektedir.

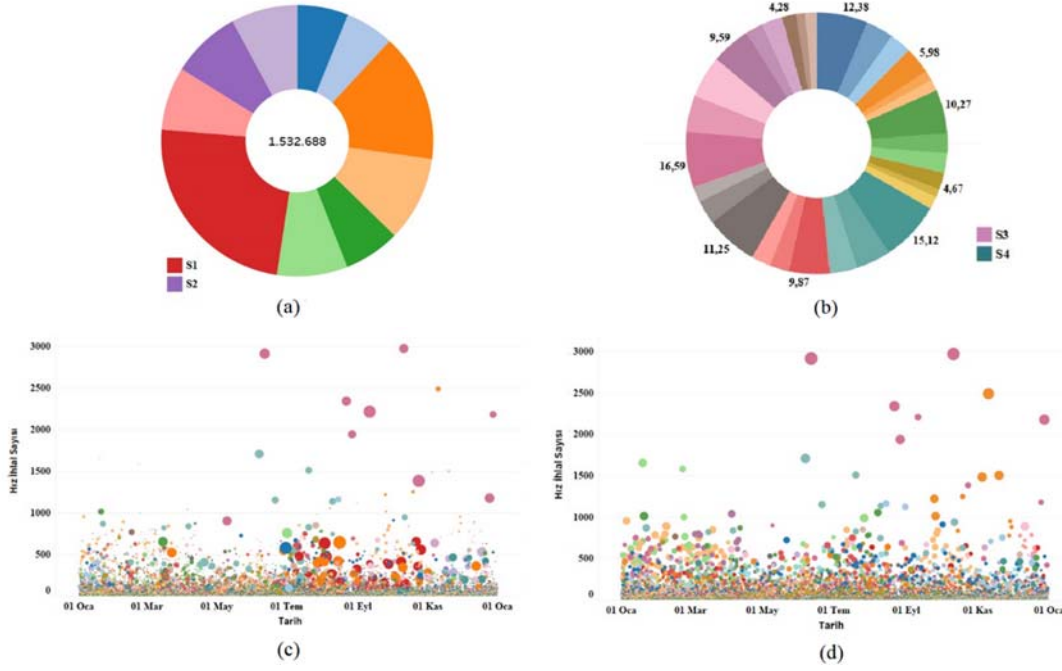
Hız ihlal analizi: Bu bölümde giriş bölümünde de belirtilen Senaryo#1'e ait soruya cevap aranmaktadır. Bir yıllık veri üzerinde yapılan hız ihlallerinin analizleri çeşitli şekillerde görselleştirilmiştir. Şekil 5(a)'da aşırı hız limiti ihlal süreleri(s) en yüksek olan 10 sürücü gösterilmiştir. Şeklin

ortasında verilen sayı ise o sürücüler için yapılan aşırı hız limiti ihlallerinin toplam süresini(s) vermektedir.

Şekil 5(c)'de her bir sürücüye ait günlük aşırı hız limiti ihlal sayıları görülmektedir. Grafikteki dairelerin büyüklüğü gerçekleştirilen ihlal süreleri (s) ile orantılıdır. Ancak üzerinde durulması gereken nokta ihlal sayılarının büyüklüğü değil, sürelerinin fazlalığıdır. Örneğin, S1 ve S2 sürücülerinin hız ihlal sayıları toplamının birbirine yakın olduğu bilinmektedir (S1, 14199 hız ihlali, S2 ise 14992 hız ihlali gerçekleştirmiştir). Buna karşın Şekil 5(a)'dan S1 sürücüsünün yapmış olduğu ihlalin süresinin S2 sürücüsüne göre fazla olduğu (yaklaşık 1,8 kat) anlaşılmaktadır. Bu durumda S1 ve S2 sürücülerinin farklı sürüş karakteristiğine sahip olduğu görülebilir. Şekil 5(b) ise, o yolun hız limitinin yüzdelik olarak ne kadar aşıldığı hakkında bilgi vermektedir. Yüzdelik dilimler üçe ayrılmıştır ve grafikteki renk yoğunlukları ile temsil edilmektedir. Bunlar; %10-%30 arası (en koyu renk), %30-%50 arası, %50 ve üzeri (en açık renk) yapılan hız limiti aşım oranlarıdır. Yüzdelik dilimler, yapılan ihlallerin derecesi hakkında bize önemli bilgiler vermektedir. Bir sürücü hız limitinden %10 ve %30 arası daha fazla bir hız ihlali yaptıysa, o sürücü %50'den fazla hız ihlali yapan sürücülerden daha az tehlikeli bir sürüş gerçekleştirmiştir. Verideki tüm sürücülerin yaptıkları hız ihlal sayıları yüzdelik dilimlere göre; %10-%30 arası 807794 adet, %30-%50 arası 400081 adet ve %50 üzeri 452669 adet şeklinde dağılım göstermektedir. Şekil 5(b)'de %50 ve üzeri aşım oranına sahip ilk 10 sürücü gösterilmektedir. Örneğin, %50 ve üzeri oranda en fazla ihlal gerçekleştiren S3 ve S4 sürücüleridir. Bu iki sürücünün ihlalleri, ilk 10 sürücü arasında gösterilen sürücülerin toplam ihlallerinin %31,71'ini oluşturmaktadır.

Her bir sürücüye ait günlük hız limiti ihlal sayılarının gösterildiği Şekil 5(d)'de dairelerin büyüklüğü %50 ve üzeri oranda gerçekleştirilen hız ihlal sayısı ile orantılıdır. Şekil 5(d) genelinde hız ihlal sayısı arttığında %50 ve üzeri yapılan hız ihlal sayısının da arttığını görülmektedir. Şekil 5(d)'de açıkça görülmektedir ki hız limiti ihlal alarmı üreten belirli sürücüler mevcuttur. Örneğin, günlük 2K hız limiti ihlal sayısını aşan sürücü sayısı ikidir ve bu sürücülerden biri Şekil 5(b)'de en yüksek oranda ihlal gerçekleştiren S3 sürücüsüdür. Şekil 5'te verilen grafikler ile hız ihlalleri açısından sürücü bazı tehlikeli sürüş performansları görselleştirilmiştir.

Hız Analizi: Bu bölümde giriş bölümünde de belirtilen Senaryo#2'ye ait soruya cevap aranmaktadır. Yüksek hız, trafik kazası riskini büyük bir oranda artırmaktadır. Bu nedenle sürücülerin sürüş performansını değerlendirmek açısından araç hızı bilgisi önemli bir yer tutmaktadır. Ancak sürüş performansının değerlendirilmesi için sadece araç hızlarına bakılması doğru olmayabilir. Bu yüzden çeşitli verilerin birlikte alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Örneğin, Şekil 6'da en yüksek hız ihlal sayısına sahip 50 sürücünün maksimum ve ortalama hızları gösterilmiştir. Ortalama hız, çizgi grafiği ile gösterilmiştir ve çizginin kalınlığı hız ihlal sayıları ile doğru orantılıdır. Yani grafikte, bir sürücünün bir yıl boyunca yapmış olduğu en yüksek ve ortalama hız ile birlikte yapmış olduğu hız ihlal sayısı da gösterilmektedir.



Şekil 5. Senaryo#1 dâhilinde sürücülerin sürüş performanslarında farklılıklar (a) aşırı hız limiti ihlal süresi(s), (b) hız limiti aşım yüzdesi, (c) aşırı hız limiti ihlal sayısı, (d) hız limiti aşım ihlal sayısı [8]

(Differences in driving performance of drivers in Scenario#1 (a) Duration of limit speed violations, (b) Percentage of speed limit violations, (c) Number of excessive speed violations, (d) Number of speed limit violations)

Şekil 6'daki grafikte, iki sürücünün hızları yaklaşık olarak aynıdır ve bu durum agresif sürücü davranışını ortaya çıkarmak için yeterli değildir. Örneğin, S5 sürücüsünün ortalama hızı 37,17 iken S6 sürücüsünün ortalama hızı 36,54'tür. Ortalama hızları yaklaşık olmasına rağmen S6 sürücüsünün hız ihlal sayısı S5 sürücüsünün hız ihlal sayısının 5,97 katıdır. Ayrıca, sürücülerin farklı yollarda sürüş yapmış olabileceğini de düşünmek gerekmektedir. Hız ihlal sayısı az olan sürücü şehirlerarası yolda giderken, diğer sürücü şehir içi bir yolda aynı hıza ulaşmış olabilir.

Mevsimlik İhlal Analizi: Bu bölümde Senaryo#3'e ait soruya cevap aranmaktadır. Mevsimlik aşırı hız limiti ihlal süresinin(min) ve %50 ve üzeri oranda yapılan hız ihlal sayısının gösterildiği Şekil 7'deki grafikte sürücüler farklı renklerle gösterilmiştir. Mevsimler ise farklı renk yoğunlukları ile gösterilmektedir. Koyudan açığa doğru renk yoğunlukları sırasıyla ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerini içermektedir.

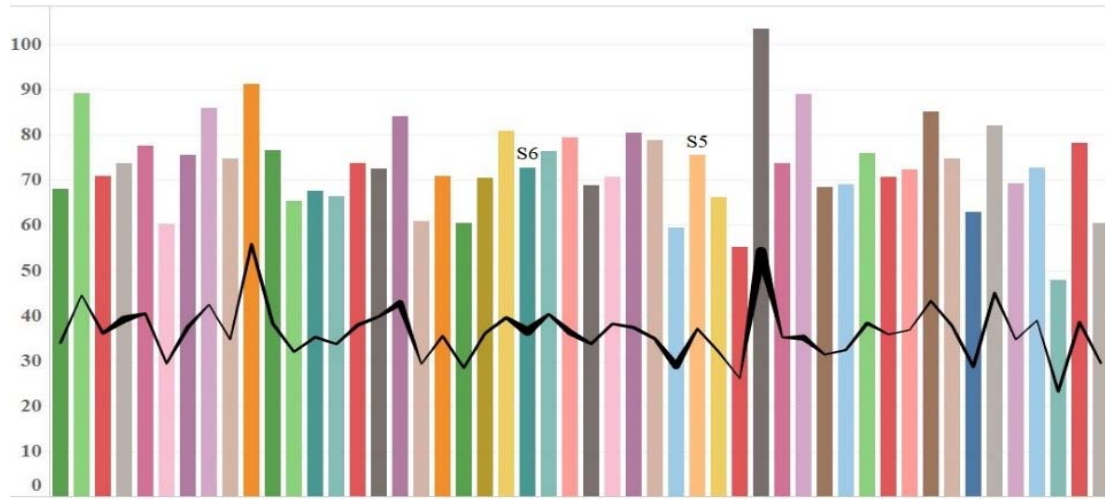
%50 üzeri oranda yapılan hız ihlal sayısının en çok olduğu mevsim 127747 ile yaz mevsimi, en az olan mevsim ise 92380 ile kış mevsimidir. Hız ihlal süresinin en çok olduğu mevsim ise 25297 dakika ile sonbahar mevsimidir. Bu grafikte S7 sürücüsünün ilkbahar ve yaz mevsimlerinde hız limiti aşım sayısı S8 sürücüsüne göre fazla olmasına rağmen sürüş başına düşen aşırı hız limiti ihlal süreleri daha azdır. Sürücülerin kış mevsiminde hız ihlal sayıları yakın olmasına rağmen S8 sürücüsünün sürüş başına düşen hız ihlal süresi diğerinin 2,3 katıdır. Yani, S8 sürücüsünün oluşturduğu tehlike S7 sürücüsünden daha fazladır. Çünkü kışın yollarda

daha fazla tehlike olması ihtimali bulunmaktadır. Bu grafik ile birlikte sürücü karakteristiğinin ortaya konması kolaylaşmaktadır.

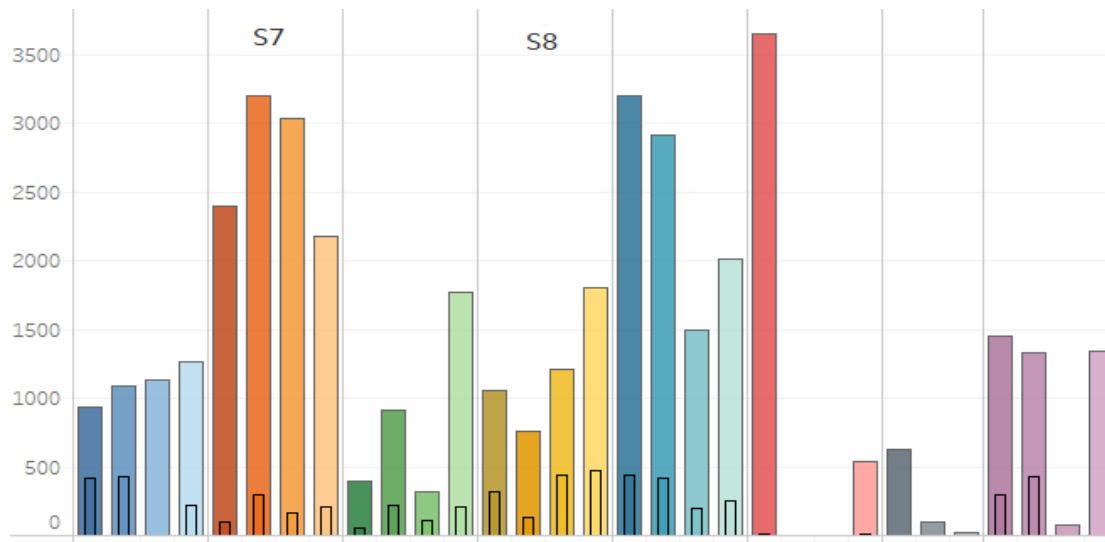
5.3.3. Lokasyon bazlı analizler (Location-based analysis)

Bu bölümde lokasyon bazlı analizler ve sonuçları verilmiştir. Bu kapsamda adres ve noktasal konumlar için hız ihlalleri analiz edilmiştir.

Adres Analizi: Bu bölümde Senaryo#4 ve Senaryo#5'e ait sorulara cevap aranmaktadır. Adres bilgisinin standardizasyonu işlemi sonucunda elde edilen sonuçlar ile çeşitli grafikler çıkarılmıştır. Oluşturulan modeller detay seçimine göre sonuçlar gösterilmekte ve büyüklükler hız ihlal sayısına göre belirlenmektedir. Şekil 8(a)'da hız ihlallerinin hangi illerde daha çok yapıldığı görülmektedir. Yapılan tüm hız ihlallerinin %83'ü Ankara, %7'si İstanbul geri kalanı ise diğer illerde yapılmıştır. Şekil 8(b)'de gösterilen en çok ihlal yapılan 3 ilçe Yenimahalle %23,6, Etimesgut %16,8 ve Sincan %19,8 olarak tespit edilmiştir. Mahalle bazlı hız analizlerine göre ise Saray %4,62, Sincan OSB %3,09 ve Susuz %2,88 oranı ile sıralanmaktadır (Şekil 8(c)). En küçük detayın da tam bir formatı bulunmadığından adres bilgisine yapılan işlemlere benzer olarak bazı işlemler gerçekleştirilmiş ve detay, sokak/cadde/bulvar ve yollar olarak bölünmüştür. Bu detay için yapılan hız ihlal sayılarının gösterildiği Şekil 8(d)'ye bakıldığında Ankara Eskişehir yolunun %6,85, Ankara Ayaş yolunun %5,64 ve Ankara Bolu yolunun %4,94 ile en fazla hız ihlal oranlarına sahip yollar olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6. Senaryo#2 dâhilinde sürücülere göre maksimum, ortalama hız(km/h) ve hız ihlal sayılarındaki değişimler [8]
(Differences in maximum, average speed and speed violations for each driver in Scenario#2)

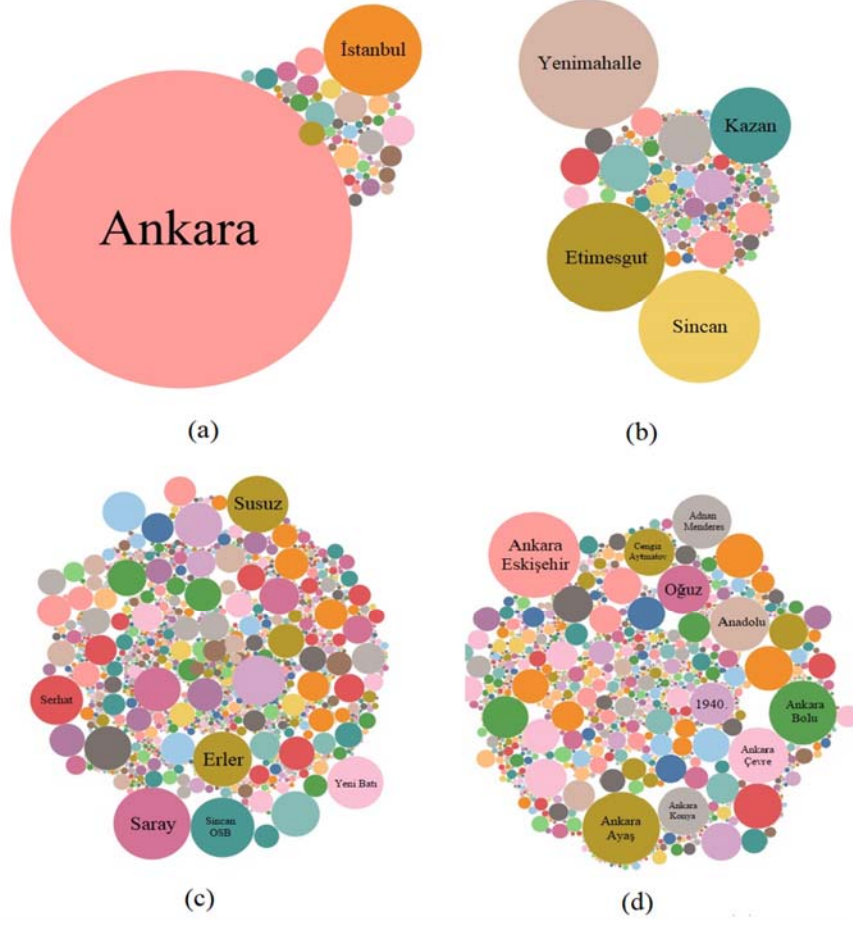


Şekil 7. Senaryo#3 dâhilinde sürücülerin mevsimlik hız ihlal süreleri(min) ve aşım oranları değişimi [8]
(Seasonal changes of speed limit violations in Scenario#3)

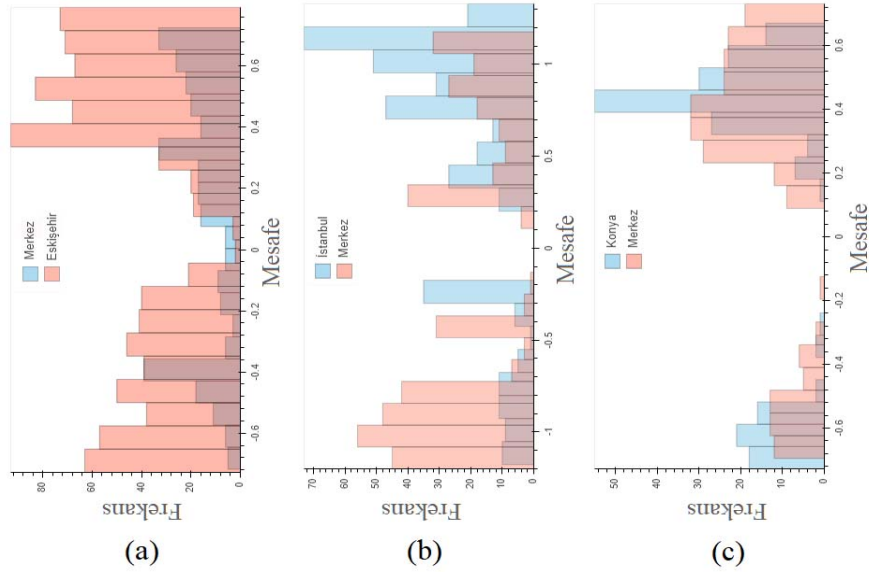
Şehir içi yollarda ise Anadolu Bulvarı, Adnan Menderes Bulvarı, Oğuz Caddesi en fazla ihlalin yapıldığı yollardır ve toplam ihlal sayılarına göre oranları sırasıyla %2,74, %2,67 ve %2,3 olarak tespit edilmiştir. Bu grafik bize hangi yolun kritik olduğu ve sürücülerin daha dikkatli bir sürüş gerçekleştirmesi gerektiği çıkarımını sağlamaktadır. Bu sayede lokasyon bazlı alınabilecek önlemler için bilgi sağlamaktadır.

Konum Analizi: Bu bölümde Senaryo#6'ya ait soruya cevap aranmaktadır. Bu kapsamda Ankara ilinin 3 farklı noktasında (İstanbul yolu, Konya yolu ve Eskişehir yolu) bulunan hız radar bölgelerindeki sürücü davranışları incelenmiş ve sonuçlar Şekil 9(a), (b) ve (c)'de verilmiştir. Şekil 9(a), (b) ve (c)'de belirtilen analizler, belirtilen radar noktalarındaki hız ihlal değişimlerini radar noktasının 700-1000 metre

öncesi ve sonrasındaki değişimlerini iki yönlü incelemektedir. Böylece radar noktasına varmadan ve radar noktasından sonra (her iki yön dâhil) sürüşlerin hız ihlalleri bakımından nasıl bir davranış sergiledikleri analiz edilmiştir. Belirtilen analizlerde yatay eksen kilometre cinsinden mesafeyi, dikey eksen de mesafe aralığına denk düşen hız ihlal sayısını temsil etmektedir. Şekil 9'da belirtilen mesafedeki negatif değerler radar öncesini pozitif değerler radar sonrası sıfıra yakın değerler ise radar noktasındaki sürüş durumunu belirtmek için kullanılmıştır. Ayrıca belirtilen analizlerdeki renkler ise gerçekleştirilen ihlallerin şehir merkezi veya şehir dışına doğru gerçekleşme durumlarını belirtmektedir. Şekil 9(a)'da Eskişehir yoluna ait radar noktası analiz sonuçlarına göre merkez yönde radar öncesine göre radar sonraki hız ihlal sayılarında %85, Eskişehir yönünde ise %33 artış gözlemlenmiştir.



Şekil 8. Senaryo#4 ve Senaryo#5 dâhilinde adreslere göre riskli sürüşe olanak sağlayan a) il bazlı, b) ilçe bazlı, c) mahalle bazlı, d) bulvar/cadde/sokak bazlı detaylardaki analizler [8]
(Roads that allow risky driving in Scenario#4 and Scenario#5 a) province based, b) country based, c) district based, d) street based)



Şekil 9. Senaryo#6 dâhilinde spesifik noktalardan biri olan radar noktaları üzerinde analiz sonuçları (a) Eskişehir yolu, (b) İstanbul yolu, (c) Konya yolu radar noktası hız ihlal değişimleri [8]
(Analysis results on radar points, one of the specific points in Scenario#6, (a) Eskişehir road, (b) İstanbul road, (c) Konya road)

Şekil 9(b)'de İstanbul yoluna ait radar noktası analiz sonuçlarına göre merkez yönde radar öncesine göre radar sonraki hız ihlal sayılarında %26 azalma, İstanbul yönünde ise %236 artış gözlemlenmektedir. Şekil 9(c)'de Konya yoluna ait radar noktası analiz sonuçlarına göre merkez yönde radar öncesine göre radar sonraki hız ihlal sayılarında %292 artış, Konya yönünde ise %168 artış gözlemlenmektedir. Genel olarak bakıldığında İstanbul yolu merkez yön hariç bütün radar noktalarında ve yönlerde radar sonrası, öncesine göre katlanarak hız limit aşımı olduğu tespit edilmiştir. Bu durum ise radar noktalarındaki sürüş davranış farklılıklarının bariz bir şekilde değiştiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca radar noktalarının sadece noktasal olarak bir önlem olduğunu öncesine ve sonrasına bakıldığında sürücülerde farklı bir davranışa sebebiyet verdiği ve bu anlamda verimliliğin beklenen düzeyde olmadığı da açıkça gözlemlenmiştir.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu makalede filo yönetim sistemleri kapsamlı olarak incelenmiş, filo yönetimi için filonun lokasyona, hız limitlerine, yapılan ihlallere göre analizler yapılarak büyük veri temelli olarak bir filonun analizi ilk kez yapılmış, belirlenen 6 senaryo kapsamında yeni modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller ile sürücü davranış temelli filo yönetim sistemlerinin başarı ile kullanılabilmesi, filoların analiz edilebileceği ve yeni senaryoların da test edilebileceği görülmüştür. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde,

1. Senaryo 1 dâhilinde; hız ihlal sayısı ve süreleri bakımından sürücülerin davranışlarının birbirlerinden farklılık gösterdiği,
2. Senaryo 2 dâhilinde; yıl içerisinde gerçekleştirilmiş olan sürüş performanslarının tamamına göre sürücülerin ortalama hızları yakın olsa bile hız ihlal sayıları arasında 6 kata kadar farklılık olabileceği, iyi bir değerlendirme için ortalama hızın bu kapsamda yeterli bir gösterge olamayacağı, iki sürücünün hız ihlal sayıları birbirine yakın olsa bile hız ihlal süreleri arasında yaklaşık 2 kata yakın fark olabileceği,
3. Senaryo 3 dâhilinde; sürücülerin mevsimlere göre davranışlarının farklılaştığı,
4. Senaryo 4 dâhilinde; Ankara ilçeleri arasında en fazla hız limiti ihlali yapılan ve hız limiti aşımına ortam sağlayan ilçelerin Yenimahalle (%23,6), Etimesgut (%16,8) ve Sincan (%19,8) olduğu, mahalle bazlı hız analizlerde ise en fazla Saray (%4,62), Sincan OSB (%3,09) ve Susuz (%2,88) olduğu,
5. Senaryo 5 dâhilinde; şehirlerarası yollarda yapılan hız ihlallerinin Ankara-Eskişehir (%6,85), Ankara-Ayaş (%5,64) ve Ankara-Bolu (%4,94) yollarında en fazla olduğu, şehir içi yollarda ise sürücü üzerinde sinirlilik (agresiflik) yapma potansiyeli en fazla olan yolların ise Anadolu Bulvarı (%2,74), Adnan Menderes Bulvarı (%2,67), Oğuz Caddesi (%2,3) olduğu,

6. Senaryo 6 dâhilinde; yapılan radar noktalarının analizlerine göre her iki yönde de radar sonrası radar öncesine göre aşırı farklılık gösterdiği ve radar öncesi ve sonrası arasındaki hız oranlarında %300'e yakın farklılıklar olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada filo yönetiminin çok geniş bir uygulama sahasının olduğu, her uygulama alanında ise birçok amaca göre filo yönetimlerinin organize edildiği Şekil 1'de kategorik olarak verilmiş ve ilgili literatüre katkı olarak sunulmuştur.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, filo yönetim sistemlerinde büyük veri temelli analizler için içerisine sektörün ilgili paydaşlarını ve araştırma merkezlerini dâhil eden gerekli model önerilerine çok fazla yer verilmediği görülmüştür. Çünkü özellikle nitelikli büyük veri merkezlerinin kurulması ve insan kaynağı ihtiyacı düşünüldüğünde bu ihtiyacın tek bir paydaş tarafından karşılanması mümkün olmamaktadır. Bu kapsamda ulusal/uluslararası literatüre katkı olarak Şekil 3'te verilen model filo yönetimi açısından bir örnek olarak sunulmuştur.

Tablo 1'de 11 ulusal, 12 uluslararası olmak üzere filo yönetim sistem uygulamalarından bahsedilmiş olup tablo detaylı incelendiğinde, birçok uygulamada benzer sürüş parametrelerinin toplandığı ve benzer analizler gerçekleştirildiği görülebilmektedir. Fakat büyük veri temelli filo analizlerinden bahseden çalışma sayısı çok azdır. Bunda ise genellikle, filo yönetiminde sürücülerin davranışları anlık-günlük ya da belirli periyotlarda tespit edip raporlaması önemli rol almaktadır. Bu durum büyük resmi görme durumunda yetersizlik ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışmada Tablo 1'deki uygulamalardan farklı olarak ilk kez filo yönetimin sistemlerden alınan verilerin sadece ilgili sürücü ve/veya sürüşlerin analizinde fayda sağlama, ilgili kullanıcılara çeşitli maliyetlerin (araç bakım, yakıt tüketimi vs.) iyileştirmesi açısından değil bu verilerden farklı analizler yaparak (il, ilçe, mahalle, sokak bazlı ve radar noktalarındaki sürüş davranış farklılıklarının tespiti) çok daha farklı bir bakış açısı sunmaktadır. Bu durum ise filo yönetim sistemlerinden toplanan büyük verinin farklı değerler üretmesi bakımından ilk olma özelliği taşımaktadır.

Bu çalışma kapsamında Bölüm 5.3.1'de verildiği üzere, filo yönetim sistemlerinde veri analizinde kullanılmak üzere ilk defa dağıtık programlama tabanlı algoritma önerilmiştir.

Bu makale çalışmasında kullanılan verilerin boyutu gelecek çalışmalarda artırılabilecek, çeşitliliği zenginleştirilecek, burada elde edilen modeller ise yeni çalışmalara uygulanacaktır. Ayrıca, geliştirilen modeller, 4N Mobile firması bünyesine uygulanacak ve bu sayede geliştirilen modellerin sağladığı üstünlükler daha net olarak görebilecek ve sonuçta daha hızlı, farklı, konforlu ve güvenli çözümlerin bu sayede geliştirilebileceği, ekonomik kazanımlar elde edilebileceği değerlendirilmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu makale çalışmasında kullanılan verilerin anonimleştirilerek kullanılmasına izin veren 4N Mobile/Netdatasoft şirketine yazarlar teşekkür eder. Ayrıca, yazarlar, 06/2015-04 numaralı BAP projesi kapsamında kurulan ve bu çalışmanın gerçekleşmesi için destek veren Gazi BIDISEC'e ve Gazi Üniversitesi BAP Birimine desteklerinden dolayı teşekkür ederler. Bu makale kapsamında kullanılan veriler ve yapılan çalışmalar Gazi Üniversitesi Etik Kurul Komisyonundan 2017-320 sayılı kararı ile izin alınarak yapılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Xu G., Wang J., Huang G. Q., and Chen C.-H., Data-Driven Resilient Fleet Management for Cloud Asset-enabled Urban Flood Control, *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 19 (6), 1827-1838, 2018.
- Gogoulos F. et al., An Intelligent Trucking Operations Management System, *IFAC Proceedings Volumes*, 46 (25), 49-54, 2013.
- Chauhan B., Jain A., Chaturvedi T., and Saini S., User Interactive and Assistive Fleet Management and Eco-Driving System, *IEEE Region 10 Symposium*, Ahmedabad, India, 41-44, 2015.
- Zhang G. et al., A integrated vehicle health management framework for aircraft—A preliminary report, *IEEE Conference on Prognostics and Health Management (PHM)*, Austin, TX, USA, 1-8, 2015.
- Yokoyama D. and Toyoda M., A large scale examination of vehicle recorder data to understand relationship between drivers' behaviors and their past driving histories, *IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, Santa Clara, CA, USA, 2877-2879, 2015.
- Tilocca P. et al., Managing data and rethinking applications in an innovative mid-sized bus fleet, *Transp. Res. Procedia*, 25, 1899-1919, 2017.
- Stancel I. N. and Surugiu M. C., Fleet Management System for Truck Platoons - Generating an Optimum Route in Terms of Fuel Consumption, *Procedia Eng.*, 181, 861-867, 2017.
- Terzi, R., Filo ve toplu taşıma araçları için büyük veri temelli sürücü ve sürüş davranış model önerileri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2019.
- Fabbri G., Calenne F., London M., Boccaletti C., Cardoso A. M., and Mascioli F. F., Development of an on-board unit for the monitoring and management of an electric fleet, *20th International Conference on Electrical Machines*, Marseille, France, 2404-2410, 2012.
- Johanson M., Belenki S., Jalminger J., Fant M., and Gjertz M., Big automotive data: Leveraging large volumes of data for knowledge-driven product development, *IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, Washington, DC, USA, 736-741, 2014.
- Gowda V. C. and Gopalakrishna K., Real time vehicle fleet management and security system, *IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS)*, Trivandrum, India, 417-421, 2015.
- Bélanger V., Kergosien Y., Ruiz A., and Soriano P., An empirical comparison of relocation strategies in real-time ambulance fleet management, *Comput. Ind. Eng.*, 94, 216-229, 2016.
- Pérez J., Maldonado S., and López-Ospina H., A fleet management model for the Santiago Fire Department, *Fire Saf. J.*, 82, 1-11, 2016.
- Ostermann J. and Koetter F., Energy-management-as-a-service: Mobility aware energy management for a shared electric vehicle fleet, *5th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems (SMARTGREENS)*, Rome, Italy, 1-11, 2016.
- Klaunberg J., Rudolph C., and Zajicek J., Potential Users of Electric Mobility in Commercial Transport – Identification and Recommendations, *Transp. Res. Procedia*, 16, 202-216, 2016.
- Driving-tests. Agressive Driving Statistics in The Ultimate List of Driving Statistics for 2019. <https://driving-tests.org/driving-statistics/>. Erişim tarihi Mart 6, 2019.
- İnan T., Baba A.F., Building a hybrid algorithm based decision support system to prevent ship collisions, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35 (3), 1213-1230, 2020.
- Bassoo V., Hurbungs V., Ramnarain-Seetohul V., Fowdur T. P., and Becharry Y., A framework for safer driving in Mauritius, *Future Comput. Inf. J.*, 2 (2), 125-132, 2017.
- Toledo G. and Shiftan Y., Can feedback from in-vehicle data recorders improve driver behavior and reduce fuel consumption?, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 194-204, 2016.
- Wijayasekara D., Manic M., and Gertman D., Data driven fuel efficient driving behavior feedback for fleet vehicles, *8th International Conference on Human System Interaction (HSI)*, Warsaw, Poland, 75-81, 2015.
- Díaz-Ramirez J. et al., Eco-driving key factors that influence fuel consumption in heavy-truck fleets: A Colombian case, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 56, 258-270, 2017.
- Rutty M., Matthews L., Andrey J., and Matto T. D., Eco-driver training within the City of Calgary's municipal fleet: Monitoring the impact, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 24, 44-51, 2013.
- Aydın M.M., Akgöl K., Günay B., The investigation of different chicanes applications in traffic calming studies using driving simulator, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34 (4), 1793-1805, 2019.
- Yokoyama D. and Toyoda M., Do Drivers' Behaviors Reflect Their Past Driving Histories? - Large Scale Examination of Vehicle Recorder Data, *IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, San Francisco, CA, USA, 361-368, 2016.

25. Entin M. R., Heirichs C. M., Peine A., Warych E. R., Timmerman J., and Cresmore S., Data Analytics for Snow Plow Trucks Fleet, 19th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM), Aalborg, Denmark, 294-295, 2018.
26. Sagirolu S. and Sinanc D., Big data: A review, International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), San Diego, CA, USA, 42-47, 2013.
27. Terzi R., Sagirolu S., and Demirezen M. U., Big Data Perspective for Driver/Driving Behavior, IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 12 (2), 20-35, 2020.
28. Orlovska J., Wickman C., and Söderberg R., Big Data Usage Can Be a Solution for User Behavior Evaluation: An Automotive Industry Example, Procedia CIRP 2018 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems, 72, 117-122, 2018.
29. Luo X. et al., Analysis on spatial-temporal features of taxis' emissions from big data informed travel patterns: a case of Shanghai, China, J. Cleaner Prod., 142, 926-935, 2017.
30. Chen J., Wu Y., Huang H., Wu B., and Hou G., Driving-Data-Driven Platform of Driving Behavior Spectrum for Vehicle Networks, 20th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 16th International Conference on Smart City; IEEE 4th International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS), Exeter, United Kingdom, United Kingdom, 518-525, 2018.
31. Paffumi E., De Gennaro M., and Martini G., European-wide study on big data for supporting road transport policy, Case Studies on Transport Policy, 6 (4), 785-802, 2018.
32. Zhang M., Wo T., Xie T., Lin X., and Liu Y., CarStream: an industrial system of big data processing for internet-of-vehicles, Proceedings of the VLDB Endowment, 10 (12), 1766-1777, 2017.
33. Yin J.-L. and Chen B.-H., An Advanced Driver Risk Measurement System for Usage-Based Insurance on Big Driving Data, IEEE Trans. Intell. Veh., 3 (4), 585-594, 2018.
34. Birek L., Grzywaczewski A., Iqbal R., Doctor F., and Chang V., A novel Big Data analytics and intelligent technique to predict driver's intent, Comput. Ind., 99, 226-240, 2018.
35. Asis Elektronik. Filo Yönetimi. <https://www.asiselektronik.com.tr/anasayfa>. Erişim tarihi Ocak 29, 2019.
36. Scania Türkiye. Ürünler ve Hizmetler. <http://scaniauruculigi.com/StaticPage/sdsFilo>. Erişim tarihi Ocak 29, 2019.
37. InfoMobil. Kullanımı En Kolay Mobil Araç Takip Uygulaması. <http://www.infomobil.com.tr/#services>. Erişim tarihi Ocak 29, 2019.
38. Petrol Ofisi. AutoMatic Plus ile Araç Takibi. <http://www.automaticplus.com.tr/automatic-plus- nedir.html>. Erişim tarihi Ocak 29, 2019.
39. Lenoi. Araç Takip Sistemi. <http://lenoi.com.tr/arac-takip-sistemi/>. Erişim tarihi Ocak 29, 2019.
40. Shell. Shell Filoplatform. <https://www.shell.com.tr/kurumsal-musteriler/shell-fuel-card/shell-film-platform.html?cid=ppc:google:CommercialFleetSearch Turkey:april2017>. Erişim tarihi Ocak 29, 2019.
41. Vodafone. Araç Takip Sistemi Nedir? <https://www.vodafone.com.tr/VodafoneBusiness/Arac-Takip-Kampanyasi.php>. Erişim tarihi Ocak 29, 2019.
42. Arvento. Arvento Araç Takip ve Filo Yönetim Sistemi. http://a19.arvento.com/arvento_help/index.html. Erişim tarihi Ocak 29, 2019.
43. Turkcell. Akıllı Araç (Araç Takip). <https://www.turkcell.com.tr/kurumsal/kurumsal-cozumler/akilli-arac>. Erişim tarihi Ocak 28, 2019.
44. Opet. Otokonum. <https://www.opet.com.tr/Otokonum>. Erişim tarihi Ocak 28, 2019.
45. 4N Araç Takip Sistemi. Araç Takip Sistemi. <http://4n.com.tr/>. Erişim tarihi Ocak 20, 2019.
46. Geotab. myGeotab. <https://www.geotab.com/fleet-management-software/>. Erişim tarihi Ocak 28, 2019.
47. Ctrack. Ctrack Vehicle Tracking Systems. <https://www.ctrack.com/>. Erişim tarihi Ocak 28, 2019.
48. Chevin Fleet Solutions. Fleet Management Software. <https://www.chevinfleet.com/gb/asset-fleet-management-software-system/>. Erişim tarihi Ocak 27, 2019.
49. Gps Trackit. Fleet Management. <https://gpstrackit.com/solutions/fleet-management/>. Erişim tarihi Ocak 26, 2019.
50. Samsara. Samsara for Fleets. <https://www.samsara.com/fleet>. Erişim tarihi Ocak 28, 2019.
51. Silent Passenger. Manage a More Efficient, Productive, and Profitable Fleet. <https://www.silentpassenger.com/>. Erişim tarihi Ocak 27, 2019.
52. Verizon Connect. Fleet management solutions. <https://www.verizonconnect.com/solutions/>. Erişim tarihi Ocak 28, 2019.
53. Fleetio. Fleetio Manage. <https://www.fleetio.com/manage>. Erişim tarihi Ocak 29, 2019.
54. Transpoco. SynX & Fleet Management. <https://www.transpoco.com/fleet-management>. Erişim tarihi Ağustos 12, 2020.
55. USFleetTracking. The GPS Tracking Service for Managing Your Assets. <https://www.usfleettracking.com/fleet-tracking/>. Erişim tarihi Ağustos 12, 2020.
56. Webfleet. Fleet Management. https://www.webfleet.com/en_gb/webfleet/fleet-management/. Erişim tarihi Ağustos 12, 2020.
57. Gurtam. Gurtam. <https://gurtam.com/>. Erişim tarihi Ağustos 12, 2020.
58. Gazi Bidisec. <http://bigdatacenter.gazi.edu.tr/>. Erişim tarihi Ocak 20, 2019.

