



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



**TOPLU TAŞIMA ARACI SÜRÜCÜLERİNİN
EKONOMİK SÜRÜŞ (EKOSÜRÜŞ)
PERFORMANSLARINI DEĞERLENDİREN BİR
YAZILIM SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Egemen EVİN

Uluslararası Bilgisayar Anabilim Dalı

İzmir
2019

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**TOPLU TAŞIMA ARACI SÜRÜCÜLERİNİN
EKONOMİK SÜRÜŞ (EKOSÜRÜŞ)
PERFORMANSLARINI DEĞERLENDİREN BİR
YAZILIM SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Egemen EVİN

Danışman : Doç. Dr. Geylani KARDAŞ

Uluslararası Bilgisayar Anabilim Dalı
Bilgi Teknolojileri Yüksek Lisans Programı

İzmir
2019

Egemen EVİN tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “Toplu Taşıma Aracı Sürücülerinin Ekonomik Sürüş (EkoSürüş) Performanslarını Değerlendiren Bir Yazılım Sisteminin Geliştirilmesi” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 09.09.2019 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Geylani KARDAŞ
Raportör Üye : Doç. Dr. Orhan DAĞDEVİREN
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kaya OĞUZ

İmza


.....

.....

.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Toplu Taşıma Aracı Sürücülerinin Ekonomik Sürüş (EkoSürüş) Performanslarını Değerlendiren Bir Yazılım Sisteminin Geliştirilmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışım olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

09/09/2019

Egemen EVİN

ÖZET**TOPLU TAŞIMA ARACI SÜRÜCÜLERİNİN EKONOMİK SÜRÜŞ
(EKOSÜRÜŞ) PERFORMANSLARINI DEĞERLENDİREN BİR YAZILIM
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

EVİN, Egemen

Yüksek Lisans Tezi, Uluslararası Bilgisayar Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Geylani KARDAŞ

Eylül 2019, 56 sayfa

Eko-sürüş prensiplerine ve tekniklerine göre araç sürmenin hem yakıt tüketimini hem de CO₂ salınımını azaltmada büyük bir etkisi vardır. Yeni nesil araçların getirdiği bazı teknik ve/veya mekanik özelliklere ek olarak sürücü davranışı yakıt tüketimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Birçok çalışma eko-sürüş eğitiminin sürücüler üzerindeki etkisinin uzun vadede azaldığını göstermektedir ve eko-sürüş eğitiminin etkilerini korumak için sürekli izleme ve/veya geri bildirim mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, daha ekonomik bir sürüşün davranış haline getirilmesi için anlık yakıt tüketim bilgilerinin de sürücülere sağlanması gerekir.

Yukarıda belirtilen ihtiyaçlardan hareketle, bu tezde, otobüs sürücülerinin eko-sürüş performanslarını karşılaştırmalı ve adil bir şekilde değerlendirmek için toplu taşıma araçları içerisindeki ağdan (CANBus) toplanan verilerin işlenmesi üzerinden eko-sürüşü sağlayan bir yazılım sistemi geliştirilmiştir. Ayrıca, geliştirilen sistem, diğer sürücülerin performanslarının karşılaştırmalı değerlendirmesini yaparak seferler sırasında sürücülere eko-sürüş performansları hakkında gerçek zamanlı anlık uyarılar ve geri bildirimler sağlamaktadır. Geliştirilen sistem günlük ortalama 250 bin yolcunun kullandığı bir toplu taşıma sisteminde uygulanmıştır. Uygulama sonuçları hem sürücülerin hem de amirlerin sistemi yararlı bulduklarını ve sistemin yakıt tasarrufu sağladığını göstermektedir.

Anahtar sözcükler: Eko-sürüş, CANBus, toplu taşıma, eko-sürüş yazılımı

ABSTRACT**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SOFTWARE FOR THE
ASSESSMENT OF ECO-DRIVING PERFORMANCES OF PUBLIC
TRANSPORT DRIVERS**

EVİN, Egemen

MSc in International Computer

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Geylani KARDAŞ

September 2019, 56 pages

Driving vehicles according to eco-driving principles and techniques have significant impact on decreasing both fuel consumption and CO₂ emissions. In addition to some kind of technical and/or mechanical features brought by today's new generation vehicles, driver behavior is also one of the greatest factors affecting the fuel consumption. Many studies show that the effect of eco-driving education on the drivers loses its impact in long term and there needs some sort of continuous monitoring and/or feedback mechanisms. Moreover, in order to adapt behavior to drive more economically, information about instant fuel and CO₂ waste has to be provided to the driver.

Taking into account above mentioned requirements, in this thesis, an eco-driving system in which data gathered from the CANBus of public transport vehicles are processed for both comparative and fair evaluation of bus drivers' eco-driving performance. Moreover, in-vehicle components of the system guide the drivers during their trips, provide feedbacks and real-time warnings considering their current eco-driving performance. Developed system was successfully deployed and evaluated in a public transportation system used by approximately 250 thousand passengers daily. The results are very promising in the sense that both drivers and operators found the system useful and the system provided fuel saving.

Keywords: Eco-driving, CANBus, public transport, eco-driving software

ÖNSÖZ

Son zamanlarda akıllı tüketim alışkanlıkları ve enerji verimliliği konuları büyük önem kazanmıştır. Tüm teknolojik araçlarda olduğu gibi toplu taşıma filoları için de bu konular ön sıralarda yer almaktadır. Daha az yakıt sarfiyatı ve daha az CO₂ salınımının sağlanması çevrenin korunması ve hava kirliliğinin önlenmesi açısından önemlidir. Bu açıdan toplu taşıma aracı sürücülerinin eko-sürüş bilincinde olması ve bu yönde araçları kullanması istenilen sürücü özelliklerindedir. Sürücülerini bu konuda bilgilendirmek ve eğitmek için 90'lı yıllardan itibaren yazılım mühendisliği araştırma alanında eko-sürüş ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Ancak yapılan çalışmalar eko-sürüş eğitiminin sürücüler üzerindeki etkisinin uzun vadede oldukça azaldığını göstermektedir. Bu açıdan toplu taşıma araçlarında sürücülerin düzenli olarak izlenmesi, sürüşlerinin karşılaştırmalı ve adil bir şekilde değerlendirilmesi eko-sürüş'ün sağlanması için gerekli olmaktadır.

Bu ihtiyaçlardan hareketle bu tez çalışmasının gerekliliği ve çerçevesi belirlenmiştir. Bu doğrultuda yapılan literatür incelemesi, araştırma, geliştirme ve gerçek hayat uygulamaları sonucu bu tezde sürücülerin eko-sürüş performanslarını değerlendiren bir yazılım sunulmuştur.

İZMİR

09/09/2019

Egemen EVİN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇ KAPAK	ii
KABUL ONAY SAYFASI	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ.....	xi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xix
KISALTMALAR DİZİNİ	xxi
1.GİRİŞ.....	1
2.ALTYAPI	3
2.1 CANBus.....	3
2.2 Küresel Konumlama Sistemi (GPS).....	6
2.3 Radyo Paketi Genel Servisi (GPRS)	7

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.4 Model Görünüm Kontrolcü (MVC) Tasarım Şablonu	7
2.5 Kullanılan Teknolojiler	8
3.İLGİLİ ÇALIŞMALAR	10
4.SİSTEM YAZILIM MİMARİSİ VE TASARIMI	16
5.METODOLOJİ.....	22
6.UYGULAMA.....	28
6.1 CAN Verilerinin Toplanması	28
6.2 Aksiyon Raporu	29
6.3 Sürücü Raporu	34
6.4 Grafikler.....	36
6.5 Şirket Raporu.....	38
6.6 Performans Dağılım Raporu.....	40
6.7 Eko-Sürüş Geri Bildirim Sistemi.....	41
7.DEĞERLENDİRME	42
8.SONUÇ.....	45
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	47

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

TEŞEKKÜR54

ÖZGEÇMİŞ55

EKLER



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 CANBus paket yapısı	6
2.2 PGN – SPN bağlantıları.....	6
4.1 Sistem akışı.....	16
4.2 Sistem mimarisi	19
6.1 Aksiyon raporu	30
6.2 Karşılaştırma grubu kriterlerinin seçim sonrası raporu	32
6.3 Sürücünün özetlenmiş sefer bilgileri	33
6.4 Sürücü raporu	35
6.5 Grafikler	37
6.6 Grafikler – seçilen sürücü.....	38
6.7 Şirket raporu	39
6.8 Sürücü performans dağılım raporu	40
6.9 Geri bildirim sembol ve renkleri	41
6.10 Sürücü paneli görüntüsü	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 tms_can_bus tablosu.....	17
4.2 mst_can tablosu	17
4.3 tms_can_bus_summary tablosu.....	18
5.1 Örnek ölçüm / aynı karşılaştırma grubunda bulunan bütün sürücülerin ve spesifik sürücünün hesaplanmış yakıt tüketimleri ve katedilen mesafe bilgileri	25
6.1 CANBus veri toplama algoritması	29
7.1 Sürücülerin anket sorularına verdiği cevapların dağılımı	43
7.2 Amirlerin anket sorularına verdiği cevapların dağılımı	44
8.1 Sürücülerin dönemsel ortalama yakıt tüketimi.....	45

KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
CAN	Controller Area Network (Kontrol Alan Ağı)
CANBus	Controller Area Network Bus (Kontrol Alan Ağı Veri Yolu)
CSMA/CR	Carrier Sense Multiple Access with Collision Resolution (Çoklu Erişimde Hat Kontrolü/Çakışma Çözüm)
CSS	Cascading Style Sheets (Basamaklanmış Stil Katmanları)
GPS	Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
GPRS	General Packet Radio Service (Radyo Servisi Genel Paketi)
HTML	Hypertext Markup Language (Hipermetin İşaretleme Dili)
MVC	Modal View Controller (Model Görünüm Kontrolcü)
NMEA	National Marine Electronics Association (Ulusal Deniz Elektronikliği Birliği)
OBD	On-Board Diagnostics (Yerleşik Tanı)
OBU	On-Board Unit (Yerleşik Birim)
PGN	Parameter Group Number (Parametre Grup Numarası)
PHP	Hypertext Preprocessor (Hipermetin Önışlemcisi)
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services (Denizcilik Servisleri için Radyo Teknik Komitesi)
SAE	Society of Automotive Engineers (Otomotiv Mühendisleri Topluluğu)

KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
SPN	Suspect Parameter Number (Veriyolu Hata Kodu)
XML	Extensible Markup Language (Genişletilebilir İşaretleme Dili)



1. GİRİŞ

Eko-sürüşün amacı ekonomik, ekolojik ve güvenli sürüştür (Zarkadoula et al., 2007). Eko-sürüş prensiplerine ve tekniklerine göre araç sürmenin hem yakıt tüketimini hem de karbondioksit salınımını azaltmaya büyük bir etkisi vardır (Vangi and Virga, 2003; Zarkadoula et al., 2007; Barkenbus, 2010; Ando and Nishihori, 2012; Sivak and Schoettle, 2012). Günümüz yeni nesil araçlarının getirdiği bazı teknik ve/veya mekanik özelliklere ek olarak sürücü davranışı, yakıt tüketimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Liimatainen, 2011). Fakat birçok çalışma (Barton et al., 1998; af Wahlberg, 2002; Brown and Coyle, 2004; af Wahlberg, 2007; Zavalko, 2018) uzun vadede (örneğin; 2-3 ay) eko-sürüş eğitiminin etkisinin azaldığını göstermektedir ve eko-sürüş eğitiminin etkilerini korumak için sürekli izleme ve/veya geri bildirim mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tarz sürücü izleme ve geri bildirim mekanizmaları özellikle ağır hizmet araçlarından oluşan filolarda (belediye otobüsleri, yerel otobüs şirketleri, kargo şirketleri, kamyon filoları vb.) kritik hale gelmektedir. Bu bağlamda, çeşitli çalışmalarda eko-sürüş performansını izleyen ve sefer verilerine dayanarak eko-sürüş performansını raporlayan sistem mimarileri araştırılmıştır (Vangi and Virga, 2003; Ando et al., 2010; Liimatainen, 2011; Ando and Nishihori, 2012). Yine de daha ekonomik bir sürüşün davranış haline getirilmesi için anlık yakıt tüketim bilgilerinin de sürücülere sağlanması gerekir. Son model araçlarda bu bilgiler eko-ekranlara dayalı sistemler aracılığıyla sağlanmaktadır ama çoğu durumda sürücüler araç sürüşünün görsel stresli görevini yerine getirirken mevcut eko-sürüş seviyesinden haberdar olamayacağı için bu ve buna benzer sistemlerin yeteneklerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Bu tezde, otobüs sürücülerinin eko-sürüş performanslarını karşılaştırmalı ve adil bir şekilde değerlendirmek için toplu taşıma araçlarından kontrol alan ağı veri yolu vasıtası (Controller Area Network-CANBus) ile toplanan verilerin işlenmesini kapsayan bir eko-sürüş sistemi geliştirilmiştir. Adil bir şekilde değerlendirme yapılabilmesi için bazı kriterlere (rota, araç tipi ve sefer süresi vb.) göre karşılaştırma grupları belirlenmiş ve spesifik bir sürücünün anlık sefer bilgileri toplanarak araçtan ana sisteme iletilmiştir. Ayrıca, sistemdeki araç içi bileşenler seferler sırasında sürücülere yol göstermekte ve diğer sürücülerin

performanslarının karşılaştırmalı değerlendirmesi göz önüne alınarak sürücülerin eko-sürüş performansları hakkında gerçek zamanlı uyarılar ve geri bildirimler sağlanmaktadır. Benzer çalışmalardan (örneğin (Liimatainen, 2011; Ando and Nishihori, 2012; Chantranuwathana et al., 2014; Diaz-Ramirez et al., 2017; Xiong et al. 2018; Goes et al., 2019)) farklı olarak, geliştirilen sistem sadece eko-sürüş raporlamaları ve performans karşılaştırması yapmamakta; ayrıca sürücülerin seferleri sırasında sürücülere devamlı olarak yol göstererek aynı karşılaştırma grubu içerisinde performansını anlık olarak kontrol etmesine yardımcı olmaktadır.

Tez çalışması Kent Kart Ege Elektronik San. Tic. A.Ş.'de (<https://www.kentkart.com/>) (kısaca Kentkart) yürütülen ve TÜBİTAK Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB) tarafından desteklenen 3130609 no'lu "Toplu Taşıma için CANBus Temelli bir Ekosürüş Sisteminin Geliştirilmesi" isimli Ar-Ge projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Tezde geliştirilen karşılaştırmalı eko-sürüş performansı değerlendirme yaklaşımı Kentkart firması tarafından ürünleştirilerek, firmanın müşterisi olan ve günlük ortalama 250 bin yolcu taşıyan uluslararası bir metrobüs işletmesinde kullanımı sağlanmıştır. 64 adet toplu taşıma aracına kurulan ürünün kullanılmasını içeren sonuçlar da yine bu tezde yer almaktadır. Sonuçların yayınlanması için firmadan alınan izin yazısı Ek-1'de yer almaktadır.

Tezin ilerleyen bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde CANBus, küresel konumlama sistemi (GPS), radyo paketi genel servisi (GPRS), model görünüm kontrolcü (MVC) gibi geliştirilen eko-sürüş sisteminin altyapısını oluşturan teknolojiler tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde ilgili çalışmalar incelenmiştir. Geliştirilen sistemin mimarisi ve tasarımı hakkında bilgi dördüncü bölümde verilmiştir. Beşinci bölümde eko-sürüş performansının karşılaştırmalı değerlendirilmesi için kullanılan metodoloji anlatılmıştır. Altıncı bölümde geliştirilen sistemin verilerinin toplanması, analiz sonucu oluşan raporlar ve sürücülere verilen geri bildirim hakkında bilgi verilmiştir. Yedinci bölümde sistemin değerlendirilmesi açısından sürücü ve amirlere uygulanan anketler anlatılmış ve bu anketlerin sonuçları tartışılmıştır. Son bölümde ise tezde elde edilen sonuçlara ve ileriye yönelik yapılabilecek çalışmalara değinilmiştir.

2. ALTYAPI

Bu bölümde tezde kullanılan sistem bileşenleri, çeşitli donanım/yazılım teknolojileri ve yazılım geliştirme yöntemleri anlatılmaktadır. İlk olarak çalışmanın temeli olan ve büyük oranda yeni nesil araçlarda bir standart haline gelen CANBus'dan bahsedilmekte; sonrasında ise kullanılan diğer teknolojiler olan GPS, GPRS sırasıyla anlatılmaktadır. Son olarak yazılım geliştirme aşamasında kullanılan MVC mimari tasarım şablonu tanıtılmaktadır.

2.1 CANBUS

CAN kısaltmasının açık yazılışı İngilizce "Controller Area Network"dür. CANBus sistemi araçlarda bulunan kablo ağının azaltılması amaçlanarak 1983 yılında geliştirilmeye başlanmış bir protokoldür ve resmi olarak 1986 yılında kullanılmaya başlanmıştır. CAN protokolü başta otomotiv alanında kullanılsa da veri iletim hızı, hata oranının düşüklüğü ve uygulama kolaylığı gibi sebeplerden dolayı otomobil elektroniği, akıllı motor kontrolü, robot kontrolü, akıllı sensörler, asansörler, makine kontrol birimleri, kaymayı engelleyici sistemler, trafik sinyalizasyon sistemleri, akıllı binalar ve laboratuvar otomasyonu gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Davis et al., 2007).

CAN protokolü, araç içerisindeki kontrol ünitelerini birbirlerine bağlayarak bilgi alışverişini sağlamaktadır. Günümüzdeki haliyle CANBus protokolü otomotiv endüstrisinde bilgi değiştirilmesi ve araç bilgilerine ulaşılması alanında standart kabul edilmektedir (Davis et al., 2007).

CAN protokolü ile araç içerisinde birçok bilgiye kolay ve güvenilir yoldan ulaşılabilmektedir. Araç ile ilgili oldukça ayrıntılı verilere erişimin yanında bu işlemi kablo sayısını büyük derecede azaltarak kullanılabilir hale getiren CAN protokolü, çeşitli kullanım alanları oluşturmaktadır. Bu protokol ile araçlardaki tüm sensörler ve kontrol birimleri tek bir veri yolu üzerinden haberleşebilmektedirler. Bu özellikleri ile gerek araç takip cihazları ve yolcu bilgilendirme araçları gerekse araç içi ücret toplama sistemlerinde CAN üzerinden bilgiye erişim amaçlı yazılımlar kullanılabilir. Bu özellikleri ile gerek araç takip cihazları ve yolcu bilgilendirme araçları gerekse araç içi ücret toplama sistemlerinde CAN üzerinden bilgiye erişim amaçlı yazılımlar kullanılabilir.

CAN protokolünün araçlarda kullandığı CANBus hattı sayesinde araç içindeki tüm kontrol birimleri bir alıcı-verici gibi mesajlaşma yapabilmektedir. Bu mesajlaşmanın tüm kontrolünü CAN protokolü sağlamaktadır. Bu sayede araç takip cihazlarının ve yolcu bilgilendirme panellerinin araç ile direkt iletişimi sağlanabilmektedir. CAN protokolüne uygun mesajlaşma yapısına sadık kalınarak diğer kontrol birimleri ile haberleşebilecek bir yazılım kullanılmakta ve geliştirilmektedir. Protokol mantığında tüm üniteler eşit öncelikli veri yollama hakkına sahiptirler ve verilerin tamamı tüm üniteler tarafından alınmaktadır. Fakat her ünite içinde bulunan filtreler ile kendisini ilgilendiren mesajları almaktadır.

CANBus sisteminin sahip olduğu özellikler aşağıdaki gibi listelenebilir (Bosch, 1991):

- Mesaj önceliği
- Kayıp zaman güvenliği
- Yapılandırma esnekliği
- Senkronizasyonlu çoklu kabul
- Sistemdeki veri yoğunluğunu kaldırabilme
- Multimaster çalışabilme
- Hata tespiti ve hataya ilişkin sinyalleri üretme
- Mesajın yollanmasında hata oluşması halinde mesajın iletim hattının (BUS) boş olduğu bir anda mesajı otomatik tekrar yollama
- Ünitelerde oluşan geçici ve kalıcı hataları ayırt edebilme ve özerk olarak kalıcı hatalı üniteleri kapatabilme

CANBus sisteminde tüm üniteler iletim hattına eşit öncelikli veri yollama hakkına sahiptir. Buna multimaster çalışma denir. Mesajların çarpışmasını

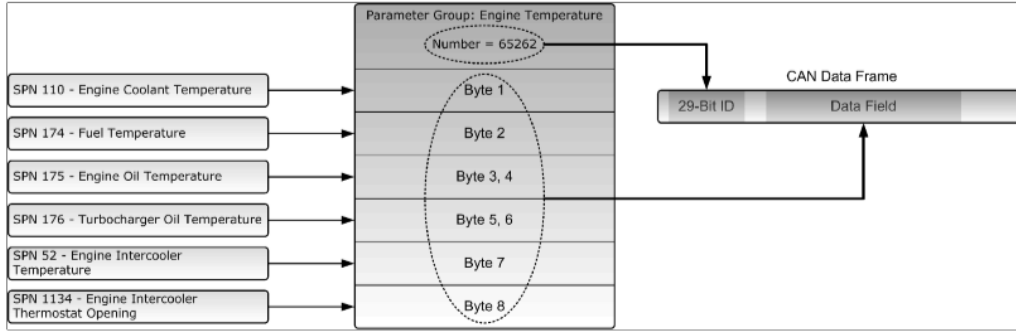
(collision) engellemek için CSMA/CR (Carrier Sense Multiple Access With Collision Resolution) protokolünü kullanır (Davis et al., 2007).

CANBus, mesaj öncelikli bir sistemdir. Bu yüzden CANBus'da ünitelere değil mesajlara numara verilir. Her ne kadar tüm üniteler iletim hattına eşit öncelikli veri yollama hakkına sahipse de öncelikli mesajların daha önce iletim ortamına iletilmesi sağlanır.

Mesaj içerikli haberleşmenin getirdiği kablolama kolaylığı ve bunun getirdiği düşük maliyet, hata tespit rutinlerinin çok güçlü olmasının getirdiği güvenilirlik, yeni ünitelerin eklenmesi için sistemde değişime gitmemenin getirdiği kolaylık ve son olarak saniyede 10000 mesaj iletimi sağlaması CANBus'un önemli avantajlarıdır.

ISO (2003) 11898 standart ailesi ile fiziksel altyapısı tanımlanmış olan CANBus aynı zamanda uluslararası araç teşhis ("diagnostics") standardı olan OBD-II içerisindeki beş protokolden biridir (Klavkarr, 2019). Bir otomotiv standardı olarak OBD (On-board diagnostics) bir aracın kendi kendine teşhis ve raporlama kabiliyetlerini tanımlamaktadır. 1996'dan beri OBD-II standardı ABD'de satılan tüm arabalar ve kamyonlar için zorunlu hale gelmiştir. Bununla birlikte tezde geliştirilen yazılımın araç içindeki kısmı araç bileşenleri arasında iletişim ve tanımlama için kullanılan özelleştirilmiş dahili iletişim protokolü standardını belirten SAE J1939-11 ve SAE J1939-15'e göre haberleşmeyi sağlamaktadır. Söz konusu uluslararası standartlar "Society of Automotive Engineers" tarafından belirlenmiştir (SAE, 2000).

SAE'nin J1939 standardına uygun olarak CANBus'ta her J1939 paketi 8 byte data ve standart bir başlık (header) içermektedir (Şekil 2.1). Başlık parametre grup numarası (Parameter Group Number - PGN) içerir. PGN, mesaj işlevini ve ilişkili verileri tanımlar. PGN verilerini eşsiz tanımlanmış SPN numaraları (Suspect parameter number) belirtir (Şekil 2.2). Her SPN değerinin, hangi PGN'de hangi byte/bit'lere karşılık geldiği Vehicle Application Layer'da tanımlanmıştır.



Şekil 2.1 CANBus paket yapısı ((Copperhill Technologies, 2019)'dan alınmıştır.)

PGN61444 - Electronic Engine Controller 1 - EEC1

Transmission Repetition Rate: Engine speed dependent

Data Length: 8 bytes

Data Page: 0

PDU Format: 240

PDU Specific: 4

Default Priority: 3

Parameter Group Number: 61444 (0x00F004)

Bit Start/Byte	Length	SPN ID	SPN Description
1.1	4 bits	899	Engine Torque Mode
2	1 byte	512	Driver's Demand Engine - % Torque
3	1 byte	513	Actual Engine - Percent Torque
4-5	2 bytes	190	Engine Speed
6	1 byte	1483	SA of Controlling Device for Engine Control
7.1	4 bits	1675	Engine Starter Mode
8	1 byte	2432	Engine Demand - Percent Torque

Şekil 2.2 PGN - SPN bağlantıları ((CSS Electronics, 2019)'dan alınmıştır.)

2.2 Küresel Konumlama Sistemi (GPS)

GPS, herhangi bir zamanda, dünyanın herhangi bir yerinde bulunan bir kullanıcının yer ve zaman bilgisini sağlayan navigasyon sistemidir (Johnny Appleseed, 2019). Sistem, Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı tarafından sinyal alıcıları ile yön bulma, askeri planlar, konum hesaplamalarında ve güdümlü roketlerin kontrolünde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. 1980'lerde sivil kullanıma açılmıştır. Konumun kesin olarak belirlenebilmesi için en az 4 adet konumu bilinen GPS uydusuna ihtiyaç vardır. Bağlanılan uydu sayısı arttıkça konumun kesinliği de buna bağlı olarak artmaktadır. GPS verisinin değişimi için birçok protokol mevcuttur. Fakat bu protokoller arasında NMEA (National

Marine Electronics Association) ve RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) standartlaşmıştır. NMEA mesaj formatı, Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Denizcilik Elektroniği Derneği tarafından deniz araçlarının navigasyonunda kullanılmak üzere geliştirilmiştir ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Tezde, GPS verisi, sürücülerin doğru seferi yapıp yapmadığının ve yaptıkları seferlerin tamamlanıp tamamlanmadığının kontrolünü sağlamak için kullanılmıştır. Ayrıca otobüslerin sefer sırasındaki duraklama sayıları ve süreleri de GPS kullanılarak değerlendirmeye dahil edilmiştir.

2.3 Radyo Paketi Genel Servisi (GPRS)

GPRS, mevcut 2G cep telefonu şebekesi üzerinden paket anahtarlama (packet-switched) olarak veri iletimi sağlayan, devre anahtarlama (circuit-switched) yani kullanıcıya tahsis edilen bir tek hat üzerinden sürekli bağlantı yerine paket anahtarlama ve aynı hattı birden çok kullanıcının paylaştığı bir teknolojidir. Kullanıcıya yüksek erişim hızının yanısıra, bağlantı süresine göre değil gerçekleştirilen veri alışverişi miktarı üzerinden tarifelenen ucuz iletişim olanağı sağlamakta ve böylelikle “sürekli bağlantıda, sürekli çevrimiçi” anlayışını sunmaktadır (Lin et al., 2001). Bu tezde GPRS, toplu ulaşım araçlarından sefer, sürücü, GPS bilgilerini ve CANBus verilerini uygulama sunucusuna iletmek için kullanılmıştır.

2.4 Model Görünüm Kontrolcü (MVC) Tasarım Şablonu

Tasarım şablonları, yazılım geliştirme aşamasında sıklıkla karşılaşılan problemlere ortak bir çözüm getirmek amacıyla ortaya çıkmıştır (Gamma et al., 2000). MVC tasarım şablonu, interaktif sistemlerde yaygın olarak kullanılan ve en iyi bilinen şablondur. İnteraktif sistemlerde genel olarak bütün kullanıcıların aynı veriyi görmesi ve değiştirmesi istenmez. Bu gibi sistemlerde iş mantığı ile kullanıcı arayüzünü ayırıştırmak gerekmektedir. MVC tasarım şablonu, modelin görünümünden soyutlanmasını sağlar ve bir kullanıcının modeli verilen arayüz (görünüm) üzerinden görmesi ve kullanıcı değişiklik yapmak istediği zaman kontrolcü aracılığıyla iletişim kurması sağlanmaktadır. Bu şablonda, model, herhangi bir işlem için kullanılacak verilerin işlenmesi ve saklanmasına; görünüm,

verileri uygun şekilde göstermek için kullanılacak arayüzlere (ekran, form ve metin çıktıları gibi) ve kontrolcü model ile görünümler arasındaki iletişimin sağlanmasına karşılık gelir (Krasner and Pope, 1988; Buschmann et al., 1996; Riehle, 1997). Bu tezde sürücülerin ve amirlerin erişeceği raporları farklılaştırmak ve her kullanıcının farklı verilere ulaşmasını sağlamak amacıyla MVC tasarım şablonu kullanılmıştır.

2.5 Kullanılan Teknolojiler

İnternetin en temel teknolojilerinden olan ve web sayfasının yapısını tanımlayan Hipermetin İşaretleme Dili (Hypertext Markup Language – HTML)'nin en güncel versiyonu HTML 5'tir (W3Schools-HTML, 2019) ve bu versiyon proje yazılımının grafiksel arayüz bileşenlerinin hazırlanması sırasında kullanılmıştır.

Web arayüzlerine ait bileşenlerin görünümü, konumlandırması gibi görsel detaylar Basamaklanmış Stil Katmanları (Cascading Style Sheets – CSS3) (W3Schools-CSS, 2019) kullanılarak düzenlenmiştir.

HTML 5'in yanı sıra dinamik sayfa içeriklerinin oluşturulması amacıyla projede Hipermetin İşlemcisi (Hypertext Preprocessor - PHP) de kullanılmıştır. PHP özellikle web uygulamaları için tasarlanmış ve uygulama sunucusunda çalışan bir betik (script) dilidir. Bu dil kullanılarak dinamik sayfa içerikleri oluşturulur (W3Schools-PHP5, 2019).

Sistem bileşenlerinin veri alışverişi sırasında Genişletilebilir İşaretleme Dili (Extensible Markup Language-XML) standardı kullanılmıştır. XML hem insanlar hem bilgi işlem sistemleri tarafından kolayca okunabilecek dokümanların oluşturulmasını sağlar. Bu özelliği ile veri saklamının yanında farklı sistemler arasında veri alışverişi yapmaya yarayan bir ara format görevi de görmektedir (W3School-XML).

Sürücü paneli üzerinde çalışan uygulamaların geliştirilmesinde Eclipse IDE (Eclipse, 2000), web arayüzlerinin geliştirilmesinde WBuilder IDE (Wbuilder, 2000) ve veri tabanı olarak Oracle (Oracle,1996) yazılım araçları kullanılmıştır.



3. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Eko-sürüş'ün gerçekleştirilmesi ve böylece hem daha az yakıt sarfiyatının hem de daha az CO₂ salınımının sağlanması, sürücülerin uyguladıkları sürüş teknikleri ve araçları kullanma biçimleri ile doğrudan ilgilidir. A.B.D. Federal Hükümeti'nin gerçekleştirdiği bir çalışma (DOE, 2011) sonucunda sürücülerin doğru tekniklerle araç kullanmaları sonucunda önemli oranda yakıttan tasarruf edilebildiği görülmüştür. Literatürde sürücü performansını bu amaçla değerlendirmeye (örneğin (Van Mierlo et al., 2004; Dam, 2008; Manzoni, et al., 2010; Liimatainen, 2011; Takeda et al., 2012; Chantranuwathana et al., 2014; Diaz-Ramirez et al., 2017; Vaezipour et al. 2019)) ya da sürüş sırasında sürücüye yardımcı olacak sistemlerin geliştirilmesine (örneğin (Ahn et al., 2002; Riener 2012; Malikopoulos and Aguilar, 2013; Magana and Munoz-Organero, 2015; Dahlinger et al., 2018a)) yönelik çalışmalar bulunmaktadır.

Yakıt tasarrufunu arttırmada en uygun sürüş yöntemlerini ortaya çıkarmak amacıyla Hooker (1988) ve Ross (1994) öncül çalışmalar sunmuşlardır. Ross (1994) özellikle sürüş stillerinin ve/veya araç özelliklerinin yakıt sarfiyatına olan etkilerini araştırmıştır. 2000'lerin başından itibaren özellikle çevre korumaya ve CO₂ salınımından kaynaklanan hava kirliliğine olan duyarlılığın artmasıyla birlikte bu yönde yapılan çalışmalarda da bir artış gözlenmiştir. Örneğin Ericsson (2001) sürüş yöntemlerinin ve sürücü davranışlarının yakıt tüketimine etkisini araştırmıştır. Ahn et al. (2002) anlık hızlanma gibi sürücü kaynaklı yakıt tüketimini tahminlemeye yönelik bir metot önermiştir. Van Mierlo et al. (2004) özel sürüş rotaları üzerinden sürücü davranışları ve bunların yakıt tasarrufuna etkisini incelemiştir. Çalışmada sürücülere önce yakıt sarfiyatını azaltacak bazı ipuçları anlatılmış, bu ipuçlarının ve bunlara bağlı sürüş yöntemlerinin sürücüler tarafından uygulanması değerlendirilmiştir. Dam (2008) ufak çaplı bazı sürüş iyileştirmelerinin bile yakıt tasarrufu sağlamada önemli katkılarının olacağını ortaya koyan kayda değer bir çalışma gerçekleştirmiştir. Ando et al (2010) ve Ando et al. (2012) çalışmalarında eko-sürüşün arttırılmasında sosyal bilinci sağlamaya yönelik bir sistem önerilmiştir. Sistem mobil bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak hem yakıt tasarrufu sağlamayı hem de güvenli sürüşü

arttırmayı hedeflemektedir. Bir grup kullanıcıdan web tabanlı alınan sürüş bilgileri sürücü davranışlarını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır.

Manzoni et al. (2010) sürücülerin sürüş stillerinde yapılacak değişikliklerle mevcut araçlarda yakıt tüketimi ve CO₂ salınımının eğitim sonrası azaltılabileceğini göstermiştir. Berry et al. (2010) sürücülere verilen eko-sürüş eğitiminin, sürücülere sürüş stiliyle ilgili geri bildirim yapılmadan uzun vadede yakıt tüketimini %5'lere kadar azaltılabileceğini göstermiştir. Bir diğer araştırmada (Malikopoulos, 2008) araçlardaki motorların gerçek zamanda ("real time") sürücülerin sürüş stillerine göre en uygun kalibrasyonu öğrenecek şekilde sanki özerk bir akıllı sistemmiş gibi çalışmasını sağlayacak teorik bir çerçeve ve algoritmalar ortaya konmuştur. Kamal et al. (2011) özellikle çeşitli eğitim varyasyonları içeren yollarda araçları ekolojik bir şekilde sürmeyi sağlayacak bir sistem sunmuşlardır.

Araç içerisindeki ağdan alınan verilere göre Finlandiya'da yerel bir otobüs firmasının toplu taşıma araçlarını kullanan sürücülerinin eko-sürüş performanslarını değerlendirmeye yönelik yürütülen bir çalışmanın sonuçları Liimatainen'de (2011) verilmiştir. Öncelikle sürücülerden bağımsız olarak yol geometrisi, yol tipi, otobüs tipi, yolcu kapasitesi, trafik, vb. faktörlerin otobüslerin yakıt tüketimine büyük ölçüdeki etkileri ortaya konmuştur. Daha sonra bu faktörlerin izole edilerek sürücülerin eko-sürüş performanslarının değerlendirildiği bir yöntem anlatılmıştır. Bu yöntemin gerçekleştirilmesini sağlayan bir sistem ve bu sistemin kullanılmasına yönelik sonuçlar da Liimatainen'de (2011) yer almıştır. Bu çalışmanın devamı sayılabilecek Liimatainen et al.'un (2012) diğer çalışmasında ise sürücülerin eko-sürüş performanslarının grup içi değerlendirilmesinin nakliye firmalarında uygulanma sonuçları tartışılmıştır ve grup içi değerlendirmenin enerji verimliliğini arttırdığını göstermiştir.

Riener (2012) sürüş sırasında sürücülerin eko-sürüşe yönelik olarak davranışlarını değiştirmek amacıyla bilinçaltı iknaya dayanan bir metot önermiştir. Çalışmada günümüzde çoğu yeni nesil araçta bulunan ve anlık yakıt sarfiyatı bilgisini veren görsel ekranların eko-sürüşü sağlamada yetersiz kaldığı

tespit edilmiştir. Bunun yerine çalışma sonucunda geliştirilen sistem ile sürücü emniyet kemerine yerleştirilen dokunsallar ("tactile") ve sürücü koltuğuna yerleştirilen titreşimli dokunsallar ("vibrotactile") vasıtasıyla yakıt sarfiyatı ile ilgili olarak sürücülere uyarılar verilmektedir. Munoz-Organero and Magana (2013) çalışmasında ise araç içerisinde cep telefonu kullanılarak yol üzerindeki trafik sinyallerini belirleyen ve bu sinyallere göre en uygun yavaşlama desenini ve en az sayıda frenlemeyi hesaplayan bir uzman sistem tanıtılmıştır. Gerçek zamanlı olarak insan yüzü teşhisinde kullanılan bir algoritmanın trafik sinyalleri için uyarlaması yapılmıştır. Uzman sistem bu algoritmayı kullanarak yeri geldiğinde aracın yavaşlatılması için sürücüye uyarılarda bulunmakta ve eko-sürüşün sağlanması amacıyla sürücüye yardımcı olmaktadır.

Malikopoulos and Aguilar (2013), sürücülerin ihtiyaç ve önceliklerine uygun olan ve aynı zamanda yakıt ekonomisi sağlayacak bir optimizasyon çerçevesi geliştirilmiştir. Çerçeve sürücülere sürüş anında davranışlarını değiştirmesine yönelik görsel bazı komutlar sunan bir sürücü geri bildirim sisteminin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Diğer taraftan, Jakobsen et al. (2013) çalışmasında da dört araçtan toplanan bir dizi GPS ve CANBus verisine dayanarak eko-sürüş analizi yapılmıştır. Bu analize göre, yazarlar yüksek hızlarda yüksek hızlanma veya çok fazla trafik ışığı olan alanlarda araç sürmek gibi faktörlerin yakıt tüketimini arttırdığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca bu faktörlerin tek başlarına daha az yakıt tüketilmesine öncülük edeceğine dair hiçbir kanıt bulunamadığını, fakat daha az yakıt tüketimi yapacak araçların geliştirilebileceği çeşitli faktörlerin bulunduğunu belirtmişlerdir. Chantranuwathana et al.'da (2014) hız ve yakıt tüketimi arasındaki ilişki eko-sürüş değerlendirmesinde kullanılmıştır. Trafik koşullarından bağımsız olarak tutarlılık sağlamak ve eko derecelendirme tablosu yapmak için sürüş simülatörü kullanmıştır. Toplanan veriler seferlere ayrılmış ve her sefer için yakıt tüketimi değerlendirilmiş ve puanlanmıştır. Derecelendirme puanı olarak sefer puanlarının ortalaması verilmiştir.

Magana and Munoz-Organero (2015) eko-sürüş tekniklerini öğrenmeyi desteklemek amacıyla bir eko-sürüş asistan sistemi önermişlerdir. Sistemde öncelikle hızlanma, yavaşlama, araç hızı, devir, motor yükü gibi bilgileri alınarak sürücü profili oluşturulmuştur. Sürücü profili, yol durumu ve araç karakteristiği

göz önüne alınarak her sürücü için aynı yol tipinde ve benzer trafik koşulları altında sürüş verileri toplandıktan sonra her veri için ortalama eşik değeri hesaplanmıştır. Asistan sistemi, hesaplanan bu eşik değerlerini kullanarak akıllı telefon arayüzü üzerinden sürücülere gerçek zamanlı önerilerde bulunmaktadır.

Diaz-Ramirez et al. (2017) yakıt tüketimini etkileyen değişkenleri tanımlamak ve eko-sürüş eğitimi sonrası eğitimin etkilerini değerlendirmek için istatistiksel bir metodoloji önermektedir. Sürüş hataları, sefer koşulları, sürücü davranışları ve sürücü profilleri gibi veriler eğitim öncesi ve sonrası toplanmış, değerlendirilmiş ve tartışılmıştır. Çalışma, eko-sürüş eğitimi sonrası yakıt tüketiminin azaldığını ve sürücü deneyimi, aşırı hız, hızlanma, frenleme gibi sürücü hatalarının, ortalama hız gibi faktörlerin yakıt tüketimi ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Dahlinger et al.'un (2018a; 2018b) çalışmalarında akıllı telefon uygulaması kullanılarak çeşitli sürüş parametrelerine göre nümerik ve sembolik eko-sürüş geri bildirimleri verilmiştir ve sembolik geri bildirim nümerik geri bildirim göre daha fazla yakıt tasarrufu sağladığı görülmüştür. Xiong et al. (2018) ise vites değiştirme, gaz pedalı kullanımı gibi çeşitli uyarılar içeren bir eko-sürüş destek sistemini tanıtmıştır. Farklı sürüş deneyimlerine sahip 4 sürücünün eko-sürüş destek sistemine uyararak ve uymadan sürüş yapmaları istenmiş ve eko-sürüş destek sisteminin sürücülerin davranışlarını olumlu yönde değiştirdiği gösterilmiştir. Fleming et al. (2018) ise hızlanma, sürat, diğer araçlara olan mesafe ve viraj alma hızı gibi değişkenleri kullanarak bir model oluşturulmuş ve bu modele göre eko-sürüş destek sistemi önerilmiştir.

Goes et al.'un (2019) çalışmasında eko-sürüş tekniklerinin etkilerini ölçmek için eko-sürüş eğitimi, örnek toplama ve veri inceleme, ekonomik değerlendirme ve çevresel değerlendirme gibi adımlar uygulanmış ve hem yakıt tasarrufu sağlandığı hem de CO₂ salınımının azaltıldığı görülmüştür. Vaezipour et al.'da (2019) ise teşviğin, diğer sürücüler ile rekabetin ve geribildirim sisteminin eko-sürüş açısından verimliliğinin araştırılması için bir simülasyon sistemi oluşturulmuştur. Sürüş deneyiminin gerçekçiliğini ve sürücülerin yola aşinalığını maksimize etmek için bir şehir ve çevresine benzer alanlar oluşturulmuş ve çeşitli

trafik olayları taklit edilmiştir. Sürüş sırasında hız, hızlanma, yavaşlama gibi veriler simülatör tarafından toplanmıştır. Ayrıca sürücüler, sürüş koşullarına göre geri bildirim ve/veya tavsiye ve teşvik içeren sürücünün seçimine bırakılmış mesajlara maruz bırakılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda geri bildirim ve tavsiye sisteminin teşvik ve diğer sürücülerle rekabete kıyasla eko-sürüş ve yakıt tasarrufuna daha fazla yardımcı olduğu çıkarılmıştır.

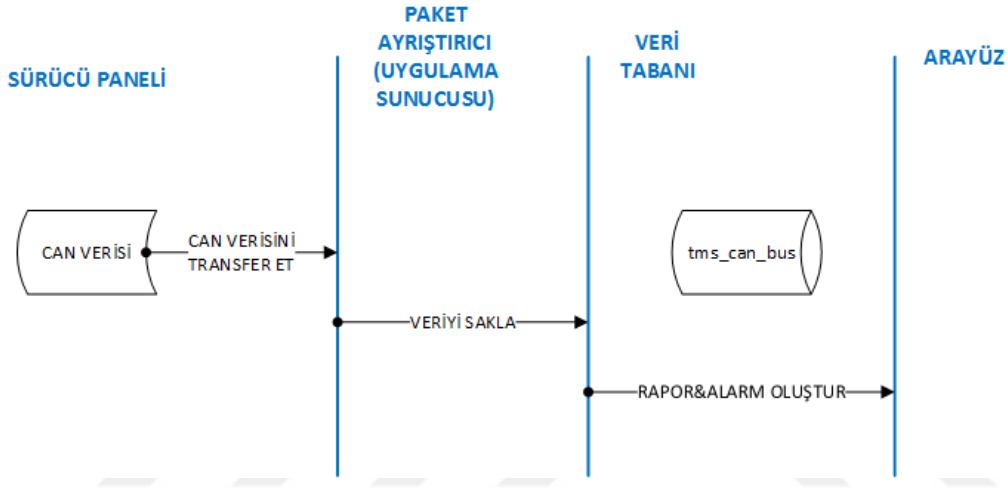
Yukarıda bahsi geçen ve ilgili alanda dikkate değer bu çalışmalar göz önüne alındığında, çalışmaların büyük çoğunluğunun eko-sürüş performanslarını karşılaştırmalı değerlendirme yerine sefer sırasında sürücülere eko-sürüş sağlama ve/veya destekleme için anlık uyarı verme üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Bu anlık veya gerçek zamanlı ölçümler kendi başına, sürücünün kontrolü dışındaki koşullarla ilgili aynı toplu taşıma araçlarındaki büyük sürücü grupları veya diğer nakliye filolarındaki sürücü performanslarının yanlış değerlendirilmesine neden olabilir.

Aslında, bu çalışmaların çoğu (Ahn et al., 2002; Riener, 2012; Malikopoulos and Aguilar, 2013; Munoz-Organero and Magana, 2013; Diaz-Ramirez et al., 2017; Dahlinger et al., 2018a; Xiong et al., 2018; Fleming et al., 2018) farklı sürücülerin eko-sürüş performansını karşılaştırmayı amaçlamamaktadır. Ayrıca ne sürücü performanslarının karşılaştırmalı raporlaması ne de sürücülere yardımcı olmak için CANBus üzerinden alınan önceki sefer verilerinin kullanımı bu çalışmalarda dikkate alınmıştır. Bunun yanı sıra, Liimatainen (2011), Ando and Nishihori (2012), Jakobsen et al. (2013) ve Chantranuwathana et al. (2014) çalışmalarında önerilen sistemler CANBus verilerinin toplanması, bu verilerin sunuculara transferi hem spesifik sürücü hem de bir grup sürücünün eko-sürüş performanslarının raporlanması bakımından bu tezde önerilen sistem ile benzerlik göstermektedir. Özellikle, Liimatainen'in (2011) önerdiği sistem ile bu tezde önerilen sistem, sürücülerin eko-sürüş performanslarını adil bir şekilde değerlendirmesi ve raporlanmasında neredeyse aynı prensibi kullanmaktadır. Sefer uzunluğu ve hıza ek olarak, iki sistemde de araç rotası, araç tipi, sefer sezonu ve sefer zamanı gibi bazı kriterlere göre karşılaştırma grupları oluşturulmaktadır ve her bir karşılaştırma grubuna özgü hesaplamalar üzerine performans rapor etmektedirler. Ancak bu tezde önerilen

sistem sadece eko-sürüş raporlaması ve araç dışında performans karşılaştırması yapmamakta, aynı zamanda sürücülere seferleri sırasında sürekli yol göstermekte ve sürücülerin aynı karşılaştırma grubundaki eko-sürüş performansını anlık olarak kontrol etmesine olanak sağlamaktadır. Aynı grupta bulunan sürücülerin önceki performansları ile karşılaştırarak anlık eko-sürüş performansı hakkında geri bildirimde bulunma ve gerçek zamanlı izleme, yukarıda verilen eko-sürüş performans değerlendirme çalışmaları ile kıyaslandığında, bu tezde önerilen sistemin iki büyük katkısı olarak öne çıkmaktadır. Literatürdeki çevrimdışı eko-sürüş değerlendirme çalışmaları ve sefer sırasında sürücülere uyarılarla yol göstermeye dayalı çalışmalar oldukça fazladır. Ancak bu iki yöntemin birleştirildiği çalışmalar sınırlıdır. Bu tez çalışmasının bu boşluğun doldurulmasına katkı sağladığına inanılmaktadır. Ayrıca bu tez çalışmasında oluşturulan karşılaştırma gruplarının yardımıyla sürücü performansları adil bir şekilde karşılaştırılmaktadır.

4. SİSTEM YAZILIM MİMARİSİ VE TASARIMI

Araçlar tarafından üretilen CAN verileri, araçlarda bulunan ve Kentkart firmasının geliştirdiği sürücü panelleri tarafından toplanır ve saklanması için uygulama sunucusuna iletilir. Uygulama sunucusu tarafından alınan veriler, daha sonra bu veriler üzerinde işlem yapmak (performans çıkarsamaları/alarm üretimleri/yakıt tüketim raporları vb.) için veri tabanına kaydedilir. Genel akış Şekil 4.1'deki gibidir.



Şekil 4.1 Sistem akışı

Veri tabanı üzerinde bu verilerin saklanması için “tms_can_bus” tablosu oluşturulmuştur. Tablonun alanları Çizelge 4.1’de orijinal İngilizce isimleri ile verilmiştir. Takip eden tablolarda da anlam kaymasını önlemek amacıyla İngilizce alan adları kullanılmıştır.

Sistem mimarisi ile ilişkili diğer tablolar aşağıdaki şekildedir:

“mst_can” tablosu (Çizelge 4.2) CAN verileri hakkında J1939 standartlarına göre ilgili verinin alt/üst limitleri, birimi, araca göre profil bilgisi ve açıklama bilgisini ihtiva eder.

“tms_can_bus_summary” tablosu (Çizelge 4.3) sorguları hızlandırmak için özet tablo niteliğindedir. Her gün belirli zamanlarda (cron job) bir uygulama çalıştırılarak ilgili tablolardan veriler çekilip tablo güncellenir.

Çizelge 4.1 tms_can_bus tablosu

Name	Type	Definition
system_id	Varchar2	System id of the packet in 3 digit (NOT NULL)
sam_id	Varchar2	Sam id of the vehicle in 8 digit (NOT NULL)
date_time	Varchar2	Datetime value on which packet is generated in "yyyymmddhh24miss" format (NOT NULL)
fuel_consumption	Number	Fuel consumption value read from CAN between 0 and +2 105 540 607.5 L (NOT NULL)
rpm	Number	-
odometer	Number	Total distance of the vehicle read from CAN between 0 and +526385151.9 in KM
trip_distance	Number	Distance of trip read from CAN between 0 and +526385151.9 in KM. Trip start is the start of the engine
fuel_rate	Number	Fuel rate value read from CAN between 0 and +3212.75
wheel_speed	Number	Vehicle speed calculated via wheel. This value is read from CAN and between 0 and 251
packet_seq_no	Number	Sequence number of the packet between 1 and 255
pdate	Date	Date of the store operation
status	SMALLINT	Status of the record which indicates data is valid/invalid/has alarm data vs.

Çizelge 4.2 mst_can tablosu

Name	Type	Definition
can_id	Number	id of the record (unique)
key_id	Varchar2	CAN data type such as fuel_consumption, rpm vs.
date_type	Varchar2	Data type of the CAN data (number, varchar vs.)
range_from	Varchar2	Restriction of the CAN data
range_to	Varchar2	Restriction of the CAN data
data_unit	Varchar2	CAN data unit such as L, KM, KM/h vs.
profile_type	Number	Profiles means to make distinction between devices. Default value is 0 indicates information is valid for every profile in the system
description	Varchar2	Description of the CAN data type

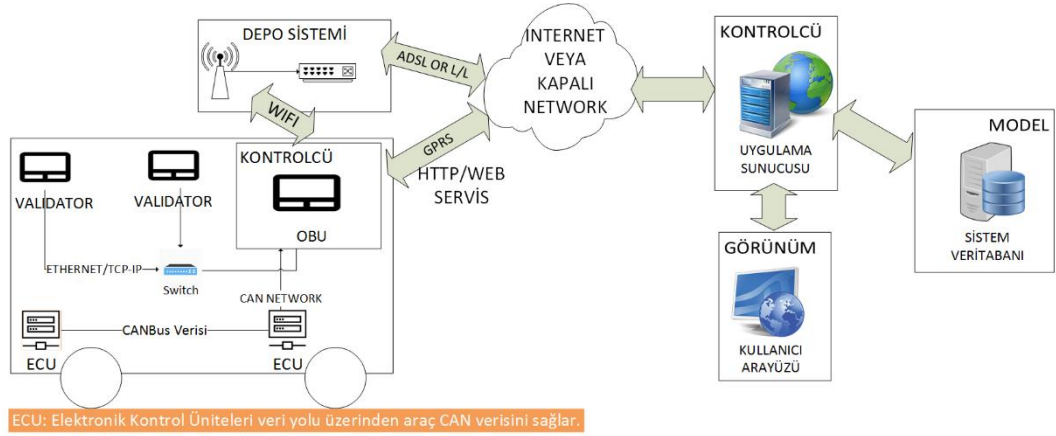
Çizelge 4.3 tms_can_bus_summary tablosu

Name	Type	Definition
trip_start	Char	Trip start time
trip_end	Char	Trip end time
odometer_start	Number	Total distance of the vehicle when the trip is started
odometer_end	Number	Total distance of the vehicle when the trip is ended
hpt	Char	Half progress type (direction)
route_code	Char	Route id
driver_code	Varchar2	Driver id
pdate	Date	Date of the store operation
path_code	Varchar2	Path id of the route
fuel_start	Varchar2	Total fuel used when the trip is started
fuel_end	Varchar2	Total fuel used when the trip is ended
sam_id	Char	Sam id of the vehicle
bus_id	Char	Vehicle id

Sistem hem donanımsal hem de yazılımsal bileşenlerden meydana gelmektedir. Sistem mimarisi Şekil 4.2’de resmedilmiştir. Donanımsal bileşen her toplu taşıma aracına yerleştirilen sürücü panelidir (on-board unit - OBU). Sürücü panelinin asıl işlevi sürücü ve yolcu akıllı kartlarının doğrulamasını yapmaktır. OBU, SAE J1939 standartlarına göre yakıt seviyesi, hız gibi anlık bilgileri elde etmek için CANBus hattına da bağlanmıştır. Bu hat üzerinden elde edilen CANBus verileri, GPS verileri ile birleştirilerek wireless ve/veya GPRS üzerinden toplu ulaşım operasyon merkezinde bulunan sunuculara aktarılmaktadır. Bu sunuculardan ilki uygulama sunucusudur ve sürücülerin ek-sürüş performanslarını değerlendirme ve performanslarını raporlama ile görevlidir. Diğer sunucu toplu taşıma araçlarından alınan CAN ve GPS verilerinin saklanmasıyla sorumlu veri tabanıdır.

Sistem yazılımı bileşenlerinin birbirleri ile ilişkilerinin tasarımı sırasında yazılım mühendisliğinde sık kullanılan yazılım tasarım şablonlarından biri olan MVC (Buschmann et al., 1996; Riehle, 1997) uygulanmıştır. Buna göre tasarımda bir adet model (Model) bileşeni (Veri tabanı), 2 adet kontrolcü (Controller)

bileşeni (uygulama sunucusu ve sürücü paneli) ve 2 adet görünüm (View) bileşeni (sürücü paneli ve kullanıcı arayüzü) bulunmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Sistem mimarisi

Sistemin model bileşeni, operasyon merkezinde bulunan veri tabanı sunucusudur. Veri tabanı, toplu taşıma araçlarından toplanan gerçekleşen sefer bilgilerini ve sürücü kayıtlarını saklar. Uygulama sunucusu üzerinde çalışan uygulama ve OBU sistemin kontrolcü bileşenleridir. Her OBU rota, sefer, yön, otobüs numarası, GPS vb. bilgileri uygulama sunucusuna iletir. Uygulama sunucusuna gelen yeni veriler ve daha önce veri tabanına kaydedilen eski veriler kullanılarak eko-sürüş hesaplaması gerçekleştirilir. Sonuçlar veri tabanına kaydedilir. Görünüm bileşeninin ilki OBU'lardır. OBU'lar aylık ortalama yakıt tüketim verisini, sürücülere seferleri sırasında anlık uyarı vermek amacı ile uygulama sunucusundan indirir. OBU'lar üzerindeki kullanıcı arayüzü, sürücülerin seferleri sırasında anlık eko-sürüş performansını kontrol etmeleri için kullanılmaktadır. Performans karşılaştırma, aynı karşılaştırma grubuna ait önceki seferlerin ortalama yakıt tüketimine göre yapılır. Bu veri uygulama sunucusundan indirilen aylık ortalama yakıt tüketim verisidir. Sürücünün yakıt tüketimi ortalama tüketime yaklaşıncaya sürücüye OBU üzerinde uyarı gösterilir. Yakıt tüketimi ortalamayı geçerse uyarı değiştirilir. Arayüz, sürücülerin seferleri sırasında dikkatlerini dağıtmamak için olabildiğince sade tasarlanmaya çalışılmıştır. Anlık performans renkli şekiller ile temsil edilmiştir ve uygulama düşük eko-sürüş performansı durumunda uyarı verir. Ayrıca, sürücü seferi tamamladığında ekranda yakıt tüketimi, katedilen mesafe ve ortalama yakıt tüketimi bilgileri gösterilir.

Sefer amirleri ve sürücüler için hazırlanan kullanıcı arayüzleri ikinci görünüm bileşenini oluşturmaktadır. Sunucu tarafındaki grafiksel arayüzler web tabanlıdır ve sürücülerin eko-sürüş performansını görüntülemeye yaramaktadır. Sefer amirleri gibi kullanıcılar aşağıdaki raporlara erişmek için bu arayüzleri kullanmaktadırlar.

1. Bir grup sürücünün ve spesifik bir sürücünün karşılaştırmalı performans değerlendirmesi
2. Günlük/aylık/yıllık sürücü performans raporlaması
3. Şirket çapında yakıt tüketimi/katedilen mesafe raporları
4. Sürücülerin yakıt tüketim dağılım raporu

Sistem kısaca aşağıdaki bileşenlerden meydana gelmektedir:

Sistem Veri tabanı (Model): Sistemin model kısmını oluşturmaktadır. Veri erişimi ve doğrulama işlemleri burada gerçekleşir. İçerdiği tablolar ve alanlar yukarıda anlatılmıştır.

Uygulama Sunucusu (Kontrolcü): Kullanıcılardan gelen istekleri değerlendirerek veri tabanında performans hesaplama işlemleri yapılır. Ayrıca OBU'dan gelen CAN datalarının karşılanması ve veri tabanına aktarılmasından sorumludur.

OBU (Kontrolcü): CAN hattından gelen verileri uygun formatta hazırladıktan sonra bunları bir web servis aracılığıyla uygulama sunucusuna iletir. Hat/Sefer bilgileri, yön bilgisi, otobüs bilgisi, sürücü id'si, GPS bilgisi gibi bilgileri sağlamakla yükümlüdür. Ayrıca OBU (Görünüm) kısmını destekleyecek kontrolcü de burada yer alır. Hatlar için hesaplanan geçmiş yakıt tüketim ortalamaları aylık olarak web servisten çekilir. CAN hattından gelen veriler uygulama sunucusuna gönderilirken, paralel olarak işlenir ve OBU arayüzü için gerekli bilgiler hesaplanır.

Kullanıcı Arayüzü (Görünüm): Operatörlerin kullanacağı rapor ekranlarını içerir.

OBU (Görünüm): Sefer sırasında geri bildirim yapılması amacıyla sürücü paneli üzerinde kullanılacak ekranları belirtmektedir. Bu ekranda daha önce yapılmış seferlerden çıkarılan yakıt tüketim ortalamasına göre sürücünün sürüş esnasındaki eko-sürüş performansının anlık hesaplanması ve gösterimi yapılmıştır. Yakıt tüketimi ortalamaya yaklaştıkça sürücüye uyarı verilmiş ve ortalamanın üzerine çıktığı durumda uyarı değiştirilmiştir. Ayrıca sefer bittiğinde, seferde kaç km. yol gidildiği, ne kadar yakıt tükettiği ve ortalama yakıt tüketim bilgisi ekranda gösterilmiştir.



5. METODOLOJİ

Araç tipi, araç özellikleri, rota yönü, trafik yoğunluğu gibi sürücü bağımsız faktörlerin otobüslerin yakıt tüketimi üzerinde yüksek derecede etkisi vardır ve sürücülerin yakıt tüketimini adil bir şekilde karşılaştırabilmek için sürücü bağımsız faktörlerin izole edilmesi gerekmektedir. Tezde önerilen sistem kurulurken aynı prensip takip edilmiş ve sürücülerin eko-sürüş performansının adil bir şekilde değerlendirilmesi için benzer sürüş koşullarının sağlandığı karşılaştırma grupları oluşturulmuştur. Sürücüden bağımsız faktörleri izole ederek, artık yakıt tüketimi eko-sürüşü teşvik sisteminde (Liimatainen, 2011) belirtildiği gibi performans göstergesi olarak kullanılabilir.

Performans değerlendirme algoritması oluşturulurken araç içi CANBus ağından alınan

- Kullanılan benzin miktarı
- Katedilen mesafe (Odometre)
- Araç hızı
- Devir (RPM) bilgileri

ve sürücü panelinden alınan

- Otobüs id
- Sürücü id
- Hat kodu
- Sefer kodu
- Yön bilgisi

- GPS bilgisi

bilgileri kullanılmıştır. Sürücü panelinden alınan bilgiler sürücünün diğer sürücülerle adil olarak karşılaştırılması için kullanılmıştır. Birbirine benzeyen sürüş koşullarının sağlanması için karşılaştırma grupları oluşturulmuştur. Karşılaştırma grupları oluşturulurken dikkat edilmesi gereken kurallar aşağıdaki gibi listelenebilir:

- Aynı hatta
- Aynı yönde
- Aynı otobüs marka/model
- Mevsim dönemi (Yaz/Kış)
- Haftaiçi/Haftasonu
- Yoğun saatler (Mesai çıkış saatleri, vb.)

Rotanın herhangi bir yönünde sürüş “sefer” olarak adlandırılır ve bir karşılaştırma grubuna ait her sürücünün yolculuğu için toplanan yakıt tüketimi verileri, aynı karşılaştırma grubundaki diğer seyahatler dikkate alınarak değerlendirilir. Aynı karşılaştırma grubunda bir sürücünün birden fazla yolculuk yapması beklenebilir. Örneğin; Sürücü haftanın aynı günü, aynı saat diliminde, aynı otobüs ile aynı yönde ve aynı rotada birden fazla sefer yapabilir.

Karşılaştırma gruplarının oluşturulması, her sürücü için iki ağırlıklı ortalamanın hesaplanmasını ve bu ortalamaların her sürücünün eko sürüş seviyesinin belirlenmesi için kullanılmasını sağlar. Burada verilen ağırlıklı ortalama formülünü Liimatainen (2011) tanımlamıştır ve tez çalışmasına özgü yeni oluşturulan karşılaştırma gruplarına göre bu formül uyarlanmıştır.

d_i : sürücünün i . karşılaştırma grubunda çıktığı seferlerin ortalama yakıt tüketimi (5.1)

c_i : i . karşılaştırma grubunda bütün sürücülerin bütün seferlerinin ortalama yakıt tüketimi (5.2)

k_i : i . karşılaştırma grubunda sürücünün toplam katettiği mesafe (5.3)

şeklinde tanımlansın.

Denklem (5.4), D indeksi, sürücünün bütün karşılaştırma grupları içerisindeki ortalama yakıt tüketiminin ağırlıklı ortalamasını, Denklem (5.5), C indeksi, bütün karşılaştırma gruplarının ağırlıklı ortalamasını vermektedir. Başka bir deyiş ile C indeksi referans tüketim değerini göstermektedir. D ve C değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n k_i d_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad (5.4)$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n k_i c_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad (5.5)$$

Hesaplanan referans tüketim değeri (C) ve her sürücünün spesifik tüketim değeri (D) kullanılarak ilgili sürücünün ekonomi yüzdesi hesaplanır (5.6). Hesaplanan E değeri sürücünün eko sürüş seviyesini temsil eder ve sürücü performanslarının adil bir şekilde karşılaştırılmasına olanak sağlar.

$$E = \%100 - \left(\frac{D}{C}\right) * \%100 \quad (5.6)$$

Pozitif E değeri, ilgili sürücünün daha az yakıt tükettiğini göstermektedir. Bu da aynı karşılaştırma grubunda bulunan diğer sürücülerin ortalamasından daha ekonomik sürüş yaptığı anlamına gelmektedir.

Yukarıdaki işlemlerin kullanımı şu şekilde örneklenebilir: Bu örnekte, Çizelge 5.1 üzerinde listelenen bütün veriler aynı karşılaştırma grubuna ait verilerdir. Değerler 25 günlük periyodu kapsamaktadır ve önerilen sistemin gerçek hayatta toplu taşıma araçlarına uygulanması ile elde edilmiştir. Bu örnekte hafta içleri ve hafta sonları birlikte ele alınmıştır.

Çizelge 5.1 üzerinde bulunan yakıt tüketimi ve katedilen mesafe bilgileri örnekte ele alınan spesifik sürücünün içinde bulunduğu her karşılaştırma grubu için ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Bu alanlar tabloda sırasıyla "Yakıt Tüketimi - L (Sürücü)" ve "Katedilen Mesafe - km (Sürücü)" olarak gösterilmiştir. Benzer şekilde, ilgili karşılaştırma grubunda bulunan bütün sürücülerin bütün seferlerinden elde edilen toplam yakıt tüketimi ve toplam katedilen mesafesi tabloda sırasıyla "Yakıt Tüketimi - L (Toplam)" ve "Katedilen Mesafe - km (Toplam)" şeklinde gösterilmiştir.

d_i ve c_i değerleri (i değeri ilgili karşılaştırma grubunu temsil etmektedir) Denklem (5.7) ve Denklem (5.8) kullanılarak hesaplanır.

$$d_i = \frac{\text{yakıt tüketimi (sürücü)}}{\text{katedilen mesafe (sürücü)}} * 100 \quad (5.7)$$

$$c_i = \frac{\text{yakıt tüketimi (toplam)}}{\text{katedilen mesafe (toplam)}} * 100 \quad (5.8)$$

Çizelge 5.1 Örnek ölçüm / aynı karşılaştırma grubunda bulunan bütün sürücülerin ve spesifik sürücünün hesaplanmış yakıt tüketimleri ve katedilen mesafe bilgileri

Karşılaştırma Grubu	Yakıt Tüketimi – L (Sürücü)	Katedilen Mesafe – km (Sürücü)	d_i - L/100 km (Sürücü)	Yakıt Tüketimi - L (Toplam)	Katedilen Mesafe – km (Toplam)	c_i - L/100 km (Toplam)
07:00 – 09:00	0	0	0	2362,5	5107,59	46,26
09:00 – 11:00	0	0	0	2060,5	4488,65	45,90
11:00 – 13:00	0	0	0	1685	3543,87	47,55
13:00 – 15:00	0	0	0	1858,5	3954,91	47
15:00 – 17:00	36,5	77,34	47,19	2105,5	4502,9	46,76
17:00 – 19:00	25	52,62	47,5	2059	4426,09	46,52
19:00 – 21:00	12,5	25,79	48,47	1367	2848,66	47,99

Bu hesaplama daha yakından incelenecek olursa, karşılaştırma grubunun "15:00-17:00" olduğu varsayılabilir. Bu karşılaştırma grubunda, (15:00 - 17:00

saatleri arasında), seçilen sürücü 36,5 L yakıt tüketimi gerçekleştirirken, katettiği mesafe 77,34 km olmuştur. Buna karşılık bütün sürücüler 15:00 - 17:00 saatleri arasında toplamda 2105,5 L yakıt tüketimi gerçekleştirmiş ve toplam 4502,9 km yol katetmişlerdir. Denklem (5.7) ve Denklem (5.8)'i kullanarak, d_i ve c_i değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$d_i = \frac{36,5}{77,34} * 100 = 47,19 \text{ L/100 km}$$

$$c_i = \frac{2105,5}{4502,9} * 100 = 46,76 \text{ L/100 km}$$

Bu karşılaştırma grubu için hesaplanan d_i ve c_i değerleri benzer şekilde kalan bütün karşılaştırma grupları için de hesaplanır. Hesaplanan bütün d_i ve c_i değerleri Çizelge 5.1'de “ d_i - L/100 km (Sürücü)” ve “ c_i - L/100 km (Toplam)” şeklinde gösterilmiştir.

İlgili sürücünün ekonomi yüzdesini bulabilmek için öncelikle D ve C değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Denklem (5.4) kullanılarak spesifik sürücünün ortalama yakıt tüketimi (D), Denklem (5.5) kullanılarak referans yakıt tüketimi (C) hesaplanır. Buna göre D ve C değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$D = \frac{(77,34 * 47,19 + 52,62 * 47,5 + 25,79 * 48,47)}{(77,34 + 52,62 + 25,79)} = 47,51 \text{ L/100 km}$$

$$C = \frac{(77,34 * 46,76 + 52,62 * 46,52 + 25,79 * 47,99)}{(77,34 + 52,62 + 25,79)} = 46,88 \text{ L/100 km}$$

Bu değerler elde edildikten sonra Denklem (5.6) kullanılarak ekonomi yüzdesi hesaplanır:

$$E = \%100 - \left(\frac{47,51}{46,88} \right) * \%100 = \% - 1,35$$

Daha önce de bahsedildiği gibi ekonomi yüzdesi her sürücünün eko sürüş seviyesini temsil etmektedir. Yukarıda örnek olarak kullanılan sürücünün

ekonomi yzdesi %-1,35 çıkmıştır. Bu demek oluyor ki ilgili sürücü daha fazla yakıt tüketmiş ve aracı aynı karşılaştırma grubunda bulunan diğer sürücülerin yakıt tüketimi ortalamasından daha az ekonomik kullanmıştır.

Ekonomi yzdesi raporları geliştirilen sistem tarafından yukarıdaki hesaplamalar kullanılarak sürücü bazında günlük, aylık ve yıllık olarak oluşturulmaktadır.



6. UYGULAMA

CAN sistem mimarisi oluşturulduktan ve günlük çalışan toplu taşıma araçlarından CANBus verisi başarılı bir şekilde toplandıktan sonra, veriler ek-sürüş performansları açısından değerlendirilmeye başlanmıştır.

Sürücü performansını ölçmek için gerekli ekipmanlar firmanın müşterisi olan uluslararası bir metrobüs işletmesinde 64 adet toplu taşıma aracına kurulmuştur.

6.1 CAN Verilerinin Toplanması

OBU üzerinde çalışan bir uygulama ile yakıt tüketimi, katedilen mesafe, araç hızı vb. veriler toplanmıştır.

Uygulamada her 10 saniyede bir CANBus'tan veriler alınmıştır. Alınan bu veriler OBU üzerinde saklanıp her 30 dakikada bir GPRS üzerinden web servis çağrısı yapılarak veri tabanına yazılmıştır. Otomatik ücret toplama sistemi üzerinden gelen sefer bilgileri de başka bir servis üzerinden veri tabanına aktarılmıştır.

CANBus verilerini çeken uygulamanın veri toplama algoritması Çizelge 6.1'de verilmiştir. İlgili kodun 2. satırında uygulama CANBus'a bağlanmaktadır. 5. ve 8. satırlar arasında geçen süre 30 dakikadan fazla ise daha önce toplanan veriler GPRS üzerinden servis çağırımı yapılarak veri tabanına yazılmıştır ve geçen süre sıfırlanmıştır. 9. satırda CANBus üzerinden veriler çekilip OBU üzerine kaydedilmiştir. 10. ve 11. satırda uygulama 10 saniye bekletilip geçen süreye 10 saniye eklenmiştir. Böylece CANBus üzerinden her 10 saniyede bir veriler çekilip, her 30 dakikada bir toplanan veriler veri tabanına yazılmıştır.

Çizelge 6.1 CANBus veri toplama algoritması

Algorithm Collecting CANBus data

```

1: procedure GETCANBUSDATA
2:   connect to CANBus
3:   set elapsed time to 0
4:   while true do
5:     if elapsed time is greater or equal than 30 min. then
6:       send saved CANBus data to the main database server via GPRS
7:       set elapsed time to 0
8:     end if
9:     get CANBus data from CAN Network and save
10:    sleep 10 sec
11:    add 10 sec to the elapsed time
12:  end while
13: end procedure

```

Veri tabanından çekilen CANBus verileri ve sefer bilgileri birleştirilmiş ve eko-sürüş hesaplama algoritması kullanılarak sürücülerin eko-sürüş performansları hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçlarını göstermek için çeşitli raporlar oluşturulmuştur.

Bu raporlarda, yakıt tüketim bilgileri, katedilen mesafe bilgileri ve sürücülerin ve şirketin sürüş performansları görülmektedir.

6.2 Aksiyon Raporu

Aksiyon raporu, bu çalışmanın amacı olan sürücülerin eko-sürüş performansının sonuçlarının gösterildiği ana ve en önemli rapordur.

Eko-sürüş hesaplama algoritması kullanılarak oluşturulan eko-sürüş performansları Şekil 6.1’de gösterilmektedir.

D, C sütunları eko-sürüş performanslarını hesaplamak için bulunan değerler ve E sütunu ise D ve C değerleri kullanılarak hesaplanan eko-sürüş performanslarını göstermektedir. Diğer sütunlar 2 saatlik periyotlar halinde ilgili sürücünün ilgili tarihler arasında çıktığı seferlerde yaktığı yakıt miktarı ve gittiği mesafe bilgileridir.

* Start Date : 01.01.2019 Avg Trip Time : 64,97 min Driver Count : 178 Bus Count : 56
 * End Date : 31.01.2019 Min Km : 25,68 km Max Km : 29,00 km Avg Km : 25,96 km
 Driver Code : ALL Min Fuel : 7,00 L Max Fuel : 14,00 L Avg Fuel : 9,81 L
 Vehicle ID : ALL
 Hpt : 0
 Week Days : All
 07:00 - 09:00 09:00 - 11:00
 11:00 - 13:00 13:00 - 15:00
 15:00 - 17:00 17:00 - 19:00
 19:00 - 21:00

DRIVER	7	9	KM	7	9	FUEL	11	13	KM	11	13	FUEL	15	17	KM	15	17	FUEL	19	21	KM	19	21	FUEL	D	C	E			
70002	103,87	km	35,50	L	51,77	km	17,50	L	129,26	km	48,50	L	77,67	km	28,00	L	128,92	km	52,00	L	155,80	km	56,00	L	36,17	L/100	37,91	L/100	4,60	%
70004	258,43	km	102,50	L	105,52	km	41,50	L	103,19	km	43,50	L	79,56	km	32,50	L	154,05	km	59,00	L	105,23	km	43,00	L	39,97	L/100	37,73	L/100	5,93	%
70010	206,73	km	91,50	L	129,35	km	60,50	L	51,66	km	25,50	L	103,54	km	45,00	L	129,07	km	50,00	L	79,82	km	32,00	L	43,60	L/100	37,73	L/100	15,56	%
70014	155,18	km	63,50	L	129,58	km	50,50	L	155,21	km	58,00	L	132,76	km	52,00	L	129,11	km	49,50	L	103,37	km	39,50	L	38,51	L/100	37,80	L/100	1,87	%
70025	77,37	km	33,00	L	62,36	km	22,50	L	131,66	km	58,50	L	165,68	km	77,50	L	129,37	km	51,00	L	103,65	km	41,00	L	41,45	L/100	37,91	L/100	9,35	%
70026	0,00	km	0,00	L	0,00	km	0,00	L	0,00	km	0,00	L	0,00	km	0,00	L	0,00	km	0,00	L	25,90	km	9,50	L	36,69	L/100	37,55	L/100	2,29	%
70028	258,61	km	94,50	L	80,25	km	29,50	L	183,50	km	65,50	L	181,02	km	63,50	L	155,29	km	58,00	L	78,00	km	28,00	L	36,21	L/100	37,82	L/100	4,27	%
70030	157,72	km	59,50	L	103,55	km	38,50	L	180,88	km	69,50	L	77,67	km	30,50	L	77,74	km	30,00	L	182,45	km	67,00	L	37,89	L/100	37,85	L/100	0,10	%
70032	232,14	km	82,00	L	235,34	km	86,50	L	103,23	km	39,00	L	155,17	km	54,00	L	182,82	km	71,00	L	77,39	km	30,00	L	37,00	L/100	37,75	L/100	2,00	%
70033	158,02	km	57,50	L	78,39	km	30,00	L	103,84	km	38,50	L	104,83	km	37,50	L	77,69	km	30,00	L	103,60	km	39,50	L	37,89	L/100	37,81	L/100	0,20	%
70035	235,27	km	86,00	L	155,35	km	60,50	L	54,46	km	18,50	L	77,41	km	29,50	L	51,70	km	19,50	L	207,50	km	77,50	L	37,14	L/100	37,71	L/100	1,50	%
70040	51,62	km	19,50	L	25,90	km	10,00	L	0,00	km	0,00	L	77,42	km	29,50	L	51,63	km	20,00	L	77,43	km	32,50	L	39,26	L/100	37,74	L/100	4,03	%
70052	209,12	km	82,00	L	155,15	km	61,00	L	180,85	km	71,50	L	128,42	km	50,00	L	51,58	km	21,50	L	103,33	km	42,50	L	39,71	L/100	37,60	L/100	5,04	%
70055	154,96	km	64,50	L	51,72	km	20,50	L	103,09	km	43,50	L	159,73	km	62,00	L	128,81	km	48,00	L	206,29	km	81,00	L	39,66	L/100	37,60	L/100	4,90	%

Şekil 6.1 Aksiyon raporu

D sütunu sürücünün karşılaştırma grubu içerisindeki eko-sürüş performansını, C sütunu ise karşılaştırma grubu için hesaplanmış ortalama eko-sürüş performans değerini göstermektedir. Arama sırasında karşılaştırma grubu tanımlanmamış ise, sürücülerin karşılaştırma grupları her sürücü için bağımsız olarak belirlenir ve ilgili değerler o karşılaştırma grubu için hesaplanır. E sütununda sürücünün ilgili karşılaştırma grubundaki performans değeri gösterilmiştir. E sütununa göre sürücülerin eko-sürüş performansı yeşil veya kırmızı olarak renklendirilmiştir. Burada yeşil olarak renklendirilen sürücüler iyi sürüş performansı, kırmızı olarak renklendirilen sürücüler kötü sürüş performansı göstermişlerdir.

Karşılaştırma grubu kriterleri raporun en üstüne yerleştirilmiş filtreler kullanılarak değiştirilebilmektedir. Örnek olarak, 15:00 – 17:00 saatleri arasında ve gidiş yönünde çalışan sürücülerin performans verileri incelenmek istendiğinde yön (Hpt) değeri 0 olarak seçilmeli ve saat aralığı 15:00 – 17:00 olarak işaretlenmelidir. Bu seçim sonucunda oluşan rapor sadece ilgili şartları sağlayan sürücülerin performans verilerini gösterecektir. Şekil 6.2’de karşılaştırma grubu seçimi ile ilgili örnek gösterilmiştir. Bu şekilde C sütunundaki bütün verilerin aynı olması, karşılaştırma grubu seçilmiş olmasından kaynaklanmaktadır.

Ek olarak, spesifik bir sürücü kodu seçildiğinde ilgili sürücünün özet sefer bilgileri listelenebilmektedir. Raporun sonucu olarak girilen tarihler arasında sürücünün çıktığı sefer bilgileri, bu seferlerin başlangıç, bitiş zamanları, sefer sırasında kat ettiği mesafe, sefer sırasındaki yakıt tüketimi gibi bilgiler gösterilmektedir. Ayrıca tablonun üst tarafında aksiyon raporundakine benzer şekilde sürüş performans hesaplaması için gerekli veriler ve D, C ve E indis değerleri verilmektedir. Örnek bir çıktı Şekil 6.3’te gösterilmektedir.

Driver Code	Bus ID	Model	Type	Trip Start	Trip End	Route Code	Odometer Diff	Fuel Diff
70032	20015	Volvo 1 2012	Passenger Bus Metro	24.01.2019 12:45:37	24.01.2019 13:50:08	90001	25.767 km	12 L
70032	20014	Volvo 1 2012	Passenger Bus Metro	24.01.2019 10:13:05	24.01.2019 11:16:55	90001	25.882 km	10.5 L
70032	20013	Volvo 1 2012	Passenger Bus Metro	24.01.2019 07:51:39	24.01.2019 08:57:08	90001	25.853 km	11.5 L
70032	20034	Volvo 1 2012	Passenger Bus Metro	29.01.2019 18:14:26	29.01.2019 19:20:45	90001	26.528 km	9.5 L
70032	20029	Volvo 1 2012	Passenger Bus Metro	28.01.2019 15:45:10	28.01.2019 16:49:34	90001	25.814 km	9 L
70032	20027	Volvo 1 2012	Passenger Bus Metro	28.01.2019 17:54:44	28.01.2019 18:58:48	90001	25.823 km	11 L

Şekil 6.3 Sürücünün özetlenmiş sefer bilgileri

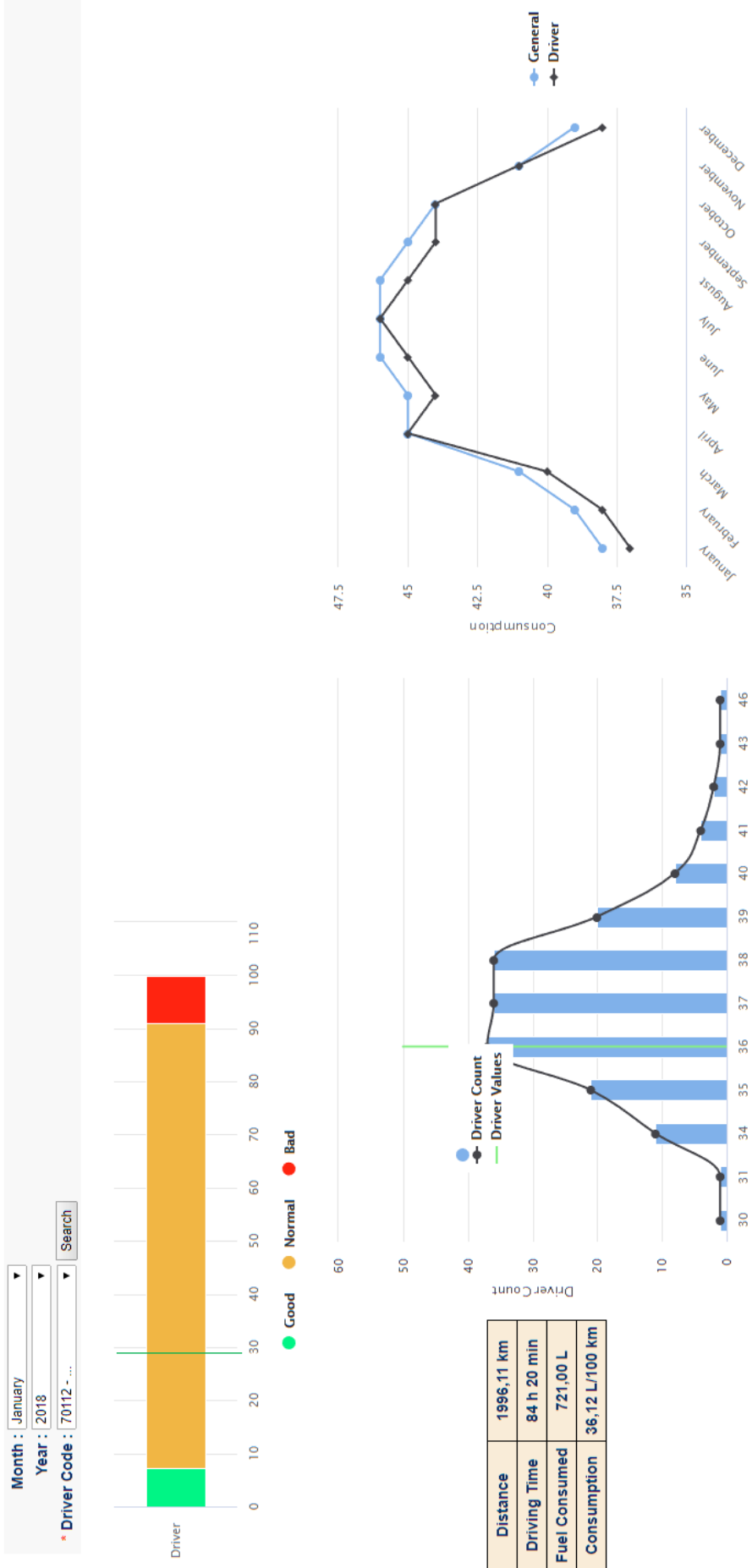
6.3 Sürücü Raporu

Sürücü raporu (Şekil 6.4), sürücünün aylık sürüş performansının grafiksel gösterimidir. Renkli yatay grafik sürüş performansının yüzdeler dağılımını göstermektedir. Sürüş performansı iyi, ortalama ve kötü olarak sınıflandırılmıştır. Kırmızı kötü performans gösteren sürücüler, turuncu ortalama performans gösteren sürücüler ve yeşil iyi performans gösteren sürücüler göstermektedir. Grafik üzerindeki yeşil çizgi seçilen sürücünün o ay içindeki sürüş performansının yüzdeler dağılımdaki yerini göstermektedir.

Sol tarafta sürücünün aylık toplam katettiği mesafe, toplam sürüş zamanı, toplam yakıt tüketimi ve ortalama yakıt tüketim bilgileri gösterilmektedir.

Ortadaki grafikte seçilen aya ait performans verileri gösterilmektedir. Yatay eksen ortalama yakıt tüketimini, dikey eksen sürücü sayısını göstermektedir. Dikey yeşil çizgi seçili sürücünün performans değerinin hangi aralığa düştüğünü belirtmektedir. Grafikte seçilen 70112 no'lu sürücünün ortalama bir performans gerçekleştirdiği görülmektedir.

Sağ taraftaki grafik ise seçilen sürücünün aylık genel performansa göre karşılaştırmasını göstermektedir. Grafiğe göre 70112 no'lu sürücü hemen hemen tüm aylarda grubun geneline göre daha iyi performans göstermiştir.



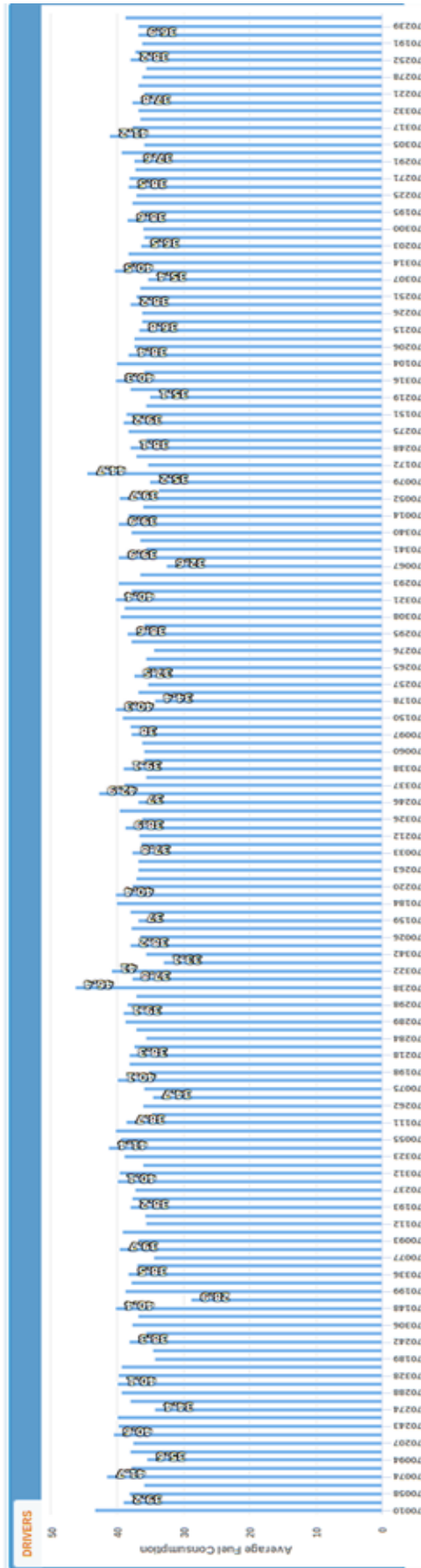
Şekil 6.4 Sürücü raporu

6.4 Grafikler

Grafikler ekranı (Şekil 6.5), girilen tarihler arasında bütün sürücülerin ortalama yakıt tüketimini sütun grafik üzerinde göstermek için oluşturulmuştur. Raporda, x eksenini sürücü kodunu ve y eksenini sürücülerin ortalama yakıt tüketimini göstermektedir. Bu rapor, karşılaştırma grubu filtreleme, performans değeri hesaplama vb. açısından tamamen aksiyon raporu ile aynıdır. İki rapor arasındaki fark sonuçların Şekil 6.5'te görüldüğü gibi grafik üzerinde verilmesidir.



• Start Date : 01.01.2019
 • End Date : 31.07.2019
 Driver Code : ALL
 Hpt : 0
 Week Days : All
 07:00 - 09:00 09:00 - 11:00
 11:00 - 13:00 13:00 - 15:00
 15:00 - 17:00 17:00 - 19:00
 19:00 - 21:00



Şekil 6.5 Grafikler

Filtreleme yapılırken, sürücü kodu seçilirse, saatlik, günlük ve haftalık olarak seçilen sürücünün ortalama yakıt tüketim bilgileri sütun grafik olarak görülebilmektedir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Grafikler – seçilen sürücü

6.5 Şirket Raporu

Şirket raporunda, şirketin ihtiyacı olabilecek aylık bazda veriler raporlanmaktadır. Rapor iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda, seçilen aya ait toplam katedilen mesafe, toplam yakıt tüketimi, toplam sefer süresi ve ortalama yakıt tüketimi bilgileri tablo halinde gösterilmektedir. Tablo, grafiklerin üst tarafına konumlandırılmıştır. İkinci kısımda, bütün aylara ait toplam yakıt tüketimi ve toplam katedilen mesafe bilgileri ayrı ayrı çizgi grafik olarak gösterilmiştir (Şekil 6.7).



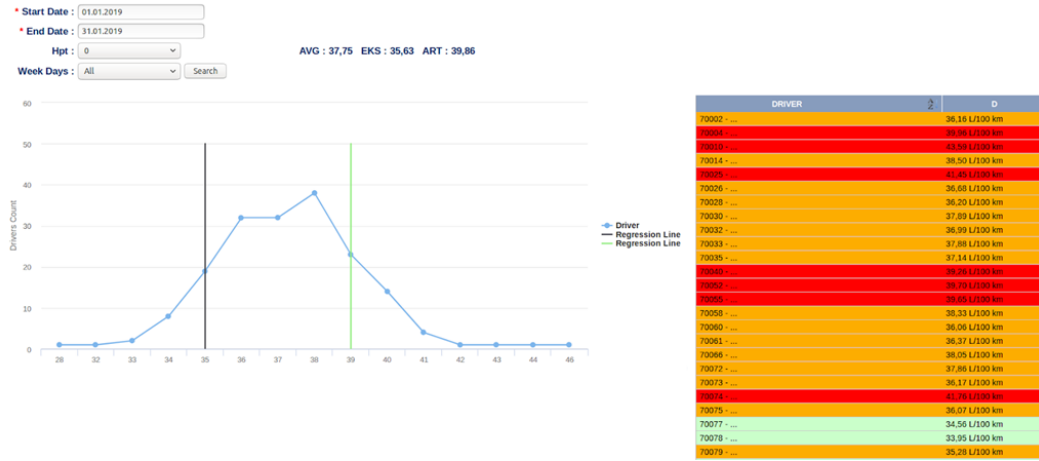
Şekil 6.7 Şirket raporu

6.6 Performans Dağılım Raporu

Şekil 6.8’de görüldüğü üzere sağ taraftaki renklendirilmiş liste sürücülerin karşılaştırma grubu içerisindeki ortalama yakıt tüketimini göstermektedir. Renklendirme sürücülerin ortalama yakıt tüketiminin dağılımına göre yapılmıştır. Gauss dağılımına göre hesaplanan standart sapma değeri ortalama yakıt tüketimi verisine uygulanarak ortalama performansın alt ve üst sınırları belirlenmiştir. Kırmızı renk kötü performans değerine sahip sürücüler, turuncu renk ortalama performans değerine sahip sürücüler ve yeşil renk iyi performans değerine sahip sürücüler göstermektedir.

Sağ tarafta bulunan listenin çizgi grafik üzerine aktarılması ile sol taraftaki grafik elde edilmiştir. Grafik üzerindeki 2 dikey çizgi dağılımı 3 parçaya bölmektedir. Siyah dikey çizginin sol tarafı iyi sürüş performansı gösteren sürücüler, dikey çizgiler arasında kalan alan ortalama sürüş performansı gösteren sürücüler ve yeşil dikey çizginin sağ tarafı kötü sürüş performansı gösteren sürücüler temsil etmektedir.

Karşılaştırma grubu, yöne göre ve/veya gün tipi (iş günü/hafta sonu) seçilerek filtrelenebilmektedir.



Şekil 6.8 Sürücü performans dağılım raporu

6.7 Eko-Sürüş Geri Bildirim Sistemi

Geri bildirim arayüzü, sefer sırasında sürücülerini kendi sürüş performansları hakkında uyarmak için tasarlanmıştır. Toplu taşıma araçları üzerinde bulunan sürücü panelinden sürücülerin hesaplanan eko-sürüş performans değerleri ana sistemden çekilir.

Sefer sırasında toplu taşıma araçlarından CANBus verileri toplanarak analiz edilir ve sürücünün eko-sürüş performansı hesaplanır. Bu hesaplanan değer ile ana sistemden gelen değer karşılaştırılarak sürücü paneli yardımıyla sürücüler anlık olarak kendi sürüş performansları hakkında geri bildirim alır. Hesaplanan performans değerine göre üç farklı geri bildirim sembolü mevcuttur. Renklendirme şeması yeşil iyi performans, turuncu ortalama performans ve kırmızı kötü performans olacak şekilde belirlenmiştir (Şekil 6.9). Sürücü panelinde anlık olarak eko-sürüş performansı Şekil 6.10'daki gibi gösterilmektedir.



Şekil 6.9 Geri bildirim sembol ve renkleri



Şekil 6.10 Sürücü paneli görüntüsü

7. DEĞERLENDİRME

Geliştirilen sistemin Kentkart firmasının müşterisi olan ve günlük 250 bin civarı yolcu taşıyan uluslararası bir metrobüs işletmesinde kurulması sonrasında sürücü ve amirlerin sistemle ilgili düşüncelerini ve sisteme olan yaklaşımlarını değerlendirebilmek için sürücü ve amirlere ayrı ayrı anket çalışması yapılarak geri bildirimler alınmıştır. Ankette cevaplar için puantaj hesabı yapılırken beşli Likert Tipi ölçüm sağlanmıştır. Bu ölçüme göre;

Çok İyi : 5,

İyi : 4,

Orta : 3,

Kötü : 2,

Çok Kötü : 1

olarak değerlendirilmiştir.

40 sürücüye sistem hakkında bilgi verilmiş ve arayüzde bildirilen ikonlara dikkat etmesi istenmiştir. 2 haftalık süre sonunda tecrübe ve gözlemlerini bildirmeleri için sürücülere anket uygulanmıştır.

Sürücülere uygulanan anket soruları aşağıdaki şekildedir:

1. Eko-sürüş sistemlerini (uygulamalarını) faydalı buluyor musunuz?
2. Araç içi sürücü panelinde sunulan geri bildirim arayüzünü anlamlı buluyor musunuz?
3. Araç içi sürücü panelinde sunulan arayüz sürüşünüze doğru geri bildirim yapıyor mu?
4. Araç içi sürücü panelinde sunulan arayüzdeki geri bildirim uyarılarını (ikonları) dikkate alıyor musunuz?

5. Araç içi sürücü panelinde sunulan geri bildirim sistemi eko-sürüş konusunda kendinizi geliştirmenizi sağladı mı?

Her bir anket sorusu için sürücülerin verdiği cevapların dağılımı Çizelge 7.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 7. 1 Sürücülerin anket sorularına verdiği cevapların dağılımı

	Çok İyi	İyi	Orta	Kötü	Çok Kötü
1. Soru	11	20	7	1	1
2. Soru	9	28	3	0	0
3. Soru	13	17	7	2	1
4. Soru	20	12	7	1	0
5. Soru	12	19	9	0	0

Yapılan anket sonuçlarına göre, “iyi” ve “çok iyi” cevap verenlerin olumlu cevap verdiği düşünüldüğünde, sürücülerin 31’i (%77,5) eko-sürüş sistemlerini faydalı bulmaktadır. Kullanılan arayüzün anlaşılması konusunda da sürücülerin 37’si (%92,5) sıkıntı yaşamamaktadır. Sürücülerin 30’u (%75) geri bildirim sisteminin doğru çalıştığını söylemektedir. 32 (%80) sürücü geri bildirim sistemine gerçekten uyduklarını, uyarıları dikkate aldıklarını söylemektedir. Sürücülerin 31’i (%77,5) de sistemin sürüş performansını arttırdığını söylemektedir.

Sürücülerin performanslarını değerlendiren 12 amire sistem hakkında bilgi verilerek anket uygulanmıştır. Amirlere uygulanan anket soruları aşağıdaki şekildedir:

1. Sürücülerin sürüş performansını değerlendirmede oluşturulan sistem işinizi kolaylaştırıyor mu?

2. Sürücülerle ilgili şikayetlerle, sürüş performansı raporları (kötü sürüş yönünden) örtüşüyor mu?

3. Sürüş performansını gösteren raporlara göre sürücülere uyarılarda bulunuyor musunuz?

4. Yapılan uyarılar sonucunda, sürücülerin sürüş performanslarında gelişme gözlemliyor musunuz?

5. Oluşturulan sistem sayesinde maliyetlerde (yol, yakıt vs.) düşüş gözlemlediniz mi?

Her bir anket sorusu için amirlerin verdiği cevapların dağılımı Çizelge 7.2’de belirtilmiştir.

Çizelge 7. 2 Amirlerin anket sorularına verdiği cevapların dağılımı

	Çok İyi	İyi	Orta	Kötü	Çok Kötü
1. Soru	3	7	2	0	0
2. Soru	4	7	1	0	0
3. Soru	4	6	2	0	0
4. Soru	3	5	4	0	0
5. Soru	5	5	2	0	0

Genel olarak amirlere uygulanan ankette, sorulan sorulara olumlu cevaplar alınmıştır.

Sistemden yola çıkarak sürücülere yapılan uyarılar sonucunda, sürücülerin sürüş performanslarında iyileşme olup olmadığı konusunda amirler bir iyileşme gözlemlediklerini bildirmişlerdir. İlerleyen zamanlarda, sisteme adaptasyonla beraber sürüş performanslarında iyileşmenin daha yüksek olacağı düşünülmektedir.

8. SONUÇ

Bu tezde toplu taşıma aracı sürücülerinin eko-sürüş performanslarını değerlendiren bir yazılım sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem Kentkart firmasının müşterisi olan uluslararası bir metrobüs işletmesinde uygulanmış ve değerlendirilmiştir. Sistem kurulurken araç tipi, araç özellikleri, rota yönü, trafik yoğunluğu gibi sürücü bağımsız faktörler değerlendirilmiş ve sürücülerin eko-sürüş performanslarının adil bir şekilde değerlendirilmesi için karşılaştırma grupları belirlenmiştir. CANBus ve sürücü panellerinden alınan verilerle performans değerlendirme algoritması oluşturulmuş ve bu algoritma kullanılarak karşılaştırma grubu içerisindeki sürücülerin eko-sürüş performans değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca sürücülerin kendilerine ait raporları ve amirlerin tüm sürücülere ait raporları görebilmeleri için kullanıcı arayüzleri oluşturulmuştur. Karşılaştırma grupları için sürücünün sefer sırasındaki yakıt tüketimi aylık ortalama yakıt tüketim miktarı ile karşılaştırılarak sürücülere panel üzerinden anlık geri bildirim verilmiştir. Çalışan sistemin 1 Ocak 2018 ve 1 Nisan 2019 tarihleri arasındaki işletmelerine göre sürücülerin sistemin sağladığı geri bildirimlere uyması sonucunda elde edilen ortalama yakıt tüketimlerinin bir kısmı Çizelge 8.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 8.1 Sürücülerin dönemsel ortalama yakıt tüketimi

Dönem	Ortalama Yakıt Tüketimi
2018/01	38,62 L/100 km
2019/01	37,6 L/100 km
2018/02	39,32 L/100 km
2019/02	38,33 L/100 km
2018/03	41,42 L/100 km
2019/03	39,54 L/100 km

2018/01 dönemi ile 2019/01 dönemi karşılaştırıldığında ortalama %2,64, 2018/02 dönemi ile 2019/02 dönemi karşılaştırıldığında ortalama %2,51 ve 2018/03 dönemi ile 2019/03 dönemi karşılaştırıldığında ortalama %4,53 yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Mevsimsel etkilerden dolayı yılın aynı ayları

değerlendirilmiştir. Ayrıca metrobüs işletmesinden Nisan 2019 sonrasındaki dönemsel ortalama yakıt verileri bu tez yazıldığı tarih itibari ile alınamadığından 2018 yılında karşılık gelen aylarla bir karşılaştırma yapılamamıştır. Ancak yukarıda belirtilen 3 aylık dönem baz alınarak yıllık bir projeksiyon yapıldığında ortalama %3,23 yakıt tasarrufu sağlanacağı ve geliştirilen sistemin çalışmaya devam etmesi halinde yakıt tasarrufunun daha da artacağı tahmin edilmektedir.

Geliştirilen sistemin yararlı olup olmadığının sürücü ve amirler tarafından değerlendirilebilmesi için bir anket uygulaması yapılmıştır. Yapılan anket sonuçlarına göre geliştirilen sistemin yararlı olduğu düşünülmektedir.

Bu tezde önerilen sistem sadece eko-sürüş raporlaması ve araç dışında performans karşılaştırması yapmamakta, aynı zamanda sürücülere seferleri sırasında sürekli yol göstermekte ve aynı karşılaştırma grubundaki eko-sürüş performansını anlık olarak kontrol etmesine olanak sağlamaktadır. Aynı grupta bulunan sürücülerin önceki performansları ile karşılaştırarak anlık eko-sürüş performansı hakkında geri bildirimde bulunma ve gerçek zamanlı izleme bu tezde önerilen sistemin iki büyük katkısı olarak öne çıkmaktadır.

İleriye yönelik gerçekleştirilebilecek ilk çalışma kurgulanan sistemin başka filolarda (örneğin lojistik filoları) kullanımı ve sonuçlarının değerlendirilmesi olabilir. Ayrıca eko-sürüş geri bildirim için tüm bir hattın tamamının aylık ortalama yakıt tüketimi ile karşılaştırılması yerine hattın parçalı değerlendirilmesi (örneğin yolun fiziksel yapısına göre hattın parçalanması) yaklaşımı getirilebilir. Böylece değerlendirmenin daha adil bir şekilde yapılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- af Wahlberg, A.E.**, 2002, Fuel efficient driving training - state of the art and quantification of effects, E141 Proceedings of Soric '02, 1-6 pp.
- af Wahlberg, A.E.**, 2007, Long-term effects of training in economical driving: Fuel consumption, accidents, driver acceleration behavior and technical feedback, International Journal of Industrial Ergonomics, 37(4):333-343 pp.
- Ahn, K., Rakha, H., Trani, A. and Van Aerde, M.**, 2002, Estimating vehicle fuel consumption and emissions based on instantaneous speed and acceleration levels, Journal of Transportation Engineering, 128(2):182-190 pp.
- Ando, R., Nishihori, Y. and Ochi, D.**, 2010, Development of a system to promote eco-driving and safe-driving, In: Balandin, S. (eds.) ruSMART/NEW2AN 2010, Lecture Notes in Computer Science, 6294:207-218 pp.
- Ando, R. and Nishihori, Y.**, 2012, A study on factors affecting the effective eco-driving, In proceedings of the 15th Edition of the Euro Working Group on Transportation, 1-10 pp.
- Barkenbus, J.N.**, 2010, Eco-driving: An overlooked climate change initiative, Energy Policy, 38(2):762-769 pp.
- Barton, R., Tardif, L.P., Wilde, G. and Bergeron, J.**, 1998, Incentive programs for enhancing truck safety and productivity, Canada Safety Council, Canada.
- Berry, I.M.**, 2010, The effects of driving style and vehicle performance on the real-world fuel consumption of US light-duty vehicles, Ph.D. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, USA.
- Bosch**, 1991, CAN Specification version 2.0. Robert Bosch GmbH, Postfach 30 02 40, D-70442 Stuttgart
- Brown, S. and Coyle, M.**, 2004, Study into the potential for the application of a fuel bonus system, Department for Transportation, United Kingdom.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Buschmann, F., Meunier R., Rohnert, H., Sommerlad, P. and Stal, M.**, 1996, Pattern-Oriented Software Architecture, Volume 1: A System of Patterns, John Wiley and Son Ltd, New York, USA, 476p.
- Chantranuwathana, S., Noomwongs, N. Sripakagorn, A. and Thitipatanapong, R.**, 2014, EcoDriving Rating Based on Average Trip Speed and Evaluation, Applied Mechanics and Materials, 619:371-375 pp.
- Copperhill Technologies**, “Guide to SAE J1939”, <https://copperhilltech.com/blog/guide-to-sae-j1939-parameter-group-numbers-pgn/> (Erişim tarihi: 4 Ağustos 2019)
- CSS Electronics**, “Interpreting J1939 messages”, <https://www.csselectronics.com/screen/page/simple-intro-j1939-explained/language/en> (Erişim tarihi: 4 Ağustos 2019)
- Dahlinger, A., Tiefenbeck, V., Ryder, B., Gahr, B., Fleisch, E. and Wortmann, F.**, 2018a, The impact of numerical vs. symbolic eco-driving feedback on fuel consumption—A randomized control field trial, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 65:375-86 pp.
- Dahlinger, A., Wortmann, F., Ryder, B. and Gahr, B.**, 2018b, The impact of abstract vs. concrete feedback design on behavior insights from a large eco-driving field experiment, In Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 379 pp.
- Dam, Q.B.**, 2008, The MPG survey: Questioning the biased perception of automobile fuel economy, In proceedings of IEEE Energy 2030 Conference (ENERGY 2008), Atlanta, Georgia, USA, 1-5 pp.
- Davis, R.I., Burns, A., Bril, R.J. and Lukkien, J.J.**, 2007, Controller Area Network (CAN) schedulability analysis: Refuted, revisited and revised, Real-Time Systems, 35(3):239-272 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Díaz-Ramirez, J., Giraldo-Peralta, N., Flórez-Ceron, D., Rangel, V., Mejía-Argueta, C., Huertas, J.I. and Bernal, M.,** 2017, 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 pp.
- DOE,** 2011, U.S. Department of Energy “Driving More Efficiently”, <http://www.fueleconomy.gov/feg/drivehabits.shtml> (Son erişim: 4 Ağustos 2019).
- Eclipse,** Eclipse Community, Eclipse Platform, 2000, <http://www.eclipse.org/> (Erişim tarihi: Ocak 2013)
- Ericsson, E.,** 2001, Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 6(5):325-345 pp.
- Fleming, J., Yan, X., Allison, C., Stanton, N. and Lot, R.,** 2018, Driver Modeling and Implementation of a Fuel-saving ADAS, In 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 1233-1238 pp.
- Gamma, E., Helm, R. and Johnson, R.,** 2000, Design patterns: Reusable object-oriented software foundation.
- Goes, G., Bandeira, R., Gonçalves, D., D'Agosto, M.D.A. and Oliveira, C.,** 2019, The effect of eco-driving initiatives toward sustainable urban waste collection, *International Journal of Sustainable Transportation*, 1-10 pp.
- Hooker, J.N.,** 1988, Optimal driving for single-vehicle fuel economy, *Transportation Research Part A: General*, 22(3):183-201 pp.
- ISO,** 2003, “ISO 11898-1:2003: Road vehicles -- Controller area network (CAN)”, http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=33422 (Son erişim: 4 Ağustos 2019).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jakobsen, K., Mouritsen, S.C.H. and Torp, K.,** 2013, Evaluating Eco-driving Advice using GPS/CANBus Data, In proceedings of the 21st ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (ACM SIGSPATIAL GIS 2013), Orlando, Florida, USA, 44-53 pp.
- Johnny Appleseed,** The Theory and Practice of GPS, <https://www.ja-gps.com.au/what-is-gps.aspx> (Son Erişim: 4 Ağustos 2019)
- Kamal, M.A.S., Mukai, M., Murata, J. and Kawabe, T.,** 2011, Ecological vehicle control on roads with up-down slopes, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 12(3): 783-794 pp.
- Klavkarr,** OBD2 Communication Standard, <https://www.ouilsobdfacile.com/communication-norm-obd.php> (Son Erişim: 4 Ağustos 2019)
- Krasner, G.E., and Pope, S.T.,** 1988, A description of the model-view-controller user interface paradigm in the smalltalk-80 system, Journal of object oriented programming, 1(3):26-49pp.
- Liimatainen, H.,** 2011, Utilization of Fuel Consumption Data in an Ecodriving Incentive System for Heavy-Duty Vehicle Drivers, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 12(4):1087-1095 pp.
- Liimatainen, H., Stenholm, P., Tapio, P. and McKinnon, A.,** 2012, Energy efficient practices among road freight hauliers, Energy Policy, 50:833-842 pp.
- Lin, Y. B., Rao, H. C. H., and Chlamtac, I.,** 2001, General Packet Radio Service (GPRS): architecture, interfaces, and deployment. Wireless Communications and Mobile Computing, 1(1):77-92 pp.
- Magaña, V.C. and Muñoz-Organero, M.,** 2015, Artemisa: A personal driving assistant for fuel saving, IEEE Transactions on Mobile Computing, 15(10):2437-2451 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Malikopoulos, A.A.**, 2008, Real-Time, Self-Learning Identification and Stochastic Optimal Control of Advanced Powertrain Systems, Ph.D. Dissertation, University of Michigan, USA.
- Malikopoulos, A.A. and Aguilar, J.P.**, 2013, An Optimization Framework for Driver Feedback Systems, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 14(2):955-964 pp.
- Manzoni, V., Corti, A., De Luca, P. and Savaresi, S.M.**, 2010, Driving style estimation via inertial measurements, In proceedings of the 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2010), Madeira Island, Portugal, 777–782 pp.
- Munoz-Organero, M. and Magana, V.C.**, 2013, Validating the Impact on Reducing Fuel Consumption by Using an EcoDriving Assistant Based on Traffic Sign Detection and Optimal Deceleration Patterns, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 14(2):1023-1028 pp.
- Oracle**, Oracle Co. Oracle Database, 1996, <https://www.oracle.com/uk/database/> (Erişim tarihi: Ocak 2013)
- Riehle, D.**, 1997, Composite design patterns, ACM SIGPLAN Notices, 32(10): 218 – 228 pp.
- Ross, M.**, 1994, Automobile fuel consumption and emissions: Effects of vehicle and driving characteristics, Annual Review of Energy and the Environment, 19(1):75-112 pp.
- Riener, A.**, 2012, Subliminal Persuasion and Its Potential for Driver Behavior Adaptation, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 13(1):71-80 pp.
- SAE**, 2000, “Society of Automotive Engineers - J1939 Standards for CAN”, <http://www.sae.org/standardsdev/groundvehicle/j1939a.htm> (Son erişim: 4 Ağustos 2019)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sivak, M. and Schoettle, B.**, 2012, Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy, *Transport Policy*, 22:96–99 pp.
- Takeda, K., Miyajima, C., Suzuki, T., Angkititrakul, P., Kurumida, K., Kuroyanagi, Y., Ishikawa, H., Terashima, R., Wakita, T., Oikawa, M. and Komada, Y.**, 2012, Self-coaching system based on recorded driving data: Learning from one's experiences, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 13(4):1821-1831 pp.
- Van Mierlo, J., Maggetto, G., Van de Burgwal, E. and Gense, R.**, 2004, Driving style and traffic measures - Influence on vehicle emissions and fuel consumption, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 218:43-50 pp.
- Vaezipour, A., Rakotonirainy, A., Haworth, N. and Delhomme, P.**, 2019, A simulator study of the effect of incentive on adoption and effectiveness of an in-vehicle human machine interface, *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 60:383-398 pp.
- Vangi, D. and Virga, A.**, 2003, Evaluation of energy-saving driving styles for bus drivers, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 217(4):299–305 pp.
- Wbuilder**, Geeknet Inc., WBuilder IDE, 2000, <https://sourceforge.net/projects/wbuilder/> (Erişim tarihi: 4 Ağustos 2019)
- W3Schools**, - web developers site, CSS, https://www.w3schools.com/css/css_intro.asp (Erişim tarihi: 4 Ağustos 2019)
- W3Schools**, - web developers site, HTML, https://www.w3schools.com/html/html_intro.asp (Erişim tarihi: 4 Ağustos 2019)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- W3Schools,** - web developers site, PHP5, https://www.w3schools.com/php/php_intro.asp (Erişim tarihi: 4 Ağustos 2019)
- W3Schools,** - web developers site, XML, https://www.w3schools.com/xml/xml_whatism.asp (Erişim tarihi: 4 Ağustos 2019)
- Xiong, S., Xie, H. and Tong, Q.,** 2018, The Effects of an Eco-Driving Assistance System for a City Bus on Driving Style, IFAC-PapersOnLine, 51(31):331-6 pp.
- Zarkadoula, M., Zoidis, G. and Tritopoulou, E.,** 2007, Training urban bus drivers to promote smart driving: A note on a Greek eco-driving pilot program, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 12(6):449-451 pp.
- Zavalko, A.,** 2018, Applying energy approach in the evaluation of eco-driving skill and eco-driving training of truck drivers, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 62:672-684 pp.

TEŞEKKÜR

Bu tez konusu üzerinde çalışma imkanı sunan, her daim desteğini, bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Geylani Kardeş'a,

bu tez konusunu seçmemde katkıları olan ve tez dönemi süresince desteklerini hissettiğim Kent Kart Ege Elektronik San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi yöneticileri Sezai Çam ve Mehmet Burak Aydın'a,

bu tezde önerilen sistemin sahada kurulumunu yapan ve sistem üzerinden toplanan verileri paylaşan Kent Kart Ege Elektronik San. ve Tic. A.Ş. firmasına ve çalışanlarına,

tez süresi boyunca karşılaştığım zorlukların üstesinden gelmemde katkısı olan Kent Kart Ege Elektronik A.Ş. Mobil Grubu takım lideri Burak Sarıtaş'a,

her zaman desteğini hissettiğim aileme ve tez çalışmamı bitirmemde bana güç veren eşim Gözde Kızılateş Evin'e,

ve son olarak 3130609 numaralı "Toplu Taşıma için CANBus Temelli Bir Ekosürüş Sisteminin Geliştirilmesi" isimli Ar-Ge projesi kapsamında çalışmamı destekleyen TÜBİTAK Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB)'na

teşekkürlerimi sunarım.

09 / 09 / 2019

Egemen Evin

ÖZGEÇMİŞ

İsim Soyisim : Egemen Evin
Doğum Tarihi : 11.08.1986
E-Posta : egemenevin@gmail.com

Eğitim

➤ **Yüksek Lisans (2010-Devam Ediyor)**

Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü, Bilgi Teknolojileri

➤ **Lisans (2005-2010)**

Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü

İş Tecrübesi

➤ **MEX International Group Corporation (Eylül 2019-Devam Ediyor)**

Yazılım Takım Lideri

➤ **DBT Bilişim Teknolojileri A.Ş. (Mart 2017-Eylül 2019)**

Yazılım Takım Lideri

➤ **Destek Yatırım Menkul Değerler A.Ş. (Ocak 2016-Mart 2017)**

Yazılım Takım Lideri

➤ **Destek Yatırım Menkul Değerler A.Ş. (Şubat 2015-Ocak 2016)**

Yazılım Mühendisi

➤ **Kentkart Ege Elektronik San. ve Tic. A.Ş. (Aralık 2011-Ekim 2014)**

Yazılım Geliştirme Mühendisi

Projeler**➤ TÜBİTAK-TEYDEB (Temmuz 2013-Aralık 2014)**

Proje Araştırmacısı

Proje Adı: Toplu Taşıma için CANBus Temelli bir Ekosürüş Sisteminin Geliştirilmesi

Proje No: 3130609

➤ Ege Üniversitesi – Bilimsel Araştırma Projesi (2009-2012)

Proje Araştırmacısı

Proje Adı: Anlamsal Servis Keřfinin Mobil Platformlarda Değerlendirilmesi ve Performansının Ölçülmesi

Proje No: 09-UBE-003

EKLER

Ek 1 Kentkart Firmasından Alınan Yayın İzin Belgesi



Ek 1 Kentkart Firmasından Alınan Yayın İzin Belgesi

kentkart
Akıllı Ulaşım Sistemleri

23/08/2019

İlgili Makama;

Kent Kart Ege Elektronik San. Tic A.Ş. Ar-Ge Merkezimizde yürütülen TÜBİTAK Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB) tarafından desteklenen 3130609 no'lu "Toplu Taşıma için CANBus Temelli bir Ekosürüş Sisteminin Geliştirilmesi" isimli Ar-Ge projesi kapsamında çalışmaları gerçekleştirilen "Toplu Taşıma Aracı Sürücülerinin Ekonomik Sürüş (EkoSürüş) Performanslarını Değerlendiren Bir Yazılım Sisteminin Geliştirilmesi" başlıklı tezin içeriği tarafımızca incelenmiştir. İçerikteki bilgilerin herkese açık olarak yayınlanmasında tarafımızca bir sakınca bulunmamaktadır.

KENT KART EGE ELEKTRONİK SAN. VE TİC. A.Ş.
Gömüşsuyu Mah. Muhtar Kemal Sokak
No:3 Kat:4 Taksim / Beşiktaş / İstanbul
Büyük Mükellefler V.D. 344 351 3835
Tic. Sic. No: 388815

Ar-Ge Merkezi Yöneticisi /

Teknik Genel Müdür Yrd.

kentkart

KENTKART EGE ELEKTRONİK SANAYİ TİCARET ANONİM ŞİRKETİ
Mürselpaşa Bulvarı No:163 Kahramanlar / İzmir - TURKEY

www.kentkart.com +90 (232) 445 61 81 +90 (232) 455 55 25