

PAPER DETAILS

TITLE: Gerçek Zamanlı Sürüş Verileri ile Sürücü Davranışlarının Belirlenmesi

AUTHORS: Tuba Nur SERTTAS,Ömer Nezih GEREK,Fatih Onur HOCAOGLU

PAGES: 676-681

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/904192>

AKÜ FEMÜBİD 19 (2019) 035201 (676-681)

AKU J. Sci. Eng. 19 (2019) 035201 (676-681)

DOI: 10.35414/akufemubid.581894

Araştırma Makalesi / Research Article

Gerçek Zamanlı Sürüş Verileri ile Sürücü Davranışlarının Belirlenmesi

Tuba Nur SERTTAŞ^{1*}, Ömer Nezh GEREK², Fatih Onur HOCAOĞLU³¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Eskişehir .³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

*Sorumlu yazar e-posta: tngul@aku.edu.tr

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6596-7162>

ongerek@eskisehir.edu.tr

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8183-1356>

hocaoglu@aku.edu.tr

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3640-7676>

Geliş Tarihi: 25.06.2019;

Kabul Tarihi: 27.09.2019

Öz

Anahtar kelimeler

Sürücü Davranışı
Modelleme; Sürücü
Sınıflandırma; Sürüş
parametreleri;
İstatistiksel
öznitelikleme

Bu çalışmada aynı yol şartlarında 2 farklı sürücü tarafından kaydedilen sürüş verileri kullanılarak sürücülerin sürüş karakteristikleri irdelenmiştir. Akıllı telefonların ivme ölçer sensörü ve GPS işareti üzerinden kaydedilen veriler bilgisayar ortamında işaret işleme yöntemleri ile incelenmiştir. Sürüş karakteristikleri, sürücünün şerit değiştirme eğilimi, hız, ivme, fren yapma gibi parametreler göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda yol ve trafik şartları aynı olmasına rağmen sürüş karakteristiklerinin nasıl değişkenlik gösterebileceği ortaya konulmuştur. Kaydedilen veriler üzerinde karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analizler sürücünün risk maliyeti, karbon emisyonu ve benzeri parametrelerin oluşturulmasında kullanılabilmektedir.

Determination of Driver Behavior from Real-Time Driving Data

Abstract

Keywords

Driver Behavior
Modeling; Driver
Classification; Driving
Parameters; Statistical
Feature Extraction

In this study, driving characteristics of two drivers were investigated using driving motion data recorded under the same road conditions. The data recorded by accelerator sensor and GPS info of the smartphones were analyzed with signal processing methods. Driving characteristics were tried to be achieved from recorded parameters such as the tendency of the driver to change lanes, speed, acceleration and braking. The results of the study show how the driving characteristics may vary even under the same road and traffic conditions. Comparative analysis are presented. The analysis results are expected to constitute valuable information for the driver insurance risk and carbon emissions.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Trafik kazalarının doğasını etkileyen hava koşulları, yol koşulları, araç yapısı ve insan faktörü gibi birçok etken vardır. İnsan faktörünün büyük bir etken olması nedeniyle, trafik kaza oranlarının azaltılmasında sürücülerin davranışlarını tanımlamak çok önemlidir. Bu tanımlama kaza önlemenin yanında ayrıca kişiye göre araç modelleme, enerji yönetimi, risk analizi, sigorta işlemleri gibi konular için gerekli olan temel bilgileri de sağlamaktadır. Bu nedenle, araştırmacılar sürücülerini ve sürüşleri farklı amaçlar için farklı şekillerde tanımlamaya çalışmaktadır. Sürücü davranışını tanımlamak, sürücü tarafından yapılan sürüşlerden elde edilen verileri inceleyip analiz

ederek, aslında sürücü için bir güvenlik faktörü oluşturmaktır. Sürüş verilerinin elde edilmesinde son zamanlarda akıllı mobil telefon uygulamaları sürüş verilerini toplamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak, araç takip cihazlarından ve gelişen teknolojiyle gelen araç içi sensörlerden elde edilen veriler üzerinde de sürücü davranışı modelleme-tanımlama işlemlerini yapmak amacıyla çalışmak mümkündür. İşlenen veriler, gündelik hayattaki sürüşlerden veya bir test platformundan (pist) elde edilmiş veriler olabilmektedir. Bu veriler literatürde sürücü sınıflandırması, sürücü tanımlaması, araç modellemesi ve yol modellemesi gibi farklı

amaçlarla yer almaktadır. Ayrıca, söz konusu sürüş verileri, çalışmalarda farklılıklar göstermektedir.

Sürücüler genellikle gerçekleştirdikleri çeşitli manevralara göre sınıflandırılır. Bu manevralar, araştırmacının konuyla ilgilenmesine bağlı olarak çalışmalarda değişiklik göstermektedir. Söz konusu manevra bir çalışmada şerit değişikliği olsa da, diğer çalışmalarda kavşaklarda veya yaya geçitlerinde yapılan manevralar olabilir. Akıllı telefonlardan gelen gerçek verileri kullanarak, Junior Ferreira vd. (2017) makine öğrenme algoritmaları kombinasyonundan agresif sürüş olaylarını belirlemeye çalışmışlardır. Çeşitli manevralar test edilmiş ve en iyi teknikler ve faydalı veriler test edilmeye çalışılmıştır.

Ehmann ve Irmscher (2004) tarafından sunulan çalışmada sürücü hataları, sürücü kontrol parametreleri ve sürüş döngüsünün etkisi dikkate alınarak modelleme gerçekleştirilmiş, böylece sürücü tipleri ve sürüş manevraları kaldırılmıştır. Bu çalışmada, sürücüler dört farklı sınıfa sınıflandırılmıştır. Augustynowicz (2009), sürücülerin agresifliğini iki temel kriteri baz alarak hesaplamıştır. Gaz pedalı pozisyonunu test sırasında en yoğun olarak değiştirenler ve hızları en yüksek dereceye kadar değişiklik gösterenler iki temel parametreyi meydana getirmektedir. Çalışmada özel olarak ele alınan istatistiksel hesaplamaları, gaz pedalının ve hızın standart sapması oluşturmaktadır. Sathyanarayana vd. (2012) Gizli Markov Yöntemi (HMM) kullanarak sürücü davranışları analiz etmiştir. Test aracı ile çeşitli sensörler takılıyken sürüş yapılmış ve sürüş sırasında çeşitli veriler kaydedilmiştir. Sürüş farklı senaryolar altında tamamlanmıştır. İlk sürüş senaryosu tarafsız sürüşken, ikinci senaryo konut ve ticari alanlardaki sürüşten meydana gelmektedir. Önerilen çalışmada, %95 sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir.

Yaş ve cinsiyet gibi farklılıklar da sürücülerin davranışlarını farklı şekillerde etkilemektedir. Hattori vd. (2011) tarafından önerilen Bulanık Kural Tabanlı sistem, sürücü sınıflandırması için sonraki çalışmalarda da kullanılmıştır. Bu sistemle ilgilenen Fernandez ve Ito (2016), kuralları ve parametreleri artırarak sınıflandırmayı daha iyi hale getirmişlerdir. Bu çalışmada sürücüler, hızlanma ve fren pedallarının kullanım sıklığı, hız değerleri ve sürücü

yaşları dikkate alınarak 5 seviyeye (Çok Pasif, Pasif, Normal, Agresif veya Tehlikeli) ayrılmıştır. Bununla birlikte, çalışma sonucunda artan kural ve parametrelerin doğruluğunu arttırmada yardımcı olamayacağı ortaya çıkmıştır. Fung vd. (2017) sadece hızlanma ve yavaşlama hareketlerinin, sürücülerini ve yaşlıları çalışma grubu olarak ele almak için yeterli olduğunu düşünmüşlerdir. Manevra kabiliyetinin ilerleyen yaşla birlikte azaldığı fikrine dayanan bu fikir neticesinde, MultiClass LDA sınıflandırıcılı 14 farklı sürücü% 90 başarı ile doğru bir şekilde tanımlanmıştır. Ancak bu başarı, kullanılan veri miktarına bağlıdır. Birçok çalışmada bu durum farklı şekillerde gösterilmiştir. Ly vd. (2013) sadece hızlanma ve frenleme hareketlerinin sürücülerini tanımlamak için yeterli olmayacağını düşünerek, frenleme ve dönme hareketine değinmiştir. Bu verilerle elde edilen öznel vektörleri kullanılarak, SVM ve k-ortalama kümeleme yöntemleriyle sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. araştırılmıştır. Çalışmada maksimum %65 başarı sağlanmıştır. Bu iki eylemin yanı sıra, sürücü üzerindeki ikincil etkiler ve çevresel etkiler de önemli faktörler olarak kabul edilmektedir (Choi vd. 2008).

Zhang vd. (2016) pencere tabanlı bir destek vektör makinesi yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntem ile araba ve akıllı telefon sensörlerinden elde edilen verileri kullanarak sürücülerini sınıflandırmıştır. Yalnızca telefonda gelen verileri kullanarak önerilen yöntem %75,83 doğrulukla sınıflandırmaktadır, ancak bu başarı sadece araç sensörleriyle toplanan verileri kullanan testlerde %85,83'e çıktığı görülmektedir. İki setin kombinasyonu ile gerçekleştirilen deneylerde, sonuç %86.67 olarak elde edilmiştir.. Imkamon vd. (2008) araç hızını, motor hızını, sağa sola dönüşü ve düz sürüşü kaydetmek için ivmeölçerler, kameralar ve OBD-II okuyucuları kullanmışlardır. Çalışmalarında, bulanık mantık algortiması, sınıflandırıcı olarak kullanılmış, testte üç yolcunun anket sonuçları sistemi eğitmek için kullanılmıştır. Yolcular, sürücülerini 3 farklı seviye ile sınıflandırmışlardır. Seviye 1 güvenli sürüş anlamına gelirken, seviye arttıkça emniyet azalmakta ve tehlikeli sürüş meydana gelmektedir. Ortalama hata değeri 0,256 olarak elde edilmiştir.

2. Sürüş Verilerinin Toplanması ve Analizi

Bu çalışmada yüksek doğruluk ve verimlilikle yol durum değerlendirmesi için geliştirilmiş olan akıllı telefon uygulaması Dynamic Response Intelligent Monitoring System (iDRIMS) veri toplama uygulaması olarak kullanılmıştır. Uygulamanın yükleneceği telefon Apple iPhone 5 olarak seçilmiştir ve telefonda üç eksenli jiroskop, ivmeölçer, yakınlık sensörü ve ortam ışığı sensörü gibi sensörler bulunmaktadır. Bu sensörler aracılığıyla uygulamaya veri aktarımı sağlanmıştır. iDRIMS Resampler, ölçüm verilerini yeniden örnekleme işlevi sunan bir ölçüm uygulamasıdır. iDRIMS ölçümü, kabaca tek tip örnekleme aralığında verileri kaydeder. Veri kümeleri daha sonra araştırmacının bilgisayarına kopyalanır ve bilgisayar yazılımı, iDRIMS Resampler bilgisayar üzerindeki veri setlerini açar ve yeniden örnekler. Uygulamanın sağladığı özellikler şunları içermektedir: 1) Hızlanma, açısal hız ve manyetik alan ölçüm değerleri tam olarak 100 Hz'de yeniden örneklenir. 2) Örtüşme bileşenleri yeniden örnekleme sırasında girmez. 3) Örneklenen sinyallerin filtrelenmesi ve enterpolasyonlarından kaynaklanan sinyal bozulmaları çok azalır. 4) Örnekleme oranlarındaki geçici dalgalanmalar ayarlanır. 5) Tüm ölçüm miktarlarının zamanlaması, örn. hızlanma ve açısal hız veri toplama zamanlamaları aynı hızdadır. 6) Çıktı dosyaları, ölçülen tüm değişkenler için ortak olan zaman damgalı bir metin dosyası biçiminde kaydedilir. Test aracı olarak Şekil 1'de gösterilen Toyota Corolla markalı 2013 model bir araç kullanılmıştır. Araç içine akıllı telefonun yerleşimi Şekil 2'de verilmiştir. Araçtan hız, konum ve ivme (X,Y,Z eksenlerinde) verileri alınarak, test grubundaki sürücülere ait hızlanma, şerit değiştirme, ani yavaşlama eğilimi gibi temel karakteristik özelliklerin tanımlanmasına çalışılmıştır. Anlamlı veriler elde etme aşamasında işleme tekniği olan korelasyon işlemi uygulanarak bu verilere ulaşılmıştır. Ayrıca sürücünün sürüşe başladığı ve bitirdiği esnada oluşan zaman kayıplarından dolayı elde edilen veriler filtreleme ile veri setinden ayrılmıştır.



Şekil 1. Sürüşlerin gerçekleştirildiği test aracı



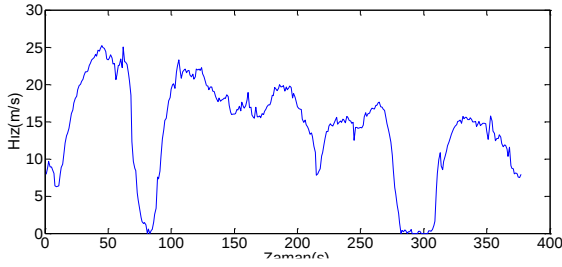
Şekil 2. Akıllı telefonun araç içine yerleşimi

Yapılan araştırma iki farklı senaryo üzerinden gerçekleştirilmiştir. İlk senaryoda, aynı yol şartlarında, aynı güzergâh ve saatte ve aynı araçla iki sürücü belirlenen parkuru tamamlamış ve elde edilen verilerden yola çıkılarak sürücü davranışları çizelgede yer alan istatistiksel özellikler kullanılarak tanımlanmaya çalışılmıştır. İkinci senaryo olarak ise, aynı güzergâh, aynı araç ve aynı sürücü ile farklı saatlerde gerçekleştirilen sürüşte trafik yoğunluğunun sürücünün davranışını nasıl etkilediği üzerinde aşağıdaki çizelgelerde yer alan istatistiksel değerlerden çıkarımlar yapılmıştır.

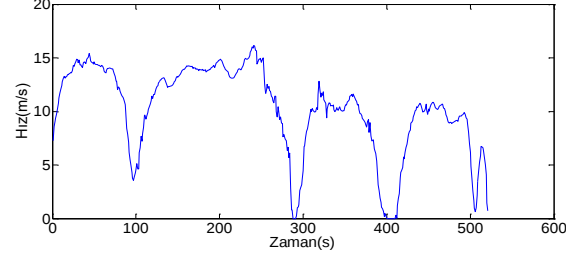
İki sürücüye ait hız eğrileri sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir. İki sürücü arasındaki süre farklılığı ikinci sürücünün daha düşük hızlarda sürüşü tamamlaması ile açıklanabilir. Bu aşamada elde edilmeye çalışılan çıkarım: sürücülerin günlük hayatında kullandığı hız aralığını Çizelge 1'de yer alan istatistiksel değerlerden tanımlayabilmektir.

Çizelge 1. Sürücülere ait hız verisi istatistikleri

Sürücü	En Düşük	En Yüksek	Standart Sapma	Varyans	Ortalama
1. Sürücü	0	25.2	6.5562	42.9832	14.1478
2. Sürücü	0	16.14	4.0810	16.6547	10.2275

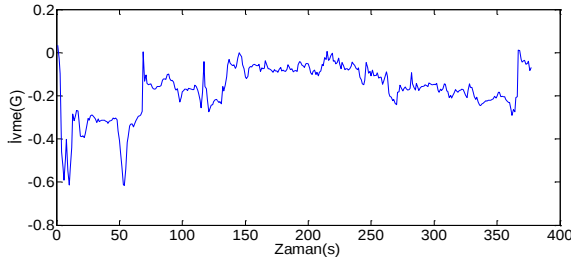


Şekil 3. Birinci sürücüye ait hız verisi

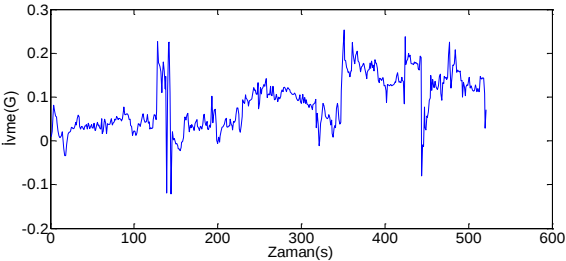


Şekil 4. İkinci sürücüye ait hız verisi

Sürücülere ait x doğrultusunda elde edilen, Şekil 5 ve Şekil 6' da gösterilen ivme verilerinde gözlenen anlık değişimler sürücünün şerit değiştirmeye ve araç sollamaya olan eğilimini temsil etmektedir. Bu veri değerlerinin istatistiksel özellikleri Çizelge 2' de verilmiştir. Standart sapma ve varyans değerleri incelendiğinde ilk sürücünün şerit değiştirme ve araç sollama manevralarını daha sık kullandığı dolayısıyla bu sürücünün günlük yaşantısında bu manevraları daha güvenli şekilde gerçekleştirebileceği donanımlara sahip araçlarla daha konforlu sürüş gerçekleştirebileceği sonucu elde edilebilir.



Şekil 5. Birinci sürücüye ait x doğrultusunda ivme verisi

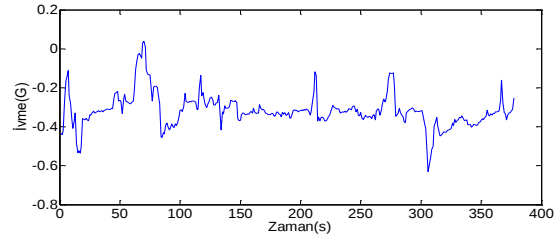


Şekil 6. İkinci sürücüye ait x doğrultusunda ivme verisi

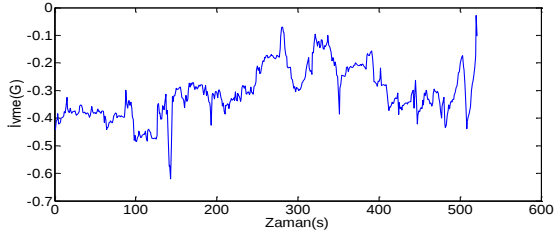
Çizelge 2. Sürücülere ait x doğrultusundaki ivme verisi istatistikleri

Sürücü	En Düşük	En Yüksek	Standart Sapma	Varyans	Ortalama
1. Sürücü	-0.6149	0.0341	0.1155	0.0133	-0.1708
2. Sürücü	-0.1215	0.2532	0.0600	0.0036	0.086

İvme değerlerinin y doğrultusundaki değişimi sürüş doğrultusundaki değişimi göstermektedir. Ani hızlanmalara ve frenlere olan davranış eğilimi bu doğrultudaki ivme değerleri modellenerek tanımlanabilir. Hız ortalaması daha düşük olan ikinci sürücü daha sık gaz ve fren pedallarını kullanmıştır. Dolayısıyla ikinci sürücü için araç donanımı tercihi yapılırken pedallar önem arz etmektedir. Şekil 7 ve Şekil 8' de verilen grafikler incelendiğinde pedal kullanım sıklıkları açıkça gözlenebilmektedir. Çizelge 3'deki standart sapma ve varyans değeri kullanım sıklıkları matematiksel olarak da görülebilmektedir.



Şekil 7. Birinci sürücüye ait y doğrultusunda ivme verisi

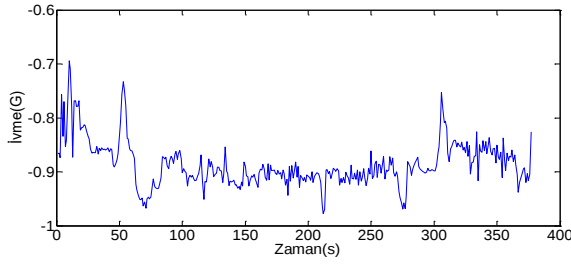


Şekil 8. İkinci sürücüye ait y doğrultusunda ivme verisi

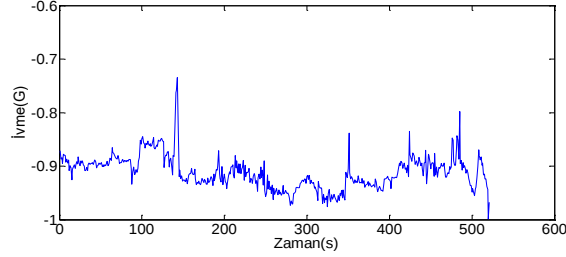
Çizelge 3. Sürücülere ait y doğrultusundaki ivme verisi istatistikleri

Sürücü	En Düşük	En Yüksek	Standart Sapma	Varyans	Ortalama
1. Sürücü	-0.6311	0.393	0.0855	0.0073	-0.3174
2. Sürücü	-0.6196	-0.0285	0.0920	0.0085	-0.3080

Z doğrultusundaki ivmelenme yolda bulunan olağandışı (tümsek, çukur gibi) durumlardaki araç davranışını temsil etmektedir. Şekil 9 ve Şekil 10 sürücülere ait z doğrultusundaki ivme verilerini göstermektedir. Bu şekiller ve Çizelge 4 dikkate alındığında birinci sürücünün yollardaki tümsek ve çukurları daha yüksek hızlarla geçtiği düşünülmektedir.



Şekil 9. Birinci sürücüye ait z doğrultusunda ivme verisi

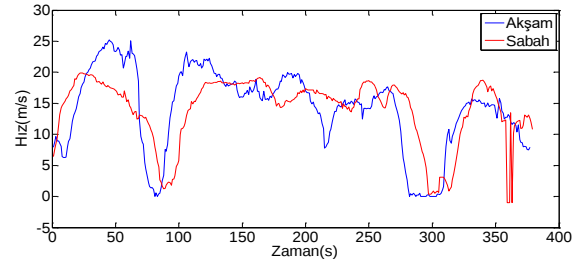


Şekil 10. İkinci sürücüye ait z doğrultusunda ivme verisi

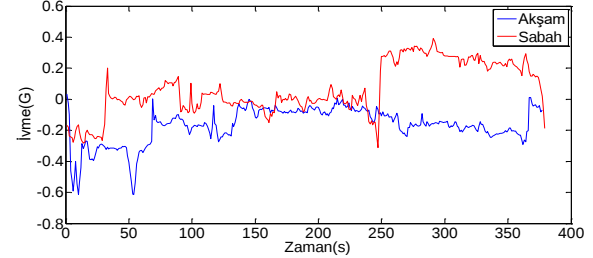
Çizelge 4. Sürücülere ait y doğrultusundaki ivme verisi istatistikleri

Sürücü	En Düşük	En Yüksek	Standart Sapma	Varyans	Ortalama
1.Sürücü	-0.9774	-0.6940	0.0419	0.0018	-0.8860
2.Sürücü	-0.9984	-0.7346	0.0313	9.77e-4	-0.9114

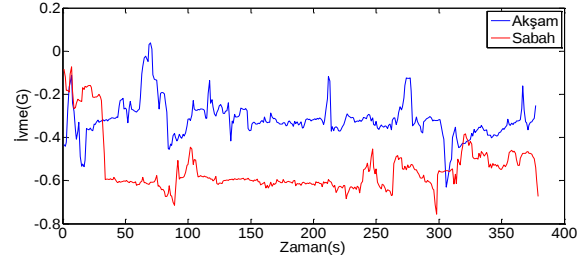
İkinci senaryo analizinde ise birinci sürücü denek olarak kullanılmıştır. Sürücünün akşam saatlerinde gerçekleştirdiği sürüşte daha yüksek hızlarda bir seyahat söz konusu iken daha az şerit değişikliği ve araç sollama yaptığı anlaşılmaktadır. Y eksenindeki değişimden ise aracın akşam saatlerinde daha az dur kalk yaptığı anlaşılmaktadır. Buna bağlı olarak gaz ve fren pedal kullanımları Çizelge 5'te yer alan y eksenindeki varyans değeri ile açıklandığı üzere daha düşüktür. X ve Y doğrultusunda elde edilen açık farklılık Z ekseninde daha düşük fark olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi, kat edilen parkurun aynı parkur olması ve dolayısı ile tümsek ve çukurların değişmemiş olmasıdır. Oluşan farklılık sürücünün hız değerine bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Sürücüye ait hız ve ivme verileri sırası ile Şekil 11, Şekil 12, Şekil 13 ve Şekil 14' te verilmiştir. Daha farklı kullanım karakteristiklerine sahip kişilerle deney setinin zenginleştirilmesi ve ivmelerin belirlenen araç tipinde neden olduğu karbon salınımının hesaplanması, planlanan çalışmalar arasındadır.



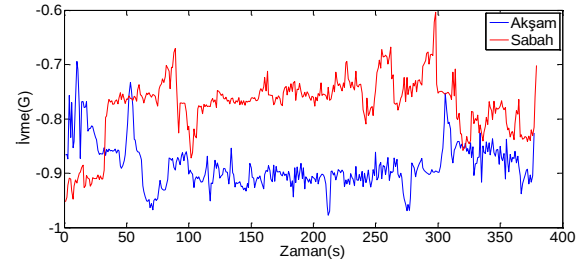
Şekil 11. Birinci sürücünün hız verileri



Şekil 12. Birinci sürücünün x doğrultusunda ivme verileri



Şekil 13. Birinci sürücünün y doğrultusunda ivme verileri



Şekil 2. Birinci sürücünün x doğrultusunda ivme verileri

Çizelge 5. Birinci sürücüye ait hız ve ivme verisi istatistikleri

Veri	Sürüş Zamanı	En Düşük	En Yüksek	Standart Sapma	Varyans	Ortalama
Hız	Akşam	0	25.2	6.5562	42.9832	14.1478
	Sabah	0	19.91	5.2454	27.5139	14.0183
İvme (x eksen)	Akşam	-1.2129	0.8436	0.1256	0.0158	-0.1708
	Sabah	-0.6431	1.3347	0.1716	0.0295	0.0637
İvme (y eksen)	Akşam	-0.8596	0.3988	0.0934	0.0087	-0.3175
	Sabah	-1.1094	0.0918	0.1285	0.0165	-0.5449
İvme (z eksen)	Akşam	-3.2697	0.2946	0.1116	0.0125	-0.8862
	Sabah	-2.2321	0.0216	0.1237	0.0153	-0.7750

3. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, sürücü davranışını tanımlamaya yönelik, gerçek zamanlı ölçüm verilerine dayalı yaklaşımlar ele alınmış ve bu yaklaşımlardan faydalananak, sürücülerden elde edilen sürüş verilerinin (hız ve x,y,z doğrultusunda vektörel ivme) sürücülerin hangi davranışlarını temsil ettiği açıklanmıştır. Sürücülerin verilerine ait istatistiksel değerler karşılaştırılmış ve sunulmuştur. Sürücülerin davranışları için en uygun araç aksamı belirlenmesine ilişkin yorum getirilmiştir.

Gelecekteki çalışmalarda, ölçüm verilerinin artırılmasıyla, çıkarılan sürücü davranışları matematiksel olarak modellenerek sürücülerin sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Bu sınıflandırmalara istinaden araç donanımları ve performansları tasarlanıp, gelişen araç teknolojilerine entegre edilebilir. Sınıflandırma sonucuna göre sürücülerin risk bedelleri belirlenebilir, karbon emisyonları tahmin edilerek vergilendirme söz konusu olabilir.

Teşekkür

Bu çalışma Eskişehir Teknik Üniversitesi 1701F020 numaralı BAP projesi ile desteklenmiştir. Çalışmada kullanılan iDRIMS Resampler uygulaması ve kullanım aşamasındaki yardımları için Tokyo Üniversitesi'nden Dr. Tomonori Nagayama'ya teşekkür ediyoruz.

4. Kaynaklar

- Augustynowicz, A., 2009. Preliminary classification of driving style with objective rank method. *International Journal of Automotive Technology*, 10, 5, 607-610.
- Choi, S., Kim, J. and Kwak, D., 2008. Analysis and Classification of Driver Behaviour using In-Vehicle CAN-Bus Information. *Biennial Workshop on DSP for In-Vehicle and Mobile Systems*.
- Ehmann, M. and Irmscher, M., 2004. Driver classification using ve DYNA advanced driver. *SAE World Congress*.
- Fernandez, S. and Ito, T., 2016. Driver classification for intelligent transportation systems using fuzzy logic. *IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, Rio de Janeiro, 1212-1216.

- Fung, N. C., Wallace, B., Chan, A. D. C., Goubran, R., Porter, M. M., Marshall, S. and Knoefel, F., 2017. Driver identification using vehicle acceleration and deceleration events from naturalistic driving of older drivers. *2017 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*, Rochester, MN, 33-38.
- Hattori, H., Nakajima, Y. and Ishida, T., 2011. Learning from Humans: Agent Modeling With Individual Human Behaviors. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 41, 1, 1-9.
- Imkamon, T., Saensom, P., Tangamchit, P. and Pongpaibool, P., 2008. Detection of hazardous driving behavior using fuzzy logic. *5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*, Krabi, 657-660.
- Júnior Ferreira, J., Carvalho, E., Ferreira, B.V., de Souza, C., Suhara, Y., Pentland, A. and Pessin, G., 2017. Driver behavior profiling: An investigation with different smartphone sensors and machine learning. *PLoS ONE* 12 2017, 4.
- Sathyanarayana, A., Sadjadi, S. O. and Hansen, J. H. L., 2012. Leveraging sensor information from portable devices towards automatic driving maneuver recognition. *15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, Anchorage, AK, 660-665.
- Van Ly, M., Martin, S. and Trivedi, M. M., 2013. Driver classification and driving style recognition using inertial sensors. *2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, Gold Coast, QLD, 1040-1045.
- Zhang, C., Patel, M., Buthpitiya, S., Lyons, K., Harrison, B. and Abowd, G. D., 2016. Driver Classification Based on Driving Behaviors. *In Proceedings of the 21st International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI '16)*, 80-84.
- Zhao, B., Nagayama, T., Takada, S., Takahashi, M. and Makihata, N. 2016. A method of response-based road profile estimation using multiple observables. *Proceedings of the 11th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-14)*.