

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKILLI TELEFONLAR YARDIMIYLA
YOL VE SÜRÜŞ KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

AHMET ALPER TECİMER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. A. GÖKHAN YAVUZ**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI TELEFONLAR YARDIMIYLA YOL VE SÜRÜŞ KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Ahmet Alper TECİMER tarafından hazırlanan tez çalışması 23.11.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. A. Gökhan YAVUZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. A. Gökhan YAVUZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Bülent ÖRENCİK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. A. Tevfik İNAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

İlk olarak, yüksek lisans eğitimi ve tez çalışmaları süresince yardımlarını ve zamanını esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. A. Gökhan YAVUZ'a, verdiği üst düzey teknik desteğin yanı sıra bu süreçte motivasyonumu yüksek tutmam için katkılarını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Z. Cihan TAYŞI'ye ve veri toplama süreçlerinde önemli katkıları bulunan Gülşen YILMAZ'a içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

İkinci olarak, tez sürecinin değişik aşamalarında bana tavsiyeleriyle yardımcı olan, tecrübelerini aktaran kişilere teşekkür etmek istiyorum. Burada isimlerini tek tek paylaşmasam da yardımları için hepsine minnettarım.

Son olarak ise aileme ve Garanti Teknoloji'deki çalışma arkadaşlarıma tez süresindeki moral destekleri ve kişisel hayatımdaki ve iş hayatımdaki sorumluklarımı benim yerime üstlenerek tez çalışması için daha fazla zaman bulabilmemi sağladıkları ve bu tezin başarıyla sonuçlanmasını kolaylaştırdıkları için teşekkür ederim.

Ağustos, 2012

Ahmet Alper Tecimer

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTIMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT.....	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	10
1.3 Orjinal Katkı.....	11
BÖLÜM 2	
AKILLI TELEFONLAR VE KULLANILAN ALGILAYICILAR.....	13
2.1 Akıllı Telefonlar	13
2.2 Akıllı Telefonlarda Kullanılan Algılayıcılar	14
2.2.1 İvmeölçer.....	14
2.2.2 Açısal Hız Ölçer	17
2.2.3 Manyetometre (Manyetik Alan Algılayıcı)	18
BÖLÜM 3	
SİSTEM DETAYLARI.....	20
3.1 Veri Toplama	20
3.1.1 Veri Toplamada Kullanılan Donanımlar	20
3.1.2 Veri Toplama İçin Kullanılan Yazılımlar	23

3.1.3	Veri Toplama Süreci	28
3.2	Ön işlemler ve Veri İyileştirmesi	33
3.3	Özellik Çıkarımı ve Özellik Seçimi.....	37
3.4	Sınıflandırma	40

BÖLÜM 4

GERÇEK HAYAT UYGULAMASI.....	43
4.1 Gerçek Hayat Uygulamasında Elde Edilen Sonuçlar	46
4.2 Performans İncelemesi	47

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	55

SİMGE LİSTESİ

£	İngiliz para birimi Sterlin (Pound)
a_x	x eksenindeki açısal hız
e_x	Euler açılarının ilki
g	Dünya'nın yer çekimi
g_x	yer çekiminin x eksenindeki bileşeni
Hz	Hertz, Frekans Birimi
PSG(s)	s sinyalinin 3 eksenindeki bileşeninin vektör toplamının büyüklüğü
SUM(s)	s sinyalinin 3 eksenindeki bileşeninin büyüklüklerinin sayısal toplamı

KISALTMA LİSTESİ

BN	Bayesian Network
CISC	Complex Instruction set Computing
CPU	Central Processing Unit
DTW	Dynamic Time Warping
ECU	Electronic Control Unit
FFT	Fast Fourier Transform
GB	Gigabayt
GPS	Global Positioning System
GPU	Graphical Processing Unit
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IRI	International Roughness Index
LMT	Logistic Model Tree
LPC	Linear Predictive Coding
MEMS	Mikro Elektromekanik Sistem
MFCC	Mel-Frequency Cepstrum Coefficients
MOM	Method of Moments
MP	Multilayer Perceptron
MS	Magnitude Spectrum
OS	Operating System - İşletim Sistemi
PSD	Power Spectral Density
RMS	Root Mean Square
RQI	Riding Quality Index
SFSC	Strongest Frequency via Spectral Centroid
SMS	Sudden Motion Sensor
SVM	Support Vector Machine
USB	Universal Serial Bus
Wi-Fi	Wireless Fidelity

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Pothole Patrol çukurları bulmak için kullandığı filtre yapısı 2
Şekil 1.2	Nericell sisteminde eksenler ve sanal yeniden yönlendirme 3
Şekil 1.3	Eşik değeri tabanlı çukur bulma algoritmaları 4
Şekil 1.4	Yol yüzeyi pürüzlülük algoritması 5
Şekil 1.5	Chen vd. çalışmasında algılayıcıların araç üzerindeki konumları..... 6
Şekil 1.6	MIROAD sisteminde telefona ait eksenler 7
Şekil 1.7	MIROAD sisteminde telefonun araç içerisindeki konumu 7
Şekil 1.8	Imkamon vd. sürüş risk seviyesini bulmak için kullandıkları sistem 8
Şekil 1.9	Fazeen vd. çalışmalarında telefonun eksenlere göre durumu 9
Şekil 2.1	Üç eksenli bir ivmeölçer 14
Şekil 2.2	İvmeölçerin içyapısı 16
Şekil 2.3	Mekanik bir açısal hızölçer 18
Şekil 2.4	MEMS Açısal hızölçer'in içyapısı 18
Şekil 3.1	HTC Hero Akıllı Telefon 21
Şekil 3.2	Samsung Galaxy S II Akıllı Telefon 22
Şekil 3.3	Üzerinde ivmeölçer bulunduran MacBook Pro bilgisayar 23
Şekil 3.4	Sensor Logger Ekran Görüntüsü 24
Şekil 3.5	Event Timestamper Ekran Görüntüsü..... 25
Şekil 3.6	Accelerometer Monitör Ekran Görüntüsü 26
Şekil 3.7	Seismac Ekran Görüntüsü 27
Şekil 3.8	Audacity Ekran Görüntüsü 27
Şekil 3.9	YTÜ Davutpaşa Kampüsünde verinin toplandığı alan 29
Şekil 3.10	10 Saniyelik ivmelenme, yer çekimi ve lineer ivmelenme verisi 31
Şekil 3.11	10 saniyelik açısal hız ölçer ve manyetik alan verisi 32
Şekil 3.12	Ses verisine göre örnek çıkarmaya yarayan prototip MATLAB programı 34
Şekil 3.13	Manyetik alan verisi ve yönelim verisindeki titreşimler. 35
Şekil 3.14	jAudio Ekran Görüntüsü 38
Şekil 4.1	Gerçek hayat uygulaması verisinde pencerlerin yerleşimi 44
Şekil 4.2	Gerçek hayat uygulaması sonucu olayların saniyelere dağılım grafiği 44
Şekil 4.3	Sistemin çukur (pothole) algıladığı bir anın video üzerinde görüntüsü..... 45
Şekil 4.4	Sistemin sert dönüş (hard turn) algıladığı bir ana ait görüntü..... 46

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1	Yüzey pürüzlülük seviyesi değerlendirme standartları 5
Çizelge 1.2	Fazeen vd. çalışmasında eksenlerle sürüş özellikleri arasındaki ilişki 9
Çizelge 1.3	Literatürdeki çalışmaların karşılaştırılması..... 10
Çizelge 3.1	HTC Hero Akıllı Telefon'un Özellikleri 21
Çizelge 3.2	Samsung Galaxy S II Akıllı Telefon Özellikleri 22
Çizelge 3.3	Toplanan eğitim verisinin olay tipleri için dağılımı..... 33
Çizelge 3.4	Yön bilgisi kaldırılarak hesaplanan algılayıcı verileri 36
Çizelge 3.5	Android Algılayıcı algılama aralıkları 37
Çizelge 3.6	Sınıflandırmada kullanılmak üzere seçilen özellikler 39
Çizelge 3.7	İlk denemelere göre sınıflandırma algoritmalarının başarısı 41
Çizelge 3.8	Sınıflandırma Hata Matrisi; 8 olay tipi için 41
Çizelge 3.9	Sınıflandırma Hata Matrisi; 4 olay tipi için 42
Çizelge 4.1	Özellik çıkarımı algoritmaları için geçen zaman ve CPU zamanları..... 48

AKILLI TELEFON YARDIMIYLA SÜRÜŞ VE YOL KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ahmet Alper Tecimer

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. A. Gökhan YAVUZ

Günümüzde, karayolu ulaşımı günlük yaşam içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak, insanların ulaşım ile ilgili beklentilerinin de değişmesi ile birlikte güvenlik ve rahatlık gibi kavramların önemi de daha fazla artmış ve artmaya da devam etmektedir. Artık insanlar sadece daha uzak mesafelere daha kısa sürede gitmeyi değil, aynı zamanda daha güvenli ve daha konforlu bir seyahati de talep etmektedir. Böyle kaliteli bir seyahat ise ancak ve ancak kaliteli araçlar, üst düzey yol koşulları ve yetkin sürücülerle mümkün olabilmektedir. Kaliteli bir seyahat için araç kalitesi dışında kalan diğer iki faktör; yol kalitesi ve sürüş kalitesi bu tezde incelenmektedir

Gelişen teknolojinin bir diğer sonucu olarak da akıllı telefonların kullanımı oldukça yaygınlaşmış, onlarca farklı firma tarafından yüzlerce farklı çeşit akıllı telefon piyasaya sürülmüştür. Bu telefonlar sadece telefon kullanımının ötesinde bir takım donanım özellikleri ve İnternet'e bağlanabilme yetenekleri ile farklı amaçlarla da kullanılabilir. Akıllı telefonlar kendileri için her gün geliştirilen yüzlerce yeni uygulamanın da etkisiyle hayatın her alanında kendilerine yer edinmeye devam etmektedirler.

Bu tez çalışmasında Android işletim sistemi tabanlı akıllı telefonlar üzerinde bulunan ivmeölçer (accelerometer), açısal hızölçer (gyroscope) ve manyetometre

(magnetometer) algılayıcıları kullanılarak, yol üzerindeki bir takım problemlerin ve hatalı sürücü davranışlarının algılanıp, tanınması amaçlanmıştır. Platform olarak akıllı telefonlar seçildiği için sistemin kurulum maliyeti düşük, taşınabilirliği yüksek olmuştur

Tez sonucunda geliştirilen sistem yapılan testlerin sonucunda %91 oranında bir başarıyla yol ve sürüş olaylarını tanıyabilmiş ve sınıflandırabilmiştir. Bunları yaparken telefonu araç içerisinde belli bir konumda belli bir yönelimle sabitleme ihtiyacını ortadan kaldırdığı için daha önce yapılan çalışmalara göre farklılık sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Yol kalitesi, sürüş hareketleri, akıllı telefonlar, algılayıcılar, ivmeölçer

ASSESSMENT OF DRIVING AND ROAD QUALITY VIA SMARTPHONES

Ahmet Alper Tecimer

Department of Computer Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. A. Gökhan YAVUZ

Currently, road transportation has an important role in daily life. The importance of safety and comfort during transportation has increased and continue to increase as passengers' expectations about transportation changes via technological developments. Passengers not only want to reach their destinations in a short period of time than ever, but also they demand safer and comfortable transportation means. A high quality travel with these attributes is only achievable with high quality vehicles and road conditions and competent drivers. This thesis focuses on two factors other than vehicle quality. Road conditions and driving quality are the main area of interest.

As another result of technological improvements, usage of smart phones spread over and several firms have brought hundreds of different smart phones on the market. These smart phones can be used not only as regular phones, but also with different aims due to their hardware features and to their ability to connect to the Internet. Smart phones continue to gain place in every aspect of daily life thanks to hundreds of new applications which are designed for smart phones.

In this thesis, accelerometer, gyroscope and magnetometer sensors which are embedded to Android Operating System based smart phones are used to perceive and differentiate some road problems and false driver behaviors.

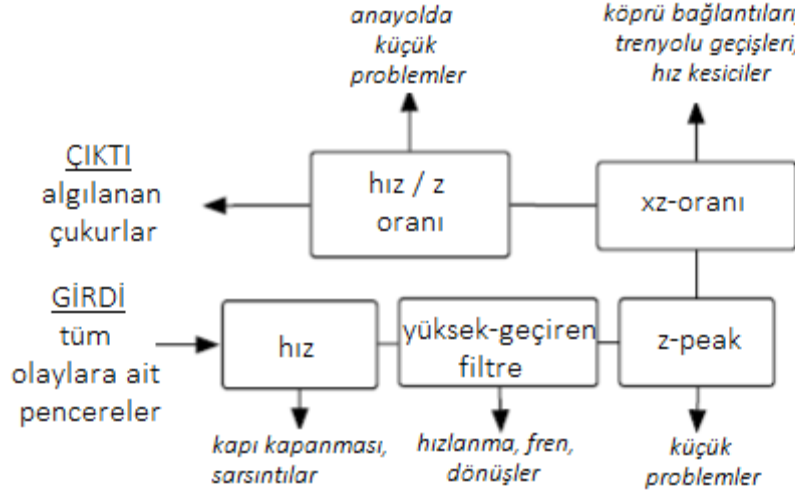
Due to the fact that smart phones were chosen as the ground for analysis, the implementation and maintenance costs were low and the mobility of the system was high. As a result of thesis, the system can be able to recognize and to classify road conditions and driver behaviors with 91% of success rate. The study has differentiated from earlier works owing to the fact that it does not require to fix mobile phone to the vehicle with a specific position or orientation.

Key words: Road quality, driving behaviors, smartphone, sensors, accelerometers

1.1 Literatür Özeti

Yol ve sürüş kalitesini algılayıcılar yardımıyla değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş birtakım çalışmalar vardır. Bu sistemlerin çoğunda temel algılayıcı olarak 2 veya 3 eksenli ivmeölçerler kullanılmaktadır. İvmeölçere ek olarak açısız hızölçer, manyetometre, Global Positioning System (GPS), kamera ve mikrofon gibi algılayıcılar da bu çalışmaların bazılarında kullanılmıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmaları yol kalitesi izleme sistemleri ve sürüş kalitesi izleme sistemleri olarak iki grup altında incelemek mümkündür. Yol kalitesi izleme sistemleri yol üzerindeki çukur, tümsek, bozuk yüzey gibi yol ile ilgili problemleri bulmak üzerine eğilirken; sürüş kalitesi izleme sistemlerinde, aracın kullanımı sırasında sürücü tarafından yapılan ve sürüş güvenliğini ve konforunu olumsuz yönde etkileyen hataların tespit edilmesi hedeflenmektedir.

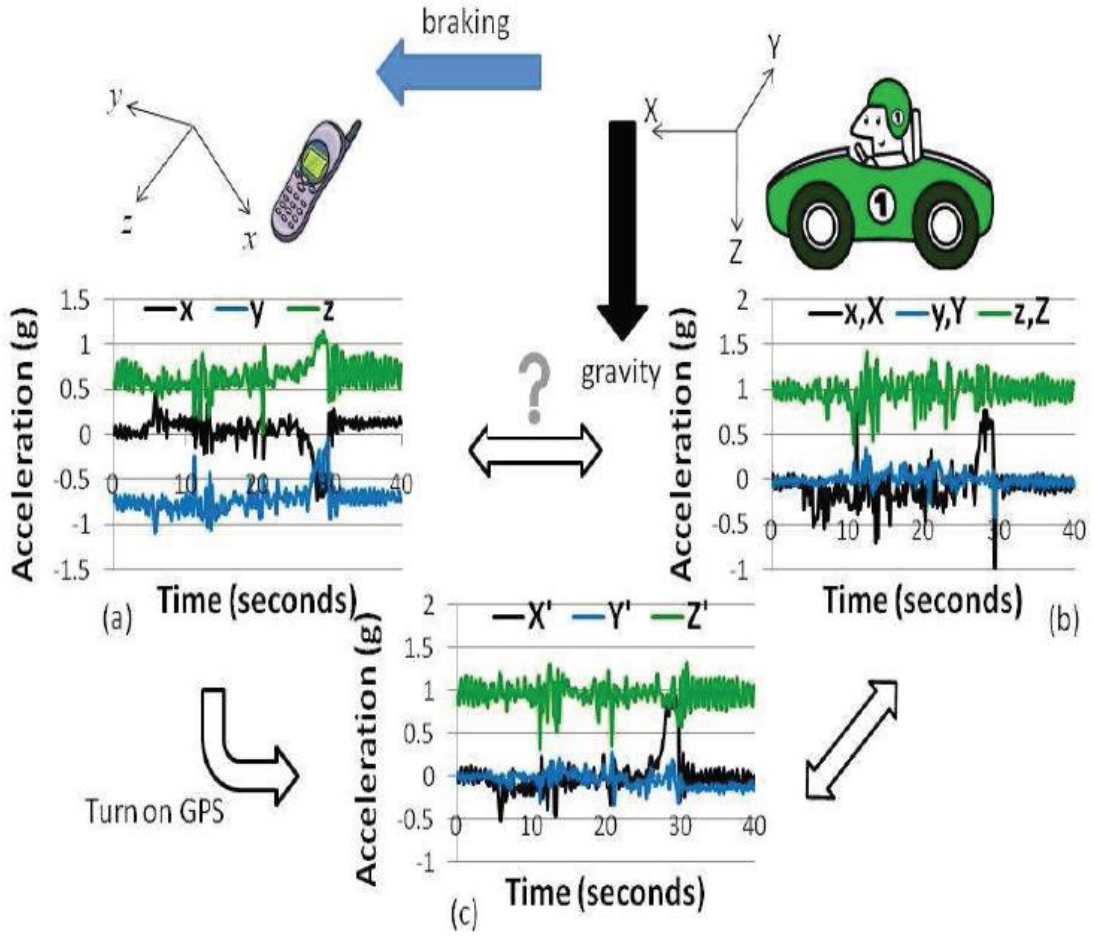
Pothole Patrol [1] yol kalitesi izleme sistemlerinin ilk örneklerinden birisidir. Bu sistem yol yüzeyinde karşılaşılan koşulları ivmeölçer ve GPS algılayıcılarını kullanarak değerlendirmektedir. Araştırmacılar Pothole Patrol için 380 Hz'lik sinyal üreten ivmeölçer ve 1 Hz'lik sinyal üreten GPS algılayıcılarına sahip bir gömülü sistem geliştirmişlerdir. Gömülü sistemden toplanan veri önce Şekil 1.1'de gösterilen bir takım filtrelerle tabi tutularak çukurlar tespit edilmektedir. Daha sonra bu çukur verileri değerlendirilmek üzere merkezi sunucuya gönderilmektedir.



Şekil 1.1 Pothole Patrol çukurları bulmak için kullandığı filtre yapısı

Araştırmacılar geliştirdikleri gömülü cihazı ABD Boston’da çalışan 7 adet taksi aracına yerleştirilerek bu araçlardan toplam 9730 km’lik veri toplamışlardır. Cihaz tüm araçlarda aynı konuma, aynı yönelimle yerleştirilmiştir. İvmeölçer tarafından toplanan veride aracın dikey eksenini, *z-ekseni*, yatay eksenini ise *x-ekseni* olacak şekilde belirtilmiş olup, sistem yol üzerindeki çukurları bulmak için *z* eksenindeki ivmelenme verisini temel olarak çalışan *z-peak* algoritmasını [1] kullanmıştır.

Yol izleme sistemlerinden bir başkası Microsoft tarafından geliştirilen Nericell’dir [2]. Windows Mobile tabanlı akıllı telefonlar üzerinde çalışan bu sistem yol ve trafik şartlarını algılayabilmektedir. Sistem telefona bluetooth üzerinden bağlanan bir cihazdan gelen 3 eksenli ivmeölçer, mikrofon ve GPS verilerinden yararlanmaktadır. Araştırmacılar platform olarak akıllı telefon kullanmasına rağmen, ivmeölçeri harici olarak telefona bağladıkları için günümüzde kullanılan telefonların ürettiği frekansın oldukça üzerinde bir frekansla 310Hz’lik bir sinyal edinebilmişlerdir. Sistem telefonun pozisyonundaki değişimi algılayarak kendisini sanal olarak yeniden yönlendirme (reorientation) yeteneğine sahiptir. Şekil 1.2’de Nericell uygulamasında telefon ve aracın *x,y,z* eksenleri, ivmeölçerden alınan verinin yeniden yönlendirilmediği hali (a), eksenleri araç ile örtüşecek şekilde yerleştirilen bir ivmeölçerden alınan veri (b) ve yeniden yönlendirme sonucu elde edilen veri (c) grafiklerle gösterilmiştir.

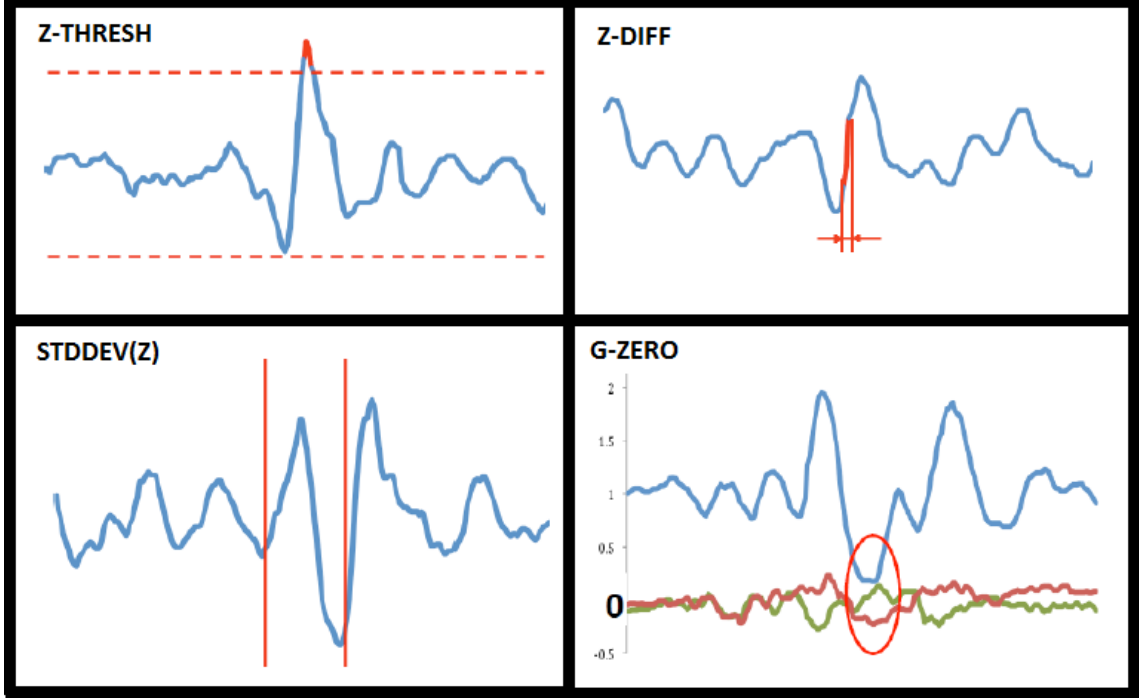


Şekil 1.2 Nericell sisteminde eksenler ve sanal yeniden yönlendirme [2]

Nericell'de sisteminde Şekil 1.2'deki gibi bir yeniden yönlendirme mekanizması olmasına rağmen bu mekanizmanın bir takım problemleri bulunmaktadır. Yeniden yönlendirme işleminin yapılabilmesi için ya aracın duruyor olması ya da düz bir hat üzerinde hareket ediyor olması gerekmektedir. Ayrıca eğer telefon dikey eksen etrafında özenli bir şekilde döndürülürse telefonun sistem tarafından bilinen yönelimi ile gerçek yönelimi arasında sapma oluşabilmektedir. Nericell sistemi yoldaki tümsekleri algılamak için temel olarak dikey eksendeki (z eksen) ivmelenme verisinin belli bir eşik değerine ulaşması mantığına dayanan z-peak ve z-sus [2] algoritmalarını kullanmaktadır.

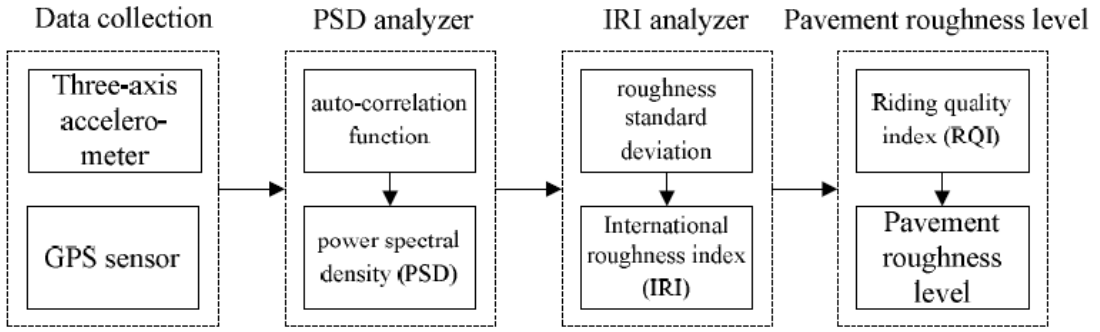
Mednis ve arkadaşları [3] yol koşullarını izlemek için Andorid tabanlı akıllı telefon kullanmışlardır. Yazarlar ilk önce dikey eksendeki ivmelenmeye dayanan Z-Thresh, Z-Diff ve STDEV(z) [3] algoritmalarını denemişlerdir. Fakat bu algoritmalarda telefonun daha önce bilinen bir pozisyona yerleştirilmesi veya sanal olarak yeniden

yönlendirilmesi gerekmektedir. Araştırmacılar bu kısıtların ortadan kaldırılması için yapılan çalışma kapsamında G-ZERO isimli yeni bir algoritma geliştirilmiştir. G-ZERO algoritması, araç tümsek veya çukura girdiğinde oluşan serbest düşme sırasında üç eksendeki ivmelenme miktarı toplamının sıfıra yaklaşması mantığına dayanmaktadır. Sistemin true-positive oranı %90 olarak belirtilmiştir.



Şekil 1.3 Eşik değeri tabanlı çukur bulma algoritmaları [3]

Bir grup araştırmacı, [4] yol şartlarının izlenmesi için bir sistem önermişlerdir. Önerilen sistem için üzerinde ivmeölçer ve GPS algılayıcıları bulunan bir cihaz geliştirilmiştir. Bu cihaz yardımı ile toplanan veri üzerinden önce Power Spectral Density (PSD) değerini hesaplamışlardır. Daha sonra bu PSD değerinden sırasıyla tahmini Uluslararası Pürüzlülük Endeksi (International Roughness Index - IRI) ve Riding Quality Index (RQI) değerlerini hesaplamışlardır. (Bkz. Şekil 1.4)



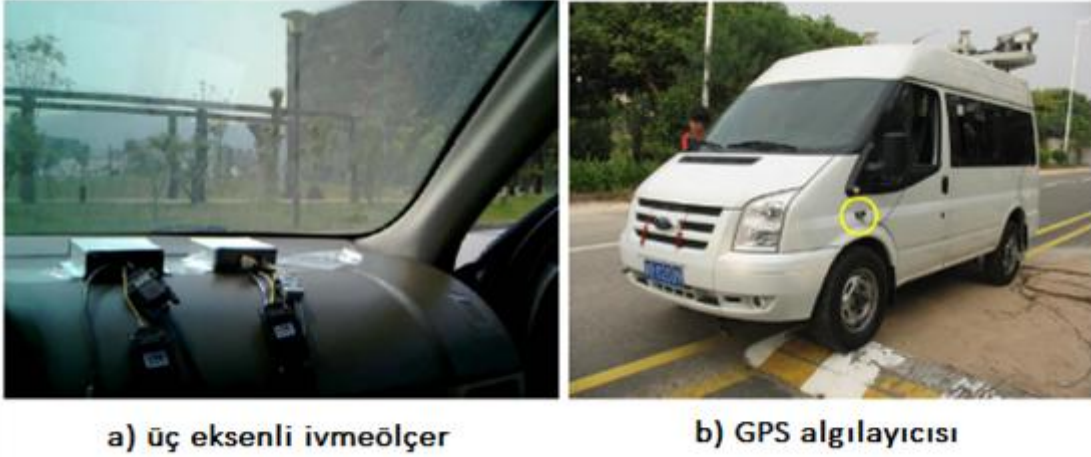
Şekil 1.4 Yol yüzeyi pürüzlülük algoritması [4]

RQI değeri ve aracın hızına göre hazırlanmış Çizelge 1.1'deki değerlendirme standartları kullanarak yolları *kalifiye olmayan (unqualified)*, *kalifiye (qualified)*, *iyi (good)*, *mükemmel (excellent)* şeklinde sınıflandırmışlardır.

Çizelge 1.1 Yüzey pürüzlülük seviyesi değerlendirme standartları [4]

v(km/h)	RQI	Pavement roughness level
v>80	RQI>3.6	excellent
	3.0<RQI<3.6	good
	2.5<RQI<3.0	qualified
	0<RQI<2.5	unqualified
40<v<80	RQI>3.2	excellent
	2.8<RQI<3.2	good
	2.4<RQI<2.8	qualified
	0<RQI<2.4	unqualified
v<40	RQI>3.0	excellent
	2.6<RQI<3.0	good
	2.2<RQI<2.6	qualified
	0<RQI<2.2	unqualified

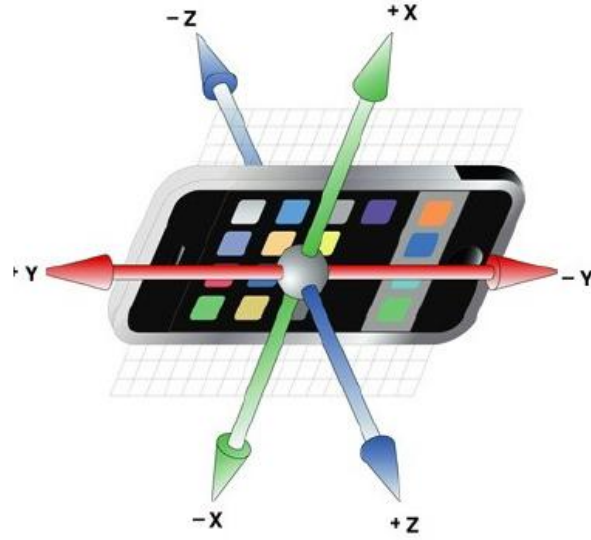
Bu sistemde de ivmeölçer ve GPS araç üzerinde Şekil 1.5 görüldüğü gibi bilinen bir pozisyona sabitlenerek yerleştirilmiştir.



Şekil 1.5 Chen vd. [4] çalışmasında algılayıcıların araç üzerindeki konumları

TSC Innovation Laboratuvarından bir grup araştırmacı [5] yol şartlarının izlenmesi ve yol kalitesinin düşük olduğu bölgelerin tespit edilmesi amacıyla bir uygulama geliştirmişlerdir. Uygulamada araç içerisine yerleştirilen, Internet bağlantısına sahip bir akıllı telefon ve bu telefon üzerinde bulunan ivmeölçer, manyetometre, GPS ve pusula algılayıcılarından yararlanılmaktadır. Sistem pürüzlü yol, tümsek ve çukurları algılayabilmekte, algıladığı bu problemleri konum bilgisini de ekleyerek Internet bağlantısı üzerinden sunucu bilgisayara yollamaktadır. Farklı birçok telefondan toplanan veri birleştirilerek harita üzerinde eşleştirilmektedir. Uygulama sayesinde sürücü, takip ettiği yol üzerinde problemleri bir noktaya yaklaştığında, sistem alarm üreterek sürücüyü uyarmaktadır. İlgili makalede uygulamanın, telefonun pozisyonundan bağımsız olduğu belirtilmiş olsa da, bu bağımsızlığın sağlanması için gerçekleştirilen işlemler ile ilgili bilgi verilmemiştir.

Bugüne kadar sürüş kalitesinin izlenmesine yönelik olarak da bir takım uygulamalar geliştirilmiştir. Bu tarz sistemlere örnek olarak MIROAD'dan [6] bahsedilebilir. MIROAD sürücünün yaptığı agresif ve normal dönüşlerini -yön bilgisi ile birlikte-, şerit değiştirme, ani hızlanma, ani yavaşlama, hız sınırı aşımı gibi olayları algılayabilmektedir. Sistem iPhone 4 akıllı telefon tarafından üretilen 25 Hz'lik ivmeölçer sinyali, açılma hızölçer sinyali ve kamera görüntüsünden yararlanmaktadır. Sistemde kullanılan algılayıcıların x,y ve z eksenlerinin yerleşimi Şekil 1.6'da verildiği gibi olabilmesi için telefonun aracın ön konsoluna Şekil 1.7'de görüldüğü gibi yatay bir pozisyonda sabitlenmesi gerekmektedir.



Şekil 1.6 MIROAD sisteminde telefona ait eksenler [6]

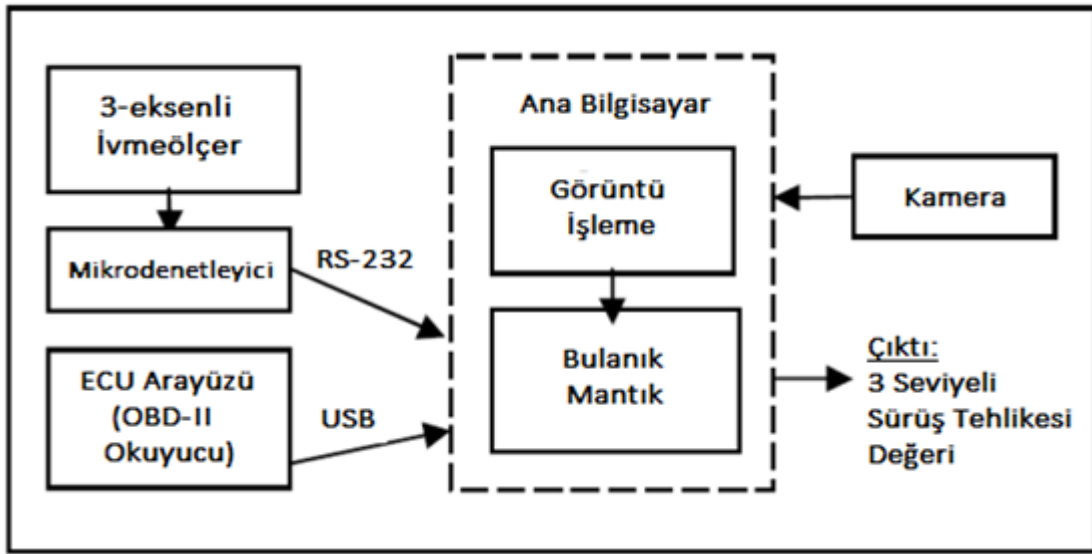


Şekil 1.7 MIROAD sisteminde telefonun araç içerisindeki konumu [6]

Yazarlar ivmeölçer verisini $A = \{a_x, a_y, a_z\}$, açısal hızölçer verisini $G = \{g_x, g_y, g_z\}$ olarak ifade ederken; ivmeölçer, açısal hızölçer ve manyetometre verilerinin hepsi kullanılarak hesaplanan telefonun Euler açılarını (Euler rotation), $E = \{e_x, e_y, e_z\}$ olarak ifade edilmiştir. Bu ifadelere göre yanal (lateral) değerler $T = \{g_x, a_y, e_x\}$, boylamasına (longitudinal) değerler ise $L = \{g_y, a_z\}$ olarak belirlenmiştir. MIROAD olayları algılamak için L değerlerini ayrı olarak değerlendirip belli bir eşik değerini aşma durumlarına göre fren yapma ve

hızlanmayı algılamaktadır. T değerleri ise Dynamic Time Warping (DTW) algoritması ile kullanılarak dönüş olayları sınıflandırılmıştır. [6]

Bir diğer çalışmada Imkamon ve arkadaşlarının [7] arabaların Engine Control Unit (ECU) adı verilen dahili kontrol biriminden gelen veriyi, harici bir cihazdan sağlanan 3 eksenli ivmeölçer verisini ve kamera verisini Şekil 1.8'de gösterilen arayüz üzerinde birleştirerek sürüş risk seviyesini belirleyen bir bulanık mantık sistemi geliştirmişlerdir.



Şekil 1.8 Imkamon vd. sürüş risk seviyesini bulmak için kullandıkları sistem

Imkamon vd. çalışmasında ivmeölçerden gelen veriye filtre uygulayarak yerçekimi etkisini kaldırmışlardır. Kameradan gelen görüntüyü işleyerek aracın hareket edip etmediğini, ediyorsa hareketin sağa doğru mu sola doğru mu olduğu bilgisini, araç yoğunluğunun az mı çok mu olduğu bilgisi de çıkararak ivme verisi ile birlikte bulanık mantık sistemine girdi olarak verip sürüş risk seviyesini 1 ile 3 arası bir değer olarak çıkarmışlardır. Bulanık mantık sisteminde kullanılan kurallar aşağıdaki gibi belirtilmiştir. [7]

Yolcuya etkiyi azaltmak için kural:

Eğer X ekseninde ivmelenme YÜKSEK'se veya
Y ekseninde ivmelenme YÜKSEK'se veya
Z ekseninde ivmelenme YÜKSEK'se;
risk **YÜKSEK**'tir.

Sürücünün güvenli sürüşü için akliselim kuralı:

(Kritik durumlarda hızı düşük tutma temelli)

Eğer DÖNÜŞ ORANI, YÜKSEK'se ve HIZ, ORTA YÜKSEK'se risk **YÜKSEK**'tir.

Eğer YOLDAKİ ARAÇ YOĞUNLUĞU, YÜKSEK'se ve HIZ, YÜKSEK'se risk **YÜKSEK**'tir.

Araç güvenliği kuralı:

(Gaz pedalına aşırı yüklenilmemesi temelli)

Eğer HIZ, YÜKSEK’se risk **YÜKSEK**’tir.

Eğer araca GAZ, FAZLA veriliyorsa risk **YÜKSEK**’tir.

Yukarıda belirtilen çalışmalara ek olarak az sayıda çalışmada hem sürüş hem de yol kalitesi birlikte değerlendirilmiştir. Fazeen ve arkadaşları [8] yaptıkları çalışmada akıllı telefon kullanarak

Çizelge 1.2’de belirtilen olayları algılayabilecek bir sistem geliştirmişlerdir. Telefona ait eksenlerin ve telefonun araç içerisindeki yerleşiminin Şekil 1.9’daki gibi olduğu bu sistem doğrusal ivmelenme verisi üzerinde eşik değeri tabanlı bir algoritma çalıştırarak hem dönüş, şerit değiştirme, hızlanma ve fren gibi sürüş özelliklerini hem de yol üzerinde sarsıntıya neden olan etkenleri algılamaktadır. Sürüş sırasında algılanan bu olaylar, GPS’ten gelen konum bilgisi ile işaretlenerek haritalandırılabilir.



Şekil 1.9 Fazeen vd. çalışmalarında telefonun eksenlere göre durumu [8]

Çizelge 1.2 Fazeen vd. çalışmasında eksenlerle sürüş özellikleri arasındaki ilişki [8]

Eksen	Yön	Olaylar
x	Sol/Sağ	Dönüş/Şerit Değişimi
y	Ön/Arka	Hızlanma/Fren
z	Yukarı/Aşağı	Sarsıntı/Yol Sorunları

Sürüş ve yol kalitesi üzerine yapılan çalışmalarda odaklanılan alanlar, kullanılan algılayıcı tipleri, kullanılan cihaz ve cihazın pozisyonu Çizelge 1.3'te özet olarak verilmiştir.

Çizelge 1.3 Literatürdeki çalışmaların karşılaştırılması

Çözüm	Odaklanılan Alan	Kullanılan Algılayıcılar	Kullanılan Platform	Cihazın Pozisyonu
[1]	Çukurlar	İvmeölçer, GPS	Harici Cihaz	Sabitlenmiş
[2]	Yol ve Trafik Koşulları.	İvmeölçer, Mikrofon, GSM Sinyali, GPS	Akıllı Telefon (Harici Algılayıcı)	Sabit Değil
[3]	Çukurlar	İvmeölçer	Akıllı Telefon	Sabitlenmiş
[4]	Yol Koşulları.	İvmeölçer, GPS	Harici Cihaz	Sabitlenmiş
[5]	Yol Koşulları.	İvmeölçer, GPS, Pusula, Manyetometre	Akıllı Telefon	Sabit Değil
[6]	Sürüş Stili Tanıma	İvmeölçer, Açısal Hızölçer, GPS, Manyetometre, Kamera	Akıllı Telefon	Sabitlenmiş
[7]	Sürüş Olayları	İvmeölçer, Kamera, ECU Okuyucu	Harici Cihaz	Sabitlenmiş
[8]	Yol ve Sürüş Koşulları.	İvmeölçer	Akıllı Telefon	Sabitlenmiş

1.2 Tezin Amacı

Kötü yol koşulları hem araç içerisindeki yolculara rahatsız bir seyahat yaşatmakta hem de araçlar üzerinde ciddi boyutlara varan hasarlara neden olabilmektedir. [9] İngiltere'nin önemli gazetelerinden Daily Mail'de bir haberde bahsi geçen bir rapora göre sadece İngiltere yollarındaki çukurların araçlar üzerinde neden olduğu günlük hasar 1 milyon sterlini (Pound-£) aşmaktadır [10]. Ekonomik zararların da ötesinde yol üzerindeki problemler, bazen aracın lastik veya yürüyen aksamında ani arızalara neden olup ölümcül kazalarla da sonuçlanabilmektedir.

Öte yandan yol koşullarının mükemmel olduğu farz edilse bile iyi bir sürüş olmadığı sürece güvenli ve konforlu bir seyahatten söz etmek mümkün olmayabilir. Bu gerçeğin bir sonucu olarak piyasada birçok sürücü/araç takip sistemi bulunmaktadır. Bu sistemler yasalarla belirlenen kuralların ihlal edilip/edilmemesi temeline göre çalışmaktadır. Şöyle ki, bu tarz sistemlerde ancak aracın hız limitini aşp aşmadığı, kırmızı ışıkta geçip geçmediği, şerit ihlali yapıp yapmadığı gibi sonuçlar üretilmektedir. İstanbul'da kullanılan EDS bu tarz sistemlere örnek olarak verilebilir [11]. Fakat bu noktada önemli bir problem baş göstermektedir, bir sürücü trafik kurallarına tamamen uyuyor olsa bile tehlikeli ve konforsuz araç kullanıyor olabilir. Özellikle yolcu otobüsleri, taksiler, ambulanslar gibi halkın hizmetine açık araçlarda yolcuların en çok şikâyetçi oldukları konulardan birisi de kurallara uymasına rağmen agresif ve rahatsızlık verici şekilde araç kullanan sürücülerdir. Ama maalesef günümüzde sürüşün kalitesi ve konforu üzerine değerlendirme yapan izleme mekanizmaları mevcut değildir.

Bu tezde amaçlanan yukarıda belirtilen tüm bu gereksinimleri karşılayan, hem yol hem sürücü davranışlarını aynı anda algılayan ve değerlendiren bir sistem geliştirmektir. Bu sistemin görevini araç içerisindeki herhangi bir kimsenin üzerinde taşıdığı konumu ve yönelimi önemsiz bir akıllı telefon yardımıyla gerçekleştirmesi de amaçlanmıştır.

1.3 Orjinal Katkı

Bugüne kadar geliştirilen sistemlerin birçoğu ya yol koşullarını ya da sürüş koşullarını tek başına değerlendiriyor. Oysaki bu sistemlerin uygulama alanlarına bakıldığında hemen hepsinin ortak amacının yolculuğun güvenli ve konforlu geçmesi esasına dayandığı aşikârdır. Fakat güvenli ve konforlu bir yolculuğun tam olarak sağlanabilmesi amaçlanıyorsa yol ve sürücü koşullarını birbirinden ayrı değerlendirmek pek de mümkün görünmemektedir.

Mevcut sistemlerden bazıları veri toplama için özel olarak geliştirilmiş harici bir cihaz kullanmaktadır. Bu durum sistemlerin maliyetinde önemli bir artışa neden olmaktadır. Çözümlerin çoğunda ise veri toplayan donanımın araç içerisinde belirli bir yönelimle belirli bir konumda sabitlenmesi ön koşul olarak isteniyor. Ancak günlük olarak kullanılacak bir izleme sisteminde sürekli olarak cihazı araca yerleştirip, yönelimine göre kalibrasyon yapmak ve insanları haricen cihaz yatırımı yapmaya ikna etmek

oldukça zor görünmektedir. Oysa akıllı telefonlar günümüzde birçok insan tarafından yaygın olarak kullanılmakta olduğu ve giderek daha da yaygınlaştığı için bu tür uygulamalarda fazladan maliyet getirmeden kullanılmaya uygun görünmektedir. Bu bilgiler göz önünde bulundurulduğunda, bu tez çalışmasında önerilen sistem için kendi alanında öncü kabul edilecek bir sistem demek mümkündür. Önerilen sistemi Bölüm 1.1’de bahsedilen mevcut sistemlerden ayıran orijinal katkı aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Kapsamlı çözüm; önerilen sistem hem yol şartlarının hem de sürüş kalitesinin aynı anda izlenebilmesine imkân sağlayacaktır.
- Düşük maliyet; önerilen sistemin veri toplama uygulamasının günümüzde oldukça yaygın olarak kullanılan Android işletim sistemi üzerinde geliştirilmiş olmasının bir sonucu olarak, yeni bir donanım geliştirilmesi maliyetinin önüne geçilmiştir.
- Kullanım kolaylığı; önerilen sistem telefonun araç içerisindeki konumunda ve yöneliminde oluşan değişikliklerden etkilenmeden çalışabilecektir. Dolayısıyla kullanıcı, telefonun diğer özelliklerinde herhangi bir kısıtlama olmadan faydalanabilecektir.
- Taşınabilirlik; veri toplama uygulamasını Android işletim sisteminde geliştirilmesinin bir diğer sonucu olarak uygulama donanımsal gereksinimleri karşılayan tüm Android telefonlar üzerinde çalıştırılabilecektir.
- Başarım; bu çalışma ile yol şartları ve sürüş kaynaklı olayların %91 bir başarı oranı ile tanınıp, ayırt edilebileceği gösterilmiştir.

Bu sistem ile birlikte yol durumu ve sürüş kalitesinin izlenmesine yönelik uygulamaların kapsamında da gelişim sağlanacaktır. Örneğin, geliştirilen bu sistemle bir otobüs içerisindeki yolcuların ceplerinde veya çantalarında bulunan akıllı telefonlar ile yol ve sürüş kalitesi hakkında veriyi toplayıp ilgili otoritelere göndermesi mümkün olacaktır. Otorite kurumları ise sürücünün ve yolun kalitesi üzerine çıkarımlarda bulunup gerekli müdahalelerde bulunabilecektir.

AKILLI TELEFONLAR VE KULLANILAN ALGILAYICILAR

2.1 Akıllı Telefonlar

Klasik cep telefonlarının kapasitelerinin ve yeteneklerinin zaman içerisinde katlanarak bir takım bilgisayar özelliklerine sahip olmasıyla birlikte akıllı telefon kavramı ortaya çıkmıştır. Akıllı telefonlar üzerlerinde çalışan Android, IOS, Symbian, Windows Mobile vb. gibi kendilerine özgü bir takım işletim sistemleri ile bu işletim sistemlerine uygun olarak geliştirilmiş uygulamaları çalıştırabilmektedirler. İşletim sistemi geliştiricilerinin yayınladıkları kütüphaneler ve API'ler (Application Programming Interface - Uygulama Programlama Arayüzü) kullanılarak herhangi bir geliştiricinin bu işletim sistemlerinde çalışacak uygulamalar geliştirmesi mümkün hale getirilmiştir. Geliştirilen bu uygulamalara herkesin erişebilmesine olanak tanımak amacıyla akıllı telefon işletim sistemlerine özel uygulama depoları kurulmuştur. Bu uygulama depolarında birçok amaca yönelik binlerce uygulama mevcuttur.

Günümüzdeki akıllı telefonların çoğunda az enerji harcayarak çok işlem yapabilen ana işlemciler (CPU) ve üç boyutlu grafik işlemlerini CPU'dan bağımsız olarak hızlı bir şekilde yapabilen grafik işlemciler (GPU) bulunmaktadır. Kullanıcının dış dünyaya erişimini sağlayabilmek için geliştirilmiş bağlantı teknolojileri bulunan akıllı telefonlar mobil şebeke, Wi-Fi veya kablolu bağlantı üzerinden Internet'e erişebilmektedir. Akıllı telefonlar ayrıca üzerlerinde bir takım algılayıcıların aracılığıyla dış dünyadaki fiziksel durum ve değişiklikleri algılayabilmekte, kullanıcının hareketine göre tepki oluşturabilmektedir.

2.2 Akıllı Telefonlarda Kullanılan Algılayıcılar

Akıllı telefonlarda ivmeölçer, termometre, açısal hızölçer, ışık algılayıcısı, manyetik alan algılayıcısı, basınç algılayıcısı, yakınlık algılayıcısı, göreceli nem algılayıcısı, GPS gibi algılayıcılar bulunmaktadır. Bu bölümde bu algılayıcılardan çalışmamız sırasında kullanılacağımız ivmeölçer, açısal hızölçer ve manyetik alan algılayıcısı için genel bilgi verilecektir.

2.2.1 İvmeölçer

İvmeölçerler cismin maruz kaldığı ivmelenmeyi ölçmek için tasarlanmış aygıtlardır. İvmenin büyüklüğünü metre/saniye² veya yer çekiminin (g) katları cinsinden ölçen çeşitleri mevcuttur. İvmeölçerler otomobilin fren yapması sırasında oluşan ivmelenme gibi negatif değerleri de ölçerler. Ayrıca, otomobil endüstrisinde hızlanma ve yavaşlama sırasındaki ivmeleri, viraj dönerken ortaya çıkan yatay ivmeleri ve bozuk yollarda ortaya çıkan düşey ivmeleri de ölçmede kullanılabilirler.



Şekil 2.1 Üç eksenli bir ivmeölçer [12]

İvmeölçerlerin kullanıldığı alanlara örnek vermek gerekirse, arabaların hava yastıklarının açılmasını sağlayan mekanizma, güvenlik kemerlerinin sağlık denetimi (belirli bir yük taşıırken kemerin kopmasına yol açan kuvvetin ölçülmesi) ve gemi gövdeleri ile uçak kanatlarının ucunda oluşan titreşimlerin incelenmesi sayılabilir. İvmeölçerlerin doğrusal ve açısal ivmelenmeyi ölçen iki ayrı türü mevcuttur. Bu tez kapsamında doğrusal ivmeölçerler kullanılmıştır.

Doğrusal ivmeölçer, bir yaya asılı ve ancak yayın eksenini doğrultusunda, yani yayın tam ortasından geçen bir doğru boyunca, hareket eden bir cisimden oluşur. Bu eksen, ivmeölçerin duyarlı eksenini yayın gerginliği ile ucundaki cismin ağırlığı, duyarlı eksen doğrultusunda belirli bir kuvvet uygulandığı zaman, cismin belirli bir miktar hareket edeceği biçimde ayarlanmıştır. Cisim, bu hareketin miktarını gösteren bir göstergeye bağlanmıştır.

Gösterge, ivmeölçerin, ivmesi bilinen bir cismin üstüne yerleştirilip, ibrenin gösterdiği değerini işaretlenmesiyle ayarlanır. Bu işlem bilinen birçok değerle yinelenirse, konulan işaretlerin arası doldurularak, bütün gösterge işaretlenmiş olur.

Doğrusal ivme ölçümünde çeşitli birimler kullanılabilir. Orta büyüklükteki ivmeler, metre/saniye²(m/sn²) cinsinden ölçülür. Bu değer, cismin hızına, saniyede kaç metre eklendiğini gösterir.

Bir ivmeölçer sadece hız değişikliği ile ilgili aktif ivmeleri ölçmekle kalmaz aynı zamanda pasif olan yer çekimi ivmesini de ölçebilir. Yani ivmeölçerin ölçüm alabilmesi için cismin hızlanıyor veya yavaşlıyor olması gerekmemektedir. İvmeölçerler birim kütle başına ağırlığı yani bilinen şekliyle özgül kuvvet veya g-kuvvetini ölçerler.

Çoğu ivmeölçerler ölçtükleri değeri gösteremezler ama başka cihazlara bilgi sağlarlar. Gerçek ivmeölçerler bir çalışma frekansına sahiptirler ve bu onları bir ivme değişimine ne kadar hızlı cevap verecekleri konusunda sınırlarlar.

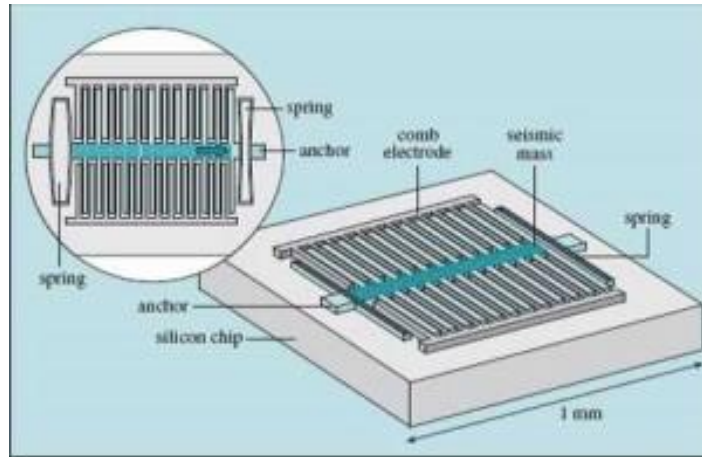
Tek ve birden çok eksenli ivmeölçer modelleri mevcuttur, ivmenin büyüklüğünü ve yönünü vektörel bir büyüklük olarak ölçerler ve yönelim ölçümünde (çünkü ağırlığın yönü değişir) ve ivmelenme ölçümünde, titreşimde, darbeye ve düşme durumlarında kullanılabilirler. [12]

2.2.1.1 İvmeölçerlerin Çalışma Prensipleri

Konsept olarak, bir ivmeölçer kütle yay ve sönümden oluşan bir sistemdir. Sisteme ivmelenme uygulandığında yaya bağlı olan kütle ivmenin oluşturduğu kuvvetin etkisi ile yer değiştirir. Bu yer değiştirmenin ölçülmesi ile sistem üzerine uygulanan ivme elde edilir.

İvmeölçerlerin çalışmasında pek çok farklı yöntem kullanılmaktadır. Piezoelektrik olan ivmeölçerler, içerisinde bulundurduğu mikroskobik kristal yapı üzerinde ivmelenme oluştuğunda bir çıkış gerilimi üretirler. Bunu yapmanın başka bir yolu da kapasitans ölçmektir. Eğer iki adet mikro yapı birbirine çok yakın bir şekilde duruyorsa, bunların arasında bilinen bir değerde kapasitans vardır. Bu yapılardan birinin üzerinde ivmelenme sonucu oluşan kuvveti uygulanırsa, mikro yapı yer değiştirir ve bu da kapasitansın değişmesine neden olur. Kapasitans voltaj değerine çevrildiğinde bir ivmeölçer elde edilmiş olur.

Modern ivmeölçerler genellikle mikro elektro-mekanik sistem (MEMS) olarak imal edilirler ve oldukça küçük boyutlardadırlar. Bir MEMS ivmeölçerinin yapısına ait şekil aşağıda gösterilmiştir. (Şekil 2.2) Gösterilen sistemde sönüm etkisi ivmeölçer içerisinde saklı tutulan gaz ile yapılmaktadır.



Şekil 2.2 İvmeölçerinin iç yapısı [12]

MEMS ivmeölçerler genellikle tek bir eksen üzerinde ivmelenme ölçecek şekilde imal edilirler. Birden fazla eksende ölçüm yapılmak istenirse bu ivmeölçerler birbirine dik eksenlerde bağlanılarak ölçüm alınır.

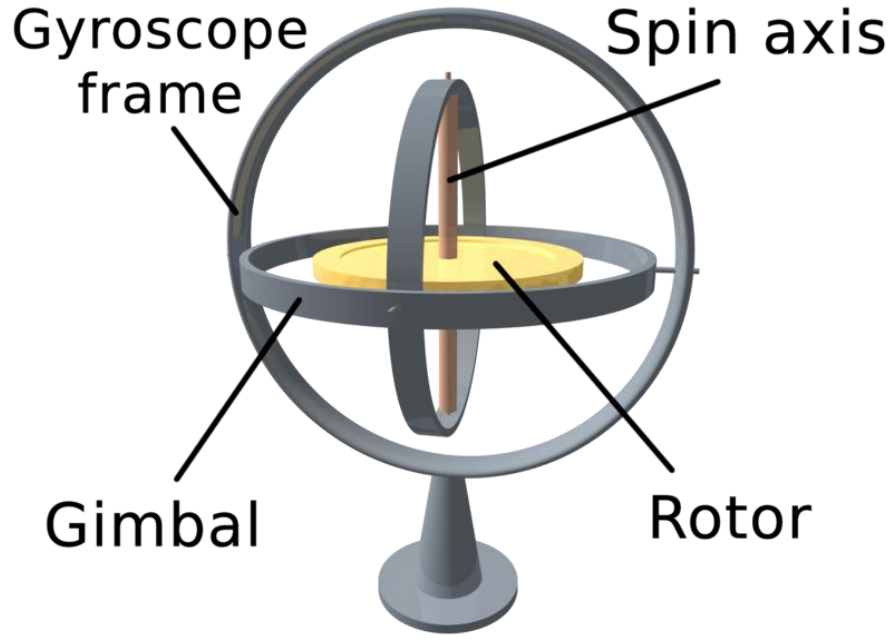
MEMS ivmeölçerlerin bir diğer özelliği çok büyük bir ölçüm aralığına sahip olmalarıdır. Binlerce g ölçebilecek yapıda ivmeölçerler mevcuttur. Bunun karşılığında düşük g durumlarında hassasiyet azalmaktadır. Bu yüzden ivmeölçer seçiminde hassasiyet maksimum g ölçümü arasında uygulamaya bağlı olarak bir seçim yapılmalıdır.

Dünya üzerindeki bir noktada sabit durumda bulunan bir ivmeölçerin ölçeceği değer yaklaşık olarak 1 g ve yukarı yönlüdür, çünkü Dünya üzerindeki herhangi bir nokta yerel eksen takımına göre (yere doğru serbest düşüş yapmakta olan bir cisme yerleştirilmiş eksen takımı) yukarı yönde ivmelenmektedir. Harekete bağlı ivmelenme ölçülmek isteniyorsa, bu yerçekimi ofseti toplam ivmeden çıkarılmalıdır. Bu yüzden harekete bağlı ivmelenme ölçülecek ortamın yerçekimi ivmesinin bilinmesi gerekmektedir. [12]

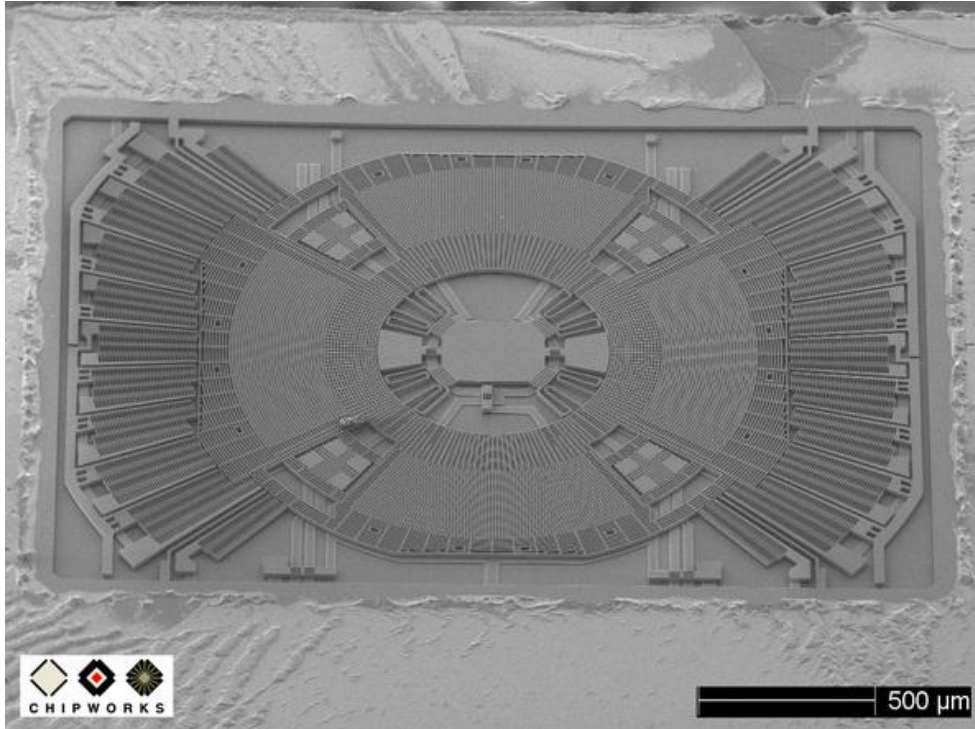
2.2.2 Açısal Hız Ölçer

Açısal hızölçerler yönelimi korumak ve ölçmek için kullanılan cihazlardır. İlk açısal hızölçerler 1800'lü yıllarda ortaya çıkmış, gemilerin, uçakların yatay pozisyonda kalabilmesini sağlayan mekanik aletlerdi. Türkçede dönüölçer, yalpalık, jiroskop, cayroskop gibi adlarla isimlendirilmişlerdir. Rus'ların MIR uzay istasyonunda, Hubble teleskopunda Güneş'e olan pozisyonu korumak için yine açısal hızölçerlerden yararlanılmıştır. İlk örnekleri belli bir eksen çevresinde dönen halka benzeri yapının açısal momentumunu koruma eğiliminden yararlanmıştır. Zaman içerisinde mekanik büyük açısal hızölçer'lerden daha küçük olan lazer, fiber-optik, kuantum ve MEMS tabanlı olanlara geçiş yapılmıştır. Günümüzde de hala uçak ve gemilerde yön bulmak için, uzay teleskoplarında yörünge kararlılığını sağlayabilmek için yaygın olarak açısal hızölçerlerden yararlanılmaktadır.

Günümüz akıllı telefonlarında MEMS açısal hızölçerler üç eksenli açısal hız değeri ölçme yeteneğine sahiplerdir. MEMS açısal hızölçerler, açısal momentum prensiplerine bağlı olarak yön bulmak için kullanılır. Eski açısal hızölçerler sürtünmeye bağlı olarak çalıştığından büyük hatalar vermesine karşın şimdiki açısal hızölçerlerin çalışma düzeni, titreşen bir objenin yüzeyi değiştirildiğinde bile aynı düzlemde kalma eğilimine dayandığı için oldukça başarılıdır. [14] [15]



Şekil 2.3 Mekanik bir açisal hızölçer [13]



Şekil 2.4 MEMS Açisal hızölçer'in İçyapısı [15]

2.2.3 Manyetometre (Manyetik Alan Algılayıcı)

Manyetometre manyetik alan ölçümünde kullanılan algılayıcıdır. Teknoloji ve ilim alanında, manyetik alan şiddetinin ölçülmesine ihtiyaç duyulması sonucu, çeşitli

manyetometreler geliştirilmiştir. İlk manyetometreler, bir yaya bağlı mıknatıstan meydana geliyor ve ölçülmek istenen manyetik alan şiddeti, yaydaki uzama miktarıyla belirleniyordu. Ama kısa bir zaman sonra bunlar, önemlerini kaybederek yerlerini, elektronik sistemlere bıraktılar. Günümüzde daha çok, proton manyetometresi, akı geçidi manyetometresi ve hall etkili manyetometre kullanılmaktadır.

Proton manyetometresi: Günümüzde kullanılan manyetometrelerin en hassası, proton manyetometresidir. Bu cihazın çalışma prensibi, atomlardaki artı yüklü taneciklerin (protonların), bir manyetik alan içinde sıralanmalarına dayanmaktadır.

Akı geçidi manyetometresi: Bu manyetometrenin çalışma prensibi, geçirgenliği yüksek çekirdek çiftlerinin, hızlı alternatif akımla mıknatıslanmasına dayanır.

Hall etkili manyetometre: Bu manyetometrenin prensibi 1879 yılında bulundu. Ama indiyum antimonür ve indiyum arsenür gibi yarı iletkenlerin yapımından önce uygulamaya konamadı. Söz konusu iletkenin alınan ince bir dilimin yüzlerinden birinin iki ucu arasına bir akım uygulandığında, elektronlar, akımı taşıyan manyetik bir alanda hareket ederek, indüksiyon yoluyla, dilimin öteki yüzünün iki ucu arasında bir gerilim farkı meydana getirirler ki bu gerilim ölçülebilir. [16]

Bugün akıllı telefonların çoğunda pusula, manyetik alan algılayıcısı, yönelim algılayıcısı olarak kullanılan cihaz aslında Hall etkili manyetometredir.

SİSTEM DETAYLARI

Tez kitabının bu bölümünde, geliştirdiğimiz sistemde kullanılan süreçler veri toplama, ön işlemler ve iyileştirme, özellik çıkarımı ve sınıflandırma başlıkları altında incelenecektir.

3.1 Veri Toplama

Bu bölümde veri toplama sırasında kullanılan donanımlar ve yazılımlardan bahsedildikten sonra veri toplama adımlarına değinilecektir.

3.1.1 Veri Toplamada Kullanılan Donanımlar

Veri toplamada sırasında HTC Hero ve Samsung Galaxy S II akıllı telefonlar ve üzerinde ivmeölçer bulunan Apple MacBook Pro bilgisayar sistemi kullanılmıştır. Bu cihazların özellikleri ve yetenekleri kendi adlarını taşıyan başlıklar altında açıklanacaktır.

3.1.1.1 HTC Hero Akıllı Telefon

HTC Hero, HTC firması tarafından üretilen üçüncü Android tabanlı telefondur. Haziran 2009'da piyasaya sürülen telefon, 3,5 mm'lik ses çıkışı, multi-touch (çoklu dokunma) özelliği ve Adobe Flash'ın hafifletilmiş bir sürümünü içeren ilk telefon olma özelliğini taşımaktadır. Piyasaya sürüldüğünde üzerinde Andorid 1.5 bulunmasına rağmen, daha sonra gelen resmi güncelleme ile bir Android 2.1'e yükseltilebilmektedir. Özellikleri ve kullanım oranları ile döneminin öncü telefonları arasına girmiştir. Telefonun üzerindeki algılayıcılar ve donanım özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Üzerinde açılabilir hızölçer bulunmaması, Android 2.1 ile birlikte kullanılırken ekran kapatıldığında algılayıcıların veri üretmeyi durdurması telefonun olumsuz özelliklerindedir.



Şekil 3.1 HTC Hero Akıllı Telefon [17]

Çizelge 3.1 HTC Hero Akıllı Telefon'un Özellikleri [17]

İşlemci	528 MHz ARM 11
Dahili Bellek	288 MB RAM, 512 MB ROM
Hafıza Kartı	microSD (8GB kadar)
Algılayıcılar	<ul style="list-style-type: none">• BMA150 3-eksenli ivme algılayıcısı• Bosch AK8973 3-eksenli Manyetik alan algılayıcısı• Asahi Kasei AK8973 Yönelim algılayıcısı• Asahi Kasei CM3602 Yakınlık algılayıcısı• Capella Microsystems CM3602 Işık algılayıcısı• Capella Microsystems Yerçekimi algılayıcısı• GPS algılayıcısı
Bağlantı Yetenekleri	Wi-Fi, HSDPA, HSUPA, Bluetooth, USB
İşletim Sistemi	Android OS 2.1.0

3.1.1.2 Samsung Galaxy S II Akıllı Telefon

Üstün donanım özellikleri nedeni ile en çok tercih edilen Android telefonlardan birisi olmuştur. Android 2.1 işletim sistemi ile Şubat 2011’de piyasaya sürülen telefon. Resmi güncelleme ile Android 4.0.3’e yükseltilebilmektedir. Kullandığı algılayıcılar ve üzerindeki donanım özelliklerini

Çizelge 3.2 ‘de görmek mümkündür. Piyasadaki en yüksek frekanslı algılayıcı sinyali üreten telefonlardan birisi olmasına karşın Galaxy SII ‘de diğerleri gibi tam olarak sabit frekanslı sinyal üretememektedir. Maksimum sinyal frekansı 100 Hz’dir.



Şekil 3.2 Samsung Galaxy S II Akıllı Telefon [17]

Çizelge 3.2 Samsung Galaxy S II Akıllı Telefon Özellikleri [17]

İşlemci	Dual-core 1,2 GHz Cortex-A9
Dahili Bellek	16GB bellek, 1 GB RAM
Hafıza Kartı	microSD (32GB’a kadar)
Algılayıcılar	<ul style="list-style-type: none">• STMicroelectronics K3DH İvme algılayıcısı• STMicroelectronics K3G Açısız hızölçer algılayıcısı• Capella CM3663 Işık algılayıcısı• Capella CM3663 Yakınlık algılayıcısı• Asahi Kasei AK8975 Manyetik alan algılayıcısı• GPS Sensor [18]
Bağlantı Yetenekleri	Wi-Fi, HSDPA, Bluetooth, USB
İşletim Sistemi	Android OS 4.0.3

3.1.1.3 Apple Macbook Pro 5.5 Bilgisayar

2010 yılında Apple şirketi tarafından piyasaya sürülen bu bilgisayar, Intel Core 2 Duo 2,4 G Hz işlemciye, 4GB RAM'e ve 250 GB disk alanına sahiptir. (Şekil 3.3) Üzerinde Mac OS X10 işletim sistemi ve Windows 7 işletim sistemleri kurulu bulunmaktadır. Tez çalışmasının önemli bir kısmı Windows 7 üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu bilgisayarı diğerlerinden farklı kılp, bu çalışmada kullanılmasına sebep olan özelliği ise ani hareketlerde sabit diskleri durdurup bozulmasına engel olmak amacıyla geliştirilmiş olan Sudden Motion Sensor (Ani Hareket Algılayıcısı) dır. Bu algılayıcı aslında yüksek çözünürlüklü bir ivmeölçer olup 500 Hz'lik sinyal üretebilmektedir. Bu algılayıcıdan veri okuyan programlarla veri toplamak mümkündür. Macbook Pro aynı zamanda üzerindeki yerleşik mikrofonlar aracılığıyla stereo ses kaydı yapabilmektedir. [19]



Şekil 3.3 Üzerinde ivmeölçer bulunduran MacBook Pro bilgisayar

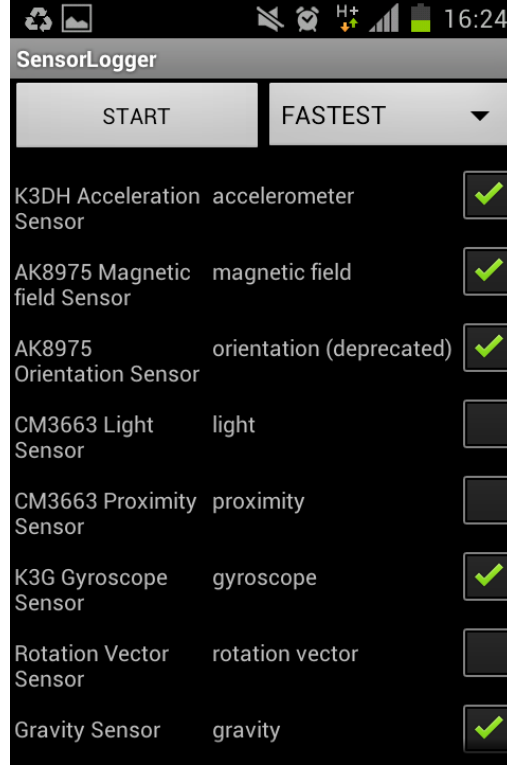
3.1.2 Veri Toplama İçin Kullanılan Yazılımlar

Telefonlardan veri toplamak için kullanılan Sensor Logger, Event Timestamper ve Accelerometer Monitor uygulamaları ile bilgisayardan veri toplamak için kullanılan Seismac ve Audacity uygulamaları ayrı başlıklar halinde bu bölümde incelenecektir.

3.1.2.1 Sensor Logger

Android tabanlı telefonlarda bulunan algılayıcılardan kullanıcının seçtiklerin, yine kullanıcı tarafından belirlenen frekans grubuna göre CSV formatında kaydedebilme

yeteneğine sahip olan programdır. (Bkz. Şekil 3.4) Zamanı unixtime nanosaniye¹ cinsinden verdiği için. Ürettiği dosyanın diğer zaman standartlarına göre yeniden düzenlenmesi gerekebilir. Arka plan servisi olarak da çalışabildiği için telefonun ekranı kapatılsa bile çalışmasına devam edebilmektedir. [20]



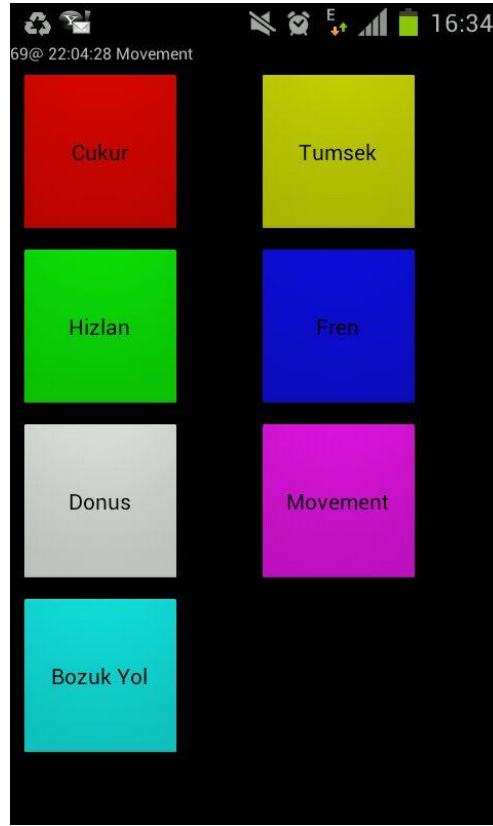
Şekil 3.4 Sensor Logger Ekran Görüntüsü

3.1.2.2 Event Timestamper

Event Timestamper kullanıcı tarafından belirlenen bir olay listesine göre ekranda butonlar oluşturan, bu butonlara dokunma zamanlarını da bir CSV dosyada kaydetme özelliğine sahip bir Android programıdır. [20] Bu çalışma için Şekil 3.5 deki gibi konfigüre edilmiştir. Zamanı Java Time² formatında milisaniye olarak üretmektedir.

¹ Unixtime 1 Ocak 1970'den itibaren geçen saniyelerin toplamına denk düşerken, unixtime nanosaniye bu değerin 1000000 ile çarpılması sonucu elde edilir.

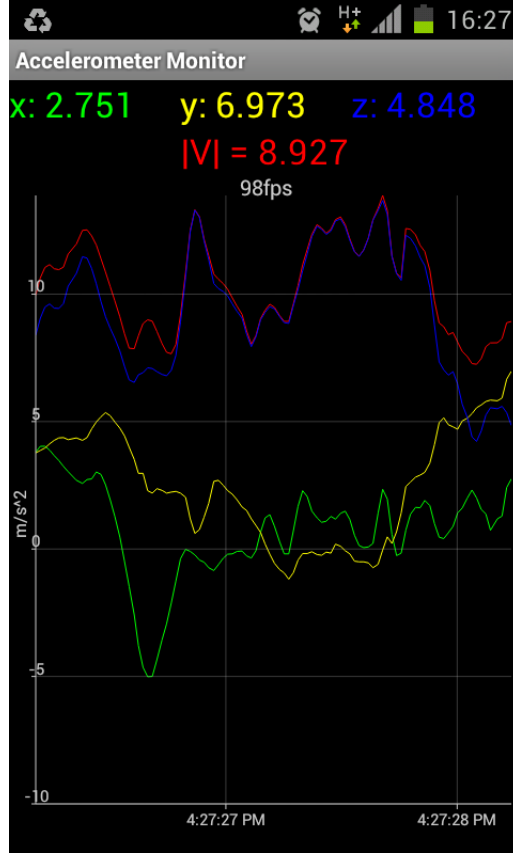
² Java time 1 Ocak 1970'den itibaren geçen milisaniyenin hesaplanması şeklinde bulunabilir. Unixtime * 1000'e eşittir.



Şekil 3.5 Event Timestamper Ekran Görüntüsü

3.1.2.3 Accelerometer Monitor

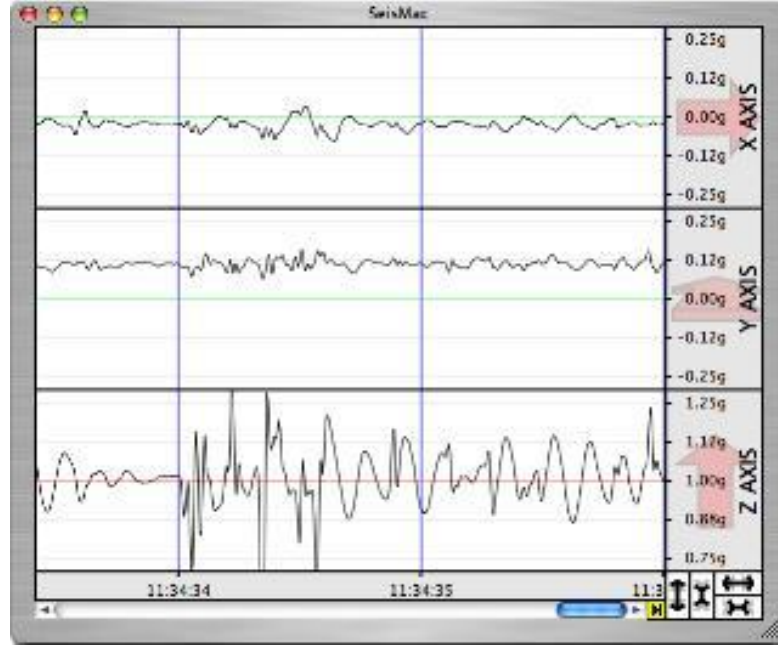
Android cihazları üzerinde bulunan ivmeölçere ait sinyalin anlık grafiğinin ekrana çizdirilmesini sağlayan bir uygulamadır [20]. Algılayıcı hızı ayarlanabilir, CSV olarak dosyaya kayıt yapabilme özelliği bulunmaktadır fakat arka planda çalışması sırasında sorun yaratabilmektedir. Şekil 3.6'da uygulamanın ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.6 Accelerometer Monitör Ekran Görüntüsü

3.1.2.4 Seismac

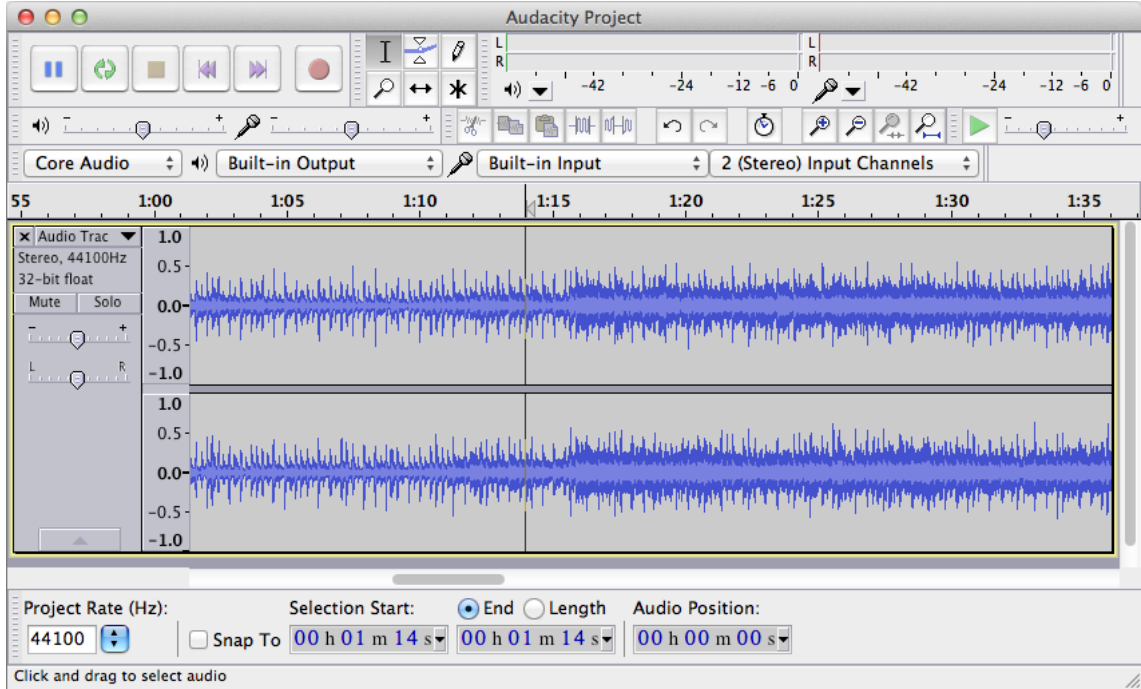
Seismac Mac OS X üzerinde çalışıp, MacBook bilgisayarları sismograf'a çevirmek amacıyla hazırlanmış bir uygulamadır. Uygulama bilgisayar üzerindeki Sudden Motion Sensor verisine erişerek buradan gerçek zamanlı ivmelenme verisi elde eder. Sinyal frekansı 500 Hz'e kadar kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir. -2g ile +2g arasında değerleri algılayabilmektedir. Topladığı sismik veriyi Şekil 3.7'deki gibi ekrana grafik olarak ekrana döküldüğü gibi hem farklı formatlarda dosya olarak da kaydedebilmektedir. [21]



Şekil 3.7 SeisMac Ekran Görüntüsü [21]

3.1.2.5 Audacity

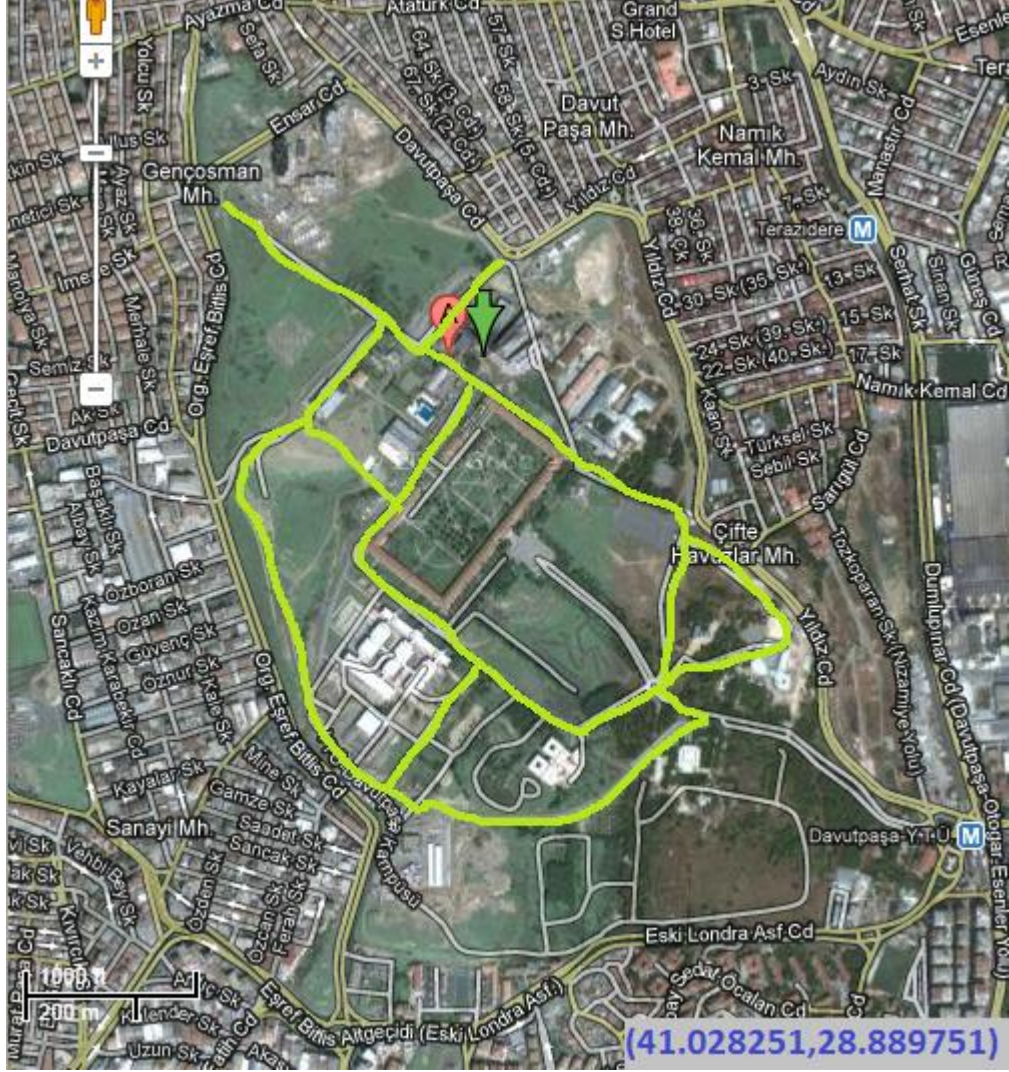
Audacity ücretsiz ve açık kaynak kodlu bir ses kayıt ve düzenleme yazılımıdır. Şekil 3.8 'de Audacity'nin ekran görüntüsü mevcuttur. [22]



Şekil 3.8 Audacity Ekran Görüntüsü

3.1.3 Veri Toplama Süreci

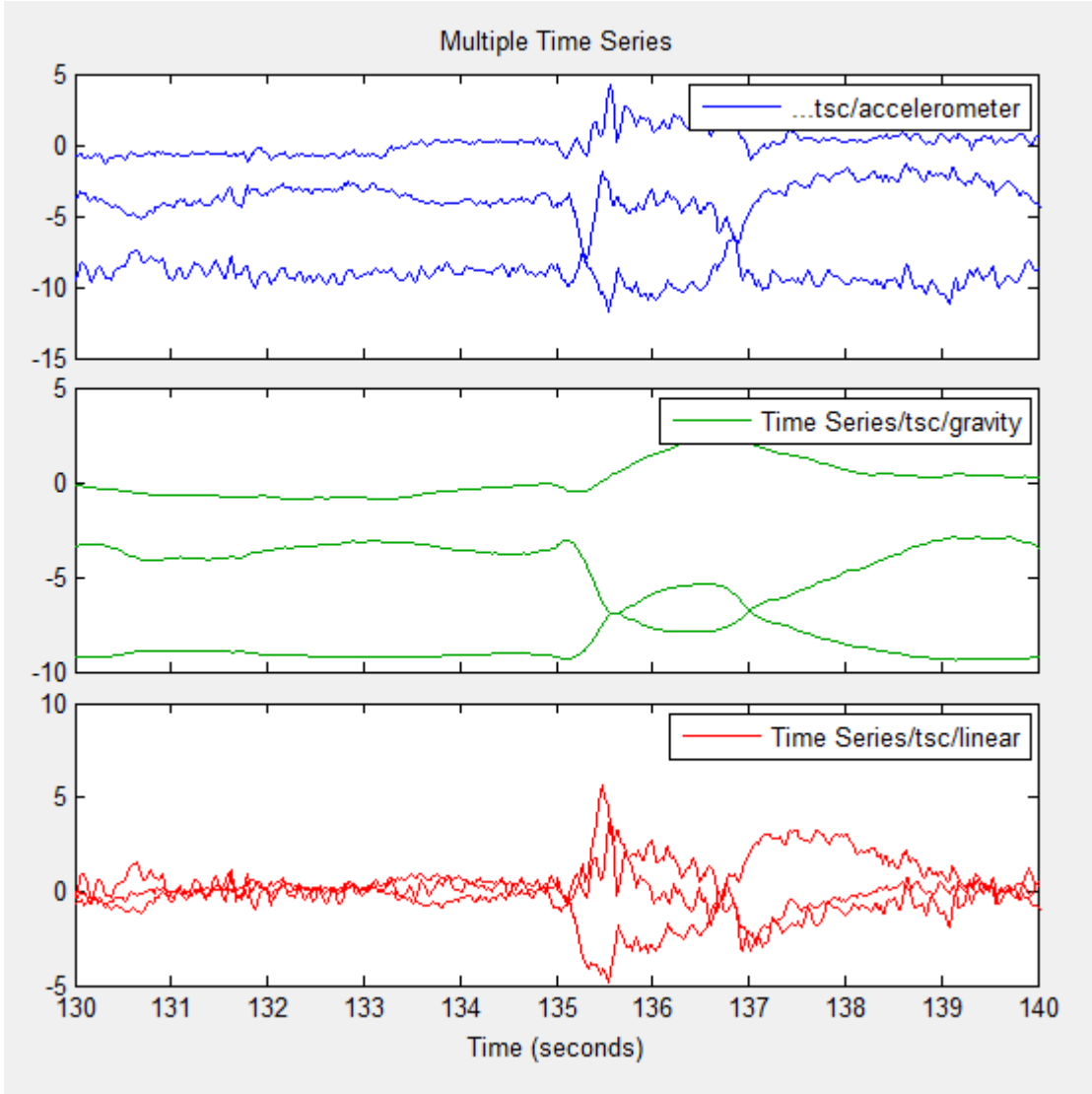
Makine öğrenmesi için kullanılacak olan veri Şekil 3.9'da verilen harita üzerinde gösterilen Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü içerisinde alanda toplanmıştır. Çok sayıda veri toplama denemesi yapılırken tüm bu denemelerde 2006 Model Renault Clio 1,5 dci araç kullanılmıştır. İlk veri toplama denemelerinde Android 2.1 işletim sistemi yüklü HTC Hero telefon kullanılmıştır, bu telefona yüklenen Accelerometer Monitor uygulaması ivmeölçer verisini anlık grafik olarak ekrana verebilmektedir. Bu nedenle bu uygulama asıl veriyi toplama öncesi yapılan denemelerde yol ve sürüş olaylarının grafik üzerindeki etkisini anlık olarak görebilmeyi mümkün kılmıştır. Çalışmada kullanılacak eğitim ve test verisinin toplanması aşamasına gelindiğinde telefonu yolcunun cebi, çantası gibi farklı konumlara yerleştirilmesi gerekmiştir. Bu amaçla telefon ekranı kilitlendiğinde HTC Hero akıllı telefonun veri kaydını da durdurduğu fark edilmiştir. Bu durum ilk başta kullanılan yazılıma bağlanmıştır. Fakat algılayıcı verisi kaydeden farklı yazılımlar da aynı sonuç gözlemlenmiştir. Son çözüm olarak bu amaca özel bir android yazılımı geliştirme yoluna gidilmiştir. Bu uygulamada Wake Lock [23] gibi teknikler denenmiş olsa da sonuç başarılı olamamıştır. Çözüm arayışları sırasında problemin kaynağının aslında Android işletim sisteminde bulunan HTC Hero ile ilgili bilinen bir problem (bug) [24] olduğunun fark edilmiş ve bunun üzerine HTC Hero'nun kullanımından vazgeçilmiştir.



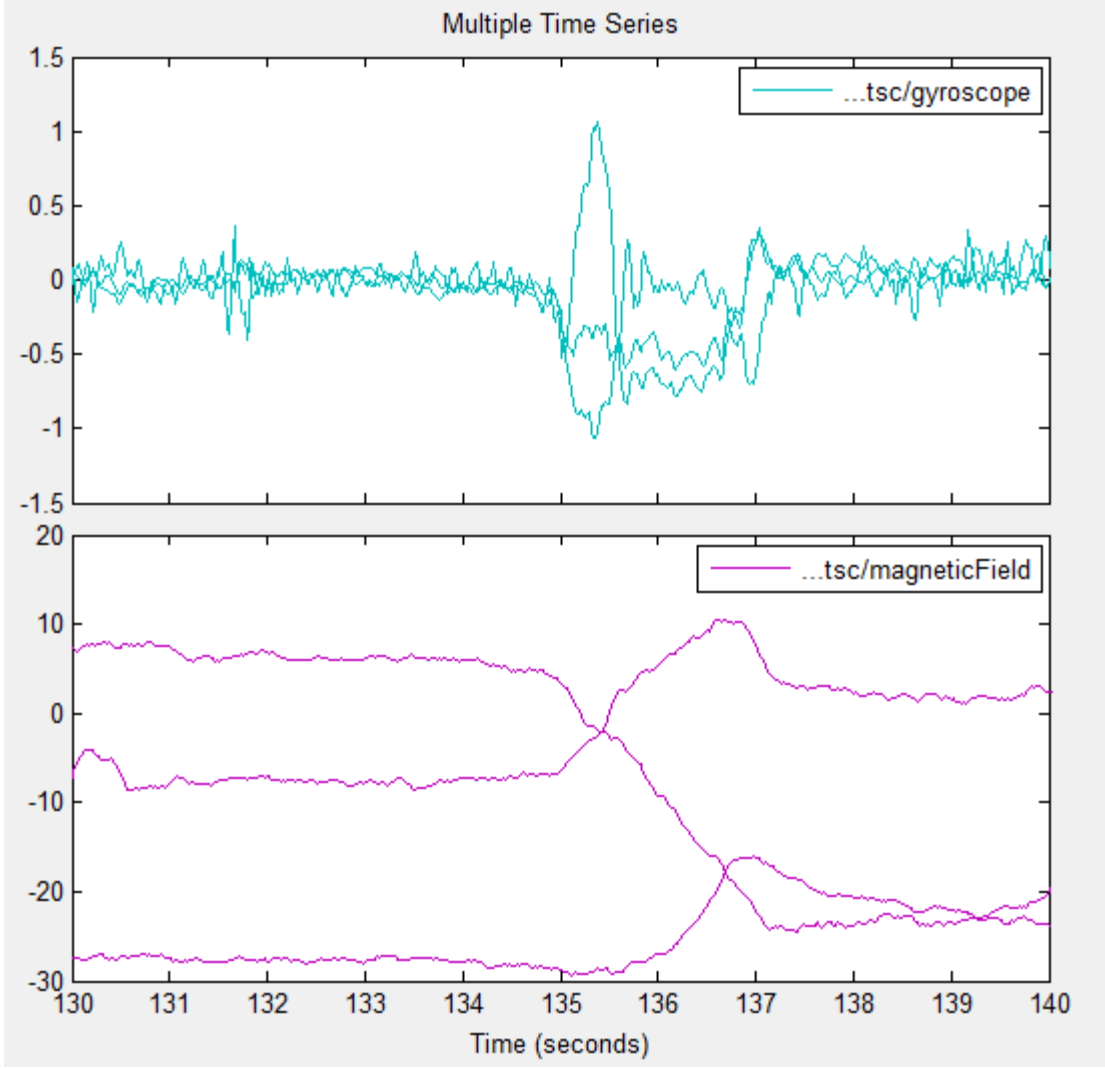
Şekil 3.9 YTÜ Davutpaşa Kampüsünde verinin toplandığı alan

İkinci denemede veri toplamak için Android 4.0 işletim sistemi yüklü bir adet Samsung Galaxy S2 akıllı telefon ve bir adet Apple Macbook Pro bilgisayar kullanılmıştır. 40 dakikalık kayıt sırasında Galaxy S2 araç içerisinde farklı konumlarda tutulurken iken Macbook Pro hazırlanan özel bir düzeneğe aracın ön koltuğuna yere paralel bir şekilde sabitlenmiştir. Bu denemede diğer bir amaç, telefonun yönelim algılayıcısı vasıtasıyla hareketli telefonda gelen ivmeölçer sinyalinin sabit olan Macbook'tan gelen sinyale benzetilip benzetilemeyeceğinin görülmesiydi. Karşılaşılan olaylara göre işaretleme yapıp, örnek verilerin çıkarılması için ise Macbook Pro ile aynı zamanda ses kaydı yapılmıştır. Fakat bu kitabın “Ön İşlemler ve Veriyi İyileştirme” bölümünde de bahsedileceği üzere ses dosyasını işlemede karşılaşılan bir takım sorunlar nedeniyle daha sonra bu yöntemden de vazgeçilmiştir.

İlk iki veri toplama yönteminden edinilen bilgi birikimi ile üçüncü ve son denemede, üzerinde Android 4.0 işletim sistemi yüklü iki adet Samsung Galaxy S2 telefon ile 38 dakikalık bir süre için yeniden veri toplanmıştır. Telefonlardan birisi Sensor Logger uygulamasını kullanarak algılayıcı verisini toplamak için kullanılırken diğeri ise üzerinde bu amaçla düzenleme yapılan Event Timestamper uygulaması üzerinden yolda karşılaşılan olayların zaman bilgileri ile birlikte işaretlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Veri toplanmadan önce iki telefonda elde edilen veriler arasında tutarlılık olması için zaman eşlemesi yapılmıştır. Sensor Logger uygulaması ivmeölçer, manyetometre, açısız hızölçer algılayıcıları tarafından üretilen 3 eksenli (x, y, z) sinyallerden üretilen farklı tipte verileri toplayacak şekilde konfigüre edilmiştir. Android işletim sistemi *ivmelenme (acceleration)* sinyaline alçak-geçiren filtre uygulayarak yer çekiminin etkisinin izole edildiği *lineer ivmelenme (linear acceleration)* verisini hesaplayabilmektedir. Daha sonra normal ivmelenme verisinden lineer ivmelenme verisini çıkararak da *yer çekiminin* üç ayrı ekseninde olan etkisini *yer çekimi (gravity)* verisi adı altında hesaplamaktadır. (Şekil 3.10) Açısız hızölçer algılayıcısının ürettiği veri x,y,z eksenlerinde *açısız hız* verisini içermektedir. Manyetometre ise ortam *manyetik alanını* 3 eksenli olarak ölçmektedir. (Şekil 3.11) Bu manyetik alan bilgisinden de hesaplamalar ile telefonun açısız yönelimini belirten *yönelim (orientation)* sinyali hesaplanmaktadır. [25] Özetleyecek olursak toplanan veri ivmelenme, lineer ivmelenme, yer çekimi, açısız hız, yönelim, pozisyon ve manyetik alan bilgilerini içermektedir.



Şekil 3.10 10 Saniyelik ivmelenme, yer çekimi ve lineer ivmelenme verisi



Şekil 3.11 10 saniyelik açısal hız ölçer ve manyetik alan verisi

Aracın çalışması ile durması arasında geçen veri toplama sürecinde algılayıcı verisi toplayan telefon araç içerisinde yolcunun çantası, yolcunun cebi, aracın konsolu, koltuğun üstü gibi farklı yerlere konumlandırılmıştır. Eş zamanlı olarak diğer telefonda ise karşılaşılan tüm olaylar Event Timestamper uygulaması ile işaretlenmiştir. Olaylar dışında kalan normal durumlar için de işaretleme yapılmıştır. Veri toplama adımının sonucunda Çizelge 3.3’de belirtilen dağılıma uygun olarak 8 farklı olay tipi için 133 farklı örnek işaretlenmiştir.

Çizelge 3.3 Toplanan eğitim verisinin olay tipleri için dağılımı

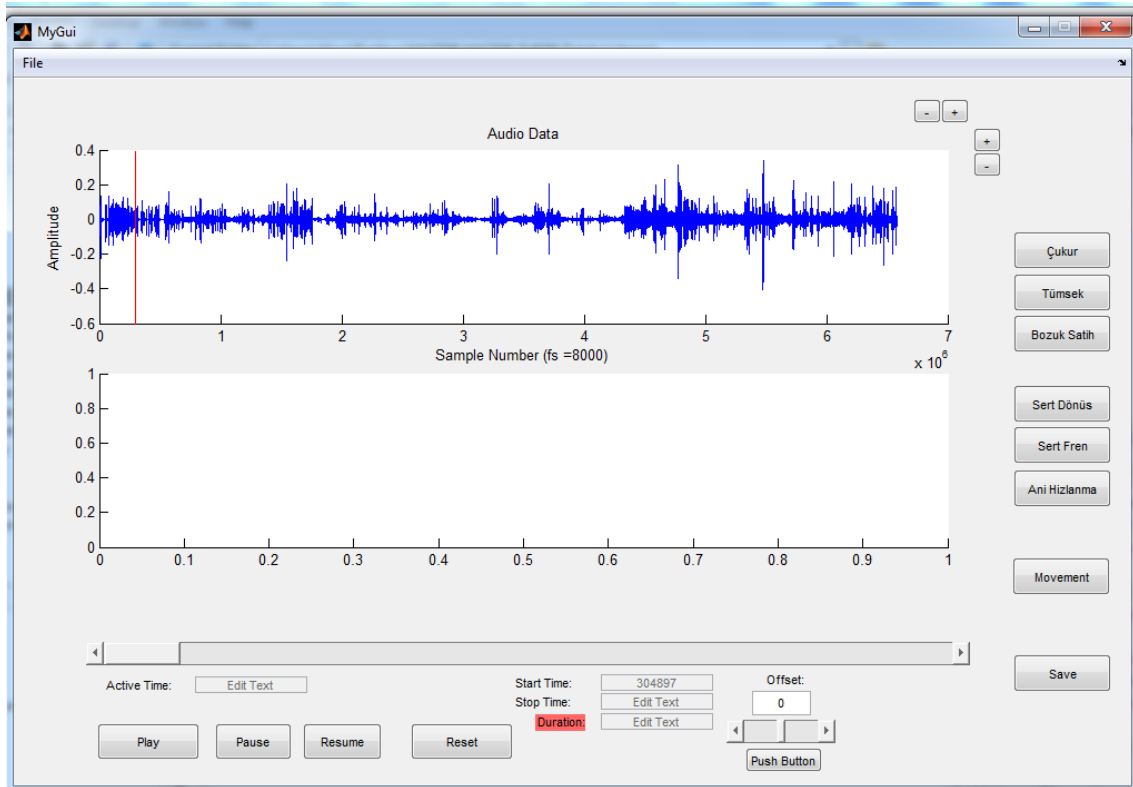
Olay Tipi	Olay Grubu	Örnek Sayısı
Bozuk Yol	Yol	11
Çukur	Yol	26
Tümsek	Yol	8
Sert Dönüş	Sürüş	24
Sert Fren	Sürüş	22
Ani Hızlanma	Sürüş	7
Telefonun Yer Değiştirmesi	Telefon Konumu	15
Normal Durum	Normal	20

3.2 Ön işlemler ve Veri İyileştirmesi

Algılayıcılardan toplanan veri bir takım format düzenlemelerine tabi tutulduktan sonra MATLAB programının çalışma alanına zaman serisi olarak yüklendi. Fakat yüklenen veri ile ilgili bir takım problemler mevcuttu. İlk problem algılayıcı verisinin uniform olmamasıydı. Bunun sebebi android tabanlı telefonların algılayıcı verisini sabit frekanslı olarak üretememesiydi. Mesela bu tez için Galaxy S2 ile toplanan veride sinyal frekansı 98 ile 100 Hz arasında dalgalanmaktaydı. Bu sorunu çözmek amacıyla MATLAB'in Time Series Tool'un kullanarak veri 50 Hz'e yeniden örneklenmiştir. (resampling) Frekansı 50Hz'e düşürmenin bir diğer amacı da Android telefonların birçoğunda 100Hz kadar yüksek frekanslı sinyal üretilmemesiydi.

MATLAB'e yüklenen ilk veriyi bilgisayardan kaydettiğimiz ses verisini kullanarak işaretleyip olay (event) tipleri için örnekleri (sample) belirlemek hedeflenmiştir. Bu amaçla Şekil 3.12'de görülen prototip hazırlanmıştır. Programın geliştirilmesi sırasında MATLAB sınıflarından audioplayer()'ın [26] ses dosyası üzerinde belli bir noktaya doğrudan gidebilme yeteneği olmadığı fark edilmiştir. Bu durumda ses kaydı ile veriyi

işaretlemek çok zorlaşacağı, hatalı işaretleme, sesi işitmemem durumunda geri dönmenin mümkün olmayacağı için de veriyi ses kaydı ile işlemekten vazgeçildi.

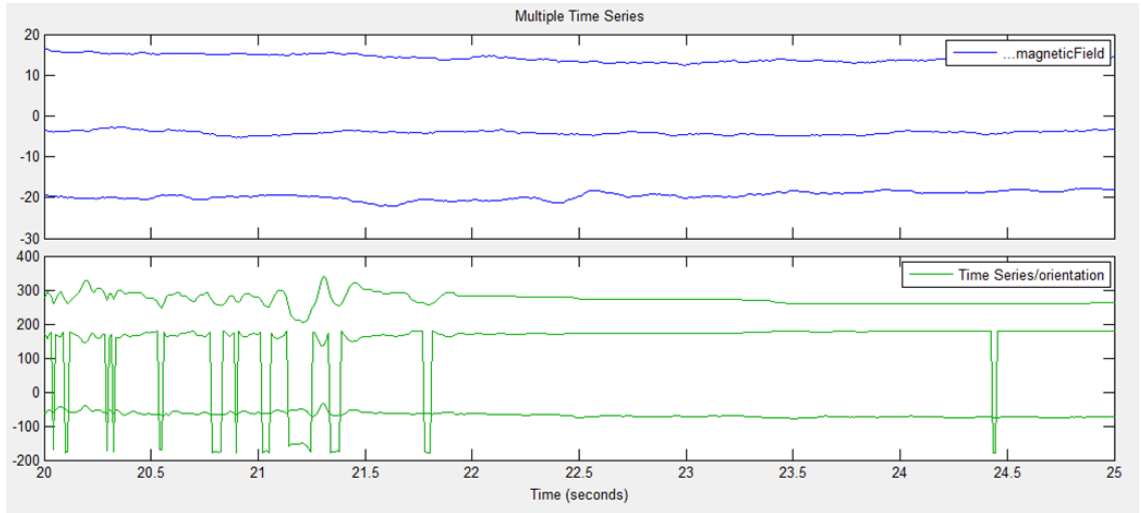


Şekil 3.12 Ses verisine göre örnek çıkarmaya yarayan prototip MATLAB programı

Ses ile işaretlemeden vazgeçildikten sonra toplanan ve Event Timestamper programı ile işaretlenen veri da MATLAB'e aktarılıp, resampling işlemine tabii tutuldu. Bu noktada karşılaşılan problem ise karşılaşılan örnekler için işaretlenen zamanlardaki kayma durumuydu. Zaman işaretleri (timestamp), araç içerisindeki bir yolcu tarafından çukur, ani fren gibi olaylar hissedildiği anda el yordamıyla kaydedilmekteydi. Fakat insanın algı ve reaksiyon süresinin her event için gösterdiği değişkenlik yüzünden işaret ile olayın oluşması arasında bir iki saniyelik farklar olabiliyordu. Bu farklar tüm event'ler için tek tek MATLAB'de grafiğe dökülüp kontrol edilerek eklenen ofset'lerle giderilmiştir.

İşaretili olaylar gözle incelendikten sonra görülmüştür ki kaydedilen tüm olaylar maksimum 5 saniye süresince gerçekleşmekte. Bu nedenle 5 saniyelik bir pencere (window) gerekli ve yeterli olduğu belirlenmiş. Buna göre 133 event'in her biri için 7 farklı algılayıcı sinyalinin hepsini içeren 5 saniyelik örnek (sample) veri MATLAB'in Time Series Collection tipinde oluşturulmuştur.

Algılayıcılardan gelen veriyi ekrana bastıktan sonra manyetik alan ile yönelim verisi arasındaki korelasyon açık bir şekilde görülmekteydi. Yönelim verisi manyetik alan verisinin yer çekimi verisi ile birleştirilerek sadece farklı bir şekilde sunumuydu. Yönelim verisinde telefonun pozisyonu eksenlere göre $[-180^{\circ}, +180^{\circ}]$ veya $[0^{\circ}, 360^{\circ}]$ arasındaki değerlerle ifade edilmekteydi. Bu ifade şekli telefonun açısız oryantasyonu sınırları aşacak şekilde döndüğünde bir takım sıçramalara neden oluyordu. Şekil 3.13'teki grafiğe bakıldığında 180° açıda dikey olarak bekleyen bir telefonun yöneliminde sadece bir kaç derecelik bir değişim bile olsa yönelim değeri -180° ile $+180^{\circ}$ derece arasında geçiş yaparak sanki 360° ye yakın bir değişim olmuş gibi bir sonuç vermekteydi. Bu nedenle bu aşamada yönelim verisinin elenip manyetik alan verisi ile devam edilmesine karar verilmiştir.



Şekil 3.13 Manyetik alan verisi ve yönelim verisindeki titreşimler.

Manyetik alan verisi telefonun bulunduğu ortama ait manyetik alanı değerini 3 eksenli olarak vermekteydi. Bu nedenle normal olarak hiç hareket etmeyen bir telefonda bile manyetik alan verisi olarak sıfırdan farklı değerler okunmaktadır. Ayrıca telefonun yakınında metal parçası gibi manyetik bir etken bulunduğunda algılayıcının dünyanın manyetik alanına göre çok yüksek değerler üretebilmesi de söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle işlenmemiş manyetik alan sinyali üzerinden harekete dair herhangi bir bilginin yorumlanması mümkün olamamaktadır. Sinyali anlamlandırmak amacıyla ivmelenme - lineer ivmelenme arasındaki ilişkiye benzer şekilde manyetik alan sinyaline alçak-geçiren filtre uygulanmış ve bunun sonucu olarak "manyetik alandaki

değişime” tepki veren bir sinyal elde edilmiştir. Bu sinyal geliştirilecek sistemin telefonun konumundan ve yöneliminden bağımsız olması amacına da uygun olacak şekilde, telefon hangi konumda olursa olsun, hareketsiz kaldığı sürece 3 eksen için de sıfıra çok yakın bir değer gösterecekti. Hareket olduğu anda da sinyaldeki değişimi görmek mümkün olabilecektir. Bu kitabın bundan sonraki kısmında manyetik alan sinyali olarak artık bu filtrelenmiş sinyalden bahsedilecektir.

Daha önce de bahsedildiği gibi bu tezde önerilen sistemin telefonu bilinen bir konuma bilinen bir yönelimle yerleştirmek gibi kullanıcı işlemleri gerektirmemesi, araç içerisinde telefonun konum ve yöneliminden bağımsız olması gerekiyordu. Bu nedenle veriden yönelimle ilgili bilgilerin elenmesi gerekmekteydi. x, y, z yön bilgilerini veriden kaldırabilmek amacıyla iki ayrı değer hesaplanmıştır. İlki değer x, y ve z'nin vektör toplamlarının büyüklüğü, bundan sonra PSG(sinyal) ile ifade edilecek; ikinci değer ise x, y, z vektörlerinin büyüklüklerinin toplamı, bundan sonra SUM(sinyal) olarak ifade edilecek. PSG(sgn) ve SUM(sgn) hesaplanırken kullanılan formüller aşağıdaki gibidir

$$PSG(sgn) = \sqrt{x_{sgn}^2 + y_{sgn}^2 + z_{sgn}^2}$$

$$SUM(sgn) = x_{sgn} + y_{sgn} + z_{sgn}$$

Çizelge 3.4 Yön bilgisi kaldırılarak hesaplanan algılayıcı verileri

Veri Tipi	Vektör Toplamı Büyüklüğü	Büyüklüklerin Toplamı
İvmelenme	PSG(acc)	SUM(acc)
Lineer İvmelenme	PSG(lin) ^{*1}	SUM(lin)
Yer Çekimi	PSG(gra)	SUM(gra)*
Açısal Hız	PSG(gyro)*	SUM(gyro)
Manyetik Alan	PSG(magnet)*	SUM(magnet)

¹ Kitapta daha sonra bahsedilecek sınıflandırma adımında karşılaşılan ilk sonuçlar göz önünde bulundurularak sadece Çizelge 3.4'te * ile işaretli olan veri gruplarının kullanılması kararlaştırılmıştır.

Bu adımdan sonra elde olan veriler Çizelge 3.4 'de gösterildiği gibidir. Tezin hızlı bir şekilde sonuçlanması için eldeki veriden bir an önce özellik çıkarımı yapmak gerekmektedir. Hâlihazırda ses sinyaline ait özellikleri kolay bir şekilde hesaplayan birçok uygulama bulunduğu için 5 saniyelik 133 sample'ın her birini ses dosyasına çevirmek amaçlanmıştır. Android algılayıcıların Çizelge 3.5'de gösterilen algılama aralıkları da göz önünde bulundurularak eldeki algılayıcı verileri ses dosyasına uygun olacak şekilde [-1,+1] arasına normalize edilmiştir. Normalizasyon sonrası her bir sinyal MATLAB wavwrite fonksiyonu kullanılarak ses dosyası olarak özellik çıkarımına hazır olacak şekilde kaydedilmiştir.

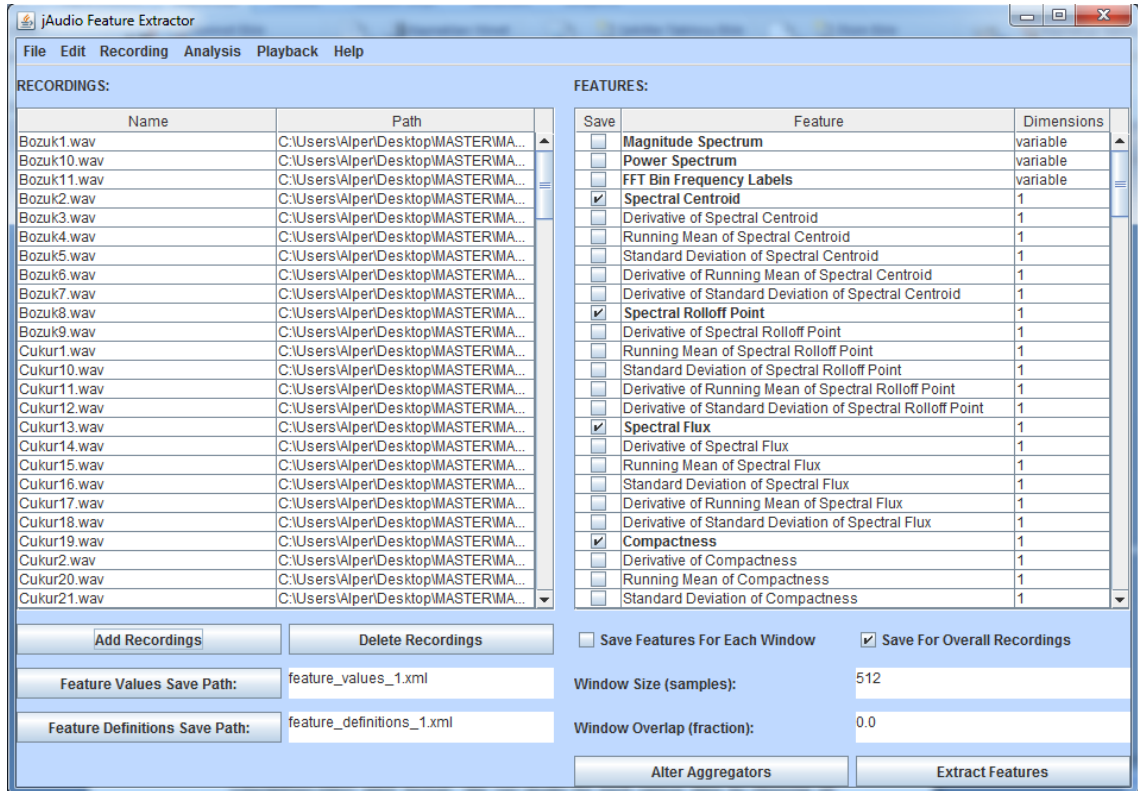
Çizelge 3.5 Android Algılayıcı algılama aralıkları

Algılayıcı Verisi	Algılama Aralığı
İvmelenme	[-19.61, +19.61]
Lineer İvmelenme	[-19.61, +19.61]
Yer Çekimi	[-19.61, +19.61]
Açısal Hız	[-8.73, +8.73]
Manyetik Alan	[-2000, +2000]

3.3 Özellik Çıkarımı ve Özellik Seçimi

Özellik çıkarımı sırasında ses dosyaları için özellik çıkarımı yapabilen jAudio [27] programından faydalanılmıştır. jAudio kendi üzerinde yerleşik bulunan özellik çıkarım algoritmalarını kullanarak, ses sinyalleri için MFCC(Mel-frequency cepstrum coefficients), LPC(linear predictive coding), spectral centroid gibi özellik çıkarmaya

yarayan bir platformdur [27]. jAudio aynı anda birden fazla dosyayı işleyebilme özelliğine sahiptir. (Bkz. Şekil 3.14)



Şekil 3.14 jAudio Ekran Görüntüsü

JAudio ses sinyallerinin özelliklerini hem kendine özgü ACE formatında hem de bir makine öğrenmesi uygulaması olan WEKA'nın [28] girdi olarak kabul ettiği ARFF formatında dışarıya aktarabilmektedir. Bu tez çalışması sırasında jAudio'yu Çizelge 3.4'ye verilen 10 farklı veri tipi için çalıştırarak daha sonra WEKA ile kullanmak üzere her biri için 1000'den fazla özellik içeren ayrı birer ARFF dosyası oluşturuldu.

jAudio kullanılarak elde edilen bu 10000 üzerinde özellik içerisinden sınıflandırmada kullanmak için az sayıda özellik seçmek gerekiyordu. Bu amaçla Çizelge 3.4'te bulunan verilerden sadece çizelge içerisinde işaretli olanların kullanılmasına karar verilerek¹ toplam özellik sayısı 10000'den 4400'ün artına düşürüldü. Fakat 4400 üzerinde özellik sayısı hala çok fazlaydı. Bu özellikleri daha da azaltmak için WEKA'nın Özellik Seçici (AttributeSelector) filtresi Greedy Backward Search ile birlikte kullanıldı. Böylece

¹ Bu kararı verirken sınıflandırma adımında yapılan denemeler göz önünde bulundurulmuştur.

özellik sayısı 41'e düşürüldü. Bu aşamadan sonra ise el yordamı ile yapılan tekrarlı denemeler ile sistemin başarımını düşürmeyecek şekilde özellik sayısı 7'ye düşürülmüştür. Seçilen özellikler Çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 Sınıflandırmada kullanılmak üzere seçilen özellikler

Açısal Hız	Magnitude Spectrum
Açısal Hız	Strongest Frequency via Spectral Centroid
Lineer İvmelenme	Magnitude Spectrum
Lineer İvmelenme	Root Mean Square
Yerçekimi	Magnitude Spectrum
Yerçekimi	MFCC
Manyetik Alan	Method of Moments

Magnitude Spectrum:

Bir örnek kümesinden FFT(Fast Fourier Transform) genlik spektrumunu (magnitude spectrum) çıkaran özellik çıkarıcıdır. Bir pencere içerisindeki farklı frekanslı bileşenlerin genliğini değerlendirmek konusunda başarılı bir ölçüttür. Genlik spektrumu FFT'nin Hann Penceresi kullanılarak hesaplanması sonucu bulunur. [29]

Strongest Frequency via Spectral Centroid:

Spectral Centroid'e bakarak sinyal içerisindeki en güçlü frekansı bulmaya yarayan özellik çıkarıcıdır. Spectral centroid spektrumun ağırlık merkezi demektir. [29]

Root Mean Square(RMS):

Bir veri kümesi üzerinden Root Mean Square'i çıkarmaya yarayan özellik çıkarıcıdır. Sinyalin gücünü bulma konusunda başarılı bir metriktir. RMS kümenin her bir verisinin karesi alınarak toplanması sonucu oluşan değerini veri sayısına bölünüp karekökünü alınması ile bulunur. [29]

Mel-Frequency Cepstrum (MFCC):

Orange Cow Volume projesinde kullanılan MFCC kodunun kullanılması ile hesaplanan bir özelliktir. [29] Bir sinyale ait MFCC değerlerini bulabilmek için sinyalden çıkarılan pencereye önce Fourier dönüşümü uygulanarak frekans spektrumu bulunur. Bu spektruma Mel-ölçeği adı verilen bir takım filtreler uygulanarak çıkan değerlerin logaritması alınır. Logaritması alınan değerler de ayrık kosinüs dönüşümüne (discrete cosine transform) tabi tutulduktan sonra MFCC değerlerine ulaşılır.

Method of Moments:

Bu özellik çıkarıcı Fujinaga'nın [30] öne sürdüğü ilk 5 istatistiksel moment metodunu hesaplar. [29]

3.4 Sınıflandırma

WEKA kendi üzerinde sınıflandırma algoritmalarının önemli bir bölümünü barındırmaktadır. Bu algoritmalar kendilerine uygun olan veri setleri ile birlikte kullanılabilirler. Tez çalışmasının bu aşamasında da WEKA en uygun sınıflandırma algoritmasını seçmek amacıyla kullanılmıştır. Tasarımın ilk aşamalarında bayesian network (BN), logistic model trees (LMT), multiLayer perceptron (MP), ve support vector machine (SVM) algoritmalarını yolculukta karşılaşılan olayları algılama oranlarına göre test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.6'da gösterilmiştir. Çalışmanın devamında ise bu sınıflandırma algoritmalarından en başarılı sonucu veren Bayesian Network algoritması kullanılmıştır.

Sınıflandırma yapılırken sistem başarımını ölçmek için her seferinde bir örneğin dışarıda bırakıldığı çapraz geçerlilik (leave-one-out cross fold validation) yönteminden faydalanılmıştır. Çapraz geçerlilik uygulamasında eğitim verisinden her seferinde sadece bir adet parça dışarıda bırakılarak geriye kalan 'n-1' parça ile sistem eğitilir. Daha sonra dışarıda bırakılan bu parça ile sistem test edilir. Bu işlem her parça test grubuna dâhil olacak şekilde 'n' defa tekrarlanır. Böylece her bir örnek ayrı ayrı test edilmiş olur. Bu çalışmada örnek sayısı 133 olduğu için her defasında sadece bir örnek dışarıda bırakılarak geriye kalan 132 örnek ile sistem eğitilmiş ve dışarıda bırakılan örneğin hangi sınıfa denk düştüğü test edilmiştir.

Çizelge 3.7 İlk denemelere göre sınıflandırma algoritmalarının başarısı

	BN	LMT	MP	SVM
Başarı Oranı	74,4	72,2	66,8	60,2

Çizelge 3.8’de 8 sınıf Bayesian Network algoritması ile yapılan sınıflandırma için hata matrisi verilmiştir. Bu hata matrisi dikkatli incelendiğinde bazı olay tiplerin birleştirilerek sistemin sınıflandırma performansının iyileştirilebileceği görülmektedir. Bu çalışmada bizim asıl amacımız yol şartları ve sürüş kalitesi ile ilgili olayları, telefonun hareket ettirilmesini algılayıp birbirinden ayırt etmektir. Buna dayanarak da bozuk yol, çukur, tümsek olayları *Yol Olayları*; sert dönüş, sert fren, aşırı hızlanma olayları *Sürüş Olayları* adı altında birleştirilmiştir. Bu sınıf azaltma işlemi sonucunda indirgenmiş sınıf grubu dört sınıftan oluşmuştur, yol olayları, sürüş olayları, telefonun yerinin değiştirilmesi ve normal sürüş. (Bkz. Çizelge 3.3’de verilen eşleşme.)

Çizelge 3.8 Sınıflandırma Hata Matrisi; 8 olay tipi için

Sınıflandırma =>	a	b	c	d	e	f	g	H
Bozuk Yol (a)	2	5	0	1	1	1	1	0
Çukur (b)	0	19	0	2	0	0	4	1
Sert Dönüş (c)	0	1	23	0	0	0	0	0
Sert Fren (d)	0	1	0	20	0	1	0	0
Aşırı Hızlanma (e)	0	0	0	4	2	0	0	0
Telefonun Hareketi (f)	1	0	0	0	0	14	0	0
Normal Sürüş (g)	0	1	0	0	0	0	18	1
Tümsekler (h)	1	4	0	1	1	0	0	1

Olay tiplerini 4 sınıf altında gruptandıktan sonra yapılan sınıflandırmada sistemin başarı oranı %91’e ulaşmıştır. Bu 4 sınıf için sınıflandırma hata matrisi Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Sınıflandırma Hata Matrisi; 4 olay tipi için

Sınıflandırma =>	a	b	c	d	TP oranı ¹	FP oranı ²
Yol Olayları (a)	39	4	0	2	0,877	0,057
Sürüş Olayları (b)	3	50	0	0	0,943	0,063
Telefonun Hareketi (c)	0	1	14	0	0,933	0
Normal Sürüş (d)	2	0	0	18	0,9	0,018
Genel Başarım:					0,91	0,047

WEKA'da yapılan sınıflandırma işlemi sonucunda hem 8 sınıf için hem de 4 sınıf için elde edilen sınıflandırma bilgileri model olarak kaydedilmiştir. Böylece bu modelleri kullanarak daha sonra gelecek yeni verileri sınıflandırmak mümkün olabilecektir.

¹ True Possitive - Gerçek Pozitif oranı: Sınıflandırma sonucu x sınıfında bulunan olayların içerisinde gerçekte x sınıfında olanlarının tümüne oranıdır.

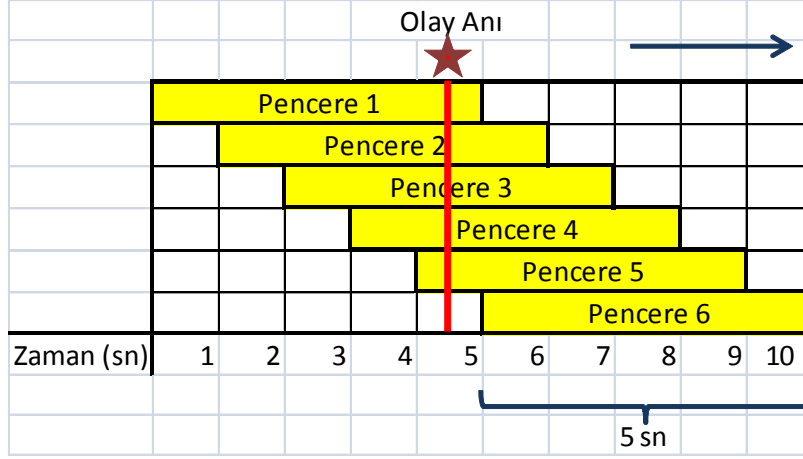
² False Possitive - Yanlış Pozitif oranı: Sınıflandırma sonucu x sınıfında bulunan olayların içerisinde gerçekte x sınıfında olmayanların tümüne oranıdır.

GERÇEK HAYAT UYGULAMASI

Tezin geliştirilmesi sırasında örnekler uzun bir veri kaydının içerisinde el ile işaretlenerek seçilmiş, işaretlerden problemliler olanlar el yordamıyla düzeltilmişti. Fakat gerçek hayat uygulamalarında seyahat sırasında elde edilen veriden örneklerin çıkarılması söz konusu olmamaktadır. Toplanan verinin gerçek zamanlı olarak aracın seyahati sırasında veya seyahatin sonrasında bir bütün olarak alınıp incelenmesi puanlama yapılması daha tercih edilir olacaktır.

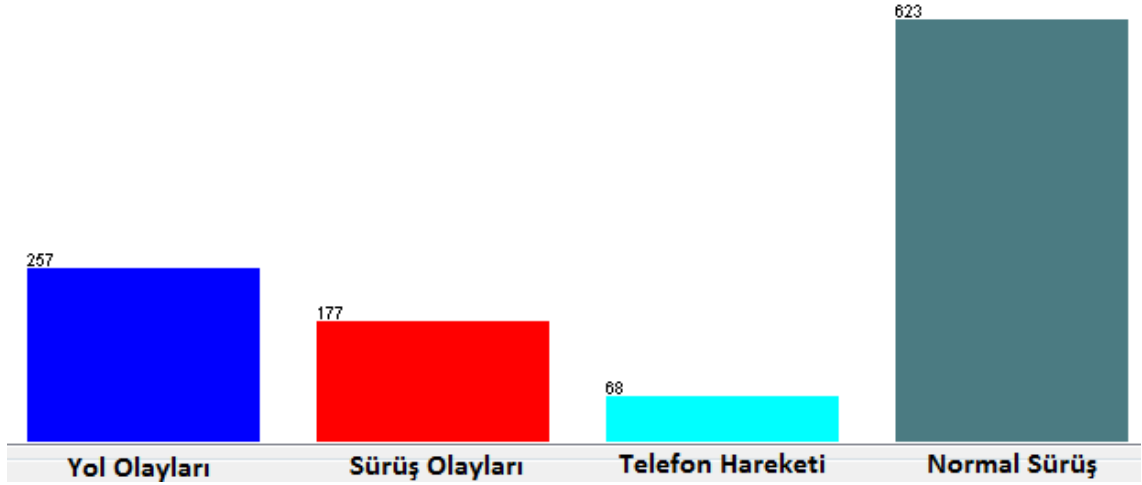
Önerilen sistemin gerçek hayatta da uygulanabilirliğinin gösterilmesi amacıyla, örneklerin el ile seçilmediği bir uygulama yapılması önemliydi. Bu amaçla yaklaşık 20 dakikalık yeni bir algılayıcı verisi toplandı. Bu son veri toplanırken aynı zamanda araç içerisinde bulunan bir bilgisayara bağlı kamera da aracın sol ön kapısının üzerine sabitlenerek yolun görüntüsü ve araç içi ses de kaydedildi.

Gerçek hayat uygulaması için toplanan bu son algılayıcı verisinin tamamını değerlendirmek amaçlandığı için veriden Şekil 4.1'de gösterildiği gibi her saniye için devam eden 5 saniyeyi kapsayacak şekilde pencereler çıkarılmıştır. Bu yaklaşım sebebiyle pencereler üst üste binmekte, çukura düşme gibi anlık bir olay bile 4 ayrı pencereye girebilmektedir. Dönüşler gibi süregelen olaylar ise bu sayıdan da fazla pencereye girebilmektedir.



Şekil 4.1 Gerçek hayat uygulaması verisinde pencerelerin yerleşimi

Veriden pencereler çıkarıldıktan sonra bu pencerelerin her biri daha önceki veriler üzerinden WEKA’da oluşturulan 8 sınıf modeli ve 4 sınıf modeli ile sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucu 4 sınıfa göre dağılımlar Şekil 4.2’deki gibidir. Buna göre sistem bu yolculuğun %23’ünde yol ile ilgili sorunlar yüzünden, %16’sında sürüş ile ilgili sorunlar yüzünden rahatsızlık meydana geldiği ve yolculuğun %6’sında ölçüm yapılan telefonun hareket halinde olduğu çıkarımlarına ulaşılmıştır. Yolculuğun geri kalanında herhangi bir problem yaşanmamıştır.



Şekil 4.2 Gerçek hayat uygulaması sonucu olayların saniyelere dağılım grafiği

Böylece, sınıflandırma sonucunda her saniye için olay bilgisi elde edilmiş oldu. Daha sonra bu olay bilgileri önce metin dosyasına çıkılıp, daha sonra altyazı dosyasına çevrilerek; veri toplarken kaydedilen videoya eklenmiştir. Bu videoda sistemin algıladığı

olayı Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 deki gibi olay anına denk düşecek şekilde alt yazı olarak görmek mümkün olmuştur.



Şekil 4.3 Sistemin çukur (pothole) algıladığı bir anın video üzerinde görüntüsü



Şekil 4.4 Sistemin sert dönüş (hard turn) algıladığı bir ana ait görüntü

4.1 Gerçek Hayat Uygulamasında Elde Edilen Sonuçlar

Bu bölümde gerçek hayat uygulaması sırasında elde edilen sonuçlar ve altyazı ile işaretlenmiş videodan yapılan çıkarımlar maddeler halinde verilmiştir.

- 8 olay tipine göre yapılan sınıflandırmada yolculuk boyunca birçok tümsekten geçildiği halde sonuçta hiçbir tümsek sınıflandırılmadığı, tümseklerin hemen hepsinin çukur olarak sınıflandırıldığı görülmüştür. Bunun sebepleri arasında daha önceki sınıflandırmada da olduğu gibi tümsek ve çukur olaylarının birbirine benzemesi ve eğitim verisinin toplandığı alanda yol üzerinde doğal tümsekler olmasına karşın uygulama verisinde sadece yapay hız kesiciler bulunması söylenebilir.

- Araç çok yavaş ve çok hızlı olduğu durumlarda sınıflandırmanın başarısı düşebilmektedir.
- Olayın gerçekleştiği pencerelerden hemen önceki ve hemen sonraki pencerelerde, geçişler sırasında sınıflandırma başarısı düşmektedir. Bunun nedeni olaya dair sinyal değişikliklerinin pencere verisinde kısmi olarak bulunması nedeniyle pencereden çıkarılan özelliklerin aslında ilgisi olmayan başka bir olay tipi özelliklerine benzemesidir. Şekil 4.1'deki pencere 1 ve pencere 4 bu şekilde yanlış sınıflandırılabilme ihtimali yüksek pencerelere örnek olarak gösterilebilir.
- Aynı anda iki olay tipi birlikte gözlemlendiğinde (çukur ve ani hızlanma gibi) sistem o an daha baskın olan olayı bulma eğilimi göstermektedir.

4.2 Performans İncelemesi

Sistemin performansı gerçek hayatta uygulanabilirliği açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle bu başlık altında 5 saniyelik bir pencere verisinin PC üzerinde sınıflandırılması için harcanan gerçek zaman ve işlemci (CPU) zamanı¹ ölçülüp, elde edilen değerler akıllı telefon işlemcisine oranlanarak telefon üzerindeki tahmini zaman değerleri bulunmuştur.

Çizelge 3.6'ya göre bir adet pencerenin özelliklerini çıkarırken birer defa Strongest Frequency via Spectral Centroid (SFSC), Root Mean Square (RMS), Method of Moments (MOM) ve MFCC hesaplamaları yapmak gerekirken 3 defa da Magnitude Spectrum (MS) hesaplaması yapmak gerekmektedir. Bu işlemler jAudio'da çok kısa sürede gerçekleştiği ve Windows 7'nin kendi görev yöneticisi işlemci zamanını ancak saniye ve katları cinsinden belirtebildiği için tek bir işlemin ölçülmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle 100.000 örneğe denk gelecek uzunlukta bir ses dosyası hazırlanıp jAudio programına input olarak verilmiş. Bu dosyanın her penceresi için her

¹ Bir programa ait komutların gerçekten de işlemci üzerinde çalıştırıldığı süredir. Giriş/Çıkış (I/O) zamanı, kuyruk zamanı gibi zamanlar işlemci zamanına dahil değildir.

özellik tekrar hesaplatılarak zaman değerleri Çizelge 4.1'deki gibi ölçümlenmiştir. Bu değerler 100.000'e bölünerek ise yaklaşık hesaplama süreleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.1 Özellik çıkarımı algoritmaları için geçen zaman ve CPU zamanları

Özellik	100.000 Pencere		1 Pencere	
	Zaman(sn)	CPU (sn)	Zaman(sn)	CPU (sn)
MS	13,22	13,00	0,00013	0,00013
SFSC	2,24	2,00	0,00002	0,00002
RMS	3,69	3,00	0,00004	0,00003
MOM	10,99	11,00	0,00011	0,00011
MFCC	12,80	12,00	0,00013	0,00012
Toplam	42,94	41,00	0,00043	0,00041

Çizelge 4.1'deki değerler göre bir pencerenin özelliklerinin çıkarılması için geçen CPU zamanı $MS*3 + SFSC + RMS + MOM + MFCC = 0,00069$ saniye = **690 mikrosaniye** olarak bulunur.

Bayesian Network sınıflandırma algoritması için Weka'da eğitim verisi kullanarak hazırlanan sınıflandırma modeli kullanılarak 100.000 örneğin sınıflandırılması için harcanan CPU zamanı yaklaşık olarak 2 saniyedir. Bu da tek bir örneğe oranlanırsa 20 mikrosaniye değeri elde edilir.

2,4 GHz'lik işlemciye sahip Macbook Pro bilgisayar için yukarıda hesaplanan değerler göz önünde bulundurulduğunda bir pencerelik veriyi sınıflandırma için geçen süre $690+20 = 710$ mikrosaniye olarak bulunur. Bu tez çalışmasında akıllı telefonlardan toplanan veri PC üzerinde işlenmesine karşın, ileride bu tezi temel alarak tasarlanması muhtemel gerçek hayat uygulamalarının sınıflandırma işlemini de gerçek zamanlı olarak akıllı telefonlar üzerinde yapma ihtimali söz konusudur. Yaklaşık bir hesapla ¹

¹ Aslında CISC (Complex Instruction set Computing) mimarisinde komutların çalışma süreleri (cycle) ve uzunlukları işlemciden işlemciye değişiklik gösterdiği için bu şekilde kurulan bir doğru orantının kesin sonuç vermesi mümkün değildir. Yine de oranlama sonucu elde edilen CPU zamanındaki hata payı misli ölçülerde olması da beklenmediği için yaklaşık bir değer elde edilmiş olacaktır.

kullanılan kod 2,4 GHz'lik Macbook Pro işlemcisi yerine 1,2 GHz'lik Samsung Galaxy S II akıllı telefon üzerinde çalışsaydı $710*2=1420$ mikrosaniye = 1,42 milisaniyelik CPU harcayacak, yani yeterli kaynağı alması durumunda 2 milisaniyeden daha kısa bir süre içerisinde çalışmasını tamamlanacaktı diyebiliriz.¹

¹ Kodların her iki işlemcinin de tek çekirdeği üzerinde çalıştığı varsayılmıştır. jAudio ve Weka'da test edilen kodlar da çok işlemcili çalışma şekline uygun olmayıp tek çekirdek üzerinde çalışmaktadır. Her iki programda Java üzerinde çalıştığı için kodlar çok ufak değişikliklerle Android işletim sisteminde çalışabileceği öngörülmüştür.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında motorlu araçlar ile yapılan seyahatin kalitesinin değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma, daha önce var olan yaklaşımların aksine yol kalitesi ve sürüş kalitesini aynı anda değerlendirebilmektedir. Bu sistem henüz basit bir halde olmasına karşın etkinliği ve gerçek hayat uygulamalarında kullanılabilir olduğu bu tez çalışmasıyla ortaya konulmuştur. Ayrıca sistem Android tabanlı cep telefonları üzerinde çalıştığı için hem taşınabilirliği yüksektir hem de kurulum ve bakım maliyeti çok düşük olmuştur. Bu çalışmadaki denemelerimiz sonucunda önerdiğimiz sistemin yolculuk ile ilgili olayları %91'e varan başarı oranları ile algılayabildiği görülmüştür. Bu nedenlerden ötürü bu sistemin karayolu taşımacılığında yolculuk kalitesini ve güvenliğini artıracak uygulama alanlarında kullanılabileceğine inanıyoruz.

Sistem gerçek hayat uygulamalarında kullanılacağı zaman başarımını daha fazla artırmak için eğitim verisi içerisinde her olay tipi için örnek sayısının misli olarak artırılması, verilerin çeşitli araç modelleri için ayrı ayrı toplanması önerilmektedir. Sistem başarımının düşük ve yüksek hızlarda değişim göstermesi nedeni ile eğitim verisine GPS algılayıcısından gelen hız sinyali de eklenerek. Chen vd uygulamasında [4] olduğu gibi farklı hızlara göre farklı sınıflandırma yaklaşımı değerlendirilebilir. Bölüm 4'te bahsedilmiş olan geçiş pencerelerinin yanlış sınıflandırılması sorunu için pencere genişliği daha düşük bir değere indirilerek, olaylar arası geçişe denk gelen pencerelerin yeni geçiş sınıfları olarak eğitim verisine eklenmesi düşünülebilir.

Sistemin kullanılabileceği alanlara örnek vermek gerekirse;

- Belediyeler, toplu taşıma araçlarında veri toplayarak, şoförlerin sürüş kalitesine göre performans değerlendirmesi yaparak sürüş kalitesini artırabilirler.
- Yol bakımı ve güvenliğinden sorumlu kurumlar araç içerisinde kullanılacak bir uygulama geliştirerek, yol üzerinde karşılaşılan bozuklukların otomatik olarak kendilerine rapor edilmesini sağlayabilirler. Böylece bir bölge için gelen uyarı sayısı belli bir eşik değerine ulaştığında o yola yapılan bakımı önceliklendirebilirler. Bu amaçla kullanılacak uygulamalara örnek olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesinin geliştirdiği şehir için anlık trafik bilgisi veren İBB Cep Trafik [31] uygulaması örnek verilebilir.
- Hasta taşıyan, taşıdıkları hastanın kimi zaman en ufak bir sarsıntıya bile maruz kalmaması gereken ambulans şoförlerinin denetimi için yine önerdiğimiz sistemden faydalanılabilir.
- Kasko ve motorlu taşıtlar için sigortası hizmeti veren şirketler genellikle prim hesabını sürücünün ceza puanı ve geçmiş kazalarını göz önünde bulundurmakta, güvenli sürüşü teşvik etmektedirler. Fakat sürücünün hiç kaza yapmamış olması veya trafik kurallarına uyararak hiç ceza almamış olması sürücünün güvenli araç kullandığı anlamına gelmemektedir. Sürücü kalitesine göre prim indirimi yapan sigorta şirketleri, müşterilerinden cep telefonlarına yükleyecekleri ve araca binince telefonun NFC(Near-Field Communication) özelliği ile aktifleşen bir uygulamayı bir yıl süre ile kullanmalarını isteyerek. O yıl içerisinde en güvenli araç süren sürücüleri ücretsiz sigorta ile ödüllendirerek hem kârlarını artıracaklar hem de trafik kazaları oranını azaltabileceklerdir.
- Araç içerisinde gerçek zamanlı sonuç üretebilecek bir akıllı telefon uygulaması hazırlanarak sürücülerin kendi kendilerini değerlendirip yeteneklerini geçiştirmesi sağlanabilir.

Önerdiğimiz sistemin kullanım alanlarını yukarıdakilere benzer şekilde daha da çeşitlendirmek mümkündür.

- [1] J. Eriksson, L. Girod, B. Hull, R. Newton, S. Madden ve H. Balakrishnan, (2008). "The pothole patrol: using a mobile sensor network for road surface monitoring", *6th international conference on Mobile systems, applications, and services*, New York.
- [2] P. Mohan, V. N. Padmanabhan ve R. Ramjee, (2008). "Nericell: rich monitoring of road and traffic conditions using mobile smartphones" *6th ACM conference on Embedded network sensor systems*, New York.
- [3] A. Mednis, G. Strazdins, R. Zviedris, G. Kanonirs ve L. Selavo, (2011). "Real time pothole detection using Android smartphones with accelerometers", *Distributed Computing in Sensor Systems and Workshops*.
- [4] K. Chen, M. Lu, X. Fan, M. Wei ve J. Wu, (2011). "Road condition monitoring using on-board Three-axis Accelerometer and GPS Sensor", *Communications and Networking in China, 2011 6th International ICST Conference*.
- [5] A. Ghose, P. Biswas, C. Bhaumik, M. Sharma, A. Pal ve A. Jha, (2012). "Road condition monitoring and alert application: Using in-vehicle Smartphone as Internet-connected sensor", *Pervasive Computing and Communications Workshops*
- [6] D. Johnson ve M. Trivedi, (2011). "Driving style recognition using a smartphone as a sensor platform", *Intelligent Transportation Systems, 2011 14th International IEEE Conference*.
- [7] T. Imkamon, P. Saensom, P. Tangamchit ve P. Pongpaibool, (2008). "Detection of hazardous driving behavior using fuzzy logic", *Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*.
- [8] M. Fazeen, B. Gozick, R. Dantu, M. Bhukhiya ve M. C. González, (2012). "Safe Driving Using Mobile Phones", *Intelligent Transportation Systems*, PP99: 1-7.

- [9] EHow.Com C.J.D., "How Do Potholes Damage Cars?", http://www.ehow.com/how-does_5147525_do-potholes-damage-cars.html, 16 Temmuz 2012.
- [10] C. R. Massey R, "Daily Mail | Potholes cause more than £1m damage to cars EVERY day", <http://www.dailymail.co.uk/news/article-1168103/Potholes-causing-1m-damage-cars-EVERY-day.html>, 15 Temmuz 2012.
- [11] S. Ulucay, (2011). "Traffic Management in an Intercontinental City: Istanbul", *International Convergence on Advanced Materials* .
- [12] İ. Meşeli, "İvmeölçer", <http://www.ilkaymeseli.com/2011/05/ivmeolcer/>, 16 Ağustos 2012.
- [13] Google, "Google Images", <http://images.google.com>. 15 Temmuz 2012
- [14] TÜBİTAK, (2002). "Çayroskoplara Nasıl Çalışır?", *Bilim ve Teknik*, Yayın No:420
- [15] GeekNizer, "How Analog, Digital Gyroscopes Work", <http://geeknizer.com/how-gyroscope-works/> 15 Temmuz 2012.
- [16] Rehber Ansiklopedisi, "Ansiklopedik Bilgi | Manyetometre", <http://www.turkcebilgi.com/ansiklopedi/manyetometre>, 17 Ağustos 2012.
- [17] GSMarena, "GSM Arena", <http://www.gsmarena.com>, 16 Ağustos 2012.
- [18] "SiamPhone", . http://www.siamphone.com/review/2011/samsung/galaxy_s_ii/page.htm, 16 Ağustos 2012.
- [19] EveryMac.com, "Mac Book Pro Specifications", http://www.everymac.com/systems/apple/macbook_pro/specs/macbook-pro-core-2-duo-2.4-aluminum-13-mid-2010-unibody-specs.html, 16 Ağustos 2012.
- [20] Google, "Android Play Store", <https://play.google.com/>, 16 Ağustos 2012.
- [21] Suitable Systems, "Seismac", <http://www.suitable.com/tools/seismac.html>, 16 Ağustos 2012.
- [22] SourceForge, "Audacity", <http://audacity.sourceforge.net/>, 16 Ağustos 2012.
- [23] Google, (2012) "PowerManager.WakeLock", <http://developer.android.com/reference/android/os/PowerManager.WakeLock.html>, 15 Temmuz 2012.

- [24] Google, "OnSensorChanged() is no longer called in standby mode since last Firmware upgrade", <http://code.google.com/p/android/issues/detail?id=3708>. 15 Temmuz 2012.
- [25] Google, "Sensor | Android Developers", <http://developer.android.com/reference/android/hardware/Sensor.html>, 15 Temmuz 2012.
- [26] MathWorks, "audioplayer | MATLAB", <http://www.mathworks.com/help/techdoc/ref/audioplayer.html>. 15 Temmuz 2012.
- [27] D. McEnnis, C. McKay, I. Fujinaga ve P. Depalle, (2005). "jaudio: A feature extraction library", *6th International Conference on Music Information Retrieval*.
- [28] I. H. Witten ve E. Frank, (2002). "Data mining: practical machine learning tools and techniques with Java implementations", *SIGMOD Rec.*, 31:1:76-77.
- [29] "jAudio 1.0 Feature Appendix", 2012. <http://jaudio.sourceforge.net/jaudio10/features/feature.html>.
- [30] I. Fujinaga, (1997). "Adaptive Optical Music Recognition", Doktora Tezi, McGill University, Motreal.
- [31] İstanbul Büyükşehir Belediyesi, (2012) "İBB CepTrafik", <http://tkm.ibb.gov.tr/ceptrafik/>. 16 Ağustos 2012.
- [32] Google, "Sensor Logger", <http://play.android.com> 16 Ağustos 2012.
- [33] Android.com, "Event Timestamper", <http://play.android.com> 16 Ağustos 2012.
- [34] Google Inc., "Android Web Safyası", <http://www.android.com/>. 18 Ağustos 2012.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ahmet Alper TECİMER
Doğum Tarihi ve Yeri : 01.11.1987 Malatya
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : alper@tecimer.net

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Bilgisayar Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2009
Lise	Fen Bilimleri	Malatya Fen Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2009 - 2012	Garanti Teknoloji	Sistem ve Veri Yönetimi Uzmanı

Proje

1. Telsiz Algılayıcı Ağlar Simülasyonu (Lisans Ara Proje)
2. z/OS İşletim Sistemi Yönetim Arayüzü (Lisans Bitirme Projesi)

ÖDÜLLERİ

1. SHARE Academic Award for Excellence (ABD / 2010)
2. IBM Master the Mainframe Yarışması Türkiye 2.liği (2012)