



**İNSANLI VE İNSANSIZ ÖĞRENEN ARAÇLARDA
SÜRÜŞ DAVRANIŞI VE TRAFİK EKOSİSTEMİ**

Mücahit KARADUMAN

**Yüksek Lisans Tezi
Ekobilişim Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Haluk EREN
OCAK-2018**

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İNSANLI VE İNSANSIZ ÖĞRENEN ARAÇLARDA SÜRÜŞ DAVRANIŞI VE
TRAFİK EKOSİSTEMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mücahit KARADUMAN
(151141107)

Anabilim Dalı: Ekobilişim

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Haluk EREN

OCAK-2018

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNSANLI VE İNSANSIZ ÖĞRENEN ARAÇLARDA SÜRÜŞ
DAVRANIŞI VE TRAFİK EKOSİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mücahit KARADUMAN

(151141107)

Anabilim Dalı: Ekobilisim

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 Aralık 2017

Tezin Savunulduğu Tarih : 12 Ocak 2018

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Haluk EREN (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Muhammed Fatih TALU(İnönü Ü.)

Yrd. Doç. Dr. Mustafa KAYA (F.Ü)

OCAK-2018

ÖNSÖZ

Bu tezde, sürücü davranışları ve gelişmiş sürücü destek sistemleri üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalar yapılırken akıllı telefon sensörlerinden faydalanılmaktadır. Belirli bir güzergâhta hareket eden bir araç içinden alınan veriler ve bu verilerin etiketlenmesi ile geliştirilen bir sistem oluşturulmaktadır. Daha sonra sürekli gelişen bir sisteme dönüştürülerek sürüş esnasında sürücünün hangi davranışı sergilediği ve genel sürüş profilinin ne olduğu hakkında tespitler yapılmaktadır. İleri sürücü destek sistemlerinin sürücülere daha etkin bir şekilde yardım edebilmeleri için sürücü davranışlarının daha iyi anlaşılması sağlanmış olunacaktır. Bu çalışmanın konu ile ilgili çalışma yapan diğer kişileri aydınlatması ve yön vermesini dilerim.

Danışmanın Yrd. Doç. Dr. Haluk EREN 'e tez boyunca maddi ve manevi yaptığı tüm katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Bana her zaman güvenen ve maddi, manevi destek olan eşim ve tüm aileme teşekkür ederim.

Mücahit KARADUMAN

ELAZIĞ – 2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLOLAR LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Sürücülü ve Sürücüsüz Sistemler	1
1.2. Literatür Taraması	2
1.3. Tezin Amacı ve Kapsamı	6
1.4. Tezin Yapısı.....	6
2. İNSAN DAVRANIŞLARI VE ÖĞRENME	9
2.1. Öğrenme ve Etkileri.....	9
2.2. Yapay Zekâ ve Derin Öğrenme Yöntemleri.....	10
2.2.1. Evrimsel Sinir Ağları	11
2.2.2. Derin Otomatik Algılayıcılar	12
2.2.3. Tekrarlayan Sinir Ağı	13
2.2.4. Derin Boltzmann Makineleri	13
2.2.5. Derin İnanç Ağı	14
3. SÜRÜCÜ DESTEK SİSTEMLERİNİN TEMELLERİ.....	15
4. AKILLI ŞEHİRLERDE AKILLI SÜRÜŞ ÖNERİSİ	26
4.1. Giriş	26
4.1.1. Problem Tanımı	27
4.1.2. Önerilen yaklaşım.....	28
4.1.3. Makalenin Ana Hatları	30
4.2. Sistem Ana Hattı.....	30
4.3. Değerlendirmeler ve sonuçlar.....	34
5. AKILLI TELEFON SEYAHAT VERİLERİNDEN YOL VİRAJLARININ SINIFLANDIRILMASI VE SÜRÜŞ PROFİLİ ÇIKARILMASI ÖNERİSİ.....	35
5.1. Giriş	35

5.1.1. Problem Tanımı	35
5.1.2. Önerilen Yaklaşım	35
5.1.3. Makalenin Ana Hatları	36
5.2. Sistem Teorisi	36
5.3. DeneySEL Sonuçlar	42
5.4. Sonuçlar ve Gelecek Çalışmalar	45
6. DERİN ÖĞRENME TEMELLİ TRAFİK YÖN İŞARETİ ALGILAMA VE SÜRÜŞ STİLİ BELİRLEME ÖNERİSİ	47
6.1. Giriş	47
6.1.1. Motivasyon	47
6.1.2. Problem Tanımı	47
6.1.3. Önerilen Yaklaşım	47
6.1.4. Katkı	48
6.1.5. Makalenin Ana Hatları	48
6.2. Önerilen Sisteme Genel Bakış	48
6.3. Simülasyon Sonuçları	52
6.4. Sonuçlar	55
7. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇLAR.....	56
KAYNAKLAR.....	57
EKLER	63
EK 1. Uygulama İçin Kullanılan Örnek Veri Tipleri	63

ÖZET

Günümüzün vazgeçilmez ulaşım ve taşıma unsurları olan vasıtalar insan hayatında önemli bir yer tutmaktadırlar. Bu vasıtaların sürüşleri esnasında güvenlik ve konfor sürücüler için önemli konular arasında yer almaktadır. Sürücüler, kullandıkları araçların olası hatalı bir sürüş davranışı esnasında gerekli uyarıyı yapabilecek ve müdahale yetkinliğe sahip olmasını istemektedirler. Yoksa bu hatalar can ve mal kaybına sebebiyet verebilmektedir. Günümüzde geliştirilen otomobil sistemleri sürücü destek sistemleri ile donatılmaktadırlar. Bu sürücü destek sistemleri geçmiş sürüş deneyimleri analiz edilerek sürücülerin hataları ve eksik yanları belirlenerek geliştirilmişlerdir. Bu sistemler genellikle statik yapıda olmakta ve sürekli aynı müdahaleler yapmaktadırlar. Bu sistemler için sürücünün kim olduğu ve nasıl bir ruh haline sahip olduğunun bir önemi yoktur. Gerçekleşen davranışlar ve gerçekleşebilecek davranışlar bellidir. Bu davranışlara verecekleri cevaplar ve müdahalelerde bellidir.

Bu çalışmada, öncelikle belirli bir güzergâhta hareket eden bir sürücünün verileri geliştirilen android uygulaması kullanılarak akıllı telefon sensörlerinden alınmakta ve sürücü hakkında bilgi veritabanı oluşturulmaktadır. Daha sonra bu veriler etiketlenmekte ve bu etiketler sayesinde sürücünün yolun hangi bölgesinde nasıl davrandığı belirlenmektedir. Bu adımın ardından sürücünün genel sürüş profili belirlenmektedir. Genel sürüş profili çıkarılan sürücü tekrar arabayı sürmeye başladığında sürüş verileri alınmaya devam edilmekte ve elde edilen sonuçların geliştirilmesi sağlanmaktadır. Böylece sürekli gelişen ve güncellenen bir sistem oluşturulmaktadır. Sürücüler değiştiğinde yeni sürücü içinde sürüş profili oluşturabilen ve bu sürücünün profiline göre gelişmiş sürücü destek sistemini harekete geçiren bir sistem oluşturulmuş olunacaktır. Böylece, sürücülü ve sürücüsüz otomobillerin destek sistemlerinin daha etkin bir şekilde destek sağlaması ve efektif bir müdahale yapısına sahip olması sağlanmak istenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Otomobiller, Derin Öğrenme, Gelişmiş Sürücü Destek Sistemi, Akıllı Telefon, Sensörler, Android Uygulaması.

SUMMARY

Driving Behavior in Manned and Unmanned Learning Vehicles and Traffic Ecosystems

Today's indispensable means of transport and transportation are important in human life. This is one of the important issues for drivers of safety and comfort during driving of vehicles. Drivers want their vehicles to be alerted and intervened in a possible malfunction. Otherwise, these faults can cause loss of life and property. Today, developed automobile systems are equipped with driver support systems. These driver support systems have been developed by analyzing past driving experiences and determining the deficiencies and incompleteness of the drivers. These systems are usually static and consistently perform the same interventions. For these systems, it is not a matter of who the driver is and what kind of mood he has. Actual behaviors and behaviors that can be achieved, and the answers and interventions they will give to these behaviors.

In this thesis, firstly the data of a driver moving on a certain route is taken from the smartphone sensors using the developed android application, and a database of information about the driver is created. Later, this data is labeled, and it is determined by which labels the driver behaves in which region of the path. Following this step, the driver's overall driving profile is determined. When the driver of the general driving profile starts driving the car again, driving data is still being received and the results obtained are being improved. Thus, a system that is constantly evolving and updated is being created. When the driver changes, a system will be created that can create a driving profile within the new driver, and activate the advanced driver support system based on the profile of that driver. Thus, it is desired that the support systems of the driverless and non-driverless vehicles provide more effective support and have an effective intervention structure.

Keywords: Smart Cars, Deep Learning, Advanced Driver Assistance System, Smartphone, Sensors, Android Application.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Sinir hücresinin yapısı.....	10
Şekil 2.2. Evrimsel yapay sinir ağı yapısı.....	12
Şekil 2.3. Derin otomatik algılayıcı modeli.....	12
Şekil 2.4. Tekrarlayan yapay sinir ağı yapısı.....	13
Şekil 2.5. Derin Boltzmann Makineleri.....	13
Şekil 2.6. Derin inanç ağı modeli.	14
Şekil 3.1. Uydu yörüngeleri	16
Şekil 3.2. Uydu görüntüsü	16
Şekil 3.3. Jiroskop yapısı.....	17
Şekil 3.4. Park asistanı	18
Şekil 3.5. Yokuş kalkış desteği	18
Şekil 3.6. Kör nokta uyarı sistemi	19
Şekil 3.7. Hız sabitleyici	20
Şekil 3.8. Uykulu sürücü algılayıcı	21
Şekil 3.9. Şerit takip sistemi	21
Şekil 3.10. Emülatör arayüzü.	22
Şekil 3. 11. Emülatör için yüklü uygulamalar arayüzü.	23
Şekil 3.12. Uygulama sensör arayüzü.	24
Şekil 3.13. Uygulama kayıt ve grafik arayüzü.	25
Şekil 4.1. Akıllı şehir yapısı üzerinde akıllı bir araba.	26
Şekil 4.2. Akıllı otomobil sistemine karşılık gelen beyin bölgeleri.	27
Şekil 4.3. Sensör verilerini yakalama ve kaydetme.....	28
Şekil 4.4. Veriden olay saptama	28
Şekil 4.5. Durum geçişleri için Markov modeli.	29
Şekil 4.6. Çevrimiçi veri analiz sistemi.....	29
Şekil 4.7. Sürücü profili karar sistemi.	29
Şekil 4.8. Gelecekteki çalışmalar için sistem tasarımı.	30
Şekil 4.9. Yöntemlerin yıllara kıyasla sayısı.	33
Şekil 4.10. Yıllara göre çevrimiçi ve çevrimdışı çalışmaların sayısı.	33
Şekil 4.11. Çalışmaların performans grafikleri.	34
Şekil 5.1. Akıllı telefondan verilerin alınması ve kaydedilmesi	35
Şekil 5.2. Sistemin genel yapısı.....	36
Şekil 5.3. Akıllı telefon ve otomobil doğrultu korelasyonu.	37
Şekil 5.4. Kabul edilen üç yol tipi.	37
Şekil 5.5. Yol şekil adaylarının önceden belirlenmesi için önerilen algoritma	38
Şekil 5.6. a ve b, bulanık sınıflandırıcı için üyelik fonksiyonlarıdır.	39
Şekil 5.7. Yol şekillerinin sınıflandırılması.....	40
Şekil 5.8. Yol şekilleri ve muhtemel gözlemler arasındaki geçişler için HMM.	41
Şekil 5.9. Güzergâh için rakım verileri.....	42

Şekil 5.10. İnternet üzerinden bulut uygulamasına otomobil verisinin iletilmesi.	42
Şekil 5.11. Verilerin alındığı rota.	43
Şekil 5.12. Sağ viraj için veri grafiği.	43
Şekil 6. 1. Önerilen sistem diyagramı	48
Şekil 6.2. Akıllı telefon ve otomobil doğrultu korelasyonu.	49
Şekil 6.3. Kabul edilen üç yol tipi.	49
Şekil 6.4. Trafik yön işaretleri.	50
Şekil 6.5. Trafik yön işaretleri tespit etme yöntemi.	50
Şekil 6.6. Yol şekil adaylarının önceden belirlenmesi için önerilen algoritma.	51
Şekil 6.7. Belirtilen trafik işareti ile belirlenen yol şeklinin karşılaştırılması.	51
Şekil 6.8. Elazığ-Arapgir yol rotası.	52
Şekil 6.9. CNN adımı için sonuçlar.	53
Şekil 6.10. Trafik yön işaretlerinin tespiti için test sonuçları.	53



TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 4.1. Algılanan davranışlara göre sınıflandırma yapılması.....	31
Tablo 4.2. Kullanılan sensörlere göre sınıflandırma.	32
Tablo 4.3. Kullanılan yöntemlere göre sınıflandırma.....	32
Tablo 4.4. Çalışmaların seviyelerine göre sınıflandırılması.....	32
Tablo 5.1. Bulanık sınıflandırıcı için çıkışlar.	39
Tablo 5.2. Tek ve çift şerit yollar için tespit edilen yol şekillerinin sayısı.....	44
Tablo 5.3. Tek ve çift şerit yollar için yol şekilleri için hesaplanan ortalama hızlar.	44
Tablo 5.4. Bilinen ve hesaplanan yol şekilleri arasındaki hata oranları.	44
Tablo 5.5. Belirlenen sürüş tipleri.	45
Tablo 6.1. Belirlenen yol şekillerinin sayıları.	54
Tablo 6.2. Yoldaki ortalama hız ve hız limitinin aşılma sayıları.	54
Tablo 6.3. Tüm yol için güvenli ve yüksek hız sayıları ve sürüş tipi.....	54
Tablo 6.4. Trafik işareti tespit eden diğer çalışmalar ile performans karşılaştırması.....	55

KISALTMALAR

GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
ADAS	: Gelişmiş Sürücü Destek Sistemi
IoT	: Nesnelerin İnterneti
HMM	: Gizli Markov Modeli
CNN	: Evrişimsel Yapay Sinir Ağı
WiFi	: Kablosuz Bağlantı Alanı
OBD	: Araç Üzerinde Tanılama
SVM	: Destek Vektör Makinesi
IMU	: Atalet ölçüm cihazı
HT	: ,Hough Dönüşümü
RNN	: Tekrarlayan Yapay Sinir Ağı
DBN	: Derin İnanç Ağları
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
NN	: Yapay Sinir Ağı
DTW	: Dinamik Zaman Çözüğü
GMM	: Gauss Karışım Modellemesi
SR	: Düz Yol
LCR	: Sol Virajlı Yol
RCR	: Sağ Virajlı Yol
RMSE	: Kare Ortalamalarının Karekökü Hata
LDC	: Sola Tehlikeli Viraj
RDC	: Sağa Tehlikeli Viraj

1. GİRİŞ

Günümüzde akıllı araçların üretimi ve kullanımı her geçen gün artış göstermektedir. Her geliştirilen yeni teknoloji ile sürücülerin daha güvenli ve konforlu sürüş gerçekleştirmeleri hedeflenmektedir. Sürücüler araçlarda sürekli kendilerine destek olacak ve olası hatalarda kendilerini uyaracak sistemlerin olmasından hoşnut olmaktadır. Örneğin aracını park edecek bir sürücünün park sensörleri sayesinde diğer araç veya engel ile kalan mesafeyi tespit etmesi olası bir çarpmanın veya sürtmenin yaşanmasına engel olmaktadır. Bunun yanı sıra park sensörü ile birlikte kameranin yer alması ise park için daha güvenli bir ortam oluşmasını sağlamaktadır. Sürücü aracı park edeceği yeri ve engelleri kendi gözüyle görmekte ve daha emin bir şekilde park etmektedir. Bir diğer örnekte ise şerit takip sistemine değinebiliriz. Bu sistem sayesinde sürücü kendi şeridini tek ettiğinde araç uyarı vermekte ve olası kontrol dışı manevraların yapılmasının önüne geçmektedir. Uyuyan veya kontrolü kaybeden bir sürücü için bu sistem büyük önem taşımaktadır. Bu sistem sayesinde karşıdan gelen araçlar ile çarpışma veya yol kenarındaki bariyerlere çarpma gibi sonucu büyük problemlere yol açabilecek olaylar engellenmiş olmaktadır. Bunun gibi birçok geliştirilmiş teknoloji sürücülerin işini kolaylaştırmaktadır.

1.1. Sürücülü ve Sürücüsüz Sistemler

İnsanların kullandıkları otomobiller sürücü isteyen ve istemeyen sistemler olarak sınıflandırılabilir. Günümüzde otomobiller büyük bir oranda sürücüye ihtiyaç duyan sistemlerdir. Sürücülü sistemler, bir insan kontrolünde hareket ettirilen ve yönlendirilen sistemler olmaktadır. Sürücüsüz sistemler ise bir insana ihtiyaç duymadan kendi teknolojik yeterlilikleri ile hareket edebilen ve belirlenen noktaya yönlenebilen sistemlerdir.

Sürücüsüz sistemlerde gelişen teknoloji ile otomobil ile çevre etkileşimi yüksek seviyelerde olmaktadır. Bu otomobillerde çevrenin algılanması için yüksek teknolojiye sahip görme cihazları, sensörler ve hareket yönlendirme ekipmanları bulunmaktadır. Görüntüleme sistemleri ile otomobilin etrafındaki diğer otomobiller, yayalar, engeller ve yapılar tespit edilebilmektedir. Ayrıca bu sistemlere ek olarak bazı sensörler aracılığıyla da çevredeki nesneler ve diğer araçlar algılanmaktadır. Böylece otomobil hareket halindeyken veya harekete geçeceği esnada karşılaşabileceği engelleri görür ve buna göre hareket eder. Bu sayede kaza riskleri azaltılmış olur. Teknolojinin gelişmesiyle yeni ve daha hızlı sensörler eklenerek sürücüsüz akıllı otomobillerin daha hızlı ve doğru karar vermeleri,

kazalardan kaçınmaları ve istenen hedefe en doğru şekilde ulaşmaları sağlanacaktır. Bu alanda çalışan birçok firma bulunmaktadır. Özellikle Tesle, Google ve Apple firmaları sürücüsüz otomobillerini test aşamasına getirmiş olmaktadır.

1.2. Literatür Taraması

Sürücü asistanı sistemlerinin geliştirilmesi, güvenli ve rahat sürüş için önemlidir. Araştırmacılar, benzer sistemleri geliştirmek ve yeni gelişmeler başlatmak için sürekli yeni yaklaşımlar üzerinde çalışıyorlar. Mevcut çalışmalar genellikle çevrimdışı ve çevrimiçi çalışan sistemler olarak sınıflandırılır [2-37]. Ayrıca, veri toplama ve tespit edilen birçok çalışma var [2, 6-8]. Akıllı araç sistemlerinin erken aşamalarında gerçekleştirilen çalışmalar, sürücü davranışının saptanmasına dayanmaktadır [10, 13, 14, 16, 24, 25, 34]. Mevcut çalışmalar çoğunlukla sürücü davranışını öğrenmek ve sürüş profillerini oluşturmak üzerine kurulmuştur [17, 19-23, 26-29, 31-33, 35-37]. Özellikle, akıllı telefonlardan ve otomobillerden alınan verilerin analizi akıllı araç sisteminin vazgeçilmez bir unsurudur. Son yıllarda, verilerin çoğu arabalardan alınmıştır [3, 13, 17, 18]. Sonraki dönemde, akıllı telefon temelli çalışmaların dünya çapında kullanımı ile akıllı telefon sensörlerinden alınan veriler yaygın şekilde kullanılmaktadır [13-16,19,21-23,25,26,30].

Birçok çalışma, yol şekillerini ve sürücü davranışını tahmin etmek için akıllı telefon ve araç verilerini kullanarak tanıttı. Özellikle sensör teknolojisinin geliştirilmesi ve ADAS'ın geliştirilmesi bu görevleri daha kolay ve verimli hale getirir.

Bazı çalışmalarda yalnızca veri toplanması gibi düşük düzeyli işlemler yapılırken diğerleri veri toplayıp onlardan bilgi çıkarma ve öğrenme gibi üst düzey işlemleri gerçekleştirir. Bu alandaki çalışmaların bazıları; Reininger ve ark. araç konumu, hızı ve yakıt tüketimi verilerini toplayan ve çevrimiçi ve çevrimdışı analiz sağlayan bir platform geliştirdiler. Bu veri toplanması, Araç Üzerinde Tanılama (OBD) Kablosuz (WiFi) bağlantısı yaparak akıllı telefon ile gerçekleştirilir. Bu çalışmanın amacı, veri toplamak ve analiz edebilmektir [38]. Veeraraghavan ve ark. sürücü görüntüsünü kullanarak güvensiz sürüş durumlarını tanımlamak ve sınıflandırmak için Bayes sınıflandırmasını kullandı. Hareketleri yüz rengi ve baş hareketleri değerlendirerek sınıflandırdılar [5]. Bouhoute ve ark. olası yol senaryolarında olasılıksal hibrit giriş/çıkış otomasyonunu kullanarak bu çalışmayı gerçekleştirdiler. Senaryoya göre, sürücülerin davranışı tespit edildi [39]. Vasquez ve ark. HMM'yi kullanarak aşamalı bir çevrimiçi öğrenme sistemi geliştirdiler. Bu çalışmada, eğitim için araç park verileri kullanılmış ve daha sonra yeni elde edilen veriler ve

artan HMM oluşturulmuştur [12]. Wang ve ark. sürücü özelliklerini belirlemek için kendi kendine öğrenme algoritmasını kullanmışlardır. Gerçek zamanlı çalışma sistemi, veri alımı yoluyla çevrimiçi sürüş özelliklerini tanımlar [17]. Martínez ve ark. sensörlerden gelen verilerle kişiselleştirilmiş bir sürücü destek sistemi geliştirdi. Bu gelişmiş sistemde, Extreme Artificial Learning Machine (ELM) kullanılarak özellikler belirlendi ve gerçek zamanlı bir sürücü yardım sistemi kuruldu [22]. Gelder ve ark. uyarlamalı Hız Stabilizasyon Kontrol sistemi hakkında bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada kişisel tercihler ve Uyarlamalı Hız Kısıtı Kısıtlamaları Kontrol sistemi, uyum varlığı için makine öğrenme yöntemi olarak Destek Vektör Makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir [29].

McCall ve ark. frenleme sisteminin geliştirilmesinde Bayes öğrenme yöntemini araçtan, sürücülerden ve çevresel koşullardan veri alarak ve frenleme esnasında sürücünün olasılığa dayalı yardımıyla bir sistem geliştirdi. Bu sistemde, durumun çeşitliliğini sürücünün niyeti ve niyetine göre göz önüne alarak uyarılar ve önlemler alınmıştır [9]. D'Agostino ve ark. sürücü davranışını etkileyen önemli sürüş davranışlarının farkına varmayı araştırdı. Çalışma, Karar Ağacı ve Doğrusal Lojistik Regresyon yönetimi kullanılarak yapılır [24]. Takeda ve ark. sürücülerin HMM'yi kullanarak sürüş faaliyetlerini görebilecekleri ve analiz edebilecekleri bir sistem geliştirdik. Bu sistem özyinelemeli ve çevrimiçi çalışıyor. Sürücü eğitimini ve sürüşü geliştirmeyi amaçlayan bir teşhis ve geribildirim sistemi [15] 'dir. Bender ve ark. sürüş verilerinin çevrimiçi ve çevrimdışı bölütlemesi için bir araştırma yaptı. Çalışmada doğrusal bölütleme ilk önce gerçekleştirildi ve daha sonra sürücü davranışı tespit edildi. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için Bayesian Çok Değişkenli Doğrusal Model geliştirilmiştir [23]. Eren ve ark., sensörlerden gelen verileri kullanarak sürücü davranışını tespit ettiler. Bayes sınıflandırmasını kullanan bir sistem geliştirdiler ve [14] tespit etmek için Optimum yol saptama algoritması geliştirdiler. Cairano ve ark. sürücü davranışlarını, stokastik model prediktif kontrollü bir öğrenme yöntemi kullanarak belirlemeye çalıştı. Önerilen yöntem, sürücü davranışlarını olasılıksal Markov zinciri ile çevrimiçi olarak tanımlamaktadır [40]. Chuang ve ark. bilgisayar görme ve makine öğrenimi ile tehlikeli sürüş ve sürücü davranışını tespit eden bir uygulama geliştirdiler. Yolları, sürücülerini ve arabaları sınıflandırmak için bir sistem geliştirildi. Böylece sürücü davranışları saptanır [41]. Johnson ve ark. sürüş türünün farkında olmayan sürücülerin farkındalığını artırmak ve sürücü emniyetini artırmak için dinamik zaman esnekliği ve akıllı telefon sensörleri kullanan bir sistem geliştirdi. Tek bir sınıflandırıcı kullanarak birden fazla algılayıcının verilerini birleştirir. Bu yöntemde k-En yakın Komşu sınıflamasını kullandılar [13]. Van ve ark.

kontrollü ve kontrolsüz öğrenme yöntemleri yardımıyla sürücü profillerini gerçekleştirmek için otomobil sensörlerinden alınan verileri kullandı. K-Means sınıflandırması, denetlenmeyen öğrenme yöntemi ve Destek Vektör Makinesinin (SVM) gözetim altında öğrenme yöntemi olarak kullanılmıştır [18]. Canale ve ark. sensörlerden aldığı verileri, istatistiksel yöntemler ve sınıflandırılmış sürüş türleri kullanarak sürüş tipi analizler yapmak için değerlendirdi [42]. Sathyanarayana ve ark. HMM'yi kullanarak arabadan alınan veriler yardımıyla sürücü davranışını bulmuşlardır. Model, hız, direksiyon açısı ve fren pedal bilgisini kullanmaktadır [43]. Sharma ve ark. sezgisel yöntemler kullanarak sensörlerden sürücü davranışlarını saptamışlardır. Şoför puanlarını farklı faktörler altında bulmuşlardır [25]. Dörr ve ark. bulanık sınıflandırıcıları kullanarak araçla ilgili verilerin kullanılması yoluyla sürücü davranışlarını saptamışlardır [20]. Chen ve ark. akıllı telefon sensörlerinden alınan verileri kullanarak anormal sürüş tespit etti. Bu çevrimiçi yöntemde, Makine Öğrenme Metodu olarak Destek Vektör Makinesini (SVM) kullandılar ve sınıflandırıcıyı gerçekleştirdiler [44]. Kuge ve ark. sürücü ve sürücü yardım sistemi arasındaki uyumluluğu kolaylaştırmak için HMM'yi kullanarak sürüş esnasında sürücünün niyetini destekleyen bir sistem geliştirdiler [2]. Yokoyama ve Toyota, birçok filo sürücüsünden öğrenmenin öğrenme yöntemi olarak SVM'yi kullandı. Davranışları sınıflandırmak için Kullback Leibler Distance ve Entropi benzeri modeli kullandılar. Böylece, kazaya neden olan davranışları tespit ettiler [45]. Seraj ve ark. sapmaları saptayarak bir sınıflandırma çalışması yaptı. Eğriler verilerine göre, sürücü davranışı tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır [46]. Hong ve ark. bir makine öğrenme yöntemi tasarladık ve bir akıllı telefon, otomobil ve atalet ölçüm cihazı (IMU) kullanarak veri aldık. Alınan verilerden gelen olaylar Bayes sınıflandırması kullanılarak sınıflandırılmış ve sürücülerin davranışlarını saptamışlardır [47]. Arroyo ve ark. uyarlamalı bulanık yöntem kullanan cihazlardan gelen anlık verilerden tahmin edilen olayları sınıflandırır. Yaratılan üyelik fonksiyonları ilk ölçmek için sağlandı [48]. Castignani ve ark. akıllı telefon sensörleri kullanarak sürücü profilini tanımlamaya çalıştım. Akıllı telefon sensörleri olarak ivmeölçer ve Küresel Konumlama Sistemi (GPS) verilerini kullandılar. Saptanan sürücü verilerini bulanık sınıflandırıcı kullanarak sınıflandırılar [49].

Bu çalışmayla ilgili diğer çalışmalar, trafik işaretlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar [52-64], yol eğrilerini tespit etmeye yönelik çalışmalar [65-68] ve sürücü davranışlarının tahmini üzerine çalışmalar [32-53]. Yolda trafik işaretlerini saptamak için Ciregan ve ark. resimleri biyolojik derin sinir ağı ile tanıyan ve insan performansı ile karşılaştırılabilen bir uygulama geliştirdi [51]. De La Escalera ve ark., bir algoritma geliştirdi. Bu algoritma trafik

işaretlerini tanımlamak için renk ve figüratifler [52]. Bahlmann özellik çıkarımı için haar wavelet'i kullandı ve algılanan işaret [53]. Mogelmos ve ark. bu alandaki çalışmalarla ilgili bir anket çalışması yaptı [54]. Shadeed ve ark. algılama teknikleri olarak histogram eşikleme ve renk segmentasyonu kullanılmıştır [55]. Timofte ve ark. 2d ve 3b kombine algoritmaları ve tespit edilen trafik işaretleri, Hough dönüşümü (HT) [56] kullandı. Houben ve ark. Haar öznitelik çıkarma, viola-jones dedektörü ve HOG kullanma [57]. Garcia-Garrido ve ark. üç adımlı bir sistem geliştirdi. İlk adımda, kenarlar Hough Dönüşümü ile tanımlanır, ikinci adım, sinir ağı tarafından sınıflandırma yapılır ve üçüncü adım, Kalman filtresi kullanılır. Böylece algılayıp takip ettiler. [58]. Creusen ve ark. tespiti için HOG ve Destek Vektör Makinesi (SVM) kullanan bir yöntem geliştirdi [59]. Houben, Hough benzeri algoritma ile tespit edilen renk ve şekil şekillerini kullandılar [60]. Ruta ve ark. ortalama kayma kümelemesine dayanan bir Genel detektör arıtma işlemini başlattı. Onların algoritmaları için regresyon izlemine kullandılar [61]. Wang ve ark., yöntem HOG ve kaba-ince kaydırma penceresi şemasını kullanır [62]. Yang ve ark., olasılıksal renk modeli ve HOG'u kullanarak bir algoritma geliştirdi [63]. Zhu ve ark. CNN bulguları içeren gelişmiş bir yöntem kullandılar [64].

Sürücü davranışını belirlemek; Michon, sürücü davranışlarının nasıl kategorize edildiğine ilişkin bir araştırma yaptı. Davranışı üç düzeyde okudu: stratejik seviye, manevra seviyesi ve kontrol seviyesi [1]. Johnson ve ark. dinamik zaman esnekliği ve akıllı telefon algılayıcılarından yararlanan ve sürüş sürüşlerinde farkında olmayan sürücülerin farkındalığını ve güvenliğini artıran bir sistem geliştirdi. Tek bir sınıflandırıcıyı kullanan çoklu sensörler, verileri bir araya getirir. Bu yöntemde, k-En Yakın Komşu sınıflandırması [13] kullanılmaktadır. Fazeen ve ark. akıllı telefon algılayıcı ivmeölçer ve android tabanlı sürücü güvenliği sağlayan bir uygulama geliştirdi [16]. Bucher ve ark. geliştirdikleri algoritmayla sürücülerin davranışlarını belirlemeye çalışıyorlardı. Sensör füzyonu için Kalman filtresini kullandılar [69]. Eren ve ark. akıllı telefon sensörlerinden gelen verileri kullanarak sürücü davranışını tespit etti. Sürücü davranışı bayesian sınıflandırması kullandıklarını tespit ettiler ve optimal yol tespit algoritması uygulandı [14]. Morton ve ark. tekrarlayan sinir ağları (RNN) kullanarak sürücü davranışını saptamak için bir yöntem geliştirdi [30]. Picard, sürücülerin stres ve duygularını belirlemek için bir sistem geliştirdi. Kameradan ve sensörlerden alınan verilerle sürücünün stres seviyesini otomatik olarak ölçtüler [70].

Bütün bu sistemlerin yanı sıra, sürücünün biyolojik verileri olan bir bileşen daha de hesaba katılabilir. Günümüzde akıllı telefonlar ve araba, ilgili verileri yoğun bir şekilde

toplamaktadır. Dahası, trafik, hava durumu ve sürücü biyolojik verileri olan üç farklı veri birleştirmek mümkün olacak. Sonuç olarak, sürücülerin hangi koşullar altında nasıl davrandıklarını, yol deneyimini güncelleyerek direksiyon üzerinde sürüş geribildirimini tecrübe edebileceğini, konforlu seyahat etmeyi ve güvenli sürüşü sağlayacak çevrimiçi akıllı sürüş sistemlerini geliştirmek çok da değil [74]. Gerçekleştirilen diğer çalışmada, trafik viraj oluşturma yön işaretleri belirlenmiş ve bu yön işaretlerine karşılık gelen sensör verileri ile karşılaştırılmıştır. Böylece, sürücünün sürüşü nasıl gerçekleştirdiği belirlendi ve sürüş tipi belirlendi [75]. Son çalışmada ise belirli bir yolun düz ve eğri bölümleri tespit edilmiş ve hızlanma ve yükseklik verilerine bakılarak güvenli ve agresif sürüş stilleri öngörülmüştür [76].

1.3. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında sürücü davranışları ve sürüş profili üzerinde incelemeler yapılmaktadır. Belirli bir güzergâhta hareket eden bir araçtan ve bu araç içinde bulunan mobil cihazdan alınacak veriler üzerinden çalışmalar yapılacaktır. Alınan veriler içindeki örüntüler belirlenecek ve bu tanımlamalardan anlamlar çıkartılacaktır. Bu analizler yapılırken sürüş esnasında yapılan hatalı davranış tahminleri yapılacak ve sürüş sisteminde güncellemeler yapılacaktır. Sürücülü sistemlerde hata ve kazaların büyük çoğunluğu sürücülerden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada sürücünün sürüş profilleri olarak güvenli ve agresif sürüş profilleri belirlenmiştir. Alınan veriler incelenmekte ve bu verilerden sürücünün hangi sürüş profilini gerçekleştirdiği belirlenmektedir.

Elde edilen değerlendirmeler neticesinde geliştirilmiş olan sistemin sürekli güncellenmesi ve hatalı sürüşler noktasında sürücüye tavsiyelerde bulunulması planlanmaktadır. Gerçekleştirilecek sistemde belirli bir güzergâhta yol alan sürücü ve araç sisteminden veriler alınacak ve gerekli yerlerde etiketlemeler yapılacaktır. Yeni nesil öğrenme yöntemleri olan derin öğrenme gibi güncel öğrenme yöntemleri ile bu verilerden örüntü tespiti yapılacaktır. Tespit edilen olaylar sınıflandırılacak ve sistem sürücüyü olumsuz davranışlarda uyaran ve gerektiğinde tavsiyelerden bulunacak hale getirilecektir.

1.4. Tezin Yapısı

Tezin tamamı yedi bölümden meydana gelmektedir.

İlk bölüm, giriş bölümüdür. Bu bölümde genel hatlarıyla çalışmanın nasıl yapılacağı belirtilmiştir. Bunun yanı sıra daha önce yapılan çalışmalar araştırılmış ve geliştirilen diğer

yöntemler hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca amaç ve kapsam ile ilgili bilgilerde bu bölümde yer almaktadır.

İkinci bölüm, bu bölümde insan davranışları ve öğrenme hakkında bilgi verilmiştir. Bunun yanı sıra yapay zekâ ve derin öğrenme konularında da bilgi verilmiş yöntemler kısaca anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, bu bölümde otomobillerdeki sürücü destek sistemleri, sensörler, nesnelerin interneti ve geliştirilen uygulama hakkında bilgi verilmiştir. Otomobil teknolojilerindeki sürücü destek sistemlerinin sürücülere nasıl destek oldukları, otomobillerdeki hangi sistemleri kapsadıkları ve hangi durumlarda sürücülere destek sağladıkları bu bölümde anlatılmaktadır. Çalışmalarda kullanılan sensörlerin özellikleri ve aldıkları veriler yine bu bölümde bahsi geçen konulardandır. Ayrıca nesnelerin internetinin ne olduğu ve nasıl bir imkân sağladığı yine bu bölümde anlatılan konulardan biridir.

Dördüncü bölüm, bu bölümde gerçekleştirilmiş olan “Akıllı Şehirlerde Akıllı Sürüş” adındaki çalışma yer almaktadır. Bu çalışmada sürücü davranışlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada daha önce gerçekleştirilmiş sürücü davranış belirleme üzerine çalışmaların içerikleri incelenmiş ve bir performans fonksiyonu ile bu çalışmaların performansları hesaplanmıştır. Ayrıca bu çalışmaların eksik yanları belirlenerek eklenmesi gereken veriler ile ilgili önerilerde bulunulmuştur [74].

- **Karaduman, M., ve Eren, H.,** 2017, “Smart driving in smart city,” In *Smart Grid and Cities Congress and Fair (ICSG)*, pp. 115-119.

Beşinci bölüm, gerçekleştirilen bir diğer çalışma ise “Akıllı Telefon Seyahat Verilerinden Yol Virajlarının Sınıflandırılması ve Sürüş Profili Çıkarılması” olmakta ve bu bölümde yer almaktadır. Bu çalışmada belirli bir güzergâhta hareket eden bir otomobil ve bu otomobilin içindeki akıllı telefonda alınan veriler ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada dönüş ve hız verileri sensörlerden alınarak sürücünün hangi yol şeklide nasıl bir hız ile hareket ettiği belirlenmektedir. Belirlenen bu sürüş şekillerinden sürücünün nasıl bir sürüş gerçekleştirdiği belirlenmektedir. Sürücünün sürüş biçimleri güvenli sürüş ve agresif sürüş olarak belirlenmiştir [75].

- **Karaduman, M., ve Eren, H.,** 2017, “Classification of Road Curves and Corresponding Driving Profile via Smartphone Trip Data,” *International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP17)*, pp. 1-7.

Altıncı bölüm, son olarak gerçekleştirilen çalışma olan “Derin Öğrenme Temelli Trafik Yönü İşaret Algılama ve Sürüş Stilini Belirleme” çalışması bu bölümde yer almaktadır. Bu çalışmada sürücü sürüş profili çıkarılmaktadır. Sürüş profili çıkarılırken akıllı telefonda alınan sensör ve kamera verileri kullanılmaktadır. Kamera verilerinden trafik işaretlerini tespit etmek için derin öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Diğer sensör verilerinden ise virajlarda sürücünün nasıl bir sürüş davranışı gösterdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma ile oransal olarak güvenli ve agresif sürüş profilleri belirlenmiştir [76].

- **Karaduman, M., ve Eren, H.**, 2017, “Deep Learning based Traffic Direction Sign Detection and Determining Driving Style,”*International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK'17)*, pp. 1046-1050.

Yedinci bölüm, bu bölüm tezin son bölümü olmaktadır. Bu bölümde elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Yapılan çalışmanın etkileri gösterilmiş ve gelecekte nasıl geliştirmelerin yapılabileceği konusunda değerlendirmeler yapılmıştır.

2. İNSAN DAVRANIŞLARI VE ÖĞRENME

İnsanları diğer canlılardan ayıran önemli özelliklerden biri özel öğrenme yeteneğine sahip olmalarıdır. Bu öğrenme becerileri sayesinde toplumsal bir yapıya sahip olmaktadır. Yeni olaylar ile karşılaşan insanlar sürekli ve ömür boyu öğrenme olayını gerçekleştirirler. Bazı öğrenilen olaylar insan hayatında davranışların oluşmasına sebep olmaktadır.

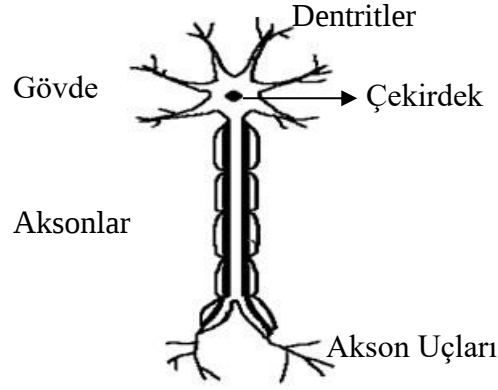
2.1. Öğrenme ve Etkileri

Öğrenme şöyle tanımlanabilmektedir; davranışlardaki çoğunlukla sürekli olarak meydana gelen değişimlerdir. İnsanlar öğrenme aşamasını genellikle çevreye uyum aşamasında gerçekleştirirler. Bu uyum sağlanırken insanlar ihtiyaçlarını belirler ve bunlara göre davranışlarını düzenlerler. Öğrenme ömür boyu ve sürekli gerçekleştiği için bunu aktif bir olgu olarak tanımlayabiliriz. İnsanın beceri ve yetkinliklerine göre öğrenme süreci ve davranış değişiklik şekli değişebilmektedir. Davranış bireylerin gözlemlene bilen ve gözlemlenemeyen tüm hareketleri olarak tanımlana bilmektedir. Davranışları şöyle sınıflandırabiliriz;

- Doğuştan gelen davranışlar
- Sonradan edinilen davranışlar
- Geçici davranışlar [82].

Öğrenmenin bir diğer kavramı olarak içgüdü, insanların veya diğer türlerin uyarıcılar karşısında aynı tür davranış kalıtsal olarak göstermelerine denir. Bu davranış şekli otomatik gerçekleşmektedir ve doğuştan gelen bir özelliktir. Doğuştan gelen bir diğer özellik ise reflekslerdir. Belirli uyarıcılara karşı gösterilen basit ve belirli davranış eğilimleri olarak tanımlanabilmektedir. Bu davranış şekli istem dışı gerçekleşmektedir ve sonradan öğrenilen bir yetenek değildir.

İnsanlar çevreleriyle sürekli iletişim halindedirler. Bu durum yaşamı sürdürebilmenin bir gereğidir. Bu iletişimin gerçekleşmesini sağlayan en önemli sistem sinir sistemi olmaktadır. Sinir sistemleri nöronlardan oluşmaktadır. Nöronlar sinir sistemindeki temel görevleri bilgilerin taşınmasını sağlamaktır. Öğrenme olayı nöronlar ile beyindeki bazı değişimlerin bir araya gelmesi sonucu oluşan bir olay olarak tanımlanmaktadır. Sinir sistemi merkezi ve çevresel olarak ikiye ayrılabilir. Merkezi sinir sistemi beyin ve omurilikten, çevresel sinir sistemi ise somatik ve otonom sinirlerden oluşmaktadır. Bir sinir hücresinin yapısı Şekil 2.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Sinir hücresinin yapısı.

Öğrenmeyi etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar öğrenenle, öğretene ve öğretme yöntemiyle ilgili faktörlerdir. Bu faktörlerin doğru tespit edilmesi ve öğrenenin becerileri doğrultusunda öğretme tekniklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Böylece daha iyi bir sonuç elde edilmesi mümkün olabilecektir [81].

2.2. Yapay Zekâ ve Derin Öğrenme Yöntemleri

Yapay zeki klasik veri depolama ve işleme sistemlerinin değişmesine sebep olan akıllı sistemler dediğimiz sistemlerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu sistemlerin temel özelliği veriler arasındaki ilişkilerin çıkarılması ve bunları yorumlayabilmeleridir. Derin öğrenme son yıllarda ön plana çıkan bir makine öğrenme yöntemi olmaktadır. Yapay zekâyı tanımlamak gerekirse insanların gerçekleştirirken zekâ gerektiren işlerin makineler tarafından yapılması için geliştirilen sistemlerin sahip oldukları sistematik yapı olarak belirlenebilmektedir. Bu alandaki çalışmalar insanların gözlemlenmesi sonucu elde edilen davranışların makineler de yaptırılmak istenmesi üzerine geliştirilmektedir. Bilgisayarları ve bilgi sistemlerini akıllı yapabilmek ve yorumlama gücü katmak için geliştirilen ve geliştirilmesine devam edilen sistemdir. Özellikle veri miktarlarının artması bu sistemlerin daha ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Büyük veri olarak değerlendirdiğimiz her alandaki tüm verilerin yorumlanması ve bunlardan işe yarar bilgilerin çıkarılması bu sistemlerin geliştirilmesi ile mümkün olabilmektedir [73].

Derin öğrenme yapay sinir ağı temelli bir öğrenme yapısı olmaktadır. Yapay sinir ağları akıllı sistemlerin geliştirilmesinde kullanılan katmalı yapıya sahip yöntemlerdir. Bu katmalardaki geçişler ağırlık ve düğüm değerleri ile sağlanmaktadır. Geçmişte yapay sinir ağları eğitim verileri ile eğitilir, gizli katmanlardaki düğüm ve ağırlık verileri oluşturulurdu. Böylece test için girilen verilerden sonuçlar elde edilirdi. Yapay sinir ağlarının özellikle

sınıflandırma ve kara verme konularda önemli yerleri bulunmaktadır. Yapay sinir ağlarının gizli katmanlarının arttırılması ve geliştirilen yeni eğitim metotlarının kullanılması ile derin öğrenme adı verilen bu yeni yöntemler meydana gelmiş oldular. Bu yöntemler genellikle boru hattı mimarisi esaslı tasarlanmakta ve kullanılmaktadırlar. Depolanmış veya anlık olarak alınan işlenmemiş verilerin kullanılması ile geliştirilen ve üretilen sonuçlar doğrusal olmayan kombinasyonlar ile elde edilmekte ve her elde edilen sonuç daha üst düzey bir algılama seviyesinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sistemlerde genellikle sürekli öğrenen ve gelişen sistemler geliştirilmekte ve hem çevrim içi hem de çevrim dışı çalışan yapılar oluşturulmaktadır. Literatürde kullanılan ve derin öğrenme yöntemi olarak bilinen gelişen ve yeni verilere adapte olabilen, ayrıca rastgele olarak da sonuç üretebilen birçok derin öğrenme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerin en bilinenleri arasında yer alanlar şöyle sıralanabilmektedirler:

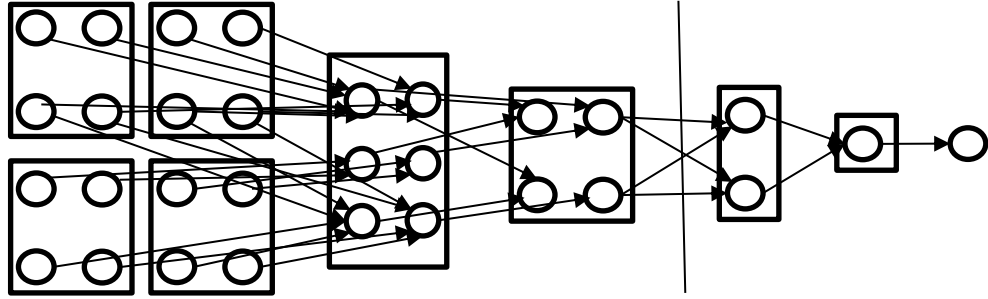
- Evrişimsel Sinir Ağları,
- Derin Otomatik Algılayıcılar,
- Tekrarlayan Sinir Ağları,
- Derin İnanç Ağları ve
- Derin Boltzmann Makineleri

olarak bilinmektedirler [73].

2.2.1. Evrişimsel Sinir Ağları

Yapay sinir ağları girdi verileri ve bunlara karşılık çıkış verileri üretirken nispeten küçük veriler ile sonuç üretmektedirler. Günümüzde ise büyük veri olarak isimlendirilen ve büyük çoğunluğu görüntülerden oluşan veriler depolanmaktadır. Bu verilerin boyutu her geçen gün artmaktadır. İnsanların bu verilerin atıl kalmaması ve bunlardan işe yara veriler elde edilmesi konusundaki araştırmaları sonucu yapay sinir ağları da gelişmiştir. Bu yapay sinir ağlarında görüntü verileri işleyen ve bunlardan sonuçlar çıkarabilen Evrişimsel Yapay Sinir Ağı (CNN) geliştirilmiştir. Bu ağlar adından da anlaşılabilceği gibi evrişim (konvülasyon) işlemlerini kullanarak karmaşık ve büyük verilerin basit bir şekilde çözümlenmesi ve sonuçlar üretilmesi için kullanılmaktadır. CNN klasik yapay sinir ağları gibi önceden öğrenmiş tanımlı nöronları kullanmamaktadır. Kullanılan görüntü verilerine özgü özellikler çıkarmakta ve nöronların düğümlerine bu özelliklere göre eğitilmesini sağlamaktadır. Oluşturulan filtreler arka arkaya gelen tüm görüntülere uygulanmakta ve birbirine benzeyen bağlantılı bir dizi oluşturulmaktadır. Parametre sayısını azaltan bir filtre ile ağın geriye

yayılmı şekli tipik yapay sinir ağlarından farklıdır. CNN'nin nörobiyolojik model olan görsel korteks modelinden esinlendiğı görölmektedir. Tipik CNN şeması Şekil 2.2'de görölmektedir [73].

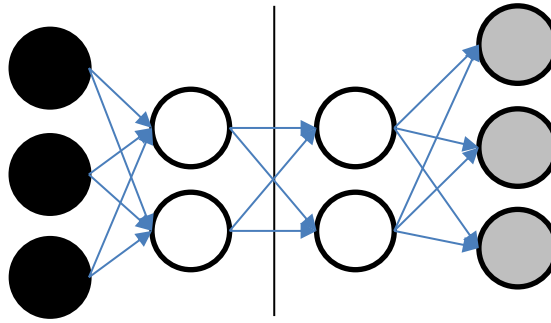


Şekil 2.2. Evrişimsel yapay sinir ağı yapısı.

Literatürde birçok CNN konfigürasyonu önerilmektedir. Bunlardan bazıları şunlardır; AlexNet, Clarifai, VGG ve GoogLeNet 'dir [73].

2.2.2. Derin Otomatik Algılayıcılar

Derin otomatik algılayıcılar evrensel ve farklı veri setleri üzerinde çalıştırılarak tasarlanmış bir tasarım olamaması nedeniyle otomatik tanımlayıcı olarak tasarlanmıştır bir yapay sinir ağıdır. Bu yöntem verimli öğrenme kullanarak özellikle çıkarılmasını sağlamaktadır. Bu yöntemde girdi ve çıktı sayıları aynı olmaktadır. Denetimsiz olarak çalışan bu yöntem girdi vektörü oluşturmaktadır. Bu yöntemin tasarımı Şekil 2.3'te gösterilmiştir.

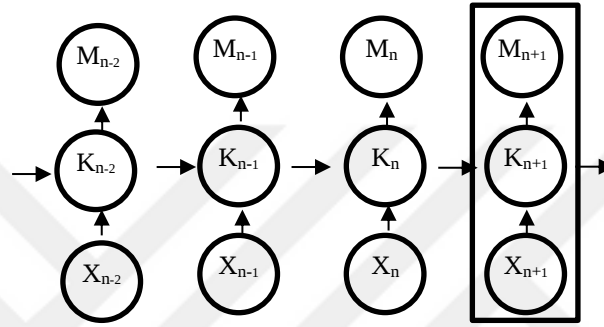


Şekil 2.3. Derin otomatik algılayıcı modeli.

Bu sistemde her kat ayrı ayrı eğitilerek ortalamanın hesaplanması sağlanmaktadır. Bu yöntemdeki eğitim modeline açgözlü eğitim denmektedir. Bunun bir diğer adı eğitim öncesi eğitim olarak geçmektedir. Giriş modellerindeki farklılıklar sebebiyle doğru ve kararlı bir çıkış üretilebilmesi için otomatik algılayıcılar için farklı versiyonlar geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları; seyrek otomatik çözümler, otomatik algılayıcı bozma gibidir [73].

2.2.3. Tekrarlayan Sinir Ağı

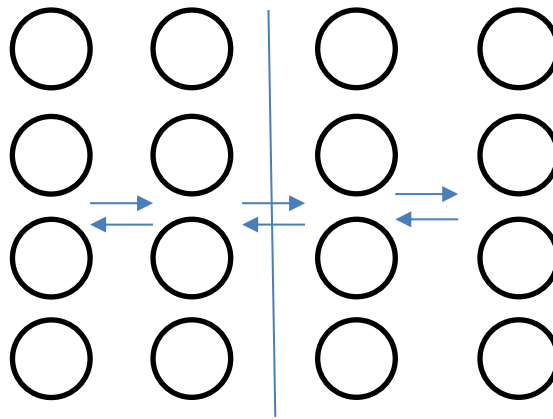
Tekrarlayan yapay sinir ağı modeli veri analizi yapabilen bir yapay sinir ağı modelidir. Analiz yapılırken elde edilen çıktılar önceki veriler bağlıdır. Bu tip modellerin bellekleri bulunmaktadır. Çıktı elde etmek için mevcut zamandaki bilgiler ve bir önceki zaman ait bilgiler kullanılmaktadır. Bu model eğitim esnasında şebeke ve sınıflandırma hatalarını en aza indirmek için hafızaya ne zaman kayıt yapacağını öğrenmektedir [73]. Bu modelin yapısı Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Tekrarlayan yapay sinir ağı yapısı.

2.2.4. Derin Boltzmann Makineleri

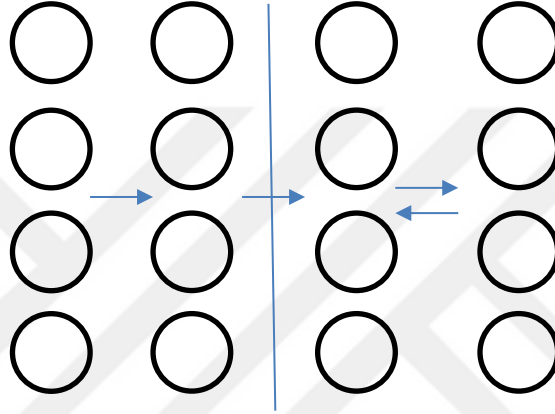
Derin yapay sinir ağlarının bir modeli de Derin Boltzmann Makineleri modelidir. Bu yapıda tüm ağ katmanları arasında yönetsel bir ilişki olmasıdır. Görünür katmanlardaki birimlerin görünmeyen katmanlardaki birimlerin üzerindeki dağılımın hesaplanması için bu yapı ile birlikte genellikle olasılıksal olarak alt sınıfın üst düzeye çekildiği maksimum olasılık tabanlı bir algoritma kullanılır. Açgözlü eğitim sistemi ile eğitilen bir ağıdır. Zaman karmaşıklığı açısından ve parametre sayısının optimizasyonu büyük veriler için zor olması dezavantajları olarak sayılabilmektedir [73]. Genel yapısı Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Derin Boltzmann Makineleri

2.2.5. Derin İnanç Ağı

Derin inanç ağları (DBN), Derin Boltzmann Makineleri ağlarının bir versiyonu olarak her alt gizli katmanın görünür katmanlara bağlandığı bir model olarak tanımlanabilmektedir. DBN üstteki iki katman ve alttaki katmanlara bağımlılığı ile sonuç üretmektedir. Bu ağ sisteminin başlatılması denetlenmeyen açgözlü öğrenme modelini kullanarak öğrenme stratejisi oluşturan ve sonuçlara göre ince ayarların yapıldığı bir modeldir [73]. Bu model Şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Derin inanç ağı modeli.

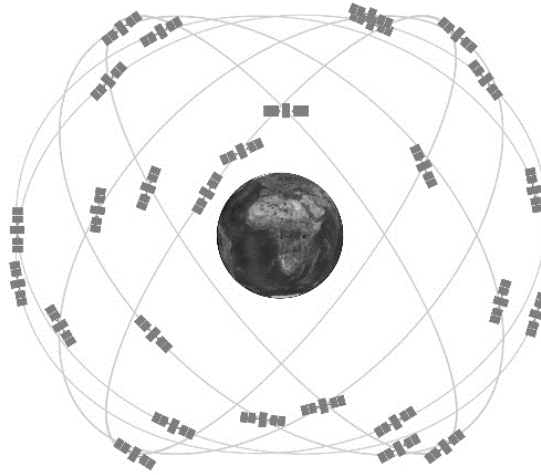
3. SÜRÜCÜ DESTEK SİSTEMLERİNİN TEMELLERİ

Trafik insan hayatında büyük öneme sahip olmaktadır. Özellikle kara yolu ulaşım ağına bakıldığında insanların yaşamını önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. Bu etkilerin hem zaman hem de yaşamsal etkiler olarak gözlemlenmesi mümkündür. Her yıl açıklanan karayolu istatistikleri sonucunda yaşanan kazalar ve ölümler bu etkinin büyüklüğünü göz önüne sermektedir [78]. Otomobil sistemleri üzerine sürekli yeni çalışmalar yapılmakta ve sürücü hatalarından kaynaklanan kazalar azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu sistemlerin geliştirilmesi ile akıllı otomobiller, akıllı otomobil sistemleri, sürücü destek sistemleri gibi birçok sistem geliştirilmektedir [77]. Bu sistemler birçok sensör ve yeni teknolojiler kullanmaktadır. Bu sayede daha az hata yaparak sürüş gerçekleştirilmesi sağlanırken aynı zamanda sürücüye sürüş konforu da sağlanmak istenmektedir. Bu amaçla kullanılan sensörlerin başında GPS, ivmeölçer, jiroskop, kamera ve ultrasonik algılayıcılar bulunmaktadır. Bu sensörler kullanılarak otomobiller için geliştirilen sürücülere yardımcı sistemler; park asistanı, yokuş kalkış desteği, şerit takibi, hız sabitleyici, araç takibi, rota belirleme, yorgunluk tespiti, kör nokta algılama ve sürüş verilerinin hesaplanması ile ilgili sistemlerdir. Bu geliştirilen sistemler sayesinde sürücülerin daha az hata yapmaları ve güvenliklerinin sağlanması amaçlanmaktadır. Günümüzde birçok firma sürücülerden bağımsız otonom çalışan araçlar üzerinden çalışmalar yapmaktadırlar. Bu çalışmaların tam anlamıyla neticelenmesi ile trafikte ve insan yaşamında yeni bir dönem başlamış olacaktır.

3.1. Sensör Teknolojileri ve Kullanım Şekilleri

3.1.1. Küresel Konumlama Sistemi (GPS)

GPS, Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'ne ait kullanıcılarına konumlama, gezinme ve zamanlama hizmeti sağlayan bir uygulama olmaktadır. Bu sistem uzaydaki uydular, denetim merkezi ve kullanıcılardan oluşmaktadır. GPS uyduları ile hem sivil hem de askeri amaçlarla kullanıcılara hizmet verilmektedir. Sivil amaçla verilerin hizmetler tüm kullanıcılar tarafında ve dünyanın her yerinden kullanılabilir. Askeri amaçla kullanım ise ABD ve müttefiklerinin kullanımı ile sınırlandırılmış hizmetlerdir [79]. Uydu yörüngelerinin genel yapısı ve görüntüleri Şekil 3.1'de verilmektedir. Ayrıca bir uydunun ayrıntılı görüntüsü ise Şekil 3.2'de yer almaktadır. Bu uydular aracılığıyla birçok cihaz veri alıp göndermekte ve özellikle konum tespiti yapılmasını sağlamaktadır. Navigasyon ve akıllı telefonlardaki GPS sensörleri bu uydular ile iletişim sağlayarak konumlama verisinin oluşturulmasına sağlamaktadırlar.



Şekil 3.1. Uydu yörüngeleri [79]

Böylece hem elde taşınan cihazlar hem de araçlarda kullanılan cihazlar ile yer ve yön tespiti yapılabilen, rotalar oluşturulabilmektedir.



Şekil 3.2. Uydu görüntüsü [79]

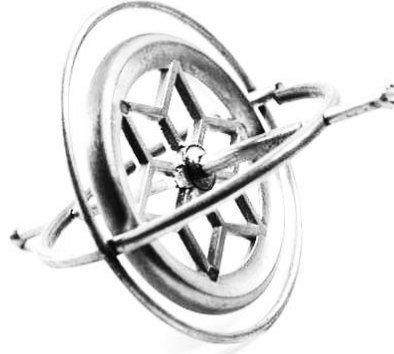
3.1.2. İvme Ölçer

İvme hızın zamana göre değişim miktarı olarak tanımlanmaktadır. Cismin yönü ve hızının zamana göre değişimini vermektedir. İvmeyi ölçmeye yarayan cihaza ise ivmeölçer denmektedir. Bu ölçüm yapılırken ivmeölçerin içinde bulunan bir kütlenin hareket ederken konum değiştirmesi ve bu miktarın hesaplanması ile bulunmaktadır [80]. Birçok alanda ve cihazda ivmeölçer kullanılmaktadır. Bunlardan en önemlileri roket, uçak ve denizaltı cihazlarının yer ve yön belirleme sistemlerinin önemli parçalarıdır. Piezoelektrik ve kapasitif olarak bilinen ivmeölçerler en yaygın kullanılanları olmaktadır. Piezoelektrik yapısı göz

önüne alındığında uygulanan baskı ile bir gerilim üretmekte ve önceden tanımlı değer ile kıyaslama yapılarak ivme bulunmaktadır [80].

3.1.3. Jiroskop

Açısal hızı hesaplayabilen jiroskop sensörü üç dikey eksen ile oluşan açı ve bunlarla olan oranların hesaplanması ile dönüş yönü ve hızı hesaplanmaktadır. Yön ölçümü açısal denge korunması ilkesi ile yapılmaktadır. Jiroskopun çalışması merkez kaç ilkesi ile hesaplanmaktadır [80]. Jiroskopun yapısı Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



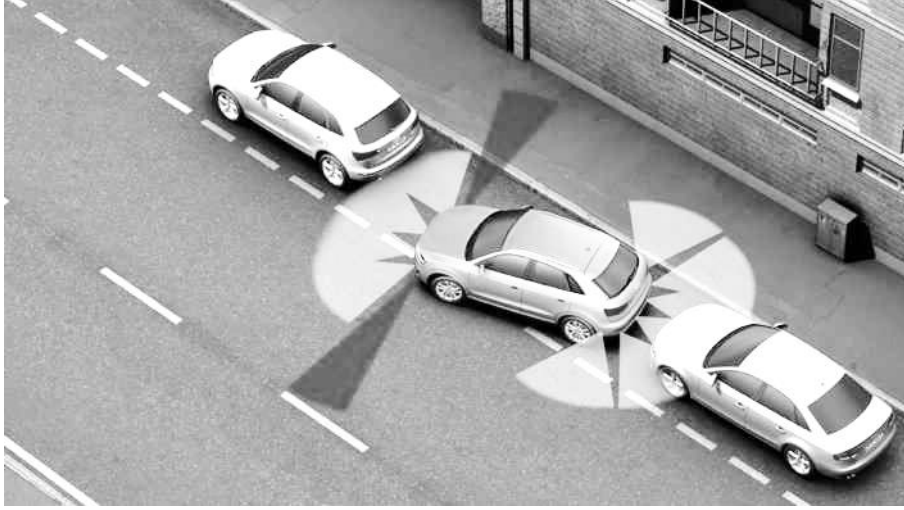
Şekil 3.3. Jiroskop yapısı.

Jiroskop ve ivmeölçer sensörleri benzerlik gösterebilir de aralarında farklar bulunmaktadır. Jiroskop üç koordinat eksenini için dönüş hızını hesaplarken, ivmeölçer ile tek eksen üzerindeki ivme ölçülmektedir.

3.2. Sürücü Destek Sistemi Ekipmanları

3.2.1. Park Asistanı

Günümüzde birçok araçta bulunan bu sistem geçmişte sadece arka ve ön kısımda bulunan ve sadece arka ve öndeki araç ile olan mesafenin büyüklüğüne göre sinyal seviyesini ve şiddetini arttırıp azaltan bir sistem iken günümüzde daha karmaşık bir yapıya bürünmüş ve sürücüye daha çok destek olabilen bir hal almıştır. Günümüzde hem sürücülü hem de sürücüsüz otomobillerin vazgeçilmez sistemleri arasında yer almaktadır. Özellikle kendi kendine park edebilen özellikler birçok insanın araç tercihinde bu sistemin önemini göstermektedir. Güncel park asistanı sisteminde sensörler, kameralar ile birlikte direksiyon ve fren kontrolü de eklenmiş ve kendi başına park edebilen sistemler oluşturulmuştur. Şekil 3.4’ te park asistanının çalışma şekli ve sensörlerin yerleşim yerleri verilmiştir.



Şekil 3.4. Park asistanı [83]

3.2.2. Yokuş Kalkış Desteği

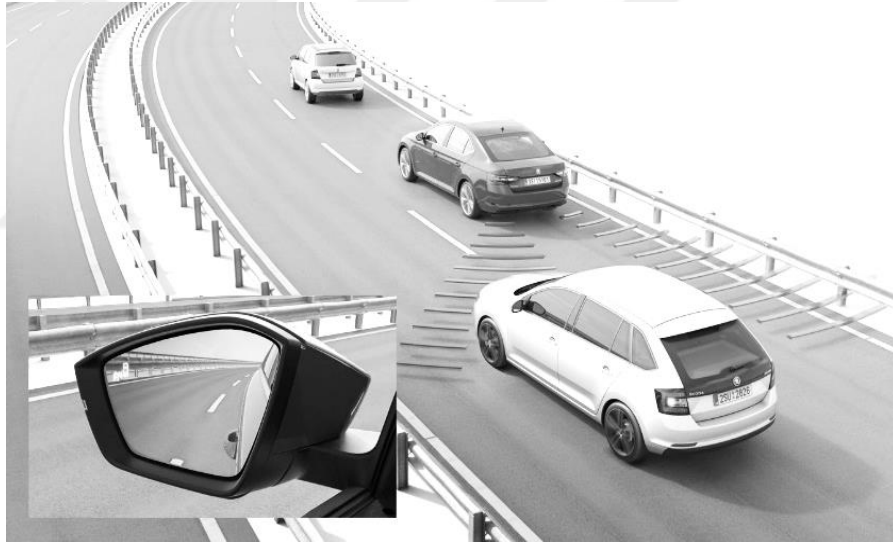
Sürücülerin en çekindikleri sürüş esnasındaki olaylardan biri olan yokuşta durma ve kalkma olayıdır. Birçok sürücü bu olay yüzünden araçlarının kayarak geri kaçması ve kazalara sebep olmasına engel olamamaktadır. Özellikle yeni otomobil kullanmaya başlayanların yaşadığı yokuşta kalkamama sorunu bu sistem ile çözülmüş olmaktadır. Bu sistem ile yokuşta duran otomobil ileri viteste olması haline geriye kaçması ve olası kazalara karışması engellenmektedir. Ayrıca sürücülerin yaşadığı otomobillerin durması sorunu da ortadan bu teknoloji ile kaldırılmış olmaktadır. Bu sistemin destek yapısı Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Yokuş kalkış desteği [84].

3.2.3. Kör Nokta Uyarı Sistemi

Kazaların bir kısmı kör noktada olan ayna ve yandan görünemeyen araçlar olmaktadır. Özellikle solama esnasında kör noktada olan ve fark edilemeyen araçlar yüzünden birçok kaza olmaktadır. Bu sistem ile kör noktada olan otomobil algılanmakta ve hem aynada hem de gösterge panelinde uyarılar verilerek kör noktada araç olduğu ve buna göre yolda hareket edilmesi gerektiği sürücüyeye bildirilmektedir. Sürücüsüz sistemlerde ise otomobilin yönlendirilmesi bu sistemin verdiği uyarılara göre planlanmaktadır. Böylece bu tür sorunlardan kaynaklanan kazaların en aza indirilmesi sağlanmış olunacaktır. Bu sistemin simülasyonu Şekil 3.6’da verilmiştir. Günümüzde güvenlik özelliğini ön planda tutan birçok otomobil üreticileri bu sistemi otomobilleri için geliştirmiş ve kullanıma sunmuşlardır. Böylece sürücülerin yoldaki hareketlerinin daha güvenli olması sağlanmıştır. Sürücüler bu sistem ile hem kendi hem de diğer sürücülerin can ve mal güvenliğini sağlamış olacaklardır.



Şekil 3.6. Kör nokta uyarı sistemi [85]

3.2.4. Hız Sabitleyici

Sürücüler özellikle uzun yol sürüşlerinde sağ ayaklarını sürekli kullanmaktan dolayı tutulmalar yaşayabilmektedirler. Özellikle uzun yolda daha efektif kullanılan bu sistem sürücünün güvenliğini ve konforunu sağlamak üzerine geliştirilmiş bir sistemdir. İlk geliştirilen hız sabitleyiciler sadece otomobilin belirli bir hızda gitmesini sağlarken günümüzde önceki araçların hız ve yakınlıklarına göre ve ayrıca gidilen yolun hız limitine göre adaptasyon sağlayabilen sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler sayesinde hem sürücü konforu sağlanmış, hem güvenlik sağlanmış hem de hız limitine göre hız ayarlanabildiği için

radar cezalarının alınması engellenerek maddi kayıpların engellenmesi sağlanmıştır. Bu sistemin genel yapısı Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Hız sabitleyici [86]

3.2.5. Uykulu Sürücü Algılayıcı

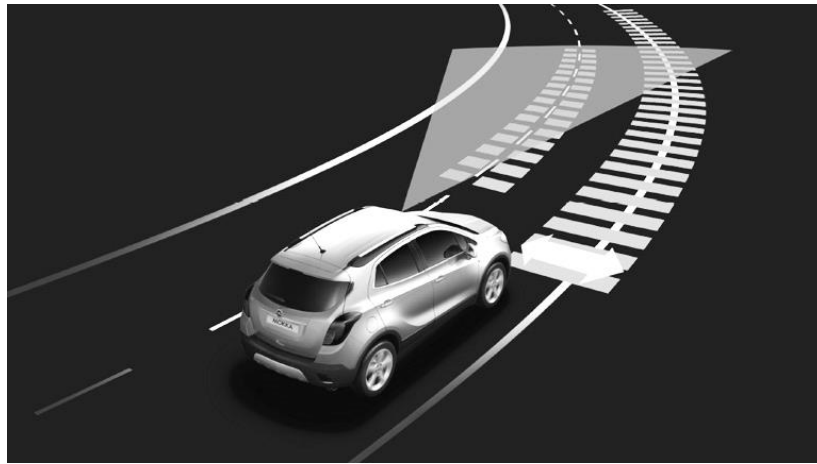
Kazaların bir kısmı sürücülerin yorgun iken araç kullanmalarından kaynaklanmaktadır. Özellikle uzun yollarda araç kullananların daha çok yaşayabileceği bu durum aracın hâkimiyetinin kaybedilmesine ve birçok kazaya karışmasına sebep olmaktadır. Sürücü çoğu zaman uykusu gelmesi haline yola devam etmeyi tercih etmektedir. Bazen de sürücü uykusunun geldiğinin ve daldığının farkında bile olmamaktadır. Bu tür durumlarda kazaların yaşanmaması ve sürücünün uyarılması için geliştirilen uykulu sürücü algılama sistemi sürücüyü uyarmakta veya araca müdahale imkânı varsa müdahale ederek uygun yerde durdurulmasını sağlamaktadır. Sürücünün göz hareketleri veya vücut hareketleri ile bu sistem devreye girebilmektedir. Bazı sistemlerde hareket algılayıcı sensörler kullanılırken, bazılarında ise araç içi kameralar kullanılmaktadır. Bu nedenden kaynaklanan kazalar bu sayede azaltılmakta ve otomobil sürücüsünün can ve mal kaybı engellenmektedir. Bu sistem ile ilgili uyarı sisteminin simülasyonu Şekil 3.8’de gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Uykulu sürücü algılayıcı [87]

3.2.6. Şerit Takip Sistemi

Yolda araç kullanırken bazen sürücü farkında olmadan diğer şeride geçebilmektedir. Buna sebep olan durumlar arasında, uykulu olmak, dalgınlık, telefon kullanmak ve otomobilin içindeki sistemlerle uğraşmak gibi sayılabilmektedir. Böyle bir durum gerçekleştiğinde ve şerit değiştirildiğinde karşı yönden gelen bir araç veya aynı yöne giden sollama yapmaya çalışan bir araç ile çarpışmak ve kaza olması olası bir durum haline gelmektedir. Böyle durumların yaşanmaması için birçok otomobil üreticisi şerit takip sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistem ile yoldaki şeritler tespit edilmekte ve bunların takibi sağlanmaktadır. Otomobilin şerit değiştirmesi halinde sürücüye uyarı verilmekte veya otomobile müdahale imkânına sahip bir sistem ise otomobilin şeride geri dönmesi sağlanmaktadır. Eğer sinyal verilerek şerit değiştiriliyorsa herhangi bir uyarıya gerek duymamaktadır. Ama bunun yanı sıra sinyal vermeden otomobilin şeritten ayrıldığı görüldüğü anda uyarı verilerek şeritte kalınması sağlanmaktadır. Bu sistemin görsel yapısı Şekil 3.9’da verilmektedir.



Şekil 3.9. Şerit takip sistemi [88]

3.3. Nesnelerin İnterneti

Kevin Ashton tarafından 1999 yılında ilk defa kullanılan “Nesnelerin İnterneti (IoT)” daha sonraki yıllarda telefon ve diğer cihazlarında yaygın bir şekilde internet ile bağlı hale gelmeleri ile dünya geneline yaygınlaşmıştır. Bu teknolojik gelişmeler sonucunda bilgisayarla sadece birbirleri ile değil ayrıca diğer nesneler ile de iletişim haline geçmeye başlamış oldular. Evlerdeki beyaz eşyalardan, dışarda kullanılan arabalar ve daha birçok nesne bu yapının içinde kendine yer bulmaya başlamıştır. Bu yapı ile akıllı evler ve akıllı şehirler oluşmaya başlamıştır. Kısaca IoT fiziksel nesnelerin birbirleri ile ve diğer sistemler ile bağlantılı olup iletişim kurabildikleri bir iletişim ağıdır [89]. Bu teknoloji ile tüm nesneler ile iletişimin sağlanması ve akıllı şehirlerin iletişim problemlerinin çözülmesi sağlanmış olacaktır. Her cihazın bir diğeri ile irtibata geçmesi, bilgilerin bulut sunucularda tutulması, ev ve iş ortamındaki her cihaz hakkında uzaktan bilgi almak ve bunları yönetmek nesnelerin interneti aracılığıyla hayatımıza giren ve kolaylık sağlayan işler arasındadır.

3.4. Android Uygulaması

Android uygulaması geliştirmek için android studio kullanılmaktadır. Java programlama dili ile yapılan kodlama sonucu oluşturulan uygulamalar gerçek telefonlarda veya emülatörlerde test edilebilmektedir.



Şekil 3.10. Emülatör arayüzü.

İstenen özelliklerde oluşturulan emülatörlerde çalıştırılan uygulamalar gerçek telefonlarda kullanılıyormuş gibi performans göstermektedirler. Android işletim sistemi seçilip oluşturulan emülatöre ait görsel arayüz Şekil 3.10'da yer almaktadır.

Emülatörde yüklü olan uygulamalara ait arayüz Şekil 3.11'de görülmektedir. Gerçek bir telefonu andıran arayüze sahip olmaktadır.



Şekil 3. 11. Emülatör için yüklü uygulamalar arayüzü.

Sensörlerden veri almak için bir android uygulaması geliştirilmektedir. Sensör ayarlarının yapılması için gerekli kodlar aşağıda yer almaktadır.

```
sm = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);  
accelerometer = sm.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER);  
sm.registerListener(this, accelerometer, SensorManager.SENSOR_DELAY_NORMAL);  
smg = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);  
jiroskop = smg.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_GYROSCOPE);  
jiroskop_verileri = (TextView) findViewById(R.id.jiroskop_veriler);  
smg.registerListener(this, jiroskop, SensorManager.SENSOR_DELAY_NORMAL);  
ivmeolcer_verileri = (TextView) findViewById(R.id.ivmeolcer_veriler);
```

Sensörlerden alınan veriler textlerde gösterilmek üzere aşağıdaki kodlar kullanılmaktadır.

```

public void onSensorChanged(SensorEvent arg0) {
    if (arg0.sensor.getType() == Sensor.TYPE_ACCELEROMETER) {
        float[] values = arg0.values;
        float x = values[0];
        float y = values[1];
        float z = values[2];
        ivmeolcer_veriler.setText("X: " + x + "\nY: " + y + "\nZ: " + z);
    }
    if (arg0.sensor.getType() == Sensor.TYPE_GYROSCOPE) {
        float[] values = arg0.values;
        float a = values[0];
        float b = values[1];
        float c = values[2];
        jiroskop_veriler.setText("X: " + a + "\nY: " + b + "\nZ: " + c);
    }
}

```



Şekil 3.12. Uygulama sensör arayüzü.

Bu uygulamaya ait arayüzler Şekil 3.12’de yer almaktadır. Bu uygulama aracılığıyla ivmeölçer ve jiroskop sensörlerinden veriler alınmakta ve kaydedilmektedir. Kaydedilen verilerden yoldaki viraj ve virajlardaki hızlar tespit edilmektedir. Kaydedilen veriler ve oluşturulan veri grafiği Şekil 3.13’de yer almaktadır.

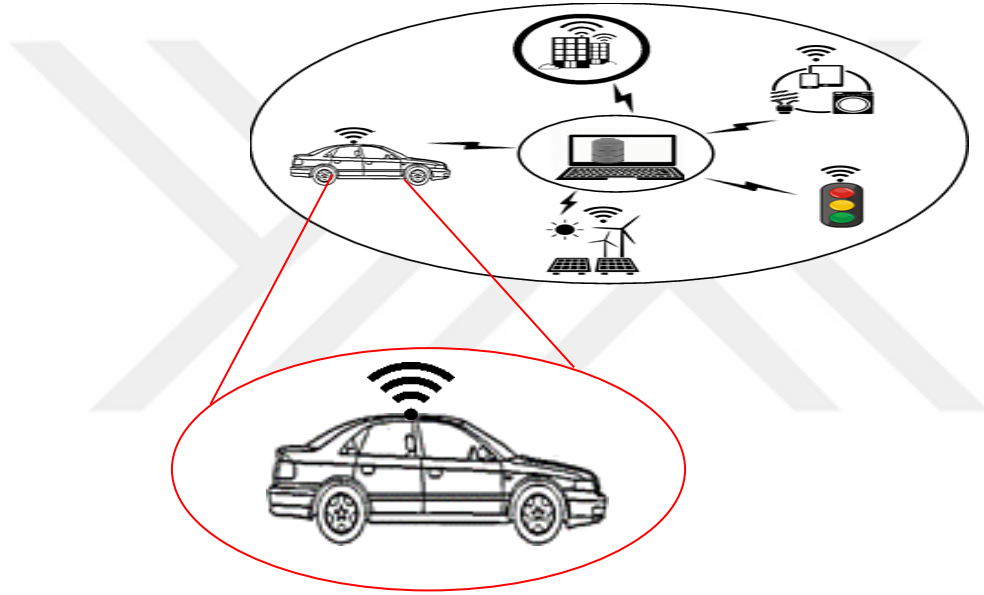


Şekil 3.13. Uygulama kayıt ve grafik arayüzü.

4. AKILLI ŞEHİRLERDE AKILLI SÜRÜŞ ÖNERİSİ

4.1. Giriş

Akıllı şehirlerde, birçok ilişkili sisteme entegre olabilen bir sistem oluşturulması arzu edilir. Bu sistem, akıllı evler, akıllı araçlar, akıllı enerji sistemleri, akıllı yollar, bazı teknolojik cihazlar ve onlara eklenebilecek alanlar içeriyor. Günümüzde akıllı araçlar, birçok şirket tarafından test aşamasına getirilmiş durumda. Örneğin; Google ve Tesla, şoförsüz akıllı araçlarının test sürümlerini piyasaya sürdü. Birincisi yazılım bölümüne odaklanıyor ve ikincisi seri üretime devam ediyor. Şekil 4.1’de akıllı bir şehrin genel yapısı ve bu yapıda odaklanılan akıllı otomobil sistemleri gösterilmektedir.

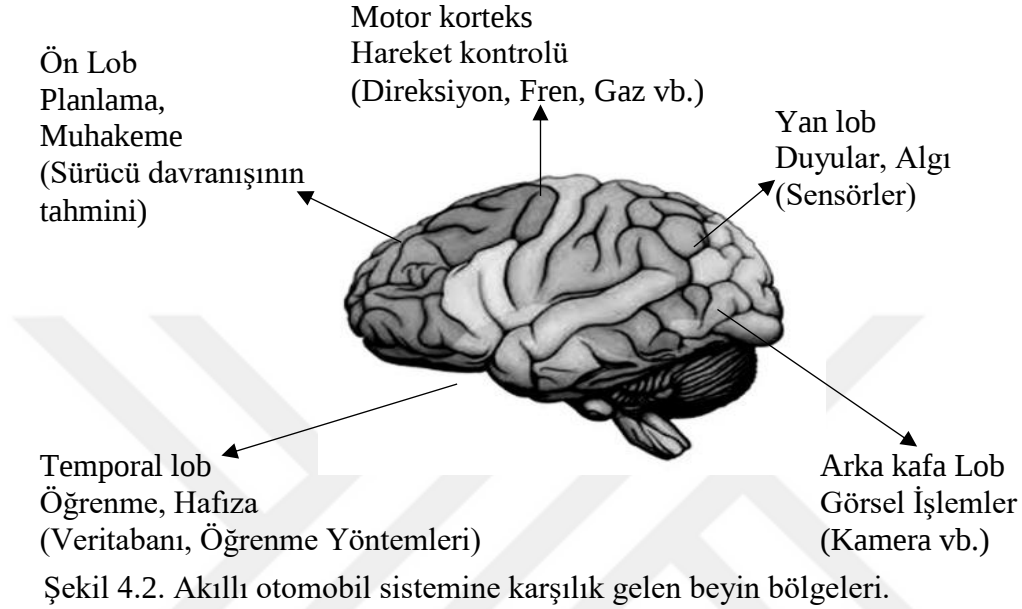


Şekil 4.1. Akıllı şehir yapısı üzerinde akıllı bir araba.

Aslında, insan beyninin yapısını simüle etmek için akıllı sistemler geliştirilmektedir. Beyindeki her bölümün ayrı bir görevi vardır. Beynin parçaları ve görevleri Şekil 4.2’de gösterilmektedir. Her bölüm akıllı otomobil sistemlerinde yer alabilir ve onlara karşılık gelen görevleri belirleyebiliriz.

Şoförsüz sistemleri geliştirmek için öncelikle sürücüler ve araçlar ile ilgili verileri toplamalıyız. Bu verilerin toplanması, sensörler tarafından gerçekleştirilir. Beyindeki bu görevi yerine getiren parçalar paryetal lob ve oksipital lob olarak bilinir. Ardından, elde edilen veriler üzerine çalışmak için bir yerde saklanır. Beyindeki bu görevi yerine getiren bölge temporal lob olarak adlandırılır. Kaydedilen verilerin sınıflandırılması ve elde edilen olaylar belirlenmelidir. Bu süreç beynin temporal lobunun bir fonksiyonu olarak yapılır. Algılanan olaylarla ilgili müteakip durumları analiz etmeli, planlamalı, değerlendirmeli ve tahmin

etmelidir. Bu beyin kısmında ön lob denilen yapılır. Tespit edilen olaylar beynin ilgili bölgeleri tarafından işlendikten sonra hareket organlarına talimat verilmeli ve üzerinde hareket edilmelidir. Bu işlem motor korteks bölümü ile yapılır. Bu şekilde bir olay algılanabilir, kaydedilebilir, öğrenilebilir, yorumlanabilir ve bir sonraki olay öngörülebilir.



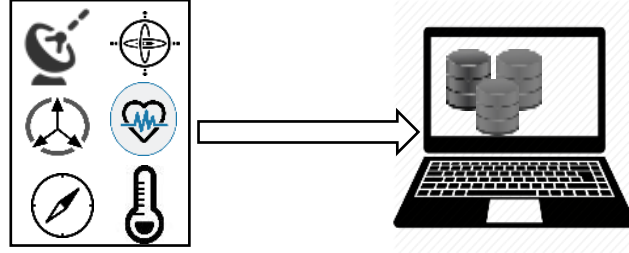
4.1.1. Problem Tanımı

Sürüş asistanı sistemleri akıllı araba sistemlerinde önemli bir yere sahiptir. Sürüş davranışları sayesinde yeni sürüş asistanı sistemlerinin geliştirilmesi mümkündür. Böylece, sürücü özelliklerinin tanınması sağlanmalıdır. Ayrıca, direksiyon üzerindeki taktik, manevralar ve genel davranış tahmini yapılmalıdır. Eylemden önce, yeni nesil yapay zekâya sahip sürücü yardımcı sistemleri oluşturmak için bazı ön çalışmalara ihtiyaç vardır. Ana hedefe ulaşmak için aşağıdaki sorunlar çözülmelidir:

- Sürüş sırasında çevresel faktörler ve sürücünün biyolojik verileri sensörler tarafından alınmalıdır ve bunlar düzgün bir şekilde saklanmalıdır.
- Olaylar, veri alımı yoluyla belirlenmelidir.
- Bu olaylar sınıflandırılmalıdır.
- Sürücülerin davranışı, yeni nesil öğrenme yöntemleri kullanılarak anlaşılmalıdır.
- Direksiyondaki davranışı tahmin etmek için genel bir sistem geliştirilmelidir.
- Doğru sürüş davranışını iyileştirmek için sistem çevrimiçi olarak güncellenmelidir.
- Sürücü için karakteristik bir profil tanımlanmalıdır.

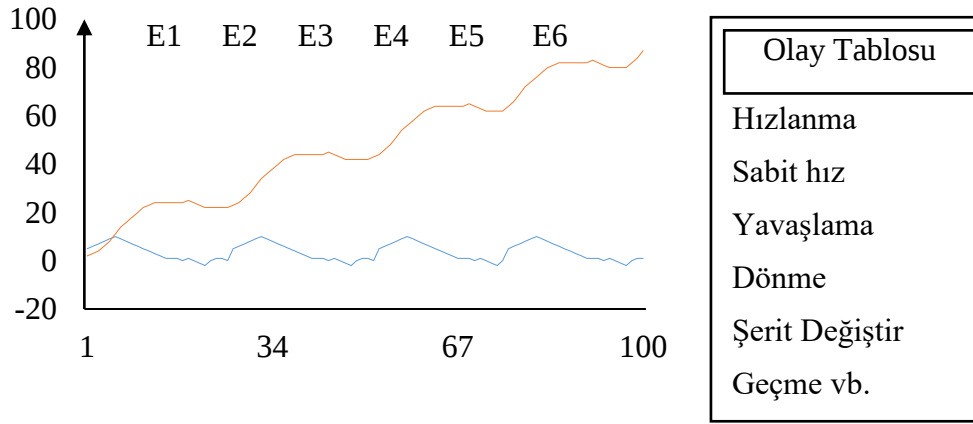
4.1.2. Önerilen yaklaşım

Sürücü profilini tanımak ve araç tarafından anlaşılmasını sağlamak için, sürücü, araç ve çevre koşulları hakkındaki bilgiler başlangıçta sürüş esnasında uygun ekipmanlarla alınmalıdır. Bunlar uygun biçimde saklanacaktır. Şekil 4.3 verilerin alınması ve saklanması için devam eden süreci tasvir etmektedir.



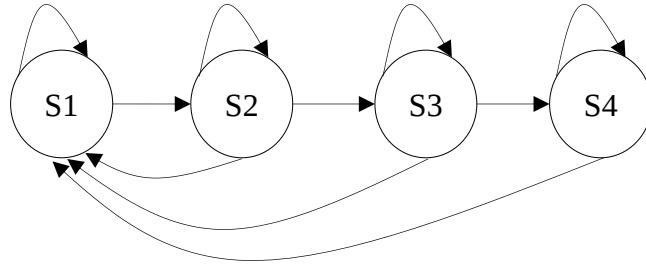
Şekil 4.3. Sensör verilerini yakalama ve kaydetme.

Elde edilen verileri analiz ederek, direksiyonda meydana gelen olası olayları belirleyebiliriz. Bu bağlamda, bu olayların bitiş noktalarını doğru bir şekilde doğrulamak için etiketleme yapılmalıdır. Etiketleme, Şekil 4.4'te görüldüğü gibi gerçekleştirilebilir.



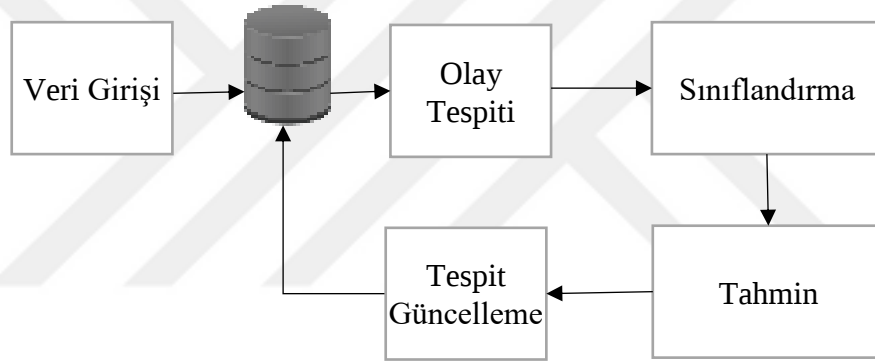
Şekil 4.4. Veriden olay saptama (E olaydır).

Sürüş sırasında elde edilen verilerle tespit edilen olaylar sınıflandırılır. Olay sınıfı tahmin yöntemleri kullanılarak belirlenebilir. Sürücünün davranışı, uzun sürüş verilerini analiz etmek uğruna olayların sınıflandırılması sonucunda belirlenir. Bu şekilde, direksiyon üzerinde genel davranış tipi ve gerçek davranış tahmin edilebilir. Başka bir gerçek sürüş davranışına geçerken kalıcı davranışlar ve geçiş noktaları öngörülebilir. Bu tahmin sistemi, Markov Zinciri gibi olasılık yöntemleri kullanarak inşa edilmiştir. Tahmin örneği Şekil 4.5'de verilmektedir.



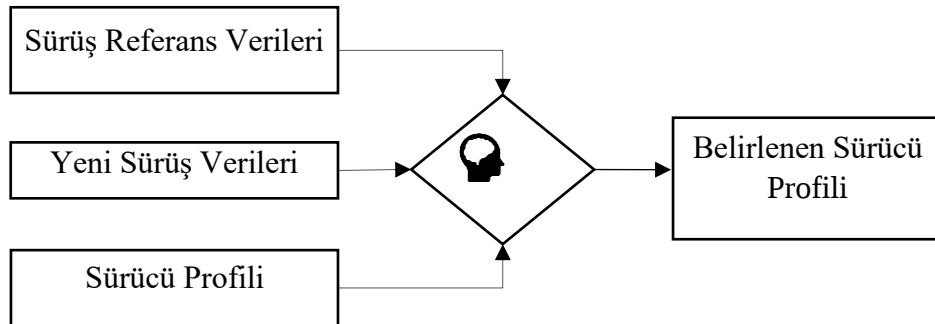
Şekil 4.5. Durum geçişleri için Markov modeli.

Sistem kurulduktan sonra, gerçek geribildirimle kendisini sürekli olarak güncelleyebilen bir sisteme dönüştürülmelidir. Bu anlık verileri geçmiş verilerle karıştırarak mümkündür. Eski deneyimleri göz önüne alarak, yeni olaylar ve sürücü davranışları yeni veri akışı besleyerek tespit edilir. Bu, sürücünün direksiyon simidi üzerinde uyarılmasını sağlar ve sürüş konforunu geliştirir. Önerilen sistem Şekil 4.6'da gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Çevrimiçi veri analiz sistemi.

Uygulamaya konulan sistem, önceki sürücü deneyimlerini, karakteristik özelliklerini ve biyolojik ve araç verilerinin birleşimini içeren çok sayıda faktörle temsil edilmektedir. Tüm bu verileri birleştirerek, sürücü profili elde edilir ve sürüş profili hakkında sonuç karar verilebilir. Bu kararlara ilişkin bu tür örnekler, güvenli, uyumlu, agresif, serin veya güvensiz olarak verilebilir. Şekil 4.7 belirtilen karar mekanizmasını göstermektedir.



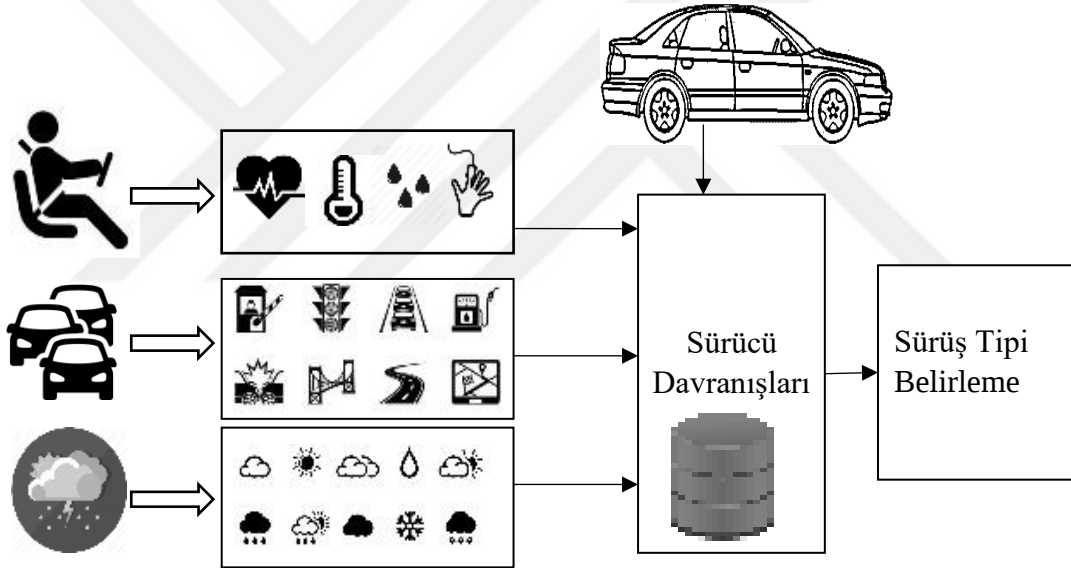
Şekil 4.7. Sürücü profili karar sistemi.

4.1.3. Makalenin Ana Hatları

Bu çalışmanın sonraki bölümünde önceki çalışmalar incelenmiştir. Metotlar, cihazlar ve mülkler de dahil olmak üzere geçmişten günümüze gelişmeler tablolarda verilmektedir. Ayrıca, son çalışmaların sistematik evrimi parseller halinde verilmektedir. Makalenin sonunda, elde edilen sonuçlar tartışıldı ve gelecekteki çalışmalar için öneriler sunuldu.

4.2. Sistem Ana Hattı

Akıllı sürüş sistemi ile ilgili çalışmalar, ele alınan yöntemlere, test edildikleri hareketlere, kullanılacak algılayıcı tiplerine ve gerçekleştirilen öğrenme yaklaşımlarına göre sınıflandırılır. Son gelişmeleri ve eğilimleri anlamak, yeni sensör tiplerini ve yaklaşımlarını fütüristtik teknolojilerin ilerlemesiyle birlikte tanıtacaktır. Genel sistem tasarım önerisi Şekil 4.8’de verilmektedir.



Şekil 4.8. Gelecekteki çalışmalar için sistem tasarımı.

Geçmişte, çalışmaların büyük çoğunluğu çevrimdışı yapıldı. Günümüzde, çevrimiçi çalışmaların sayısı artmaktadır. Önceki çalışmalar çoğunlukla veri toplama ve bunlardan olayları belirleme üzerine kurulu, ancak günümüzde tespit edilen olayların sınıflandırılması, sürücü davranışının belirlenmesi ve gelecekteki durumların tahmini eklenmiştir. Çevrimiçi çalışmaların gelişmesiyle, direksiyon sürüşü konusunda öğrenme sistemleri geliştirilmeye başlandı.

Özellikle, akıllı telefonların geliştirilmesi ve akıllı telefonlarda sensör teknolojisi, yeni nesil yapay zekâya dayalı sürüş çalışmalarını kolaylaştırıyor. Düşük maliyetli öğrenme

sistemleri, otomobillerdeki sensörler ve akıllı telefonlardaki sensörler tarafından alınan verileri analiz ederek geliştirilebilir. Tablo 1, hangi sürüş davranışlarının literatür çalışmaları tarafından tespit edildiğini göstermektedir. Sürüş sırasında, sürücünün ivmesi, yavaşlaması ve aracın dönüşleri alınan verilerden tespit edilir.

Daha önceki çalışmalar için performans fonksiyonu,

$$\mathcal{P} = \frac{\sum \mathcal{B}}{100} + \frac{\sum \mathcal{S}}{100} + \frac{\sum \mathcal{M}}{100} + \frac{\sum \mathcal{H}}{100} \quad (4.1)$$

burada, P, her bir çalışma için performans oranıdır, B, Tablo 4.1’de görülen taktiksel davranış oluşturan algılanan manevraların sayısıdır, S, kullanılan toplam sensör sayısı, M, yöntem, ve H sürücülerden elde edilen biyolojik veri türü sayısıdır.

Her bir çalışma için P performans sonucu 0-1 arasındadır. Her bileşenin performans fonksiyonu üzerindeki etkisi sezgisel olarak 0.25 olarak alınır. Her manevra etkisi Tablo 4.1’de görüldüğü gibi 3.125 (25/8) dir; Her sensörün etkisi Tablo 4.2’de görüldüğü gibi 3.125 (25/8) 'dir; ve her yöntemin etkisi Tablo 4.3’te görüldüğü üzere 100’ün 25’idir; ve her bir biyolojik verinin etkisi de 6.25 (25/4) 'dir.

Biyolojik veriler arasında nabız, nem oranı, oksijen miktarı ve sıcaklık bulunur. Yaşamsal veriler, sürücünün davranışının gerçekçi belirlenmesi için büyük önem taşımaktadır. İncelenen çalışmalarda yaşamsal verilerin kullanılmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 4.1. Algılanan davranışlara göre sınıflandırma yapılması.

Davranış Tipi	Kaynak Numaraları
Hızlanma	[3, 6, 8, 10, 11, 13-21, 23-30, 32, 36, 37]
Frenleme	[3, 8, 13, 15-18, 21, 24, 26, 27, 34]
Dönme (Sol, Sağ)	[3, 8, 12-14, 16, 18, 21, 23, 24, 28, 31, 32, 34-36]
Durma	[3, 24]
Şerit Değiştirme	[2, 3, 7, 13, 14, 21, 31, 36]
Şerit Takibi	[2, 28, 31, 35, 36]
Yavaşlama	[3, 14-17, 24]
Sollama	[3]

Mevcut çalışmalarla çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Farklı veri toplama yöntemleri ve sensörlere göre literatürdeki çalışmaların sınıflandırılması Tablo 4.2’de gösterilmektedir. Özellikle akıllı telefon algılayıcıları ve araba algılayıcıları birçok çalışmada araştırılmıştır.

Tablo 4.2. Kullanılan sensörlere göre sınıflandırma.

Sensör Tipi	Kaynak Numaraları
İvme Ölçer	[8, 11, 13-16, 19, 21-23, 25, 26, 30]
Jiroskop	[8, 13, 14, 21, 23, 25]
Magnetometer	[13, 14, 25]
Kamera	[2, 3, 5, 10, 12, 13, 15, 17, 21, 22, 24, 28, 31, 33, 35, 37]
Lazer Tarayıcı	[12, 15, 22]
Can Veri Yolu	[3, 13, 17, 18, 20, 22, 24, 26, 29, 30, 32, 34, 37]
GPS	[8, 13, 16, 17, 19, 21, 24-27, 29-32, 36]
Diğerleri	[4-6]

Çalışmalardaki yöntemler Tablo 4.3'te gösterilmektedir.

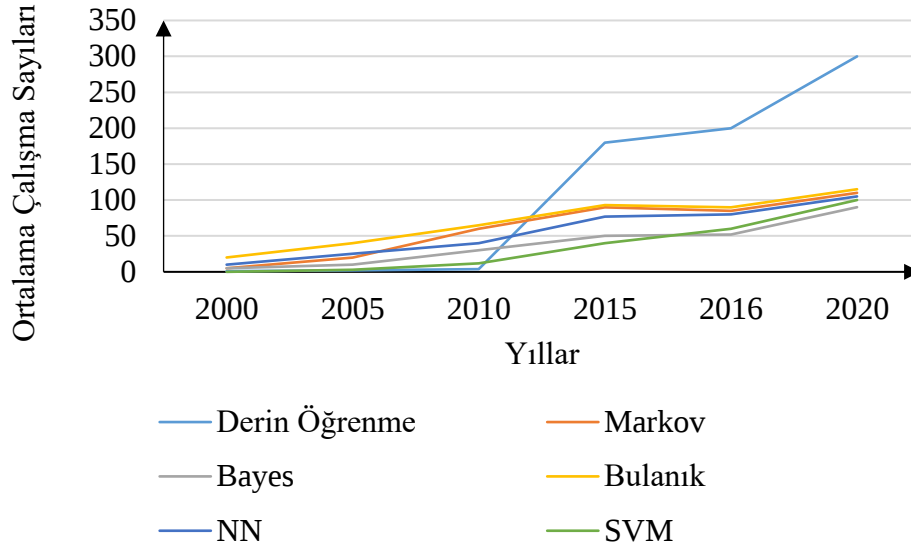
Tablo 4.3. Kullanılan yöntemlere göre sınıflandırma.

Yöntem	Kaynak Numaraları
HMM	[2, 3, 8-10, 12, 31]
Bayes	[5-7, 14, 23]
NN	[11, 30-33, 35, 36]
SVM	[18, 29]
Bulanık Sınıflandırma	[20]
Diğerleri (DTW, GMM vb.)	[13, 15-17, 19, 21, 22, 24-28, 34, 37]

Akıllı araba özellikleri bakımından, alçaktan yükseğe kadar olan sınıflandırma çalışmaları sağlanmıştır. Bu sınıflamada yalnızca veri toplayan çalışmalar düşük seviye olarak görülürken, artımlı öğrenme ve çevrimiçi güncelleme yapan çalışmalar yüksek düzeyde kabul edilmektedir. Bu şekilde sınıflandırılan çalışmalar Tablo 4.4'te verilmektedir. Burada, üst düzey çalışmaların sayısının arttığı görülüyor. Bu sayının gelecekte daha yüksek oranlara yükseleceği beklenebilir.

Tablo 4.4. Çalışmaların seviyelerine göre sınıflandırılması.

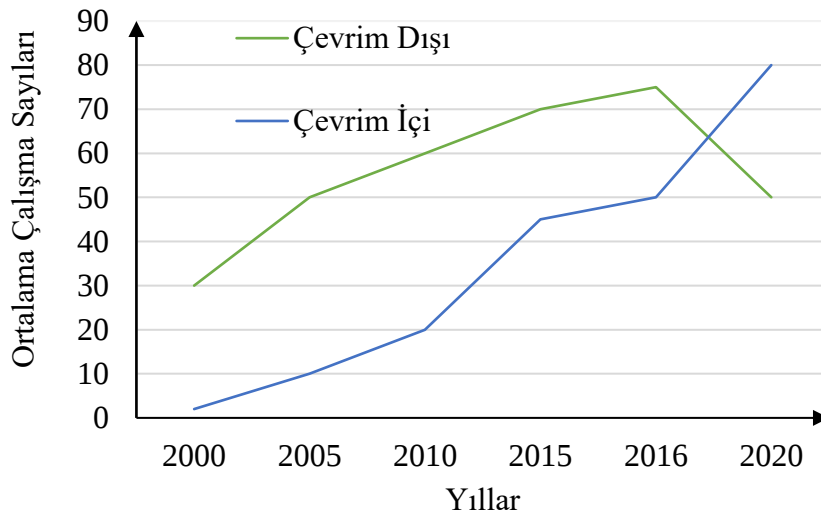
 Yüksek		Kaynak Numaraları
	Yüksek Seviye (Derin, Artımsal Öğrenme)	[17, 19-23, 26-29, 31-33, 35-37]
	Denetimli ve Denetimsiz Öğrenme	[5, 18, 30]
	Tanıma	[7, 8, 10, 13, 14, 16, 24, 25, 34]
	Sınıflandırma	[2, 6],
Düşük	Düşük Seviye (Veri Toplama)	[1]



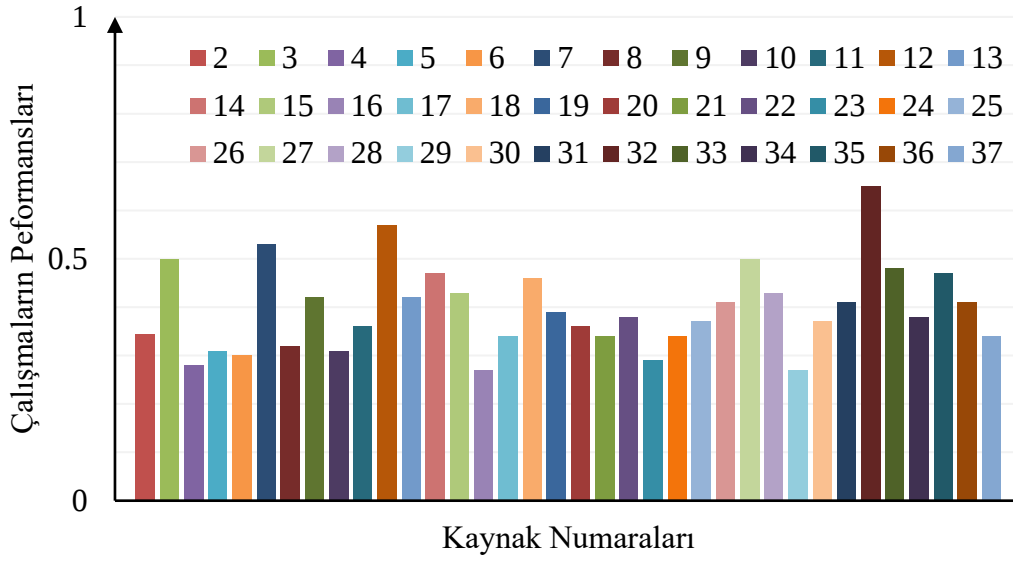
Şekil 4.9. Yöntemlerin yıllara kıyasla sayısı.

Şekil 4.9’da yıllara göre yapılan çalışmaların sayısını göstermektedir. Bu grafiğe bakıldığında özellikle yeni öğrenme teknikleri olarak geçen derin öğrenme yönteminin her geçen gün kullanımını arttığı görülmektedir.

Geçmişteki mevcut çevrimiçi ve çevrimdışı çalışmaların çeşitliliği ve gelecekteki tahminleri Şekil 4.10’da verilmiştir. Bu grafik yorumlandığında ise çevrim içi çalışmaların geçmişte sayıları nispeten çevrim dışı çalışmalara göre daha az olurken, günümüzde ise bu çalışmaların sayılarının çevrim dışı çalışmalara göre arttığı görülmektedir. Akıllı sistemlerin gelişmesi ve anında müdahale gerekliliği çevrim içi çalışmaların artmasının önemli nedenleri arasında görülmektedir.



Şekil 4.10. Yıllara göre çevrimiçi ve çevrimdışı çalışmaların sayısı.



Şekil 4.11. Çalışmaların performans grafikleri.

Çalışmaların performans fonksiyonu ile hesaplanan sonuçları Şekil 4.11'de verilmiştir. Biyolojik veriler örnek çalışmalarımızda mevcut olmadığından hiçbirisi tam performansa sahip değildir.

4.3. Değerlendirmeler ve sonuçlar

Bugün ve gelecekte akıllı şehirler araştırmacıların odağında olmaya devam edecek. Daha konforlu ve güvenli bir çevre arzusu, bu alanda paydaşların sürekli ilgisini çekmektedir. Akıllı araba sistemleri, akıllı şehirlerin bir parçası olarak vatandaş ihtiyaçlarına göre tasarlanacak ve geliştirilecek. Bu nedenle akıllı telefonların bu tür sistemler için vazgeçilmez parçaları olduğu anlaşılabilir. Giyilebilir akıllı teknolojilerin geliştirilmesiyle, insan biyolojik verileri de akıllı sisteme entegre edilebilir. Bu şekilde, gelecekte sürücülerini daha iyi tanıması için sistemler geliştirilebilir ve olası sürüş davranışlarını öngörme olasılığı daha yüksektir. Böylece, akıllı sürücü asistanı sistemleri ve sürücüsüz araçlar gerçek bir şoföre benzer bir davranış sergilemek üzere inşa edilebilir. Ayrıca, rahat seyahat imkânı sağlayan kazaların olasılığını azaltır.

5. AKILLI TELEFON SEYAHAT VERİLERİNDEN YOL VİRAJLARININ SINIFLANDIRILMASI VE SÜRÜŞ PROFİLİ ÇIKARILMASI ÖNERİSİ

5.1. Giriş

Sürücü davranışını öğrenmek, akıllı otomobillerin geliştirilmesinde önemli bir konudur. Sürücü destek sistemleri, sürücü davranışıyla ilgili bazı öngörülerini kullanarak sürüş konforu ve güvenliği sağlayabilir. Bu çalışmada, akıllı telefonla yolculuk verileri kullanılarak belirtilen yolda yol ve sürüş profilini belirlemeye çalıştık.

5.1.1. Problem Tanımı

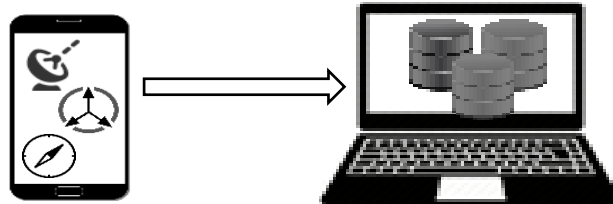
Belli bir yol bölümünde sürüş sırasında akıllı telefon sensörü verilerini kullanarak, yol şekilleri ve sürüş profili belirlenebilir. Bu amaçla sorunlar şu şekilde ifade edilebilir;

- Akıllı telefon sensörleri belirtilmeli, uygun şekilde kaydedilmelidir.
- Saklanan veriler uygun bir formata dönüştürülmelidir.
- Farklı yol şekillerinin uç noktaları belirlenmelidir.
- Yol şekli sınıflandırılmalıdır.
- Sürücünün hızlanma alışkanlıkları, ilgili yol şekli için alınmalıdır.
- Sürüş profilleri hızlanma durumlarına göre belirlenmelidir.

• Gözlemlenen yol profili, gerçek yolculuk verileri kullanılarak elde edilebilir. Tüm yol profili bulut servislerine aktarılabilir. Bu sayede, aynı yol bölümünde seyahat etmeyi planlayan tüm sürücüler bu bilgileri kullanabilir.

5.1.2. Önerilen Yaklaşım

Akıllı telefon üzerindeki ivmeölçer, GPS ve jiroskop, hareket halindeyken veri saklamak ve almak için kullanılır. Veri alınması ve kaydedilmesi Şekil 5.1’de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Akıllı telefondan verilerin alınması ve kaydedilmesi.

Kaydedilen hız verileri, araç hızı verileri (km / s) ve dönüş açısı için jiroskop verileri gibi anlaşılabilir bilgilere dönüştürülür. Akıllı telefon verilerini kullanarak yol bölümlerinin

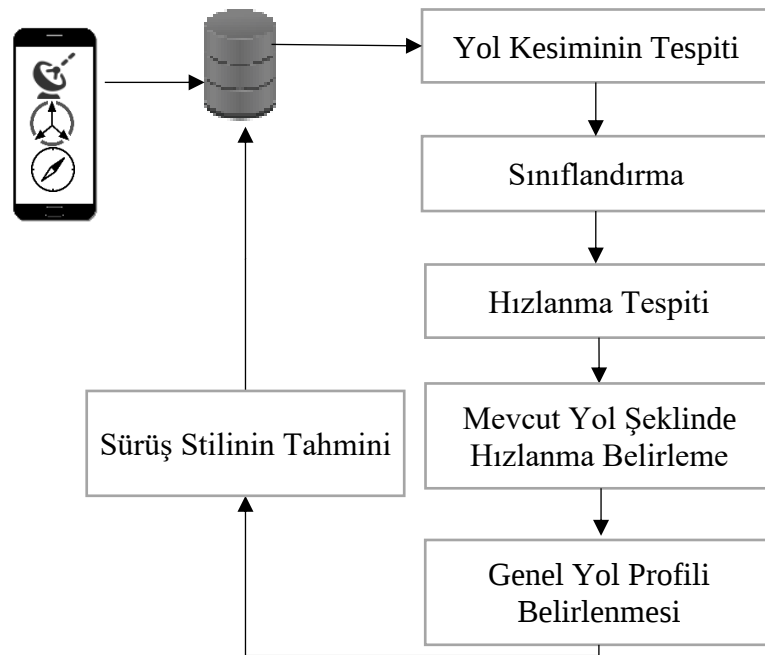
şekillerini sınıflandırmak için bir algoritma geliştirilecek. Ayrıca yol şekillerinin son noktasını bulacaktır. Bulanık sınıflandırıcıyı kullanarak, yolu düz, sağ eğri ve sol eğri olarak sınıflandırmak mümkün olacaktır. Daha sonra, hızlanma verileri, sürüş profilini belirlemek için algoritmaya dahil edilir. Yol şekilleri ile bunların karşılık gelen ivmeler arasındaki geçiş, Gizli Markov Modeli ile tahmin edilmektedir. Bu yaklaşım, her ayrı yol bölümleri için sürücü profili sağlayabilecektir. Bir araya toplarken, her alt profil bize belirli bir yolculuk için tüm sürüş profilini verecektir. Sürüş türleri, güvenli ve agresif seçilmiştir. Sürüş profili ve yol şekillerini belirledikten sonra ilgili bilgi bir bulut veri sunucusuna gönderilir. Sonuç olarak, aynı yol bölümünü kullanmayı planlayan potansiyel sürücüler, belirtilen yol için fiili bilgi alabilecektir.

5.1.3. Makalenin Ana Hatları

Çalışmanın ikinci bölümünde önerilen sistemin teorik altyapısı ve gerçekleştirilmesi verilmiştir. Üçüncü bölümde, sensör verilerini kullanarak deneysel sonuçlar verilmektedir. Sistemin performans oranları da bu bölümde yer almaktadır. Dördüncü bölümde, sonuçlanan ifadeler ve gelecekteki çalışmalar değerlendirilir.

5.2. Sistem Teorisi

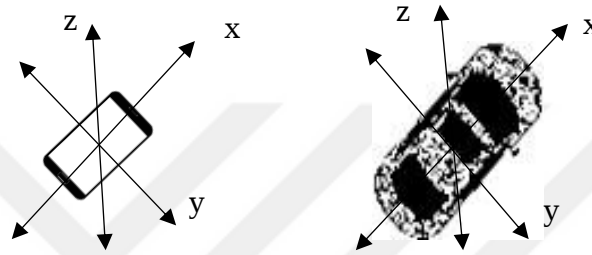
Önerilen yaklaşımda, amacımız yol şekillerini ve sürüş stilini belirleyen bir sistem geliştirmektir.



Şekil 5.2. Sistemin genel yapısı.

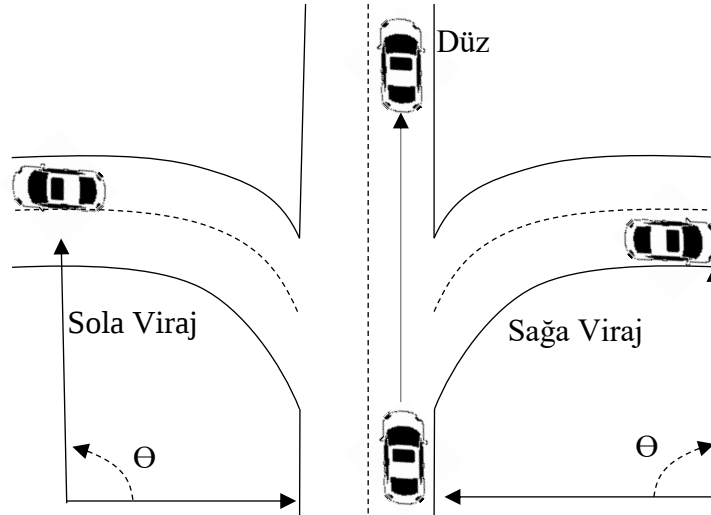
Burada, akıllı telefon sensörlerinden gelen ivme ve dönüş verileri, eğri veya düz yol olabilir yol şeklini tahmin etmek için kullanılır. Sürüş stili olarak güvenli ve agresif sürüş katılıyor. Şekil 5.2'de sistemin genel yapısı gösterilmektedir. Bu akıllı telefonda veri alımı, yol şekli ve sürüş stili elde etmek için geri kalan modüllerde analizin yanı sıra verilerin veritabanında güncellenmesini de içerir.

Aracın içindeki akıllı telefon belirli bir konumda olmalıdır. Bu yapılmazsa, sensör verileri tarafından yapılan hesaplamalar doğru sonuçlar vermez. Şekil 5.3 akıllı telefonun ve otomobilin yönünü göstermektedir.



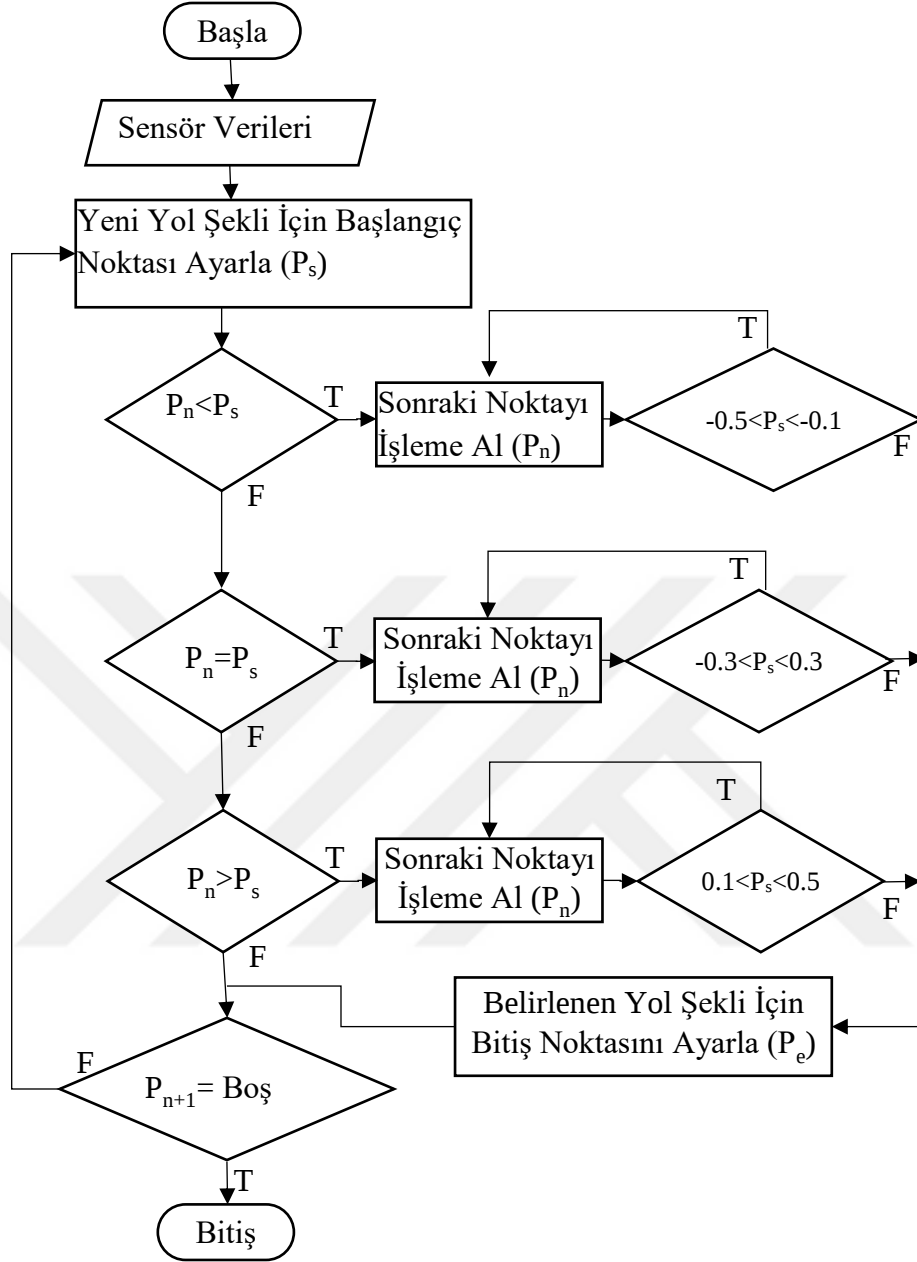
Şekil 5.3. Akıllı telefon ve otomobil doğrultu korelasyonu.

Başlangıçta, araba hareket halindeyken, veriler akıllı telefon sensörleri tarafından edinilir. Bu veriler daha sonra, yol şekli ve sürüş profilini bulmak için proses olacak bir sisteme kaydedilir.



Şekil 5.4. Kabul edilen üç yol tipi.

Kabul edilen yol şekilleri Şekil 5.4'de tasvir edilmiştir. Bunlar düz, sola viraj ve sağa viraj olarak sınıflandırılacaktır. Yol şekillerinin bitiş noktalarını belirleme algoritması Şekil 5.5'de verilmiştir.



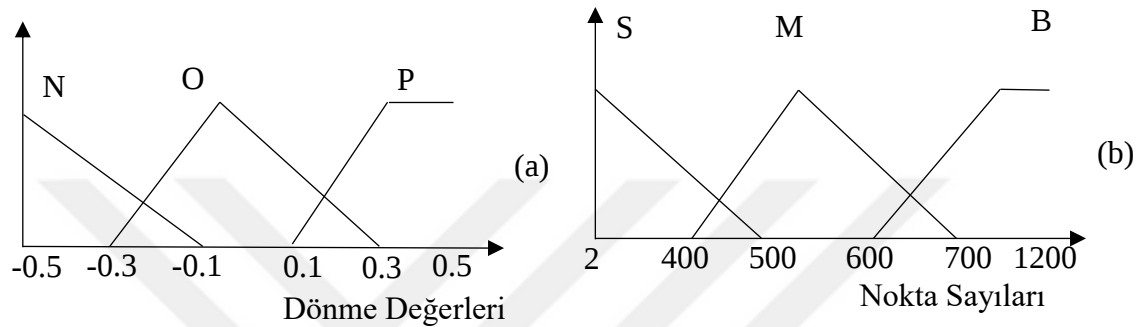
Şekil 5.5. Yol şekil adaylarının önceden belirlenmesi için önerilen algoritma.

Gelişmiş algoritmada, söz konusu yol kısmı 3 şekil halinde sınıflandırılır. Tahmini yol şekilleri, önceki 10 test sürüşü tarafından alınan gözlem verileri ile elde edilen atanan eşik değerleri arasında belirtilen aralıklarla belirlenir. Ardından, bu belirlenen yol şekilleri yolculuk veritabanında ayrı olarak tutulur.

Şekil 5.5’de gösterilen geliştirilen algoritmada, ilk dönme verilerinden bir başlangıç noktası (P_s) belirlenir. Bir sonraki adımda, yolun şeklini belirlemek için belirtilen durumlar dikkate alınır. Bu nedenle, yol kısmı $P_n < P_s$ durumu için sağ eğri olarak alınır; $P_n \cong P_s$ durumu için düz yol olarak kabul edilir ve $P_n > P_s$ durumu için sol eğri olarak atanır. Koşullar

yerine getirilirse, Pe son nokta olarak ayarlanır ve bir sonraki nokta için yeni bir durum işlenir. Bir sonraki nokta boşa gelirse, algoritma tamamlanır. Bir değeri olduğu sürece başlangıç noktası tekrar belirlenir ve algoritma çalışmaya devam eder.

Bulanık sınıflandırıcı tarafından tespit edilen yol şekillerinin sınıflandırılması aşağıda verilmektedir. Sınır değerleri keskin bir çizgiyle ayrılmadığından, bulanık şema bu sınıflandırma için uygun bir yöntem olabilir. Şekil 5.6 (a) ve (b), bulanık sınıflandırıcıyı girmek için üyelik fonksiyonlarını göstermektedir.



Şekil 5.6. a ve b, bulanık sınıflandırıcı için üyelik fonksiyonlarıdır.

Bulanık sınıflandırıcı için girdiler tarafından elde edilen kurallar Tablo 5.1'de verilmektedir. Tabloda yer alan kısaltmalar düz yol (SR) için, sağ eğri yol için (RCR) ve sol eğri yol için (LCR). Böylece, mevcut yol şekli söz konusu noktaların değerlerine göre belirlenir.

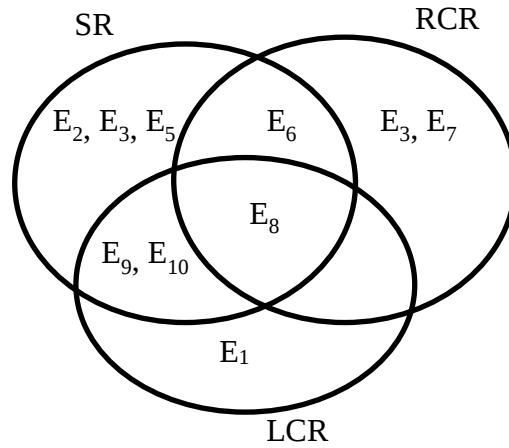
Tablo 5.1. Bulanık sınıflandırıcı için çıkışlar.

	N	O	P
S	SR	RCR	SR
M	RCR	SR	LCR
B	RCR	SR	LCR

Şekil 5.7'de yol verisinin bulanık sınıflandırıcı aracılığıyla sınıflandırılması gösterilmiştir. Şekil 5.7'de görülen yol şekli verileri yalnızca bir kümede veya çoklu kümelerin kesişim alanlarında bulunabilir.

Örneğin, E2 düz bir yol türü olarak sınıflandırılmışken; E8 düz yol, sağ eğri yol veya sol eğri yol olarak sınıflandırılır.

Yol şeklini belirledikten sonra, yolun bütünsel profilini tahmin etmek için Gizli Markov Modeli kullanılmaktadır [29].



Şekil 5.7. Yol şekillerinin sınıflandırılması.

Yol şekilleri arasındaki geçiş olasılıkları, art arda belirlenen ve ortalama geçiş oranları için şekiller için hesaplanır. Geçiş halleri SR, RCR ve LCR ile temsil edilir. Olası gözlemler ayrıca Hızlı, Yavaş ve Normal koşulları göstermektedir. Bu HMM için geçiş diyagramı Şekil 5.8'de verilmiştir.

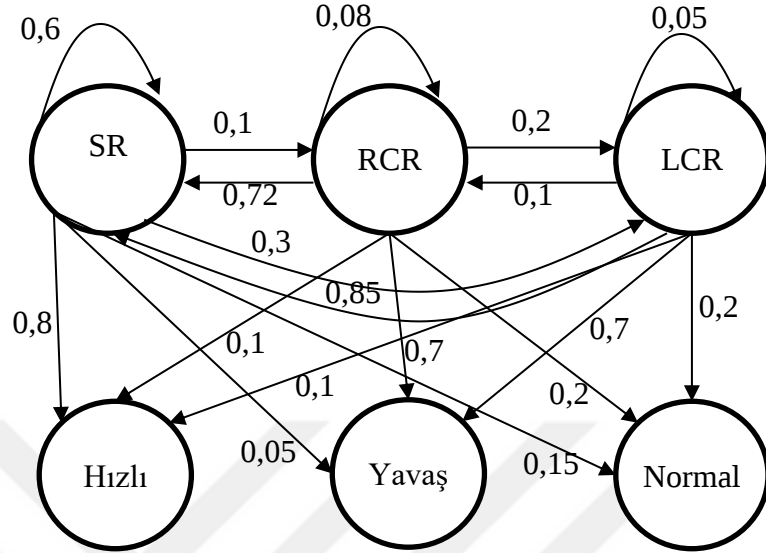
$$P(A) = \frac{S(A)}{S(E)} \quad (5.1)$$

$P(A)$ mevcut yol şeklinden hedef yol şekline geçiş imkânını temsil eder, $S(A)$ mevcut yol şekillerinden hedef yol şekillerine geçiş sayısını, $S(E)$ ise toplam yol sayısını gösterir. Geçerli yoldan diğer yol şekillerine yapılan değişiklikler.

Olasılık hesaplamaları Denklem 2 ile gerçekleştirilir. $P(SR \rightarrow RCR)$ düz bir yoldan sağ eğri yola geçiş ihtimalini gösterir; $P(SR \rightarrow LCR)$, sol kavisli yoldaki düz bir yol olasılığını gösterir ve $P(SR \rightarrow SR)$ düz yol geçiş olasılığına düz bir yol gösterir. $P(RCR \rightarrow RCR)$, $P(LCR \rightarrow LCR)$, $P(LCR \rightarrow SR)$ sol eğri yollardan diğerlerine geçiş olasılıklarıdır. $P(RCR \rightarrow RCR)$, $P(RCR \rightarrow LCR)$, $P(RCR \rightarrow SR)$ sağ eğri yollardan diğerlerine geçiş olanaklarıdır. Aynı yol şekilleri üzerindeki hızlar incelendiğinde, belirli bir yol kullanarak yolculukların hızını belirlemek için olasılık hesaplamaları yapılır. Daha sonra bu yol şekli, hareket süresi hesaplanır. Olasılık hesaplaması Denklem 2 ile yapılır. $P(A)$ mevcut yol tarafından belirlenen hız seviyesinde hareket etme olasılığı, $S(A)$ bu hız seviyesinde toplam süredir ve $S(E)$ toplam seyahat süresi.

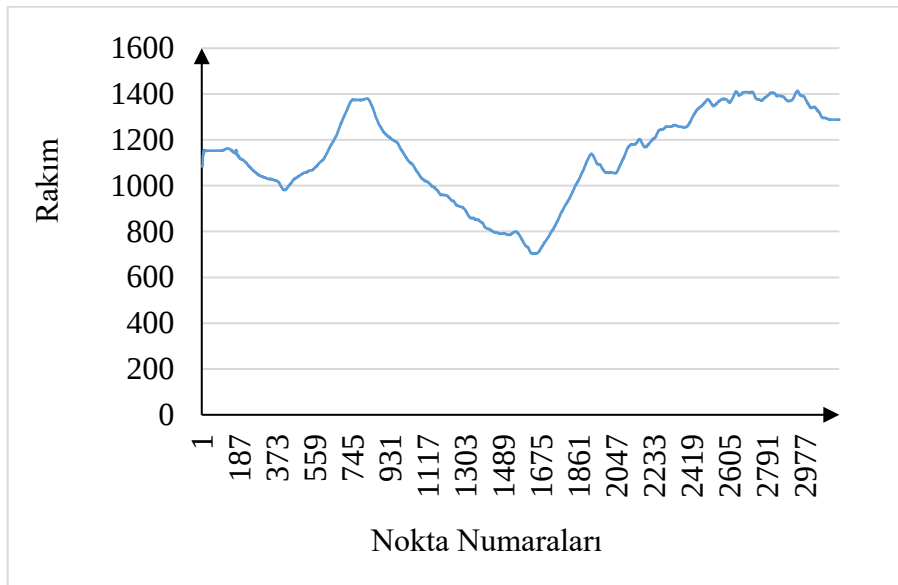
Düz yol için hız geçiş olanakları $P(SR \rightarrow \text{Hızlı})$, $P(SR \rightarrow \text{Normal})$, $P(SR \rightarrow \text{Yavaş})$; Sol eğri yol için hız geçiş olasılıkları $P(LCR \rightarrow \text{Hızlı})$, $P(LCR \rightarrow \text{Normal})$, $P(LCR \rightarrow \text{Yavaş})$; Ve sağ kavisli yol için hız geçiş olasılıkları $P(RCR \rightarrow \text{Hızlı})$, $P(RCR \rightarrow \text{Normal})$ ve

P (RCR $\rightarrow$ Yavaş) şeklindedir. Hız seviyeleri için sınırlar, yavaş için 0-50, normal için 50-90 ve hızlı hız için 90-180 olarak kabul edilir.



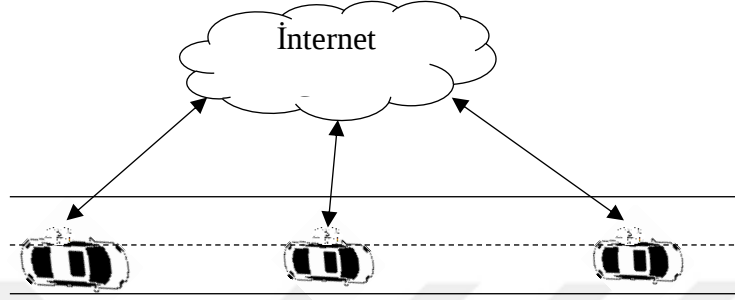
Şekil 5.8. Yol şekilleri ve muhtemel gözlemler arasındaki geçişler için HMM.

Geçiş olasılıkları, yol boyunca elde edilen yol şekillerinin sayısına ve bu şekiller arasındaki geçiş sayısına göre hesaplanan olasılık değerlerini temsil eder. Bir doğru kavşak yolunun sol kavisli bir yola geçiş olasılığı 0,3 iken, sağ kavisli bir yolun olasılığı 0,1 olacaktır. Ayrıca, yolun yapısına göre, aracın hareketi bu şekilde gözlemlenen düğümlerde bulunur. Düz yolda hızlı hareket etme olasılığı 0,8, sol eğik yolda hızlı hareket etme olasılığı 0,1'dir.



Şekil 5.9. Güzergâh için rakım verileri.

Yolculuk yapılan yolun yükseklik değerleri Şekil 5.9'da verilmektedir. Bu yükseklik değerleri sayesinde aracın yolda yokuş yukarı veya yokuş aşağı ilerlemesi belirlenebilir. Bu çalışmadaki gözlemler, bazı durumlarda aracın hızlanma veya yavaşlamanın yokuş yukarı veya yokuş aşağı ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

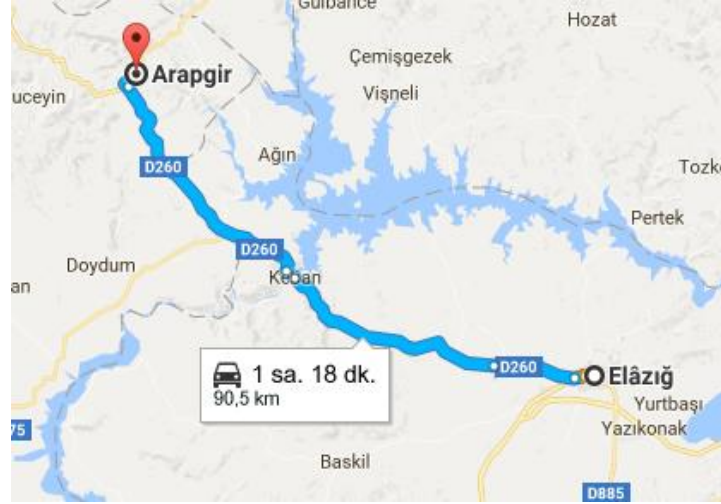


Şekil 5.10. İnternet üzerinden bulut uygulamasına otomobil verisinin iletilmesi.

Genel profil ve GPS verileri ile eşleştirilen yollar, internet üzerinden veri sunucusuna gönderilir, böylece sürücüler aynı yola giden diğer yolların yapısı hakkında bilgi alabilirler. Bu duruma göre, belirli bir yolda bir gezi planlayabilecekler. Veri aktarım şeması Şekil 5.10'da gösterildiği gibi oluşturulmuştur.

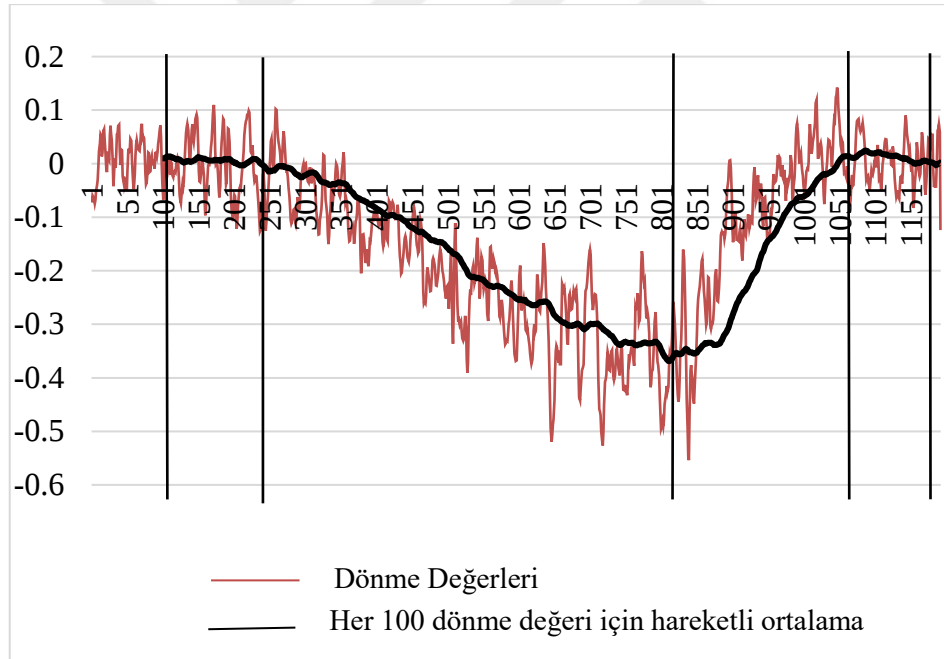
5.3. DeneySEL Sonuçlar

Test verileri, Elazığ-Arapgir yolu boyunca belirli bir yolculuk için bir araçta bir akıllı telefon tarafından alındı. Minimum kabul edilebilir veri sayısı, her sensör için 100 örnek olarak kabul edilir. Her ortalama sürüş için bir saatlik veri alınır. Alıcılar, ivmeölçer, jiroskop ve GPS verisidir. Bu çalışmanın gözlem verileri aynı yolda 10 yolculuk verisini oluşturmaktadır. Elazığ'dan Keban'a giden yol çift şeritli bir yoldur ve Keban ile Arapgir arasındaki yol tek bir şerittir. Aracın ortalama hızı, 1 saatlik yolculuk için 90 km / saat'tir. GPS verileriyle güzergâhın görünümü Şekil 5.11'de gösterilmektedir.



Şekil 5.11. Verilerin alındığı rota.

Şekil 5.12 yolda hareket eden araçtan alınan dönüş hızı verilerini göstermektedir. Negatif değerler, yolun sağa viraj aldığını gösterir.



Şekil 5.12. Sağ viraj için veri grafiği.

Elazığ ile Arapgir arasındaki yolculuk için düz yol, sağ viraj ve sol viraj miktarı hem tek şeritli hem de çift şeritli yollarda Tablo 5.2’de verilmektedir. Yol güzergâhında ilerlerken Elazığ-Keban arası çift şerit yol, Keban-Arapgir arası ise tek şerit yol olmaktadır. Bu yoldaki tespit edilen sonuçlar her bir yol tipi için ayrı ayrı verilmiştir. Tablo 5.2’de hem tespit edilen yol şekli sayısını hem de bu yolların genel yolun ne kadarına denk geldiği ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 5.2. Tek ve çift şerit yollar için tespit edilen yol şekillerinin sayısı.

Yol Tipi	Yol Şekli	Tespit Sayısı	Tespit Mesafesi
Çift Şerit	SR	138	34500 m
Çift Şerit	RCR	27	6750 m
Çift Şerit	LCR	15	3750 m
Tek Şerit	SR	118	29500 m
Tek Şerit	RCR	43	10750 m
Tek Şerit	LCR	19	4750 m

Tablo 5.3. Tek ve çift şerit yollar için yol şekilleri için hesaplanan ortalama hızlar.

Yol Tipi	Yol Şekli	Ortalama Hız	Hız Değişimi
Çift Şerit	SR	105 km/h	50-150
Çift Şerit	RCR	72 km/h	20-90
Çift Şerit	LCR	68 km/h	25-88
Tek Şerit	SR	92 km/h	35-110
Tek Şerit	RCR	52 km/h	22-82
Tek Şerit	LCR	56 km/h	19-89

Tespit edilen yol türüne göre en düşük, en yüksek ve ortalama hız bilgileri Tablo 5.3'de verilmektedir.

Tablo 5.4. Bilinen ve hesaplanan yol şekilleri arasındaki hata oranları.

Sürüş Numarası	Tespit Edilen Şekil Sayısı	Gerçek Şekil Sayısı	Hata Değeri	Hata Oranı
1	360	375	15	4.00
2	347	375	28	7.47
3	335	375	40	10.67
4	332	375	43	11.47
5	352	375	23	6.13
6	318	375	57	15.20
7	326	375	49	13.07
8	304	375	71	18.93
9	317	375	63	16.80
10	321	375	54	14.40

Tablo 5.4 bir tur için tespit edilen veri ve hata oranlarını vermektedir. Bu durumda, ortalama hata oranı yüzde 11,81 olarak hesaplanmaktadır.

Tahmini ve gerçek yol şekilleri için hata oranı Kare Ortalamalarının Karekökü Hata (RMSE) ile hesaplanır:

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (E - P)^2} \quad (5.2)$$

Burada n toplam yolculuk sayısı, X_{rms} hata oranı, E bir sürüşte bulunan yol şekillerinin sayısı ve P tespit edilen yol şekillerinin sayısıdır.

Hata oranı RMSE'nin 12.67 olduğu bulunmuştur. Sürüş stilleri, bu yol şekilleri için hız tepkileri düşünüldüğünde, her bir yolculuk için belirlenir. Hız limitlerini gözlemlemek ve sürüş esnasında eğrileri girmek, sürüş stiline güvenli veya agresif olarak belirlenmesine neden olur. Ayrıca ani yavaşlama ve ani hızlanma sırasında bu durumun belirlenmesini sağlar. Farklı yol tipleri için hızları dikkate alarak sürüş stilleri tahmin edilmiş ve ilgili bilgiler Tablo 5.5'te verilmiştir.

Tablo 5.5'deki veriler göz önüne alındığında, 10 yolculuğun sürücünün genel sürüş profili % 67.60 ile güvenli sürüş ve % 32.40 ile agresif sürüş olma özelliği taşıyor. Güvenli sürüş oranı yüksek olduğu için bu sürücü profili "güvenli" olarak kabul edilir.

Tablo 5.5. Belirlenen sürüş tipleri.

Yolculuk Numarası	Güvenli Sürüş Oranı	Agresif Sürüş Oranı
1	80	20
2	55	45
3	70	30
4	60	40
5	72	28
6	43	57
7	67	33
8	85	15
9	75	25
10	69	31

5.4. Sonuçlar ve Gelecek Çalışmalar

ADAS, akıllı araçların vazgeçilmez bir parçasıdır. Yeni akıllı sürüş sistemi geliştirildiğinde, birçok veri toplanır ve analiz edilir. Bu çalışmada, belirlenen yol şekillerinin belirlenmesi ve belirli bir sürücünün sürüş stiline tahmini üzerinde durulmuştur. Buna ek olarak, yol kullanıcılarının İnternet üzerinden gerçek bilgileri diğer sürücülerle paylaşmalarına olanak tanıyan bir sistem geliştirildi. Sisteme ait veriler akıllı telefon sensörlerinden elde edilir. Bu veriler yardımıyla yol şekilleri belirlenir ve bu yol şekilleri için yapılan sürüş tarzı tahmin edilir. Yol şekillerinin uç noktaları, gelişmiş algoritma ile

belirlenen bulanık sınıflandırıcı ile sınıflandırılır. Ardından belirlenen yol şekilleri için sürüş stili belirlenir ve geçiş olasılıkları HMM tarafından hesaplanır. Önerilen yaklaşıma göre, söz konusu şoförün sürüş tarzı% 67.60 ile güvenli sürücü olarak tahmin edilmektedir. Hata oranı, yol şekillerini belirleyen% 11.81 olarak hesaplanmıştır.

Gelecekteki çalışmalar, akıllı telefon sensörü verileri ile birlikte giyilebilir teknolojik cihazlar kullanılarak gerçekleştirilecektir. İlave veriler, sürücünün kalp atış hızı veya oksijen gibi yaşamsal işaretleri temsil edecektir. Bu şekilde, yol, sürüş ve sürücü psikolojisi verilerini kullanarak sürücü profilini elde edebiliyoruz.



6. DERİN ÖĞRENME TEMELLİ TRAFİK YÖN İŞARETİ ALGILAMA VE SÜRÜŞ STİLİ BELİRLEME ÖNERİSİ

6.1. Giriş

Akıllı otomobil sistemleri, sürücü ile ilgili arıza sayısını en aza indirmek ve kaza oranlarını düşürmek için geliştirilmelidir. İlgili sistemleri geliştirmek için sürücülerin davranışları ile uğraşmak gerekiyor.

6.1.1. Motivasyon

Sürücü davranışları, ADAS'ın etkin çalışması için bilinmesi gereken durumlarda yer alır. Sürüş tipini belirterek ADAS, direksiyon simidi sürücüsünü desteklerken daha mantıklı bir iş çıkarabilir. Bu çalışmada, ADAS daha iyi öğrenmeyi gerçekleştirir ve sürücüye daha etkili bir şekilde yardımcı olur.

6.1.2. Problem Tanımı

Bu çalışma belirli bir rotada sürüş yapan bir sürücü tarafından denenmiştir. Sürüş sırasında sürücünün sürüş türünü belirlemek ve ADAS görevini öğrenerek sürücüyü desteklemek gerekir. Önerilen çalışmada çözülmesi gereken sorunlar şunlardır:

- Araç hareket halindeyken akıllı telefon sensörlerinden veri alınmalıdır.
- Kamera görüntülerinden gelen trafik yönü işaretlerini belirlemesi gerekir.
- Sürücünün hızı ve manevrası, diğer sensörlerden alınan verilerle belirlenmelidir.
- Uyumlarını kontrol etmek için belirlenen trafik yönü işaretine karşılık gelen araç hızını ve manevrayı karşılaştırması gerekir.
- Sürücü tipi sürücünün sonuçları kullanılarak belirlenir.

6.1.3. Önerilen Yaklaşım

Birincisi, akıllı telefonun araba ile koordinat sistemi aynı ve sabit olarak ayarlanır. Sonra veriler akıllı telefonun kamera, jiroskop, GPS ve ivmeölçerden alınır. Kameradan alınan veriler, trafik yönü işaretlerini algılamak için kullanılır. Bu işaretleri saptamak için derin bir öğrenme yöntemi kullanılır. Diğer sensörlerden elde edilen veriler manevraları gelişmiş algoritmayla belirlemek için kullanılır. Manevralar dönüş hareketleri ve hız değiştirme hareketlerini içerir. Hızlı ve dönüş manevraları tespit edildikten sonra, önceden belirlenmiş trafik yönü işaretleriyle eşleştirme yapılır. Bu eşleştirme sonucunda, sürücünün trafik işaretlerine göre ne kadar iyi ilerlediği belirlenir. Uyma işleminden elde edilen bilgiler,

sürücünün nasıl sürdüğünü ve genel sürüş profilini belirtir. Belirlenen sürüş türleri güvenli ve agresiftir.

6.1.4. Katkı

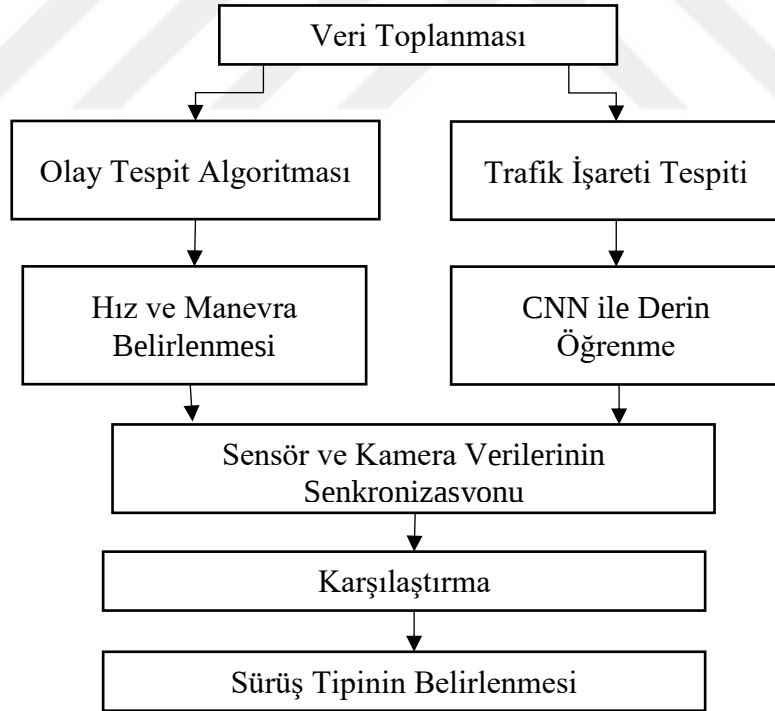
Bu çalışmada, yol noktalarını tanımlayan ve bölümlerin her biri için başlangıç ve bitiş noktalarını belirleyen bir algoritma önerilmiştir. Buna ek olarak, trafik yönü işaretleri derin öğrenme yöntemi ile tanımlanır ve geliştirilen algoritmanın doğruluğu test edilir.

6.1.5. Makalenin Ana Hatları

Çalışmanın ikinci bölümünde, önerilen sistem açıklanmış ve gerçekleştirilmiştir. Üçüncü bölümde, sensör verilerini kullanarak deneysel sonuçlar ve performans değerleri verilmiştir. Son bölümde sonuçlar değerlendirilmekte ve gelecek çalışmalar yapılmaktadır.

6.2. Önerilen Sisteme Genel Bakış

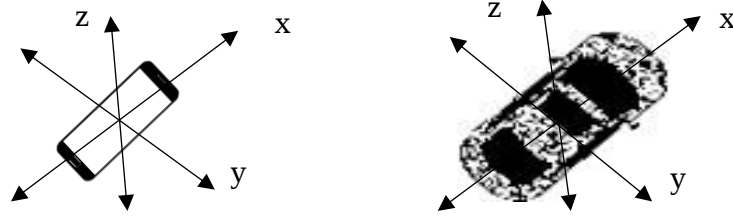
Geliştirilen sistemin amacı, sürücünün sürüş stilini belirlemektir. Önerilen sistem Şekil 6.1'de adım adım gösterilmektedir.



Şekil 6. 1. Önerilen sistem diyagramı.

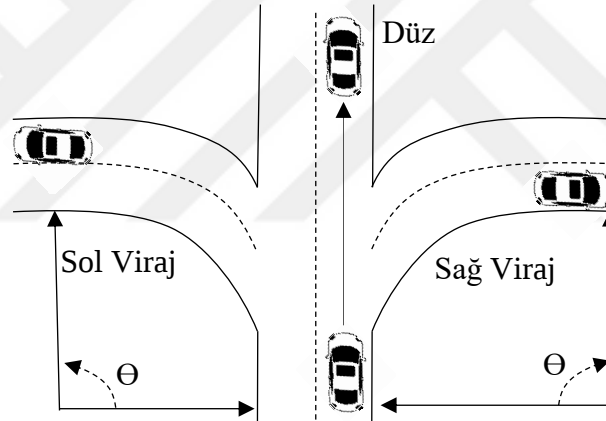
Bu sistemde, önce akıllı telefonda hareket halindeki bir arabada alınan veriler. Bu veriden kamera verileri trafik yön işaretlerini belirlemek için kullanılırken diğer sensörlerden gelen veriler sürücünün hızını ve manevrasını belirlemek için kullanılır. Geliştirilen algorithmada

sürücü hızı ve manevralarının belirlenmesi ve trafik yönü işaretlerinin belirlenmesi paralel olarak hesaplanmaktadır. Hesaplamanın sonucu senkronize edilir. Daha sonra bu veriler karşılaştırılarak sürücünün sürüş davranışı belirlenir.



Şekil 6.2. Akıllı telefon ve otomobil doğrultu korelasyonu.

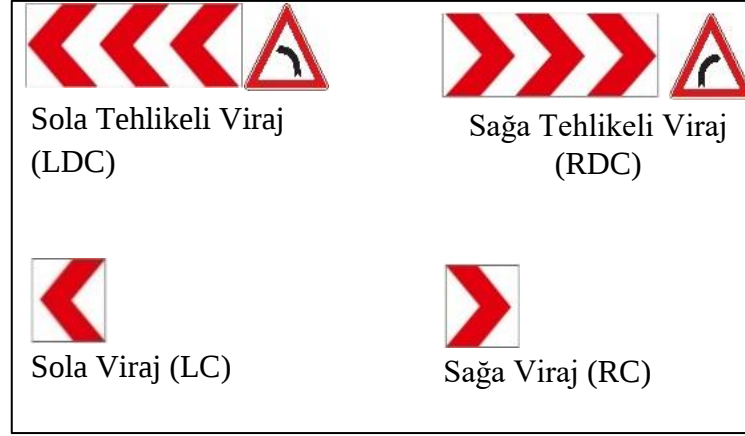
Öncelikle, otomobilin ve akıllı telefonun konumunu koordinat sistemine göre belirlemek ve sürüş esnasında sabit tutmak gerekir. Bu adım Şekil 6.2’de gösterilmektedir. Böylece, alınan verilerden elde edilen sonuçlar daha tutarlı olacaktır.



Şekil 6.3. Kabul edilen üç yol tipi.

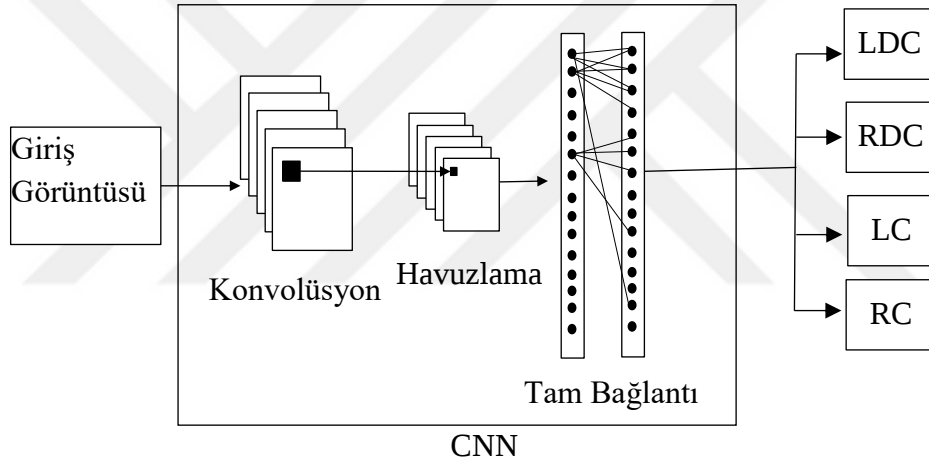
Sürüş sırasında otomobil sürücüsünün yapabileceği manevralar vardır. Bu manevralar düz ilerdir, sağa dönüyor ve sola dönüyorlar. Sürücünün yapabileceği bu manevralar Şekil 6.3'de simüle edilmiştir.

Trafik yönü levhaları, sürüş esnasında önümüzdeki yolda bir virajın nasıl olduğu hakkında bilgi verir. Bu işaretlere göre, sürücü hız ve manevrayı ayarlar. Yolda geçen otomobilin görüntüsünden algılanan trafik sinyalleri Şekil 6.4'de verilmiştir.



Şekil 6.4. Trafik yön işaretleri[27].

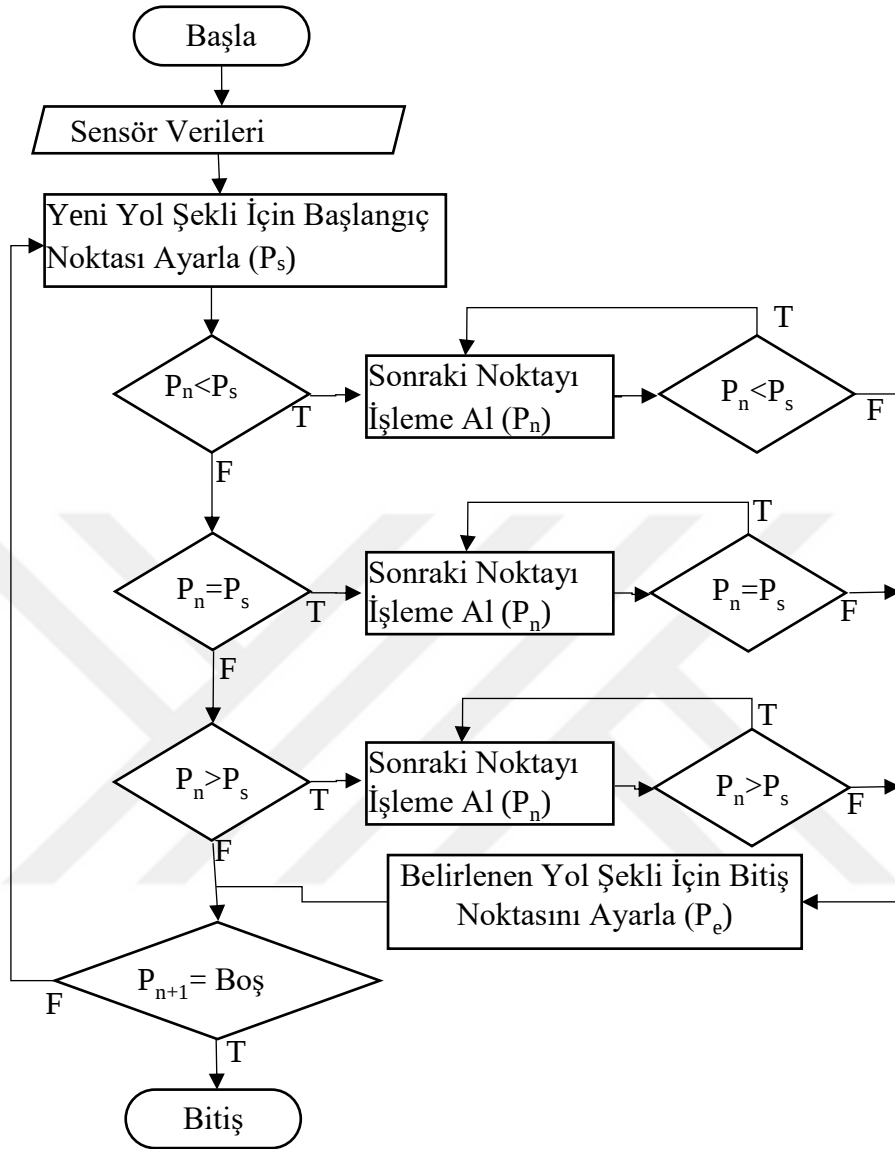
CNN metodu yolda trafik sinyalleri tespit etmek için kullanılır [1]. Bu yöntem Şekil 6.5’de adım adım gösterilmektedir.



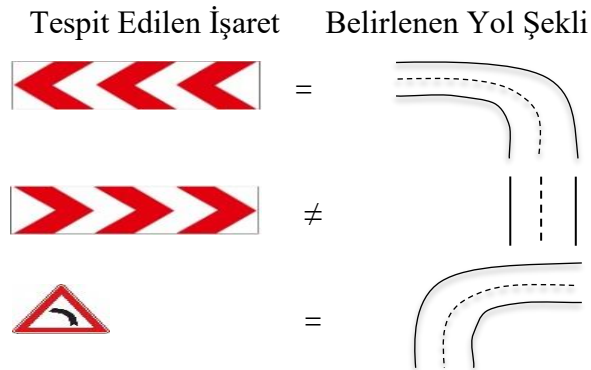
Şekil 6.5. Trafik yön işaretleri tespit etme yöntemi.

Sürüş sırasında hız ve manevraların tespiti için geliştirilen algoritma Şekil 6.6’da gösterilmiştir. Bu algoritma ile düz yol, sağ ve sol kavisli yol tespit edilmiştir. Geliştirilen algoritma alınan verileri kullanmaktadır. Her veri için öncelikle bir başlangıç noktası belirlenmekte ve daha sonra hangi yol tipine ait olabileceğine göre diğer verilerin kontrolü yapılmaktadır. Daha sonra bitiş noktası ayarlanmaktadır. Bu yöntem ile alınan tüm veriler yol şekli olabilecek şekilde parçalara ayrılmaktadırlar. Veriler bittikten sonra algoritma tamamlanmaktadır. Bulunan her parça daha sonra hangi yol şekli olabileceğine göre sınıflandırılacaktır.

Derin öğrenme algoritması tarafından belirlenen trafik yönü işaretine karşılık gelen algoritma ile belirlenen veriler incelenmektedir. Bu tayinlerin aynı mı yoksa olmadığı mı belirlenmesi Şekil 6.7’de gösterilmektedir.



Şekil 6.6. Yol şekil adaylarının önceden belirlenmesi için önerilen algoritma.



Şekil 6.7. Belirtilen trafik işareti ile belirlenen yol şeklinin karşılaştırılması.

Doğru veri karşılaştırması için hız verileri kontrol edilir. Gerçek hızla belirlenen yol hızı uygunsa, güvenli sürüş uygun değilse agresif sürüş olarak puanlanır. Her uygun sonuç için, sürüş skoru 1 artırılır ve yanlış sonuçlar için sürüş skoru 1 azaltılır. Olumlu durumda sonuç güvenli sürüşe ve negatif durumda ise agresif sürüş gerçekleştirilir. Böylece sürüş tipi belirtilir. Bu işlemler, Denklemler 4 ve 5 ile hesaplanır.

$$d = \begin{cases} d + 1, v \leq v_s \\ d - 1, v > v_s \end{cases} \quad (6.1)$$

Denklem 4'te d sürüş skorunu, V gerçek hızı, V_s istenen hız aralığını temsil etmektedir.

$$\mathcal{T} = \begin{cases} \text{Güvenli}, d \geq 0 \\ \text{Agresif}, d < 0 \end{cases} \quad (6.2)$$

Denklem 5'te $\mathcal{T}$ sürüş tipi, d sürüş skorunu ifade etmektedir.

6.3. Simülasyon Sonuçları

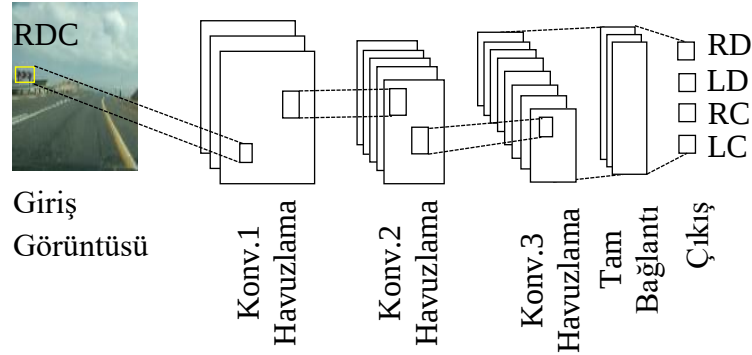
Bu çalışma, Elazığ-Arapgir arasında dolaşan bir arabadan alınan verilerle gerçekleştirildi. Aracın rotası Şekil 6.8'de gösterilmektedir.



Şekil 6.8. Elazığ-Arapgir yol rotası.

Çalışma çevrimdışı olarak gerçekleştirildi. Sonuçlar, bilgisayar ortamında uygulanan uygulamalarla elde edilmiştir. Bu çalışmada sadece trafik yönü işaretleri kullanılmıştır. Bu işaretler eğrileri tespit etmek için kullanılır.

Trafik sinyallerinin CNN metodu ile alınması Şekil 6.9'da gösterilmiştir. Bu çalışmada 480x640 çözünürlüklü görüntüler kullanılmıştır. Eğitim amacıyla etiketlenmiş 200 trafik yönü işaretli görüntü kullanıldı.



Şekil 6.9. CNN adımı için sonuçlar.

Eğitim verileri ile eğitimden sonra trafik yönü işareti algılama için kullanılan test verileri. Elde edilen sonuçlar Şekil 6.10'da gösterilmiştir. CNN ile trafik yönü işaretlerinde elde edilen sonuçların ortalama hassasiyet oranı değeri 0.88 olarak hesaplanmıştır.

Orijinal Görüntü	Sonuç	Trafik İşareti	Precision
			0.69
			0.85
			0.82
			0.88
			0.86

Şekil 6. 10. Trafik yön işaretlerinin tespiti için test sonuçları.

Test için 178 trafik yönü işaretli 150 görüntü kullanıldı. Bu bulguların 157'si doğru olarak tespit edildi. Böylece, trafik yönü işaretleri% 88.02 doğruluğu ile doğru olarak belirlendi. Bu sonuçlar ile elde edilen sol ve sağ eğrilerin sayıları ve yaklaşık uzunlukları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 6.1. Belirlenen yol şekillerinin sayıları.

Yol Şekli	Tespit Sayısı	Tespit Mesafesi
RDC	18	3600 m
LDC	27	5400 m
RC	65	6500 m
LC	47	4700 m

Eğrilerin saptanmasından sonra, bu eğrilere karşılık gelen manevra ve hız verileri, GPS verisine bakarak dikkate alınır. Hız seviyeleri için sınırlar, yavaş için 0-50, normal için 50-90 ve hızlı hız için 90-180 olarak kabul edilir. Sürücünün RDC ve RDC'de 0-50, RC ve LC'de 50-90 arasında bir hızla sürmesi önerilir. Sürücünün bu yol koşullarında gerçekleştirdiği hız miktarı ve sınırların hareket ettiği toplam sayı Tablo 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6.2. Yoldaki ortalama hız ve hız limitinin aşılma sayıları.

Yol Şekli	Ortalama Hız	Hız Değişimi	Hız Aşım Sayısı
RDC	62 km/h	40-85	10
LDC	70 km/h	35-95	18
RC	95 km/h	55-115	50
LC	98 km/h	50-120	35

Denklem 4'e göre, hesaplama yapılırken elde edilen sonuçlar Tablo 6.3'de verilmektedir.

Tablo 6.3. Tüm yol için güvenli ve yüksek hız sayıları ve sürüş tipi.

Yol Şekli	Güvenli Hız Sayısı	Yüksek Hız Sayısı	Sürüş Puanı	Sürüş Tipi
RDC	8	10	-2	Agresif
LDC	9	18	-9	Agresif
RC	15	50	-35	Agresif
LC	12	35	-23	Agresif

Her bir eğri tipi için, hız sınırının aşılma hızları RDC için% 55.56, LDC için% 66.66, RC için% 76.92 ve LC için% 74.47 olarak hesaplandı.

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^4 h}{t} \cdot 100 \quad (6.3)$$

Burada, ε tüm eğriler için yanlış sürüş oranını temsil eder, h her eğri tipi için yanlış hızların sayısını düşürdü, t toplam saptanmış eğri sayılarını belirtir.

Sürüş hızı, aşırı hız oranı hesaplandığında% 71.97 agresiftir. Önerilen yöntem, trafik işaretlerinin algılama oranını Tablo 6.4'te diğer çalışmalarla karşılaştırmaktadır.

Tablo 6.4. Trafik işareti tespit eden diğer çalışmalar ile performans karşılaştırması.

Çalışmalar	Yöntem	Tanıma Performansları
[3]	Haar Wavelet	85.00%
[9]	HOG	85.0%
[7]	HOG + LDA	91.30%
[11]	SimBoost	75.80%
[6]	HT	97.70%
[15]	ROC	84.25%
Önerilen Yöntem	CNN	88.02%

6.4. Sonuçlar

ADAS sistemi etkili bir şekilde kullanılabilmesi için sürücülerin davranışı ve sürüş şekli doğru bir şekilde belirlenmelidir. Böylece, sistem güvenlik ve rahatlığı artırmak için sürücüyü destekleyecektir. Bu çalışmada, sürücünün belirli bir rotadaki sürüş tipi belirlenmiştir. Akıllı telefon sensörlerinden gelen veriler sürüş türünü belirlemek için kullanılır. Elde edilen sonuçların bir sonucu olarak, söz konusu sürücülerin % 71.97 'si agresif olarak etiketlendi. Gelecekteki çalışmalarda, sürücülerin yaşamsal verileri de dâhil olmak üzere, sürüş esnasındaki sürücünün duygusal durumu da değerlendirilecektir.

7. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, otomobil sürücülerinin sürüş profillerinin belirlenmesi üzerine uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu alanın seçilme nedeni günümüzde akıllı şehirler ve bu akıllı şehirlerin içindeki akıllı vasıtaların her geçen gün artması ve bu alanın gelişmesinin gerekliliğidir. Sürücülerin konforunun ve sürüş güvenliğinin sağlanması amacıyla uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle ilk çalışmada yapılan diğer güncel çalışmaların genel yapıları incelenmiş ve bu çalışmalar için performans değerleri hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra çalışmaların düzeylerin düşükten yükseğe doğru sıralanmıştır. Bu düzeyler çalışmanın yaptığı işle alakalı olarak sadece veri toplayan çalışmalar düşük düzey, güncel öğrenme ve çevrim içi çalışan uygulamalar ise üst düzey olarak belirlenmiş ve buna göre sınıflandırma yapılmıştır.

Daha sonraki çalışmalarda ise belirli bir güzergâh seçilmiş ve bu güzergahta hareket eden otomobilden akıllı telefon sensörleri aracılığıyla veriler alınmıştır. Bu veriler kullanılarak sürücünün sürüş profili belirlenmiştir. Sürüş profili olarak güvenli ve agresif profiller belirlenmiştir. Yolun yapısına göre yapılan hız karşılaştırılmış buna göre sürüş tipine karar verilmiştir. Tüm yol tiplerindeki sürüş tipleri bir araya getirilmiş ve sonuç olarak genel sürüş profili belirlenmiştir. Bu konu ile alakalı diğer çalışmada ise geliştirilen algoritmanın yanı sıra cep telefonu kamerasından alına görüntülerde kullanılmıştır. Derin öğrenme yöntemi kullanılmış ve trafik yön işaretleri tespit edilmiştir. Bu sayede yol şekilleri belirlenmiş, bu belirlemeler ile algoritma sonucu elde edilen belirmeler karşılaştırılmış ve daha sonra bu yol tiplerindeki hız verilerine bakılmış sonuç olarak sürüş tipi belirlenmiştir.

Böylece sürücülerin sürüş profilleri belirlenmiş ve sürücüye destek olunması noktasında sürücü destek sistemlerinin geliştirilmesi ve daha konforlu ve güvenli sürüşün yapılmasının sağlanması için önerilerde bulunulabilmiştir. Gelecek çalışmalarda, yol verilerinin yanı sıra sürücülerden de bazı veriler alınarak olaylar karşısında nasıl tepki verdikleri ve nasıl ruh haline sahip oldukları belirlenecek ve böylece destek sisteminin daha etkin çalışması sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Michon, J. A., 1985. A critical view of driver behavior models: What do we know, what should we do. *Human behavior and traffic safety*, 485-520.
- [2] Kuge, N., Yamamura, T., Shimoyama, O., and Liu, A., 2000, A driver behavior recognition method based on a driver model framework (No. 2000-01-0349). SAE Technical Paper.
- [3] Oliver, N., and Pentland, A. P., 2000. Driver behavior recognition and prediction in a SmartCar, In *PROC SPIE INT SOC OPT ENG* (Vol. 4023, pp. 280-290).
- [4] Salvucci, D. D., 2001. Predicting the effects of in-car interfaces on driver behavior using a cognitive architecture, In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 120-127). ACM.
- [5] Veeraraghavan, H., Atev, S., Bird, N., Schrater, P., and Papanikolopoulos, N., 2005. Driver activity monitoring through supervised and unsupervised learning, In *Intelligent Transportation Systems, 2005. Proceedings. 2005 IEEE* (pp. 580-585). IEEE.
- [6] Bouslimi, W., Kassaagi, M., Lourdeaux, D., and Fuchs, P., 2005. Augmented naive Bayesian network for driver behavior modeling. In *Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings. IEEE* (pp. 236-242). IEEE.
- [7] Tezuka, S., Soma, H., and Tanifuji, K., 2006. A study of driver behavior inference model at time of lane change using Bayesian networks, In *Industrial Technology, ICIT IEEE International Conference on* (pp. 2308-2313).
- [8] Mitrovic, D., 2005. Reliable method for driving events recognition, *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 6(2), 198-205.
- [9] McCall, J., C., and Trivedi, M. M., 2007. Driver behavior and situation aware brake assistance for intelligent vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 95(2), 374-387.
- [10] Sekizawa, S., Inagaki, S., Suzuki T., Hayakawa, S., Tsuchida, N., Tsuda, T., and Fujinami, H., 2007. Modeling and recognition of driving behavior based on stochastic switched ARX model, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 8(4), 593-606.
- [11] Van Lint, J. W. C., 2008. "Online learning solutions for freeway travel time prediction," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 9(1), 38-47.
- [12] Vasquez, D., Fraichard T., and Laugier, C., 2009. "Incremental learning of statistical motion patterns with growing hidden markov models," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 10(3), 403-416.
- [13] Johnson D. A., and Trivedi, M. M., 2011. "Driving style recognition using a smartphone as a sensor platform," *14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 1609-1615).
- [14] Eren, H., Makinist, S., Akin E., and Yilmaz, A., 2012. "Estimating driving behavior by a smartphone. In *Intelligent Vehicles Symposium (IV), IEEE* (pp. 234-239).
- [15] Takeda, K., Miyajima, C., Suzuki, T., Angkititrakul, P., Kurumida, K., Kuroyanagi Y., and Komada, Y., 2012. "Self-coaching system based on recorded driving data: Learning from one's experiences," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 13(4), 1821-1831.
- [16] Fazeen, M., Gozick, B., Dantu, R., Bhukhiya M., and González, M. C., 2012. "Safe driving using mobile phones," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 13(3), 1462-1468.

- [17] Wang, J., Zhang, L., Zhang D., and Li, K., 2013. "An adaptive longitudinal driving assistance system based on driver characteristics," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 14(1), 1-12.
- [18] Van Ly, M., Martin S., and Trivedi, M. M., 2013. "Driver classification and driving style recognition using inertial sensors," In *Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, IEEE (pp. 1040-1045).
- [19] Zeeman A. S., and Booyesen, M. J., 2013. "Combining speed and acceleration to detect reckless driving in the informal public transport industry," In *16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 756-761).
- [20] Dörr, D., Grabengieser D., and Gauterin, F., 2014. "Online driving style recognition using fuzzy logic," In *17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 1021-1026).
- [21] Bergasa, L. M., Almería, D., Almazán, J., Yebes J. J., and Arroyo, R., 2014. "Drivesafe: An app for alerting inattentive drivers and scoring driving behaviors," In *IEEE Intelligent Vehicles Symposium Proceedings* (pp. 240-245).
- [22] Martínez, M. V., Del Campo, I., Echanobe J., and Basterretxea, K., 2015. "Driving Behavior Signals and Machine Learning: A Personalized Driver Assistance System," In *2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems* (pp. 2933-2940).
- [23] Bender, A., Agamennoni, G., Ward, R. J., Worrall S., and Nebot, E. M., 2015. "An unsupervised approach for inferring driver behavior from naturalistic driving data," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(6), 3325-3336.
- [24] D'Agostino, C., Saidi, A., Scouarnec G., and Chen, L., 2015. "Learning-Based Driving Events Recognition and Its Application to Digital Roads," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(4), 2155-2166.
- [25] Sharma, H., Naik, S., Jain, A., Raman, R. K., Reddy, R. K., and Shet, R. B., 2015. "S-road assist: Road surface conditions and driving behavior analysis using smartphones," In *2015 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE)* (pp. 291-296), IEEE.
- [26] Carmona, J., García, F., Martín, D., Escalera A. D. L., and Armingol, J. M., 2015. "Data fusion for driver behaviour analysis," *Sensors*, 15(10), 25968-25991.
- [27] Wahlström, J., Skog I., and Händel, P., 2015. "Detection of dangerous cornering in GNSS-data-driven insurance telematics," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(6), 3073-3083.
- [28] Butakov V. A., and Ioannou, P., 2016. "Personalized Driver Assistance for Signalized Intersections Using V2I Communication," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 17, no. 7.
- [29] de Gelder, E., Cara, I., Uittenbogaard, J., Kroon, L., van Iersel S., and Hogema, J., 2016. "Towards personalised automated driving: Prediction of preferred ACC behaviour based on manual driving," In *Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 2016 IEEE (pp. 1211-1216).
- [30] Morton, J., Wheeler T. A., and Kochenderfer, M. J., 2016. "Analysis of recurrent neural networks for probabilistic modeling of driver behavior," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, PP (99)1–10.
- [31] Jain, A., Koppula, H. S., Soh, S., Raghavan, B., Singh A., and Saxena, A., 2016. "Brain4Cars: Car That Knows Before. You Do via Sensory-Fusion Deep Learning Architecture," *arXiv preprint arXiv:1601.00740*.
- [32] Dong, W., Li, J., Yao, R., Li, C., Yuan T., and Wang, L., 2016. "Characterizing Driving Styles with Deep Learning," *arXiv preprint arXiv:1607.03611*.

- [33] Yan, S., Teng, Y., Smith J. S., and Zhang, B., 2016. "Driver behavior recognition based on deep convolutional neural networks," In *Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD), 12th International Conference on* (pp. 636-641). IEEE.
- [34] Hallac, D., Sharang, A., Stahlmann, R., Lamprecht, A., Huber, M., Roehder M., and Leskovec, J., 2016. "Driver identification using automobile sensor data from a single turn," In *Intelligent Transportation Systems (ITSC), IEEE 19th International Conference on* (pp. 953-958).
- [35] Jain, A., Singh, A., Koppula, H. S., Soh, S., and Saxena, A., 2016. "Recurrent neural networks for driver activity anticipation via sensory-fusion architecture," In *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 3118-3125).
- [36] Dong, W., Yuan, T., Yang, K., Li C., and Zhang, S., 2017. "Autoencoder Regularized Network For Driving Style Representation Learning," *arXiv preprint arXiv:1701.01272*.
- [37] Cades, D. M., Crump, C., Lester, B. D., and Young, D., 2017. "Driver Distraction and Advanced Vehicle Assistive Systems (ADAS): Investigating Effects on Driver Behavior," In *Advances in Human Aspects of Transportation* (pp. 1015-1022).
- [38] Reininger, M., Miller, S., Zhuang, Y., and Cappos, J., 2015. "A first look at vehicle data collection via smartphone sensors," In *Sensors Applications Symposium (SAS)*, (pp. 1-6). IEEE.
- [39] Bouhoute, A., Berrada, I., and El Kamili, M., 2014. "A formal model of human driving behavior in vehicular networks," *International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)* (pp. 231-236). IEEE.
- [40] Di Cairano, S., Bernardini, D., Bemporad, A., and Kolmanovsky, I. V., 2014. "Stochastic MPC with learning for driver-predictive vehicle control and its application to HEV energy management," *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 22(3), 1018-1031.
- [41] You, C. W., Lane, N. D., Chen, F., Wang, R., Chen, Z., Bao, T. J., and Campbell, A. T., 2013. "CarSafe app: alerting drowsy and distracted drivers using dual cameras on smartphones," In *Proceeding of the 11th annual international conference on Mobile systems, applications, and services* (pp. 13-26). ACM.
- [42] Canale, M., and Malan, S., 2002. "Analysis and classification of human driving behaviour in an urban environment," *Cognition, Technology and Work*, 4(3), 197-206.
- [43] Sathyanarayana, A., Boyraz, P., and Hansen, J. H., 2008. "Driver behavior analysis and route recognition by hidden Markov models," In *Vehicular Electronics and Safety, ICVES, International Conference on* (pp. 276-281), IEEE.
- [44] Chen, Z., Yu, J., Zhu, Y., Chen, Y., and Li, M., 2015. "D 3: Abnormal driving behaviors detection and identification using smartphone sensors," In *Sensing, Communication, and Networking (SECON)*, (pp. 524-532), IEEE.
- [45] Yokoyama, D., and Toyoda, M., 2015. "A large scale examination of vehicle recorder data to understand relationship between drivers' behaviors and their past driving histories," In *Big Data (Big Data)*, (pp. 2877-2879).
- [46] Seraj, F., Zhang, K., Turkes, O., Meratnia, N., and Havinga, P. J., 2015. "A smartphone based method to enhance road pavement anomaly detection by analyzing

- the driver behavior,” ACM International Symposium on Wearable Computers (pp. 1169-1177).
- [47] Hong, J. H., Margines, B., and Dey, A. K., 2014. “A smartphone-based sensing platform to model aggressive driving behaviors,” ACM conference on Human factors in computing systems, pp. 4047-4056.
 - [48] Arroyo, C., Bergasa, L. M., and Romera, E., 2016. “Adaptive fuzzy classifier to detect driving events from the inertial sensors of a smartphone,” In *Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, (pp. 1896-1901).
 - [49] Castignani, G., Frank, R., and Engel, T., 2013. “An evaluation study of driver profiling fuzzy algorithms using smartphones,” In *Network Protocols (ICNP)*, (pp. 1-6), IEEE,
 - [50] Eddy, S. R., 1996. “Hidden markov models,” *Current opinion in structural biology*, vol. 6, no. 3, pp. 361–365.
 - [51] Ciregan, D., Meier, U., and Schmidhuber, J., 2012. “Multi-column deep neural networks for image classification,” In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 3642-3649.
 - [52] De La Escalera, A., Moreno, L. E., Salichs, M. A., and Armingol, J. M., 1997. “Road traffic sign detection and classification,” *IEEE transactions on industrial electronics*, 44(6), 848-859.
 - [53] Bahlmann, C., Zhu, Y., Ramesh, V., Pellkofer, M., and Koehler, T., 2005. “A system for traffic sign detection, tracking, and recognition using color, shape, and motion information,” In *Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 255-260.
 - [54] Mogelmose, A., Trivedi, M. M., and Moeslund, T. B., 2012. “Vision-based traffic sign detection and analysis for intelligent driver assistance systems: Perspectives and survey,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 13(4), 1484-1497.
 - [55] Shadeed, W. G., Abu-Al-Nadi, D. I., and Mismar, M. J., 2003. “Road traffic sign detection in color images,” In *Electronics, Circuits and Systems, 2003, ICECS*, Vol. 2, pp. 890-893.
 - [56] Timofte, R., Zimmermann, K., and Van Gool, L., 2009. “Multi-view traffic sign detection, recognition, and 3d localisation,” In *Applications of Computer Vision (WACV)*, pp. 1-8.
 - [57] Houben, S., Stallkamp, J., Salmen, J., Schlipsing, M., and Igel, C., 2013. “Detection of traffic signs in real-world images: The German Traffic Sign Detection Benchmark,” In *Neural Networks (IJCNN)*, pp. 1-8.
 - [58] Garcia-Garrido, M. A., Sotelo, M. A., and Martin-Gorostiza, E., 2006. “Fast traffic sign detection and recognition under changing lighting conditions,” In *Intelligent Transportation Systems Conference, ITSC'06*, pp. 811-816.
 - [59] Creusen, I. M., Wijnhoven, R. G., Herbschleb, E., and de With, P. H. N., 2010. “Color exploitation in hog-based traffic sign detection,” In *Image Processing (ICIP)*, pp. 2669-2672.
 - [60] Houben, S., 2011. “A single target voting scheme for traffic sign detection,” In *Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pp. 124-129.
 - [61] Ruta, A., Porikli, F., Watanabe, S., and Li, Y., 2011. “In-vehicle camera traffic sign detection and recognition,” *Machine Vision and Applications*, 22(2), 359-375.

- [62] Wang, G., Ren, G., Wu, Z., Zhao, Y., and Jiang, L., 2013. "A robust, coarse-to-fine traffic sign detection method," In *Neural Networks (IJCNN)*, pp. 1-5.
- [63] Yang, Y., Luo, H., Xu, H., and Wu, F., 2016. "Towards real-time traffic sign detection and classification," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(7), 2022-2031.
- [64] Zhu, Z., Liang, D., Zhang, S., Huang, X., Li, B., and Hu, S., 2016. "Traffic-sign detection and classification in the wild," In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 2110-2118.
- [65] Karaduman, O., Eren, H., Kurum, H., and Celenk, M., 2014. "Probabilistic risk assessment using major features of rural road curves via rear and front car cameras," In *Connected Vehicles and Expo (ICCVE)*, pp. 953-958.
- [66] DellAcqua, P., Bellotti, F., Berta, R., De Gloria, A., Dange, G., Paranthaman, P., and Thiele, F. M., 2015. "Safe Drive Map Concept for Road Curve Monitoring," In *Digital System Design (DSD)*, pp. 293-296.
- [67] Faizal, E. R. M., and Mansor, H. M. A. H., 2009. "Virtual mid-line detection on curve road for user guidance using simulation model," In *Computer Technology and Development, ICCTD'09*, Vol. 1, pp. 24-27.
- [68] Karaduman, O., Eren, H., Kurum, H., and Celenk, M., 2016. "Road-Geometry-Based Risk Estimation Model for Horizontal Curves," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(6), 1617-1627.
- [69] Bucher, T., Curio, C., Edelbrunner, J., Igel, C., Kastrup, D., Leefken, I., and von Seelen, W., 2003. "Image processing and behavior planning for intelligent vehicles," *IEEE Transactions on Industrial electronics*, 50(1), 62-75.
- [70] Picard, R. W., 2016. "Automating the recognition of stress and emotion: From lab to real-world impact," *IEEE MultiMedia*, 23(3), 3-7.
- [71] KGM,"Tehlike Uyarı İşaretleri," <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Trafik/TehlikeUyariIsaretleri.aspx>, 2017.
- [72] Maps, "Elazığ-Arapgir Maps," <https://www.google.com.tr/maps>, 2017.
- [73] Ravi, D., Wong, C., Deligianni, F., Berthelot, M., Andreu-Perez, J., Lo, B., and Yang, G. Z., 2017. "Deep learning for health informatics," *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 21(1), 4-21.
- [74] Karaduman, M., and Eren, H., 2017. "Smart driving in smart city," In *Smart Grid and Cities Congress and Fair (ICSG)*, pp. 115-119.
- [75] Karaduman, M., and Eren, H., 2017. "Classification of Road Curves and Corresponding Driving Profile via Smartphone Trip Data," *International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP17)*, pp. 1-7.
- [76] Karaduman, M., and Eren, H., 2017. "Deep Learning based Traffic Direction Sign Detection and Determining Driving Style," *International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK'17)*, 1046-1050.
- [77] Yenikaya, G., 2006, Sürücü davranışlarının modellenmesine bilişsel mimari yaklaşımı, *Doktora Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- [78] <http://www.trafik.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx>, Trafik İstatistikleri, 06.09.2017.
- [79] <http://www.gps.gov/systems/gps>, Gps Overview, 06.09.2017.

- [80] <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/jiroskop-sensoru-nasil-calisir>, Elektrik Port, 06.09.2017.
- [81] Seven, M. A., and Engin, A. O., 2008. Öğrenmeyi etkileyen faktörler. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(2).
- [82] <http://www.dmy.info/ogrenme-nedir>, Öğrenme Nedir, 06.09.2017.
- [83] <https://www.autobytel.com>, Autobytel, 06.09.2017.
- [84] <http://www.turkf1.com/Hbr-2865-Yokus-kalkis-destegi-Hill-Holder-nedir-nasil-calisir.html>, Yokuş kalkış desteği (Hill Holder) nedir, nasıl çalışır, 06.09.2017.
- [85] <http://arabadergisi.com>, Kör Nokta Uyarı Sistemi, 06.09.2017.
- [86] <http://bilgihanem.com/hiz-sabitleyici-cruise-control-nedir-nasil-calisir>, Hız sabitleyici nedir, 06.09.2017.
- [87] <http://www.greennio.com/en/product.php?productId=22>, Sleepy Drive Sensor, 07.09.2017.
- [88] <https://arackampanyalari.com/serit-takip-sistemi-nedir-ne-ise-yarar-avantajlari-nelerdir>, Şerit Takip Sistemi, 07.09.2017.
- [89] Kutup, N., 2011. Nesnelerin İnterneti; 4H Her yerden, Herkesle, Her zaman, Her nesne ile bağlantı. *16. Türkiye’de İnternet Konferansı inet-tr’11*.

EKLER

EK 1. Uygulama İçin Kullanılan Örnek Veri Tipleri

Veri No	Jiroskop (x)	Jiroskop (y)	Jiroskop (z)	İvme Ölçer (x)	İvme Ölçer (y)	İvme Ölçer (z)
1	0.046499	-0.475299	-0.074113	-0.040616	-0.120374	0.079713
2	-0.181826	-0.294683	-0.017477	-0.039898	-0.107859	0.058378
3	-0.285485	-0.129382	0.046306	-0.041111	-0.084156	0.032995
4	-0.251319	-0.016551	0.096128	-0.037331	-0.072228	0.003406
5	-0.139743	0.015865	0.110441	-0.034173	-0.079720	-0.014658
6	-0.024442	0.015266	0.076856	-0.040604	-0.095907	-0.008912
7	0.032590	-0.001612	0.006706	-0.058277	-0.107958	0.016019
8	0.031117	-0.012440	-0.081954	-0.058236	-0.104052	0.037940
9	-0.005667	-0.015963	-0.153737	-0.039934	-0.101458	0.045338
10	-0.034247	-0.018277	-0.176318	-0.021025	-0.094737	0.044019
11	-0.034349	-0.026721	-0.153830	0.008010	-0.078812	0.033949
12	-0.009973	-0.050937	-0.114030	0.029155	-0.068704	0.030835
13	0.020720	-0.077218	-0.061361	0.045984	-0.062312	0.034634
14	0.023650	-0.095118	-0.004612	0.046796	-0.056514	0.030019
15	-0.010805	-0.073932	0.040015	0.039431	-0.063833	0.024099
16	-0.055031	-0.012490	0.068316	0.030858	-0.069627	0.012158
17	-0.075539	0.035192	0.066890	0.015016	-0.081129	-0.002525
18	-0.064838	0.056427	0.043321	0.004237	-0.084751	-0.010572
19	-0.038997	0.036321	0.020050	0.006131	-0.088279	-0.013137
20	-0.001262	-0.016640	-0.000849	0.017535	-0.090597	-0.015494
21	0.033041	-0.046223	-0.006926	0.023231	-0.091653	-0.008337
22	0.053196	-0.036551	-0.000461	0.030541	-0.082252	0.000770
23	0.066685	-0.007752	0.028316	0.034494	-0.077981	0.013179
24	0.065223	0.019929	0.063433	0.028597	-0.075914	0.027103
25	0.038238	0.040056	0.098455	0.028418	-0.075459	0.026999
26	-0.010980	0.047313	0.123808	0.024344	-0.077173	0.035806
27	-0.044220	0.059946	0.144942	0.012235	-0.081708	0.037417
28	-0.053884	0.054633	0.163087	0.006175	-0.082971	0.035052
29	-0.050645	0.033439	0.174972	-0.005283	-0.079922	0.026965
30	-0.043099	0.015428	0.177243	-0.013114	-0.079606	0.028509
31	-0.029188	0.019712	0.164469	-0.022109	-0.084092	0.026888
32	-0.030261	0.054682	0.137564	-0.029582	-0.083632	0.035474
33	-0.027863	0.063081	0.090506	-0.033528	-0.069519	0.025593
34	-0.034165	0.081037	0.061522	-0.033476	-0.064526	0.040938
35	-0.063726	0.052193	0.046554	-0.031823	-0.078712	0.046282
36	-0.093235	0.018034	0.030549	-0.026087	-0.078423	0.036474
37	-0.116558	0.008347	0.021926	-0.020433	-0.074600	0.032840
38	-0.132631	0.022079	0.023907	-0.013451	-0.066716	0.026421

39	-0.143671	0.059249	0.049305	-0.011887	-0.061391	0.023462
40	-0.139278	0.024255	0.061269	-0.011129	-0.057910	-0.003886
41	-0.107494	0.059437	0.056977	-0.008656	-0.045826	-0.009990
42	-0.072247	0.044736	0.056171	-0.002422	-0.054419	-0.007403
43	-0.055189	0.043753	0.055197	0.000619	-0.072815	-0.014194
44	-0.036957	0.026846	0.053244	0.001547	-0.073491	-0.011286
45	-0.029365	0.003521	0.053406	0.001551	-0.070627	-0.009995
46	-0.027125	-0.009222	0.048141	-0.000601	-0.063905	-0.009828
47	-0.037828	0.004521	0.043737	-0.004434	-0.061052	-0.012265
48	-0.030519	0.014146	0.058689	-0.002462	-0.060296	-0.019247
49	-0.009405	0.010072	0.090885	0.003490	-0.059821	-0.025471
50	0.021120	0.037895	0.121894	0.002403	-0.058683	-0.023859
51	0.028744	0.003962	0.126387	0.004317	-0.071355	-0.004072
52	0.038211	0.054917	0.101590	-0.015219	-0.059459	-0.021903
53	0.039197	0.089921	0.083243	-0.020776	-0.063798	0.012136
54	0.021150	0.095113	0.069226	-0.027260	-0.074498	0.006379
55	0.007286	0.096113	0.072356	-0.024926	-0.076358	0.009572
56	0.016076	0.066391	0.059735	-0.022761	-0.067557	0.007552
57	0.038740	0.039906	0.040757	-0.021892	-0.066589	0.006789
58	0.065515	0.024089	0.034570	-0.022796	-0.060009	0.011581
59	0.079438	0.011412	0.035782	-0.027334	-0.052421	0.006561
60	0.080451	0.024151	0.033585	-0.025419	-0.047452	0.012280
61	0.071853	0.048510	0.024864	-0.024924	-0.046923	0.020562
62	0.057841	0.086649	0.017110	-0.024439	-0.048207	0.025678
63	0.038635	0.105644	0.006223	-0.024224	-0.043108	0.030712
64	0.020664	0.101273	-0.009879	-0.019461	-0.043010	0.029734
65	-0.001472	0.084132	-0.030213	-0.018149	-0.045786	0.035732
66	-0.014003	0.062792	-0.049405	-0.015492	-0.046463	0.029555
67	-0.014992	0.052165	-0.051492	-0.013265	-0.049913	0.025431
68	-0.014893	0.045774	-0.060008	-0.010088	-0.039056	0.019233
69	-0.020182	0.048917	-0.067534	0.000178	-0.036184	0.015742
70	-0.031876	0.038258	-0.061129	0.005312	-0.044500	0.016104
71	-0.043493	0.004260	-0.046051	0.013356	-0.046359	0.010110
72	-0.059592	0.028602	-0.048403	0.013651	-0.051840	0.008137
73	-0.077916	0.041308	-0.027193	0.018799	-0.025853	0.004669
74	-0.073793	0.009584	0.021088	0.028953	-0.016632	-0.008539
75	-0.051625	0.008698	0.052204	0.028757	-0.030568	-0.013189
76	-0.038995	0.021527	0.063960	0.031892	-0.035998	-0.019759
77	-0.025328	0.033311	0.081070	0.022465	-0.040432	-0.024502
78	-0.021122	0.033351	0.089642	0.009910	-0.033654	-0.026167
79	-0.013613	0.028070	0.086503	0.000762	-0.029500	-0.030165
80	-0.004053	0.044021	0.076850	-0.004413	-0.035297	-0.023799
81	0.005522	0.052549	0.071512	-0.007989	-0.039238	-0.017703

82	0.007657	0.046200	0.076902	-0.010517	-0.035004	-0.013952
83	0.005585	0.033453	0.079095	-0.013291	-0.035128	-0.010038
84	0.008975	0.004790	0.074988	-0.017671	-0.039061	-0.002706
85	0.011322	-0.016468	0.061217	-0.021735	-0.041144	0.003863
86	0.009276	-0.009088	0.043001	-0.026260	-0.041798	0.009220
87	0.007075	0.014240	0.033248	-0.028092	-0.046513	0.009417
88	0.002741	0.034379	0.026707	-0.030852	-0.043341	0.014405
89	-0.002509	0.031149	0.018146	-0.027563	-0.040263	0.018305
90	-0.013031	0.013039	0.014981	-0.022578	-0.038659	0.019926
91	-0.020344	-0.001881	0.006470	-0.020365	-0.038689	0.018098
92	-0.027717	-0.004064	-0.004245	-0.019716	-0.036300	0.015525
93	-0.025493	-0.004085	-0.018128	-0.013441	-0.037916	0.013347
94	-0.034041	0.014959	-0.030028	-0.016860	-0.036940	0.010912
95	-0.040330	0.017013	-0.047172	-0.016756	-0.032922	0.010883
96	-0.030592	-0.001007	-0.053439	-0.007717	-0.028772	0.004690
97	-0.014504	-0.017922	-0.054335	0.005669	-0.030623	-0.001640
98	-0.008177	-0.013628	-0.047913	0.015490	-0.030869	-0.005883
99	-0.009446	0.009752	-0.037356	0.018384	-0.027719	-0.004700
100	-0.018138	0.017190	-0.018205	0.023975	-0.020716	-0.007222
101	-0.016125	0.005585	0.009653	0.025043	-0.018184	-0.008023
102	-0.006568	-0.011314	0.029028	0.019929	-0.015912	-0.010584
103	0.006257	-0.020803	0.031282	0.014663	-0.017632	-0.012578
104	0.017943	-0.010139	0.027013	0.009349	-0.016822	-0.011351
105	0.036019	-0.000504	0.023851	0.003246	-0.020636	-0.013124
106	0.037015	0.009062	0.025944	0.000995	-0.019751	-0.011269
107	0.046614	-0.002553	0.034606	-0.001754	-0.022770	-0.004208
108	0.038158	-0.012153	0.033543	-0.003710	-0.026294	-0.001073
109	0.028630	-0.013278	0.026018	-0.009774	-0.029776	0.008078
110	0.019093	-0.010161	0.016333	-0.012528	-0.028416	0.008190
111	0.009476	0.000401	0.011953	-0.013886	-0.029947	0.007981
112	0.010534	0.004647	0.009799	-0.014642	-0.023624	0.006711
113	0.010469	0.016326	0.009739	-0.015534	-0.019792	0.004213
114	0.013690	0.009974	0.011928	-0.013542	-0.022513	0.007103
115	0.019199	-0.017616	0.008896	-0.012687	-0.019617	0.008216
116	0.021496	-0.033558	-0.001696	-0.009199	-0.021983	0.007859
117	0.021641	-0.034642	-0.016621	-0.008766	-0.026623	0.008647
118	0.011966	-0.009224	-0.025355	-0.004024	-0.020201	0.007211
119	0.003267	0.013050	-0.018036	-0.001162	-0.016159	0.003306
120	0.008520	0.003563	0.001279	0.001172	-0.015689	-0.000434
121	0.008481	-0.000663	0.010920	0.001915	-0.015636	-0.001814
122	0.013876	-0.005958	0.005632	0.004570	-0.016965	-0.001489
123	0.020291	-0.005935	0.002459	0.002829	-0.020688	-0.001320
124	0.018158	-0.002764	0.000294	0.000441	-0.020980	0.003204

125	-0.001989	-0.005010	-0.011558	0.000688	-0.017401	0.009627
126	-0.030775	0.005459	-0.017108	-0.000790	-0.014523	0.010711
127	-0.053149	0.007474	-0.018306	0.001337	-0.011310	0.004410
128	-0.055350	0.015966	-0.015156	0.001397	-0.006446	-0.004182
129	-0.035125	0.007589	-0.005386	0.008612	-0.007227	-0.012944
130	-0.006419	-0.004972	0.014068	0.011742	-0.008414	-0.022644
131	0.018018	-0.004833	0.023815	0.006817	-0.010530	-0.024060
132	0.027545	0.005830	0.023809	-0.001799	-0.013506	-0.020370
133	0.029578	0.022828	0.023731	-0.006645	-0.016253	-0.014153
134	0.024267	0.021738	0.022641	-0.008590	-0.018900	-0.010857
135	0.016901	0.011074	0.018383	-0.013147	-0.012742	-0.008929
136	0.014907	-0.004878	0.012044	-0.012824	-0.016975	-0.004181
137	0.019295	-0.016558	0.003579	-0.009919	-0.022054	-0.006660
138	0.026807	-0.013361	-0.007085	-0.011430	-0.020497	-0.003311
139	0.027879	-0.007001	-0.013525	-0.013435	-0.013355	-0.003352
140	0.018268	0.003559	-0.018974	-0.015023	-0.012428	-0.000568
141	0.006551	0.010920	-0.025487	-0.016377	-0.012768	0.003736
142	0.001289	0.008753	-0.032984	-0.012632	-0.010175	0.002292
143	0.013031	-0.003916	-0.025374	-0.008427	-0.011876	-0.001922
144	0.029032	-0.017625	-0.016667	-0.000403	-0.009813	-0.007732
145	0.041835	-0.020749	-0.016584	0.006888	-0.010602	-0.008539
146	0.043877	-0.009051	-0.013428	0.009654	-0.013583	-0.006432
147	0.033149	0.000462	-0.010329	0.007805	-0.015260	-0.001730
148	0.022493	0.002533	-0.011465	0.004258	-0.014403	0.001950
149	0.012925	-0.000698	-0.011499	0.004004	-0.011106	0.002378
150	0.008703	-0.006029	-0.012562	0.003144	-0.010441	0.003424
151	0.016154	-0.012350	-0.006077	0.004098	-0.005947	0.001142
152	0.024620	-0.010171	0.000368	0.004990	-0.000918	0.000814
153	0.027767	-0.009079	0.006792	0.007836	-0.004958	0.003009
154	0.025615	-0.010141	0.011060	0.007691	-0.011107	0.002828
155	0.025627	-0.014383	0.013220	0.006635	-0.014874	0.006533
156	0.021452	-0.022909	0.007898	0.005861	-0.015453	0.011703
157	0.008775	-0.026184	-0.004977	0.000435	-0.008866	0.012859
158	-0.007188	-0.025206	-0.008272	-0.000629	-0.005336	0.010451
159	-0.022154	-0.021020	-0.004098	-0.001393	-0.002691	0.006625
160	-0.029693	-0.009371	-0.002061	0.001483	0.002272	0.002947
161	-0.023395	-0.001891	0.005414	0.002560	0.001320	-0.004657
162	-0.010665	-0.004991	0.016185	0.004430	-0.002153	-0.006282
163	0.002164	-0.016603	0.019520	0.002896	-0.006851	-0.007125
164	0.002270	-0.026176	0.012089	-0.001496	-0.008777	-0.003108
165	-0.010438	-0.024142	-0.000814	-0.007914	-0.012235	-0.002847
166	-0.021130	-0.007224	-0.009508	-0.010251	-0.013658	-0.008546
167	-0.021232	0.011885	-0.010678	-0.008107	-0.013503	-0.013609

168	-0.003175	0.017287	-0.007404	-0.006076	-0.007563	-0.017901
169	0.022432	0.000439	0.001369	0.000788	-0.003149	-0.017863
170	0.032076	-0.014371	0.005773	0.003391	-0.002636	-0.015546
171	0.022473	-0.015471	0.008934	-0.001572	-0.004861	-0.011961
172	0.007494	-0.010221	0.014172	-0.001991	-0.009020	-0.007749
173	-0.009622	0.004558	0.011867	-0.003163	-0.005214	-0.009148
174	-0.013939	0.019393	0.007491	-0.002401	-0.007712	-0.014256
175	-0.006524	0.027920	0.006417	-0.003520	-0.007197	-0.017403
176	0.009562	0.013124	0.003373	-0.000749	-0.008834	-0.018093
177	0.027785	-0.003784	0.001420	0.000508	-0.011096	-0.017347
178	0.043814	-0.012202	0.001549	0.001467	-0.013121	-0.010215
179	0.053408	-0.013219	0.001605	-0.002644	-0.013143	-0.004420
180	0.054448	-0.011086	0.003737	-0.005789	-0.011271	0.004885
181	0.038469	-0.012222	0.004728	-0.005905	-0.008627	0.011757
182	0.016111	-0.008093	-0.000756	-0.010008	-0.008134	0.014751
183	-0.000932	-0.000757	-0.007296	-0.009034	-0.003429	0.012636
184	-0.010562	0.006630	-0.007386	-0.004119	-0.002065	0.006342
185	-0.010560	0.002390	-0.004157	0.001211	0.003394	-0.000811
186	-0.009547	0.000294	0.005478	0.004635	0.002133	-0.008983
187	0.001036	0.002488	0.014072	0.013245	-0.005441	-0.012210
188	0.011652	0.001492	0.020545	0.014493	-0.007315	-0.013660
189	0.023371	-0.004810	0.025984	0.012235	-0.007530	-0.010586
190	0.025587	-0.020724	0.027147	0.005621	-0.005660	-0.000585
191	0.018233	-0.039869	0.028277	0.008265	-0.004883	-0.003143
192	0.024700	-0.037745	0.015475	-0.005822	-0.009029	-0.002975
193	0.036741	-0.058992	-0.014276	-0.003060	-0.000698	-0.001661
194	0.052996	-0.099280	-0.020391	-0.012348	-0.002444	-0.016939
195	0.050776	-0.066409	-0.035538	-0.011128	0.003023	-0.011231
196	0.035617	-0.024008	-0.035839	-0.004679	-0.001586	-0.007003
197	0.023760	-0.019778	-0.018824	0.005686	-0.005943	-0.013313
198	0.013965	-0.004917	-0.000784	0.010349	-0.005473	-0.007183
199	0.001122	-0.005998	0.013075	0.008779	-0.004191	-0.005758
200	-0.002206	-0.001730	0.029067	0.005830	-0.005790	-0.011638
201	0.004112	0.011042	0.029033	-0.001120	-0.003436	-0.013429
202	0.015889	0.013197	0.018396	-0.003862	-0.003173	-0.016051
203	0.028769	0.008987	0.007799	-0.004351	-0.004622	-0.016034
204	0.041649	-0.001583	0.002578	-0.007156	-0.004237	-0.014282
205	0.051337	-0.016408	0.000570	0.001321	-0.008202	-0.009580
206	0.058827	-0.020622	-0.000438	0.002750	-0.010379	-0.005546
207	0.049173	-0.007928	-0.001624	-0.002682	-0.003721	0.000264
208	0.028824	0.004729	0.003547	-0.007483	-0.002937	0.005682
209	0.013815	0.008929	0.014133	-0.005268	-0.006289	0.009311
210	0.011663	0.007866	0.018403	-0.003653	-0.005256	0.009635

211	0.019132	0.005778	0.018453	-0.001846	-0.003323	0.010362
212	0.019168	0.004706	0.014184	-0.002267	-0.003559	0.009416
213	0.009672	0.001451	0.003463	-0.005620	-0.007126	0.011556
214	-0.007272	0.000277	-0.010514	-0.004342	-0.008780	0.005153
215	-0.012576	0.002366	-0.013755	-0.006296	-0.008379	-0.000661
216	0.000191	-0.006046	-0.004025	-0.001459	-0.000116	-0.008355
217	0.032150	-0.026030	0.013349	0.004733	0.002599	-0.013227
218	0.063076	-0.041790	0.022144	0.007502	0.005700	-0.008589
219	0.070608	-0.053437	0.021176	0.007943	0.002409	-0.005141
220	0.047302	-0.059950	0.007193	0.002866	-0.001138	0.005448
221	0.004698	-0.054855	0.001598	0.003804	-0.004139	0.010744
222	-0.029563	-0.033764	0.008788	-0.001470	-0.003317	0.007370
223	-0.046714	-0.017913	0.010752	0.004078	0.001883	0.002470
224	-0.053171	-0.011562	0.014959	0.012324	0.000201	-0.012797
225	-0.038430	0.009762	0.022407	0.005621	-0.005209	-0.017205
226	-0.016019	0.007736	0.018260	0.005463	-0.002737	-0.017620
227	0.005369	-0.002788	0.015222	0.009879	-0.001528	-0.015426
228	0.011712	-0.000621	0.020587	0.014208	-0.002553	-0.008472
229	0.008392	0.004705	0.034436	0.010110	-0.003742	-0.005083
230	-0.001249	0.001498	0.045089	0.004666	0.001551	-0.005851
231	-0.018278	0.000355	0.044999	0.004461	0.004360	0.002049
232	-0.032161	-0.004997	0.054573	0.006169	-0.004249	0.000148
233	-0.030127	0.005643	0.059872	-0.001870	-0.004371	-0.003009
234	-0.033249	0.007722	0.047019	-0.001074	0.004129	-0.002800
235	-0.029044	0.023656	0.041614	-0.011588	-0.008743	-0.010058
236	-0.014121	0.038560	0.027721	-0.020063	-0.011391	-0.007852
237	-0.004315	0.026874	0.005391	-0.018197	-0.007175	-0.009501
238	0.005484	0.007773	-0.009420	-0.012734	-0.009725	-0.004424
239	0.009788	0.000359	-0.009358	-0.013356	-0.010459	-0.007782
240	0.018301	-0.002777	-0.005022	-0.011952	-0.010350	-0.005591
241	0.025826	-0.020781	0.000457	-0.007024	-0.004922	-0.003921
242	0.023752	-0.029288	-0.000579	-0.004253	-0.003282	-0.000605
243	0.006689	-0.019825	-0.006062	-0.006885	-0.004657	0.004023
244	-0.022115	-0.005112	-0.012703	-0.009883	-0.004115	0.002109
245	-0.037032	0.005415	-0.021387	-0.010601	0.000051	-0.000488
246	-0.040208	0.011751	-0.029987	-0.007185	0.002463	-0.006966
247	-0.031696	0.016035	-0.032116	-0.000075	0.002340	-0.015698
248	-0.011555	0.018284	-0.019196	0.009323	-0.001346	-0.023331
249	0.019266	0.011037	-0.001896	0.013670	-0.002176	-0.022768
250	0.040596	-0.006885	0.010067	0.012797	-0.000836	-0.016297
251	0.048085	-0.017458	0.014437	0.006579	-0.003328	-0.011064
252	0.041709	-0.016433	0.011191	-0.001068	-0.007187	-0.006212
253	0.023643	-0.009116	-0.001767	-0.008343	-0.001590	0.000702

254	0.009854	-0.008143	-0.011464	-0.010898	0.001372	0.003108
255	-0.006014	-0.011436	-0.025424	-0.008070	0.006504	0.001697
256	-0.011354	-0.002979	-0.030841	-0.002234	0.003973	-0.003649
257	-0.006134	0.005561	-0.022308	0.005013	-0.002218	-0.007169
258	0.000183	0.002437	-0.008364	0.005886	-0.002219	-0.008539
259	-0.001973	-0.000744	-0.001946	0.006678	-0.001910	-0.003476
260	-0.005234	0.005622	0.002278	0.002522	-0.005101	-0.005205
261	0.000029	0.013087	0.005473	-0.000511	-0.007261	-0.007161
262	0.011760	0.012078	0.004471	0.000696	-0.004616	-0.008951
263	0.022494	0.005748	-0.004009	-0.000453	-0.003412	-0.006408
264	0.025815	-0.005936	-0.012481	-0.005306	-0.003298	-0.001214
265	0.023812	-0.022945	-0.016677	-0.007107	-0.002231	0.000276
266	0.015317	-0.024055	-0.019922	-0.008241	-0.001926	-0.004807
267	0.012079	-0.016639	-0.019978	-0.009121	0.002483	0.001958
268	0.004663	-0.025166	-0.018904	0.001782	0.004382	0.000223
269	-0.001860	-0.013495	-0.009380	0.006343	-0.000784	-0.002307
270	-0.004184	0.008815	0.000109	0.007420	-0.003336	-0.002145
271	-0.005291	0.017303	-0.001010	0.005742	-0.000219	-0.003896
272	-0.011604	0.009828	-0.006348	0.005649	-0.000312	-0.003453
273	-0.012601	-0.000797	-0.007367	0.001919	-0.002090	-0.007137
274	-0.009298	-0.015654	-0.010478	0.000634	-0.002761	-0.008889
275	0.001403	-0.025158	-0.009303	0.000632	-0.001788	-0.011282
276	0.017335	-0.020827	-0.006035	0.001972	-0.001185	-0.015864
277	0.031063	-0.012243	0.004680	0.003510	-0.001279	-0.014345
278	0.038423	-0.007936	0.015384	0.000520	-0.000147	-0.009515
279	0.036226	-0.003677	0.017462	-0.001646	0.001782	-0.006910
280	0.022426	-0.004819	0.010982	-0.002676	0.002201	-0.004103
281	0.010759	-0.004891	0.003440	-0.001598	-0.001784	-0.003538
282	0.006560	-0.008112	-0.002978	-0.000970	-0.004048	-0.006097
283	0.012996	-0.013395	-0.005054	0.002386	-0.002444	-0.008963
284	0.023719	-0.021846	-0.008160	0.001314	-0.001300	-0.010478
285	0.031184	-0.020753	-0.010264	0.000737	0.000024	-0.011187
286	0.039612	-0.014323	-0.001703	-0.000590	-0.002807	-0.009420
287	0.047010	-0.015328	0.007961	-0.002014	-0.001225	-0.006040
288	0.056630	-0.025891	0.012342	-0.001025	0.001135	-0.003232
289	0.062037	-0.038610	0.011368	-0.003760	-0.000030	0.003602
290	0.066363	-0.046030	0.008224	-0.006463	-0.001689	0.006447
291	0.080300	-0.058711	0.006226	-0.003709	-0.001266	0.004679
292	0.088934	-0.076724	0.005297	-0.002955	-0.002302	0.002301
293	0.082644	-0.075729	-0.010773	-0.004340	-0.004502	0.008081
294	0.044377	-0.058983	-0.037781	-0.008655	-0.004004	0.010692
295	0.002715	-0.035810	-0.045640	-0.006882	-0.004747	0.014181
296	-0.030354	-0.031712	-0.042630	0.000886	0.000416	0.009126

297	-0.052681	-0.045610	-0.037331	0.004575	0.003690	0.003701
298	-0.058070	-0.036076	-0.036341	0.013265	0.002379	-0.004006
299	-0.043474	-0.008344	-0.012896	0.010284	0.002199	-0.014643
300	-0.020196	0.000298	0.003212	0.012272	0.005224	-0.023666
301	-0.003129	-0.003867	0.003324	0.009398	0.004313	-0.021909
302	0.000130	-0.012351	0.001248	0.004135	-0.001425	-0.019504
303	-0.000916	-0.014482	0.000185	0.002092	-0.005479	-0.015705
304	-0.003043	-0.011314	-0.003049	-0.004663	-0.000762	-0.015375
305	0.001238	-0.012360	-0.005159	-0.002186	0.002405	-0.015090
306	0.010833	-0.011258	-0.007252	0.000444	-0.000058	-0.012910
307	0.017143	0.000457	-0.005142	0.002833	0.000176	-0.009629
308	0.009596	0.011050	-0.000962	0.004756	0.003551	-0.007347
309	-0.001191	0.020582	0.010687	0.004364	-0.001086	-0.006693
310	-0.004398	0.009973	0.021414	0.000639	-0.001923	-0.006482
311	-0.001117	-0.013333	0.023644	-0.002756	-0.000590	-0.007668
312	0.007554	-0.022881	0.009846	-0.009570	-0.001189	-0.006611
313	0.012943	-0.011220	-0.009424	-0.013256	-0.005244	-0.005976
314	0.012925	-0.000617	-0.015892	-0.013572	-0.009283	-0.001608
315	0.005502	-0.003844	-0.018052	-0.009138	-0.005142	0.001543
316	-0.008365	-0.000724	-0.018141	-0.006095	-0.003524	0.005953
317	-0.019062	0.004539	-0.016088	0.000070	-0.007028	0.006612
318	-0.024475	0.010901	-0.008668	0.001896	-0.004038	0.005704
319	-0.026586	0.008765	-0.009737	0.002986	0.004220	-0.000087
320	-0.030832	0.009800	-0.012971	0.001662	0.003461	-0.007522
321	-0.035078	0.010834	-0.016205	-0.001876	0.000165	-0.010984
322	-0.028636	0.004489	-0.018276	0.001917	0.002525	-0.012537
323	-0.012616	-0.003927	-0.017079	0.006583	0.003103	-0.014933
324	0.006555	-0.014431	-0.007304	0.013083	-0.000066	-0.016209
325	0.020350	-0.017526	0.003473	0.011385	0.002681	-0.016025
326	0.022407	-0.011132	0.008794	0.009183	0.001818	-0.015766
327	0.015791	0.005888	0.019338	0.005467	0.001160	-0.011171
328	0.008219	0.019669	0.024570	0.001691	-0.000422	-0.006051
329	0.009285	0.013315	0.029953	0.000340	0.000521	-0.003516
330	0.016883	-0.011071	0.030121	-0.000119	-0.006115	-0.003420
331	0.021314	-0.021706	0.014168	-0.006113	-0.005223	-0.000653
332	0.020282	-0.010065	-0.000861	-0.007458	-0.006562	0.000274
333	0.013824	0.002643	-0.002030	-0.006096	-0.002068	-0.001932
334	0.007357	0.005818	0.006469	-0.002144	0.002293	-0.000099
335	0.008357	-0.001574	0.022545	-0.002244	0.003282	-0.001842
336	0.010545	-0.015360	0.025835	0.000265	-0.000155	-0.004275
337	0.013779	-0.013239	0.018360	-0.004912	-0.000038	-0.005114
338	0.007426	-0.003745	0.004382	-0.009137	-0.004126	-0.003829
339	-0.011742	0.008879	-0.007541	-0.011925	-0.010257	-0.001738

340	-0.029800	0.009834	-0.016191	-0.010932	-0.009682	-0.004556
341	-0.036104	0.003416	-0.023672	-0.009884	-0.003085	-0.008846
342	-0.024337	-0.005023	-0.023566	-0.001885	-0.002113	-0.015081
343	0.006483	-0.012245	-0.013795	0.003520	-0.003558	-0.017678
344	0.032039	-0.015299	-0.009369	0.008654	0.002259	-0.015677
345	0.036260	-0.011026	-0.007232	0.008834	0.004033	-0.009632
346	0.025527	-0.005751	0.000165	0.004832	0.001094	-0.005342
347	0.002061	0.000507	-0.001060	0.002013	0.003968	-0.004423
348	-0.014967	0.002540	-0.005436	0.000903	0.003359	-0.011249
349	-0.013943	0.005737	-0.002241	0.001368	0.000737	-0.016667
350	0.001990	0.010068	0.001027	0.003365	0.000875	-0.019661
351	0.029624	0.012340	0.008642	0.006240	0.000949	-0.016770
352	0.050996	-0.006656	0.015267	0.006029	-0.002354	-0.009766
353	0.052201	-0.025773	0.011098	-0.000102	-0.003097	-0.000631
354	0.030949	-0.023773	0.001357	-0.007416	-0.006831	0.010745
355	0.002202	-0.009079	-0.013835	-0.010574	-0.003158	0.010319
356	-0.022354	0.007779	-0.020465	-0.009166	0.002030	0.005459
357	-0.026680	0.015198	-0.017320	-0.003293	-0.000430	-0.003049
358	-0.016077	0.016325	-0.010858	0.001338	0.002445	-0.008199
359	0.006233	0.001646	-0.000019	0.008071	-0.001740	-0.012492
360	0.029761	-0.021587	0.006639	0.010808	-0.002140	-0.012269
361	0.030835	-0.019466	0.003427	0.006042	-0.003078	-0.010073
362	0.021086	0.004918	0.006454	-0.000423	-0.003364	-0.007400
363	0.015670	0.016579	0.009571	-0.006733	-0.000968	-0.005419
364	0.005091	0.011204	0.003131	-0.007875	0.002563	-0.004506
365	0.006240	0.000583	-0.000014	-0.006836	-0.002501	-0.002058
366	0.015933	-0.008944	-0.007394	-0.004651	-0.003275	-0.000159
367	0.019208	-0.015315	-0.013756	-0.004447	-0.000548	-0.001420
368	0.020229	-0.009996	-0.011641	-0.004670	-0.004798	0.000876
369	0.011656	-0.003661	-0.009582	-0.004800	-0.002179	0.001476
370	0.009451	0.000592	-0.002134	-0.000827	-0.002394	0.000538
371	0.013741	-0.006815	0.000065	0.000266	-0.001321	0.002232
372	0.008602	-0.020680	-0.015921	0.000081	0.002093	-0.000201
373	0.002282	-0.020735	-0.026642	-0.004080	0.002541	-0.001205
374	-0.003067	-0.013335	-0.029915	-0.004773	0.006468	-0.008645
375	0.001009	-0.006854	-0.020346	0.004618	0.007371	-0.014686
376	0.007306	-0.007851	-0.005345	0.010464	-0.001209	-0.017046
377	0.015759	-0.004607	0.002164	0.015212	-0.003701	-0.016381
378	0.016733	0.003908	0.008537	0.010271	-0.007087	-0.011873
379	0.021956	0.008207	0.020298	0.004545	-0.008328	-0.004812
380	0.015673	-0.005637	0.016063	-0.006706	-0.000572	-0.001128
381	0.004153	-0.016357	-0.004249	-0.010326	0.001890	0.004147
382	-0.004251	-0.020677	-0.018164	-0.008862	-0.000247	0.003400

383	-0.001043	-0.015367	-0.024588	-0.004891	0.005183	-0.001722
384	0.005301	-0.011082	-0.021370	0.004309	0.009684	-0.006816
385	0.014811	-0.016309	-0.005262	0.013124	0.007909	-0.010309
386	0.024259	-0.018335	0.017243	0.017679	0.004849	-0.007854
387	0.021997	-0.013001	0.032165	0.017893	0.000041	-0.005658
388	0.015494	-0.002396	0.039557	0.012014	-0.002062	-0.004095
389	0.010102	0.003960	0.043770	0.006205	-0.004947	-0.006554
390	0.013361	0.001834	0.036317	-0.001491	-0.003311	-0.007830
391	0.021952	-0.008698	0.022504	-0.004275	0.002752	-0.007087
392	0.033820	-0.023530	0.013025	-0.003048	0.003428	-0.003239
393	0.034955	-0.033086	0.010944	-0.002001	0.002182	0.000111
394	0.013608	-0.017277	0.003267	-0.002349	0.007366	0.002403
395	-0.019603	0.003824	0.012600	0.000146	0.005454	0.001440
396	-0.039004	0.015465	0.035950	0.002279	0.002051	-0.000945
397	-0.038004	0.014433	0.046649	-0.000468	-0.003986	-0.003068
398	-0.029361	0.012313	0.030674	-0.005470	-0.006370	-0.003288
399	-0.024961	0.014406	0.008242	-0.008366	-0.012679	-0.007880
400	-0.016372	0.015483	-0.002406	-0.010881	-0.014451	-0.011445

ÖZGEÇMİŞ

1983 Elazığ doğumlu Mücahit KARADUMAN liseyi 2000 yılında bitirdikten sonra Fırat Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünden 2006 yılında mezun oldu. Yüksek Lisansını Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında 2016 yılında tamamladı. 2015 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ekobilişim alanında yüksek lisansa başladı. 2013 yılında İnönü Üniversitesi Arapgir Meslek Yüksekokuluna Öğretim Görevlisi olarak atandı. Halen Arapgir Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak görevine devam etmektedir.

