

İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK MANTIK TABANLI GÜVENLİ SÜRÜŞ ANDROID UYGULAMASI



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Berat Can ŞENEL

Sistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Sistem Mühendisliği Programı

08/2017

İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK MANTIK TABANLI GÜVENLİ SÜRÜŞ ANDROID UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Berat Can ŞENEL
(600114008)**

Sistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Sistem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayşegül ALAYBEYOĞLU

08/2017

İKÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 600114008 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Berat Can ŞENEL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BULANIK MANTIK TABANLI GÜVENLİ SÜRÜŞ ANDROID UYGULAMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Ayşegül ALAYBEYOĞLU**
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Aytuğ ONAN**
Celal Bayar Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Fatih Cemal CAN
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

Teslim Tarihi : **17 Temmuz 2017**
Savunma Tarihi : **07 Ağustos 2017**



Eşime ve Tez Danışmanım Doç. Dr. Ayşegül Alaybeyoğlu'na,



ÖNSÖZ

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup bana yardımcı olan tez danışmanım Doç. Dr. Ayşegül Alaybeyoğlu'na teşekkürlerimi sunarım. Dünyada bu konuda olan çalışmaları, patentleri bulabilmek için yardım talep ettiğim ve bu zorlu tez sürecinde benden desteğini bir an için bile esirgemeyen değerli eşim, Av. Selin Şenel'e, tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Temmuz 2017

Berat Can Şenel
Makina Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
ABSTRACT	xxi
1. GİRİŞ	1
2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR	5
3. SİSTEMİN ALTYAPISINI OLUŞTURAN KONULAR	9
3.1 Hızın Sürüş Güvenliğine Etkisi.....	9
3.2 Bulanık Mantık.....	10
3.3 Hipotez	14
4. GEOMETRİK VE MEKANİK YAKLAŞIM.....	17
4.1 Amaç	17
4.2 Viraj Analizi	17
4.3 Hız Analizi	20
5. ANDROID PROGRAMLAMA	23
5.1 Amaç	23
5.2 Kullanıcı Arayüzünün Oluşturulması.....	23
5.2.1 Kullanıcı arayüzünün tasarlanması	23
5.2.2 Kullanıcı arayüzünün gerçekleştirimi	26
6. ALGORİTMALAR.....	29
6.1 Viraj Çözümlemesi.....	29
6.1.1 Viraj tespit algoritması.....	29
6.1.2 Viraj bilgilerinin belirlenmesi	31
6.1.3 Viraj verilerinin oluşturulması	32
6.2 Maksimum Hız Çözümlemesi	35
6.3 Hız Uyarı Sistemi Çözümlemesi	35
7. BULANIK MANTIK UYGULAMASI	37
7.1 Amaç	37
7.2 Bulanık Mantık İle Yaklaşım	37
7.2.1 Bulanıklaştırma	40
7.2.2 Kural tabanı.....	44
7.2.3 Durulaştırma.....	45
7.3 Klasik Yöntem Verileri İle Karşılaştırma	47
7.4 Güvenli Hız Belirlemede Verimlilik Artışı.....	47
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
8.1 Çalışmadan Elde Edilen Veriler	49

8.1.1 Klasik yöntem ve bulanık mantık verileri	49
8.1.2 Klasik yöntem ve bulanık mantık karşılaştırması	57
8.2 Öneriler.....	59
KAYNAKLAR.....	61
EKLER.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	69



KISALTMALAR

CAN	: Controller Area Network
CANBUS	: Controller Area Network Bus
GPS	: Global Positioning System
API	: Application Programming Interface
GNSS	: Global Navigation Satellite System





SEMBOLLER

R	: Yarıçap
a	: İvme
v	: Hız
g	: Yer Çekimi İvmesi
μ	: Sürtünme Katsayısı
β	: Yol Yanal Eğimi





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Kuru asfalt ve eğimsiz yolda duruş mesafeleri [19].	10
Çizelge 4.1 : Parametrelere bağlı olarak μ 'nün değişimi [28].	21
Çizelge 7.1 : Viraj yarıçapı üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.	41
Çizelge 7.2 : İvme girdisinin üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.	42
Çizelge 7.3 : Uydu sayısı girdisinin üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.	42
Çizelge 7.4 : Hız aşımı girdisinin üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.	43
Çizelge 7.5 : İvme değeri bulunurken kullanılan kural tabanı tablosu.	44
Çizelge 7.6 : İhlal üyelik derecesi bulunurken kullanılan kural tabanı tablosu.	45
Çizelge 7.7 : İvme çıktısının üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.	45
Çizelge 7.8 : İhlal üyelik çıktısının üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.	47
Çizelge 8.1 : Klasik yöntem, aşınmış teker ve açık hava için viraj verileri.	52
Çizelge 8.2 : Klasik yöntem, yeni teker ve sağnak yağış için viraj verileri.	52
Çizelge 8.3 : Bulanık mantık, aşınmış teker ve açık hava için viraj verileri.	53
Çizelge 8.4 : Bulanık mantık, yeni teker ve sağnak yağış için viraj verileri.	54
Çizelge 8.5 : Klasik mantık, aşınmış teker ve açık hava için ihlal verileri.	54
Çizelge 8.6 : Bulanık mantık, aşınmış teker ve açık hava için ihlal verileri.	55
Çizelge 8.7 : Bulanık mantık, yeni teker ve açık hava için simülasyon ihlal verileri.	56



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Üyelik fonksiyonlarının alabildiği şekillerden örnekler [22].	12
Şekil 4.1 : Virajda yanlış nokta seçimi.	18
Şekil 4.2 : Virajda doğru nokta seçimi.	18
Şekil 4.3 : Virajdaki maksimum hız analizi.	20
Şekil 5.1 : Giriş ekranı.	24
Şekil 5.2 : Varış adresi sorgulama ekranı.	24
Şekil 5.3 : Güvenli sürüş navigasyon ekranı.	25
Şekil 5.4 : Güvenli sürüş navigasyon ihlal ekranı.	26
Şekil 5.5 : Giriş ekranı (uygulama içi görüntü).	27
Şekil 5.6 : Varış adresi sorgulama ekranı (uygulama içi görüntü).	27
Şekil 5.7 : Güvenli sürüş navigasyon ekranı (uygulama içi görüntü).	28
Şekil 5.8 : Güvenli sürüş navigasyon ihlal ekranı (uygulama içi görüntü).	28
Şekil 6.1 : Viraj tespit algoritması akış diyagramı.	31
Şekil 6.2 : Viraj başlangıç, bitiş, orta nokta bulma algoritması akış diyagramı.	34
Şekil 7.1 : Eşik ivme bulanık mantık sistemi.	38
Şekil 7.2 : İhlal üyelik derecesi bulanık mantık sistemi.	38
Şekil 7.3 : İhlal uyarısı bulanık mantık akış diyagramı.	39
Şekil 7.4 : Sürüş opsiyonu girdisinin üyelik fonksiyonu grafiği.	40
Şekil 7.5 : Viraj yarıçapı girdisinin üyelik fonksiyonu grafiği.	41
Şekil 7.6 : İvme girdisinin üyelik fonksiyonu grafiği.	42
Şekil 7.7 : Uydu sayısı girdisinin üyelik fonksiyonu grafiği.	43
Şekil 7.8 : Hız aşımı girdisinin üyelik fonksiyonu grafiği.	44
Şekil 7.9 : İvme çıktısının üyelik fonksiyonu grafiği.	46
Şekil 7.10 : İhlal üyelik çıktısının üyelik fonksiyonu grafiği.	46
Şekil 8.1 : Çalışmanın gerçekleştirildiği rota.	50
Şekil 8.2 : Rota üzerinde tespit edilen virajlar.	51
Şekil 8.3 : Alternatif güzergah görseli.	51
Şekil 8.4 : Alternatif güzergah üzerinde tespit edilen virajlar.	52



BULANIK MANTIK TABANLI GÜVENLİ SÜRÜŞ ANDROID UYGULAMASI

ÖZET

Bu tez çalışmasında günümüzde teknolojinin de ilerlemesiyle birlikte toplumlarda akıllı telefon kullanımının artışı göz önünde bulundurularak, sürüş güvenlik sistemlerinin araç dışı kaynaklar yardımıyla tüm araçlara uygulanabilir hale getirilmesi, bu sayede Türkiye’de ve dünyada trafik kazalarının azaltılması sağlanarak yaralanma, can kaybı, araç hasarları gibi maddi ve manevi kayıpların azaltılmasını sağlayacak bir uygulama oluşturmak istenmiştir. Bu tez çalışmasında ortaya çıkan uygulamanın geliştirilip, son kullanıcıya hitap eden bir ürün haline getirilmesiyle; araç kullanımı sırasında akıllı telefonlar vasıtasıyla navigasyon kullanan kullanıcılar için otomatik uyarı veren bir sürüş güvenlik sistemi mevcut hale gelmiş olacaktır.

Ayrıca bu tez çalışmasının konusu her yıl dünyada çok büyük boyutlarda ekonomik ve sosyal kayıplara sebebiyet veren trafik kazalarının azalması için sürekli olarak üzerinde çalışılan güvenli sürüş sistemlerine adanmıştır. Güvenli sürüş sistemleri, kendi içerisinde birçok dalı barındıran ve her bir dalın büyük içeriklere sahip olduğu bir konudur. Bu nedenle tez çalışmasında karşılaştırma yapılabilmesi için belirli konulara değinilmiştir.

Tezin en önemli özelliği ise; diğer güvenli sürüş sistemlerinden ayrılan kısmı olan mobil telefonlar üzerinden çalışmasıdır. Bu sayede aracın teknolojik donanımından bağımsız olarak, eski veya yeni tüm araçlarda mobil telefonlar vasıtasıyla güvenli sürüş imkanı doğmuştur. İkinci hedef olarak makina mühendisliği bilgisi ile yazılım mühendisliği bilgisinin entegre edilmesiyle oluşturulan sistem sayesinde gelecekteki projelerde de bu iki meslek dalının birarada çalışması amaçlanmıştır.



FUZZY LOGIC BASED SAFE DRIVING ANDROID APPLICATION

ABSTRACT

The aim of this study is to make the driving safety systems applicable to all vehicles with the aid of non-vehicle sources by considering the increase in the use of smartphones in society today with the advancement of technology. In this regard, it is desired to create a mobile application that will reduce the material and moral losses such as injuries, life loss, vehicle damages by reduced the traffic accidents in Turkey and in the world. By developing the mobile application which emerging in this thesis study and making it a product that appeals to the end user; a driving safety system with automatic warning will be available for users who use navigation via smartphones during driving.

Additionally, in this thesis study, it is aimed to design safe driving system which is constantly being worked on every year in the world to reduce traffic accidents that cause economic and social loss in very large sizes. Safe driving systems are a topic that has many contents within itself and each branch has great contents. For this reason, certain topics have been addressed to make comparisons in the thesis study.

The most important feature of the dissertation is; It works on mobile phones that aren't part of other secure driving systems. In this way, regardless of the technological equipment of the vehicle, old or new all means of vehicles via mobile phones have become safe driving possibilities. The second goal is to integrate knowledge of mechanical engineering with knowledge of software engineering so that these two professions will work together in future projects.



1. GİRİŞ

Türkiye’de 2015 yılının karayolu trafik kaza istatistikleri incelendiğinde 183 bin 11 adet ölümlü veya yaralanmalı kazanın; 7 bin 530 kişinin ölümüyle, 304 bin 421 kişinin yaralanmasıyla sonuçlandığı görülmektedir. Bu kazalar incelendiğinde ise kazaya neden olan kusurlar içinde sürücü kusurları %89,3 ile ilk sırada bulunmaktadır [1].

Trafik kazaları sebebiyle ülkemizde; önemli boyutlarda ekonomik ve sosyal kayıplar oluşmaktadır. Trafik kazalarının sebep olduğu ekonomik kayıpların telafisini belirli süre içerisinde mümkün olsa da sosyal ve toplumsal kayıpların telafisi mümkün olmamaktadır. Trafik kazalarının sebepleri arasındaki en önemli sebeplerden biri; trafikle ilgili farkındalık düzeyinin düşüklüğü olarak görülmektedir. Trafikte bir şekilde bulunan bireylerin trafik kuralları ve trafikle ilgili birimler hakkında yeterli bilgiye sahip olmaması da trafik kazalarını tetikleyen unsurlardan bir tanesidir. Trafik kazaları insan, araç bakım eksikliği, araç tasarımı, yol dizaynı ve bakımı, hava koşulları, trafik işaret ve işaretçileri gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır. Bunlar arasında da en büyük pay olarak insan faktörü görülmektedir [2].

Sürücü ve/veya taşıttan kaynaklanan hataların belirli bir oranı da frenleme kusurlarından ve sürücünün gerçekleşen hadiseye verdiği reaksiyon zamanının geç olmasından kaynaklanmaktadır. Sürücüden ve taşıttaki sistemlerin yetersizliğinden kaynaklanan frenleme hatalarını azaltmak ve daha güvenli sürüş imkanı sunmak için frenleme yardımcı sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler, sürücülerin gerçekleşen hadiseye verdiği reaksiyon zamanını en aza indirmek ve güvenli bir frenleme sağlamak için kullanılmaktadır. Bu sayede mümkün olduğu kadar hızlı ve güvenli frenleme yapılarak sürücüden ve yol şartlarından kaynaklanan hatalar azaltılmaktadır. Taşıttın frenlemesinde kullanılan frenleme yardımcı sistemler; sürücü kontrolünde olan sistemler ve tehlike anında devreye giren sistemler olarak iki bölüme ayrılmaktadır. Kilitlenmeyi Önleyici Fren Sistemi, Elektronik Fren Gücü Dağıtım Sistemi, Yük Kontrollü Fren Gücü Dağıtım Sistemi, Acil Fren Destek Sistemi, Çekiş Kontrol Sistemi, Savrulma Kontrol Sistemi ve Akıllı Sabit Hız

Kontrol Sistemi frenleme yardımcı sistemlerin başlıcaları olarak kabul edilmektedir. Bu sistemler sayesinde taşıt, sürücü ve yolcu güvenliği arttırılmakta ve daha güvenli sürüş sağlanmaktadır [3]. Bu tez çalışmasının sonucunda; frenleme yardımcı sistemlerin, sürücü kontrolünde olan sistemler bölümüne “Bulanık Mantık Tabanlı Güvenli Sürüş Android Uygulaması” ile destek sağlanması amaçlanmaktadır.

Tezin giriş bölümünde trafik kazalarının sebep olduğu ekonomik ve sosyal kayıplar ele alınmış, ayrıca trafik kazalarına sebebiyet veren etmenler incelenmiştir. Sürüş güvenliğini sağlamak için günümüzde kullanılan sistemlerden bazıları tanıtılmıştır. “Hızın Sürüş Güvenliğine Etkisi” bölümünde ise yüksek hızın sürüş güvenliğine etkisiyle ilgili genel bilgilere yer verilmiştir. Ardından Bulanık Mantık ile ilgili genel bilgiler verilerek yapılacak çalışmanın hipotezi oluşturulmuştur.

Geometrik ve Mekanik Yaklaşım bölümünde ise güvenli sürüşün sağlanabilmesi için gerekli geometrik ve dinamik hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalar başlangıç noktasından varış noktasına ulaşmak için kullanılan navigasyon sırasında sürücünün karşılaşacağı virajların analizi ile gerekli parametrelerin elde edilmesini ve bu parametreler ile hız analizinin yapılmasını sağlamıştır. Bu çalışmadaki amaç virajlara taşıtın girmesi gereken maksimum hızın hesaplanmasıdır.

Android Programlama bölümünde Android Platformu üzerinde tasarım ve programlama çalışması hakkında bilgi verilmiştir. Bu çalışma kapsamında, kullanıcı arayüzü, viraj analiz, hız analiz ve ihlal uyarı fonksiyonları oluşturulmuştur. Kullanıcı arayüzü iki aşamalı gerçekleştirilmiştir. Bu iki aşama kullanıcı arayüzünün tasarlanması ve kullanıcı arayüzünün gerçekleştirimidir. Android programlama sırasında oluşturulan fonksiyonlar ile ilgili yaklaşım “Algoritmalar” bölümünde anlatılmıştır. Viraj analiz fonksiyonları ise viraj tespit algoritması dahilinde güzergah koordinatlarının alınması ve viraj bilgilerinin belirlenmesini ile hız analizi için viraj verilerinin oluşturulması aşamalarını içermiştir. Hız analizi ve ihlal uyarı fonksiyonları oluşturulurken maksimum hız analizi yapılmış ve hız uyarı sistemi kodlanmıştır.

Bulanık Mantık Uygulaması bölümünde ise klasik yöntem ile belirlenmiş olan hız ihlal sınırları bulanıklaştırılmıştır. Burada uygulamanın bulanık mantık tabanlı hale getirilmesi amaçlanmıştır. Ardından klasik yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiş uygulama üzerinde gerekli bulanık mantık tabanlı yaklaşım kodlanmıştır.

Sonuç ve Öneriler bölümünde, çalışmada deneysel sürüşler gerçekleştirilerek ve simülasyon ortamında testler yapılarak klasik yöntem ve bulanık mantık verileri elde edilmiştir. Her iki yöntemle de “Güvenli Sürüş”, “Standart Sürüş” ve “Riskli Sürüş” olmak üzere üç farklı opsiyonda veriler toplanmıştır ve sürücü kendi yeteneklerine göre seçtiği seçenekler üzerinden uyarılar almıştır. Ardından elde edilen bu veriler klasik mantık ve bulanık mantık baz alınarak karşılaştırılmıştır. Bulunan veriler sonucunda bulanık mantık tabanlı olan uygulamanın güvenli sürüş için sürücü yeteneklerine daha uygun sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Son bölümde ise tüm bu çalışmaların verimini arttırmak için öngörülen öneriler sunulmuştur.





2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Karayollarında trafik güvenliğini sağlamak ve olası kaza ihtimallerini en aza indirmek için yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Şehirlere kurulan akıllı trafik sistemleri, yolların tasarımının iyileştirilmesi ve kalitesinin artırılması, hızın ve direksiyon hakimiyetinin denetimi gibi ihtiyaçlar için yeni nesil araçlara entegre edilen sistemler (Örn. sensörler vasıtasıyla gerçekleştirilen şerit takibi.), CAN veri yolu üzerinden alınan veriler ile sürücü ve sürüş profilinin çıkartılması gibi çalışmalar güvenli sürüşün sağlanabilmesi için sürekli olarak geliştirilmektedir. Tüm dünyada trafiğe çıkan araç sayısının gösterdiği artışın da etkisiyle güvenli sürüş ile ilgili geliştirilen sistemler ilgi odağı konumundadır.

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi'nde yayınlanan "Mobil Cihaz Temelli Araç Hız Uyarı Sistemi" başlıklı makale çalışmasında; iPhone ile bir aracın ağ bilgisine erişim sağlanarak, sürücüyü bilgilendirme ve uyarma amaçlı bir uygulama geliştirilmiştir. Aracın hız bilgisinin CAN veri yolu üzerinden alınarak wi-fi teknolojisi ile mobil cihaza aktarılması sağlanmıştır. Bu çalışmada, mobil uygulama üzerinden seçilen hız sınırının aşılması durumunda sürücünün uyarılması, bu sayede sürüş güvenliğine katkı sağlanması amaçlanmıştır [4].

İstanbul Teknik Üniversite'sinde yapılan "Güvenli Sürüş Proje Aracı Uyanık İle Toplanan Verilerin İncelenmesi" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında; CANBUS üzerinden gelen veriler ile sürüş profili çıkartılarak, 3 kadın ve 3 erkek sürücü arasında belirli sürüş karakteristikleri yakalanmaya çalışılmıştır. Ayrıca bütün analizlerden toplanan sonuçlar genel bir değerlendirmeden geçirilerek otomotiv güvenliği konusuna olan bağlantılar belirlenmiştir [5].

2015 yılında yayınlanan "A Review of Intelligent Driving Style Analysis Systems and Related Artificial Intelligence Algorithms" başlıklı makale çalışmasında; mevcut sürüş davranışında ve sürüş tarzı analiz sistemlerinde kullanılan ilgili makina öğrenimi ve yapay zeka algoritmalarını tanımlamak için ayrıntılı bir inceleme yapılmaktadır. Çalışma sonucunda elde edilmek istenen; diğer sürücü davranış profili

ile ilgili çalışmalarda tanımlanan yaklaşımları kullanarak benzersiz sürücü tanımlama olanaklarını değerlendirmektedir [6].

1998 yılında A.B.D.'nde yayınlanan US5751211 numaralı, "Obstacle Warning System For A Vehicle" başlıklı patent dökümanında; yolun kavis durumuna göre alarm veren bir araç için engel uyarı sisteminden bahsedilmektedir. Ayrıca patent içeriğinde yol kavisli olduğunda; eğrilik yarıçapının küçük olup olmadığı, aracın önünde bir korkuluk bulunup bulunmadığı, araç yüksek ivmelerle hareket ederken aracın önünde reflektör veya benzeri bir nesne olup olmadığını, aracın yolun kavisli bölümüne yaklaşmadığı gibi parametreleri sistemde gerekli değerlere ayarlanmasından da bahsedilmektedir [7].

2007 yılında A.B.D.'nde yayınlanan US2007/0008090 A1 numaralı, "Curve Rollover Warning System For Trucks" başlıklı patent dökümanında; aracın yol üzerindeki her konumunda; aracın önündeki yol üzerindeki birden fazla noktanın her biri için aracın maksimum güvenli hızın, maksimum yanal ivme, yol geometrisi ve aracın fiziksel parametreleri göz önünde bulundurularak belirlenmesinden bahsedilmektedir [8].

Özgür Karcıoğlu'nun ve Gül Özlem Yıldırım'ın 2006 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi'nde yayınlanan "Acil Tıp Sisteminde Sürüş Güvenliği ve Acil Araç Sürücülerinin Eğitimleri" başlıklı makale çalışmasında; acil araçlarının operasyonda iken karıştığı kazaların oranının azaltılması için, ambulans sürücülerine verilmesi gereken, trafikteki rol ve sorumluluklarını, güvenli sürüş tekniklerini ve benzer gereklilikleri kapsayan eğitimden bahsedilmektedir [9].

"Ağır Araçlar İçin Yol Eğimi ve Viraj Yarıçapı Dikkate Alınarak En Hızlı Güzergahın Belirlenmesi" başlıklı, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi'nde yayınlanan ve Hasan Kumaş, Cevriye Gencer ve Hakan Maraş tarafından hazırlanan makale çalışmasında; ağır araçlar için belirlenen en hızlı, en iyi güzergahın yolun eğimi, viraj yarıçapı, yolun genişliği, yüksekliği ve taşıma kapasitesi dikkate alınarak belirlenmesinden bahsedilmektedir [10].

İstanbul Teknik Üniversite'sinde yapılan "Akıllı Araçlar Kapsamında İleri Sürüş Destek Sistemlerinde Sensör Füzyonu" başlıklı doktora tez çalışmasında; yol ve sürücü davranışları ile ilgili veri oluşturan sensörler içeren güvenli sürüş aracının, 108 farklı sürücü tarafından İstanbul içinde belirlenmiş 25 km'lik bir güzergah

üzerinde kullanılmasıyla elde edilen veri tabanı yardımıyla ileri sürüş destek sistemlerine sağlanabilecek katkılardan bahsedilmektedir [11].

2012 yılında Johannes Paefgen, Flavius Kehr, Yudan Zhai ve Florian Michahelles tarafından yayınlanan “Driving Behavior Analysis With Smartphones: Insights From a Controlled Field Study” başlıklı makale çalışmasında; sürüş davranışlarını, akselerometre yardımıyla elde edilen ivme ölçümlerine dayalı olarak değerlendiren ve sürücülere geri bildirim sağlayan mobil uygulamadan bahsedilmektedir [12].

2014 yılında Nadeem Akhtar, Kush Pandey ve Saurabh Gupta tarafından yayınlanan “Mobile Application for Safe Driving” başlıklı makale çalışmasında; trafik kazalarının başlıca nedenlerinden biri olan akıllı telefonlar ile ivmelenme analizleri yardımıyla emniyetli ve güvenli sürüş sağlanmasından bahsedilmektedir [13].

2012 yılında Mohamed Fazeen, Brandon Gozick, Ram Dantu, Moiz Bhukhiya, Marta C. Gonzalez tarafından yayınlanan “Safe Driving Using Mobile Phones” başlıklı makale çalışmasında; bir aracın güvenli ve verimli bir şekilde kullanılması için potansiyel tehlikeleri sürücüye bildiren, ileri sürüş destek sistemlerine katkı sağlayan mobil telefonlardan bahsedilmektedir. [14].

2013 yılında A. Bülent Koç ve Bo Liu tarafından yayınlanan “SafeDriving: A Mobile Application For Tractor Rollover Detection And Emergency Reporting” başlıklı makale çalışmasında; traktörler için devrilme algılaması yapan ve acil durum raporları hazırlayan IOS tabanlı mobil uygulamadan bahsedilmektedir [15].

2000 yılında Jiro Takezaki, Nobuyuki Ueki, Toshimichi Minowa ve Hiroshi Kondoh tarafından yayınlanan “Support System for Safe Driving” başlıklı makale çalışmasında; sürücünün yorgunluğuna uygun olarak ön araç ile takip mesafesini otomatik olarak takip eden adaptif bir seyir kontrol sisteminden bahsedilmektedir [16].

2004 yılında Nilüfer Gürer ve İbrahim Gürer tarafından II. Trafik Şurası’nda yayınlanan “Trafikte Yol, Çevre ve Meteorolojik Faktörler” başlıklı makale çalışmasında; trafikte yol, çevre ilişkilerinin ve trafikte yol, meteoroloji ilişkilerinin birbiriyle olan etkileşimlerinden ve bu etkileşimin belirli bir system içerisinde ele alınmasından bahsedilmektedir [17].

2009 yılında Hüseyin Bayrakçeken ve Mehmet Yeşilırmak tarafından 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu’nda yayınlanan “Taşıtlarda İvmenin Etkileri ve İvme

Ölçümleri” başlıklı makale çalışmasında; otomobil sınıfındaki benzinli bir taşıtla gerçek yol şartlarında ivme ölçer yardımıyla yapılan ivme ölçümlerinden elde edilen veriler ile bu verilerin grafiklerinden ve analizlerinden bahsedilmektedir [18].



3. SİSTEMİN ALTYAPISINI OLUŞTURAN KONULAR

Bu bölümde sistemin altyapısını oluşturan sürüş güvenliğinde hızın etkisi, bulanık mantık konularının yanı sıra hipoteze yer verilmiştir.

3.1 Hızın Sürüş Güvenliğine Etkisi

Son yıllarda, taşıt sayısındaki artışa oranla trafik kaza oranları ve trafik kazalarındaki can kaybı oranları bağıl olarak azalma göstermektedir. Bu bağıl azalma; hem yasal düzenlemeler hem de trafik denetimi ve taşıt güvenlik sistemlerindeki gelişmeler sonucunda oluşmaktadır. Bunun yanı sıra trafik veya sürüş güvenliğinin sürekliliğinin sağlanabilmesi için hız kusurlarının farklı denetim ve azaltılma yöntemleri ile kontrol altına alınması gerekmektedir [19].

Ülkemizde taşıma ve ulaşım hizmetlerinin büyük bir bölümü karayolları kullanılarak gerçekleştirildiği için önemli trafik problemlerine sebebiyet vermektedir. Bu problemler de diğer ülkelere nazaran istatistiki karşılaştırma yapıldığında ülkemizde, daha yüksek kaza, ölü ve yaralı sayısı olmasına neden olmaktadır. Yüksek hız ihlalleri; Türkiye’deki trafik kazalarındaki kusur oranlarında oldukça önemli bir paya sahiptir. Hız kusurları kazalara dolaylı ve dolaysız yoldan katkıda bulunmaktadır. Hızın artmasıyla birlikte kaza ihtimali de artmakta ve kazanın şiddeti de büyümektedir. Bunun sebebi de, yüksek hızda taşıt hakimiyetinin zorlaşması ve çevreden gelen tehlikelere karşı algının zayıflamış olmasıdır. Yüksek hız; herhangi bir tehlike durumunda sürücünün sırasıyla yaşadığı “sezmek”, “tanımlamak”, “tahmin etmek”, “karar vermek” ve “uygulamak” süreçleri için gerekli süreyi azaltmaktadır. Yani hız artışı, sürücünün çevredeki bilgileri toplama sürecinde gerekli olan süreyi azaltmaktadır. Sürücü tarafından tehlikenin görülmesi, beynin karar vermesi, ayağın gaz pedalından çekilerek fren pedalına basılması, fren sistemindeki hidroliğin sıkışarak balataları açması ve kampana/diski bloke etmesi esnasında gidilen yol; reaksiyon mesafesi olarak adlandırılmaktadır. Reaksiyon mesafesi ise, m/s cinsinden genelde hızın 0,5-2 sn arasında sürücüye göre değişen reaksiyon süresi ile elde edilmektedir [19]. Çizelge 3.1’de farklı hızlardaki reaksiyon

mesafesi, fren mesafesi, duruş mesafesi ve frenleme zamanı değişimleri ayrıntılı olarak verilmektedir. Hızın yükselmesinin duruş mesafesini kendi oranına kıyasla katlayarak arttırdığını Çizelge 3.1’de görülmektedir.

Çizelge 3.1 : Kuru asfalt ve eğimsiz yolda duruş mesafeleri [19].

Hız (V-v) [(km/s)-(m/sn)]	Reaksiyon Mesafesi (0.75 sn’deki) (m)	Fren Mesafesi (m)	Duruş Mesafesi (m)	Frenleme Zamanı (sn)
10(2,77)	2,07	0,65	2,72	0,47
20(5,55)	4,16	2,61	6,77	0,94
30(8,33)	6,24	5,89	12,13	1,41
40(11,11)	8,33	10,48	18,81	1,88
50(13,88)	10,41	16,36	26,77	2,35
60(16,66)	12,49	23,58	36,07	2,83
70(19,44)	14,58	32,10	46,68	3,30
80(22,22)	16,66	41,94	58,60	3,77
90(25,00)	18,75	53,09	71,84	4,24
100(27,77)	20,82	65,51	86,39	4,71
110(30,55)	22,91	79,29	101,20	5,19
120(33,33)	24,99	94,38	119,37	5,66
130(36,11)	27,08	110,77	137,85	6,13

Sürücülerin yüksek hızda taşıt kullanma eğilimini azaltmak için çeşitli hız denetim yöntemleri mevcuttur. Takoğraf, kronometre, hız sınırlayıcı, radar cihazı, lazer cihazı, kilometre göstergesi, mikrobilgisayar ve otoyol gişe biletleri ile hız kontrolleri bunların başlıcalarıdır. Bu tez çalışmasında ortaya çıkan uygulamanın geliştirilip, son kullanıcıya hitap eden bir ürün haline getirilmesiyle; sürücülerin akıllı telefonları aracılığıyla, sürüş sırasında hız denetimi yapabilmeleri sağlanabilecektir.

3.2 Bulanık Mantık

Geleneksel kümeler baz alınarak oluşturulan önermeler, klasik yöntemde 1 ve 0 olmak üzere yalnızca iki doğruluk değeri ile eşleştirilmektedir. Klasik yöntemde, yapılan önermenin tamamıyla doğru veya tamamıyla yanlış olduğu kabulü yapılmaktadır. Bu sebepten ötürü, klasik yöntem iki değerli mantık olarak da adlandırılmaktadır. Diğer taraftan, geleneksel kümeler baz alınarak oluşturulan önermelerin ikiden fazla doğruluk değeri ile eşleştirilebildiği mantık sistemleri ise çok değerli mantık olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan önermeler, çok değerli

mantık içerisinde; tamamen doğru, tamamen yanlış ve kısmen doğru veya kısmen yanlış olarak kabul edilmektedir [20].

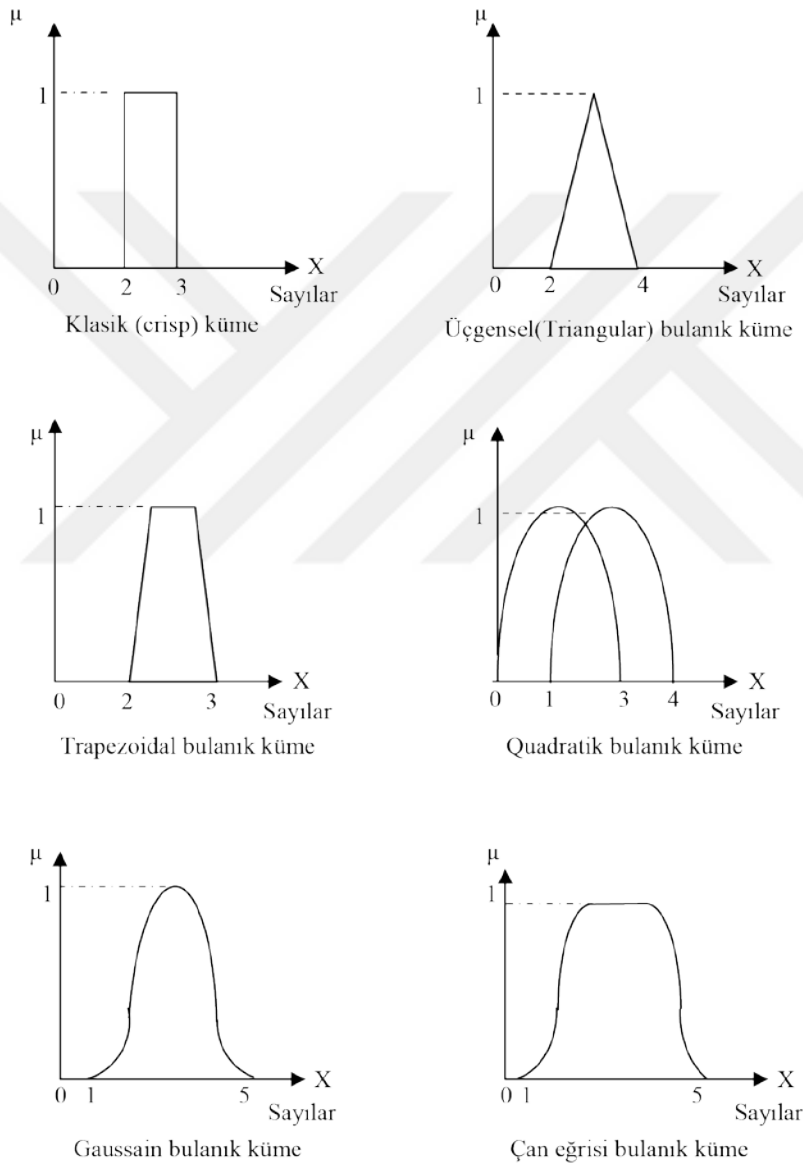
Bulanık mantık, çok değerli mantıkla belirsiz durumlarda akıl yürütmenin birleştirildiği bir mantıksal sistemdir. Bulanık kümelerle bulanık mantık arasındaki ilişki, geleneksel kümelerle klasik yöntem arasındaki ilişkiye benzerdir. Bulanık küme teorisinin temeli üyelik fonksiyonlarına dayanmaktadır. Bu sebepten dolayı, bir önermenin bulanık mantıktaki doğruluk derecesi; bulanık bir kümede bulunan elemanın üyelik derecesi ile ilişkili durumdadır. Unutulmamalıdır ki bir mantık sisteminin ana hedefi, verilen önermeler içerisinde yeni önermeler çıkarmak ve yeni çıkarılan önermelerin doğruluk değerlerini belirlemektir [20].

Ayrıca önemli ifade etmek gerekir ki bulanık mantık olasılık yüzdeleri ile benzerlik göstermemektedir. Olasılıklar bir olayın gerçekleşme ihtimalini ölçerken, bulanık mantık ise bir olayın ne dereceye kadar gerçekleştiğini ölçmektedir. Örnek göstericek olursak; bu sabah hava %40 olasılıkla sıcak olacak önermesi, havanın sabah saatlerinde sıcak olmasının gerçekleşme ihtimalini dile getirmektedir. Fakat sabah hava %40 sıcak gibi hissettiriyor önermesi, havanın belli bir üyelik derecesinde sıcak olduğunu aynı zamanda değişen derecelerde ılık ve soğuk olduğunu ifade etmektedir [21].

Günümüzde gerçekleşen olayları kesin tanımlamalar dahilinde açıklamak imkansızdır. Olaylar çoğunlukla doğrusal olmayan, belirsiz özellikler taşırlar. Örnek olarak cismin ısı kaybederken ya da kapasitörün şarj veya deşarj olurken gerçekleşen olayların doğrusal olmaması gösterilebilir. Bu sebepten dolayı eşya ve olaylar kesin tanımlamalardan kaçınılarak, bulanık yaklaşım ile ele alındıkça daha doğru ve verimli sonuçlar alınabilir. Bulanık mantık, bu tür yaklaşım için tercih edilebilecek önemli bir yöntemdir [22]. Bulanık mantık ile ilgili bilinmesi gereken en temel konuların üyelik fonksiyonları, bulanıklaştırma, bilgi tabanı, çıkarsama ve durulaştırma olduğu söylenebilir.

Konuşma dilinde bulunan tüm anlamlı tanımlamalar bir üyelik fonksiyonu olarak yazılır. Her bir noktada ve kabul edilen sınırlarda üyelik sınıfları belirlenir. Dilsel olarak anlatımı kolaylaştıracak bölgelerin sınırlarını belirtilmesi ve gerçek bilgilere ait olan üyelik oranlarının tespit edilmesi için uygun olan üyelik fonksiyonlarının kullanılması gerekir [22].

Sistem parametrelerinin tanımlaması üyelik fonksiyonları ile yapılır ve üyelik fonksiyonlarının kısıtlanmış bir sayısı veya şekli bulunmamaktadır. Üyelik fonksiyonlarının sayısı ve şekli, tamamen sistem tasarımcısının isteğine ve tecrübesine bağlıdır. Yapılan çalışmalarda genel olarak üçgen, yamuk, çan eğrisi şeklinde üyelik fonksiyonları tercih edildiği görülmektedir [23, 22]. Genel olarak tercih edilen ve farklı şekillere sahip olan üyelik fonksiyonlarından bazı örnekler Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Üyelik fonksiyonlarının alabildiği şekillerden örnekler [22].

Sayısal girdi değerlerinin, karşılığı olan bulanık kümeye dönüştürme işlemine bulanıklaştırma denir. Bu sayede girdi değerleri etiketlenerek dilsel nicelik özelliği kazanmaktadır. Bulanık kümeler, sayısal girdi değerlerini tanımlamaktadır. Bulanık

sistemlerin girdi ve çıktıları, uygulamaların birçoğunda gerçek sayılardır. Çıkarsama mekanizmasıysa bulanık değerler ile insanın düşünme şeklini modeller ve çıktısı bulanık değerler olarak verdiği için dolayısı ile sisteme uygulanamaz. Bundan dolayı gerçek sayılar bilgi tabanında tanımlı olan bulanık kümelerden biriyle eşleştirilerek dilsel çıktılarına dönüştürülür. Bulanıklaştırma fonksiyonları sırasıyla; girdi değerlerinin ölçülmesi, girdi değer aralığının ilgili örnek uzayına taşınmış ölçekli şeklinin, haritasının oluşturulması, girdi değerlerini dilsel verilere dönüştüren bulanıklaştırma fonksiyonunun oluşturulması olarak sıralanabilir [22].

Bilgi tabanı; veri tabanı ve kural tabanı olmak üzere iki ana unsurdan oluşmaktadır. Veri tabanı; her bir farklı değişken için bulanık parametrelerin gerekli olan tanımlamalarını, evrensel kümede tanımlı olan üyelik fonksiyonları yardımıyla bulanık kümeler olarak sağlamaya yarar. Kural tabanı ise; kontrol etmeyi sağlamak için oluşturulan bulanık kontrol kurallarını içermektedir. Çıkarsama; karar verme işlemleri sırasında, veri tabanından üyelik fonksiyonlarını ve kural tabanından farklı girdi değerleri için belirlenmiş olan kontrol çıkışları bilgisi alır. Veri tabanı; dilsel kontrol kurallarını ve bulanık mantık kontrolündeki bulanık verilerin kullanılmasını sağlayan gerekli tanımları içermektedir. Kural tabanı, bulanık olan şart cümlelerinin tamamını içermektedir. Denetim ve kontrol amaçlarına uygun olan dilsel denetim kuralları kural tabanında bulunmaktadır ve bu kurallar çıkarsamaya buradan verilmektedir [24,22].

Bulanık mantığın en önemli unsurlarından birisi çıkarsamadır. Çıkarsama işlemi; kontrol algoritmasının çalışmasını ve karar vermenin gerçekleşmesini kapsamaktadır. Bulanıklaştırma arabiriminin çıktıları, çıkarsamanın girdilerini oluşturmaktadır. Bulanıklaştırma sonucu oluşan dilsel çıktılar, çıkarsama işlemi sırasında bilgi tabanı yardımıyla işlenmektedir ve kontrol aksiyonuna karar verilmektedir. Kural tabanında mevcut olan kurallar dilsel değişkenlere uygulanarak durulaştırmaya uygun çıktı elde edilmektedir [22].

Çıkarsama sonucunda elde edilen çıktılar durulaştırma işlemi yapılan girdileri oluşturmaktadır. Yani bulanık mantık sisteminden çıkmadan önce gerçekleşen son işlem durulaştırma işlemidir. İlk olarak, çıkarsamadan elde edilen tüm bulanık çıkış kümeleri, çıkış evrensel kümesinde tespit edilmektedir. Ardından bu kümelerin oluşturduğu mantıksal birleşim kümesi durulaştırma yöntemlerinden birine tabi tutulur ve tek çıktı değeri bulunur. Durulaştırma girdileri ölçeklenerek gerçek

sayılara dönüştürüler ve durulaştırma çıktısı, sistem çıktısı olarak kullanılır. Durulaştırma fonksiyonları; çıktı değerlerinin aralığını uygun olan örnek uzaylarına dönüştüren bir ölçek haritalamasını ve çıkarsama sonucu oluşan bulanık değerlerin netleştirilerek gerçek sayılara dönüşmesini sağlamaktır [25,22].

Gelişen teknoloji ile karşımıza çıkan problemlerin matematiksel modelini oluşturmakta klasik yöntemin yetersiz kaldığı durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu sebepten dolayı bulanık mantık uygulamaları gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır.

3.3 Hipotez

Sürücülerin yüksek hızda taşıt kullanımı sırasında çevresel hadiselere karşı algı yeterliliği azalmaktadır. Sürüş sırasındaki taşıt hızının sürekli bir şekilde karayolları hız limitleri ile karşılaştırılarak ve keskin virajlar öncesi maksimum hız hesaplanarak mobil uygulamalar üzerinden hız uyarıları verilmesi ile sürücülerin kaza olasılıklarına karşı konsantrasyon seviyelerinin yükselmesi sağlanacaktır.

Gelişen teknoloji sayesinde mobil telefonlar aracılığıyla konum koordinat bilgileri, yüksek doğrulukta anlık hız bilgisi ve 3 eksen de ivme bilgileri tespit edilebilmektedir. Bu bilgiler mobil telefonlar içerisinde bulunan gps modülü ve akselerometre sayesinde sağlanmaktadır. Bunun yanısıra son on sene içerisinde hızla gelişen sayısal harita teknolojisi ile bireysel navigasyon kullanım imkanı doğmuştur. Günümüzde başlangıç noktasından varış noktasına ulaşılacak güzergahın koordinatlarının tespiti ve sayısal haritalar üzerinde gösterim imkanı mevcuttur. Tüm bu verilerin mekanik bilim dalının alt bilim dalı olan dinamik bilimi içerisinde değerlendirilmesi, gerekli matematiksel modellerin oluşturulması ve bu verilere uygun algoritma hazırlanması sayesinde maksimum hız tespit edilecektir.

Söz konusu maksimum hız tespiti için iki farklı kontrol noktası bulunacaktır. Bunlardan ilki taşıt hızının, karayolları hız limitleri ile karşılaştırılmasıdır. Diğeri ise taşıt hızının, güzergah üzerindeki viraj koordinatları yardımıyla bulunan viraj açısına göre hesaplanan maksimum hız ile karşılaştırmasıdır. Karşılaştırma sonucunda herhangi bir ihlal söz konusu olması durumunda uygulama üzerinden sürücüye uyarı verilecektir. Bu sayede sürücünün yüksek hızda taşıt kullanımı sırasında çevresel algıdaki zayıflığından oluşabilecek kaza ihtimalleri azalmış olacaktır.

Karayolları hız limitleri ve virajlara girilmesi gereken maksimum hız bilgileri üzerinde hem klasik mantık hem de bulanık mantık uygulaması yapılacaktır. Her iki yöntemde “Güvenli Sürüş”, “Standart Sürüş” ve “Riskli Sürüş” olmak üzere üç farklı opsiyonda ihlal sınırları değiştirilecektir ve sürücü kendi yeteneklerine uygun olarak seçtiği seçenek üzerinden uyarılar alabilecektir. Bu sayede bulanık mantık kullanılarak oluşturulan uyarılar, klasik mantık yaklaşımına göre sürücülerin güvenli sürüş yapabilmesine daha fazla katkıda bulunacaktır.





4. GEOMETRİK VE MEKANİK YAKLAŞIM

Bu bölümde, virajlarda güvenli hız belirlenirken kullanılan hesaplama yöntemi anlatılmıştır. Anlatım; Amaç, Viraj Analizi ve Hız Analizi olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

4.1 Amaç

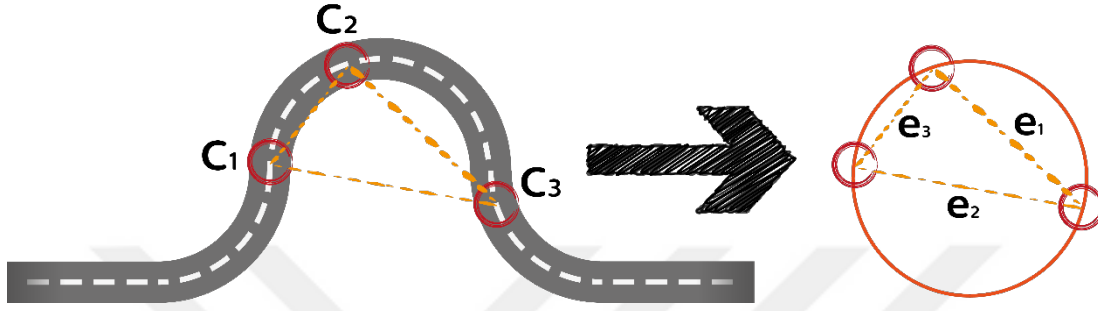
Güvenli sürüş uygulamasının işlevini gerçekleştirebilmesi için iki farklı kontrol gerçekleştirilecektir. Bunlardan birincisi karayolları hız limitleri ile taşıt hızının karşılaştırılmasıdır. Taşıt hızının, karayolları hız limitlerini aşması veya aşma olasılığının bulunması durumunda son kullanıcıya uyarı verilecektir.

Geometrik ve dinamik hesaplamalara ihtiyaç duyulan kontrol noktası ise ikincisidir. Kullanıcının belirlediği başlangıç noktası ile varış noktası arasında bulunan virajlara girilmesi gereken maksimum hız hesaplanırken, hem geometrik analiz hem de dinamik analiz yapılması gerekmektedir. Çünkü seyir halinde olan taşıt viraja girdiğinde süregelen hareketinin devamını sağlamaya çalışan bir ataletle sahip olacaktır. Bu da taşıtın virajı dönerken oluşan yanal ivmeden dolayı savrulmasına sebebiyet verebilmektedir. Taşıtın, virajı güvenli olarak dönebilmesi için gerekli olan eşik hızının hesaplanması sırasında aracın maksimum yanal ivme değerine ve viraj eğrilik yarıçapına ihtiyaç duyulmaktadır. Viraj eğrilik yarıçapı hesabı geometri bilimini ilgilendirirken, maksimum hız hesabı dinamik bilimini ilgilendirmektedir.

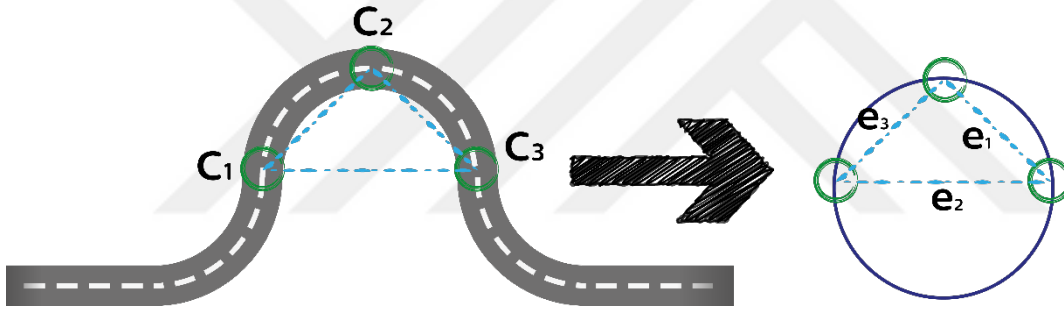
4.2 Viraj Analizi

Taşıtın güzergah üzerindeki virajlara girmesi gereken maksimum hız hesaplanırken ilk adım olarak viraj eğrilik yarıçaplarının belirlenmesi gerekmektedir. Viraj eğrilik yarıçapı hesaplanırken kullanılacak yaklaşımın doğruluğu sistemin yüksek verimde çalışması için en önemli etkidir. Viraj eğrilik yarıçapının hesaplanabilmesi için, güzergah üzerinde tespit edilen virajlara en uygun çemberin uydurulması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında virajın başlangıç noktası, orta noktası ve bitiş

noktası belirlenerek, bu üç noktayı içeren bir üçgen üzerinden virajlara çember uydurulacaktır. Bu yaklaşımın yüksek doğrulukta sonuç vermesi için en önemli kistas; virajların başlangıç, orta ve bitiş noktalarının yazılım içerisinde doğru olarak tespit edilmesi gerekmektedir. Aşağıda bulunan Şekil 4.1 ile Şekil 4.2 incelendiğinde nokta seçimi sonucunda uydurulacak çemberin, yarıçapları arasındaki fark görünmektedir.



Şekil 4.1 : Virajda yanlış nokta seçimi.



Şekil 4.2 : Virajda doğru nokta seçimi.

İlk adım olarak viraj üzerinde tespit edilen üç ayrı noktanın koordinatlarının X eksenini ve Y eksenini üzerinde tanımlamasını yapılması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı; Şekil 4.2 üzerinde görselleştirilen C_1 , C_2 ve C_3 koordinatları; $C_1(X_1, Y_1)$, $C_2(X_2, Y_2)$ ve $C_3(X_3, Y_3)$ olarak tanımlanmaktadır. Şekil 4.2 referansı üzerinde görünen koordinatlar arası uzaklıklar aşağıda hesaplanmaktadır.

$C_2(X_2, Y_2)$ ve $C_3(X_3, Y_3)$ koordinatları arasındaki uzaklık Şekil 4.2'de e_1 kenarı olarak gösterilmiştir. Gösterilen e_1 kenar değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır [26].

$$e_1 = \sqrt{(Y_2 - Y_3)^2 + (X_2 - X_3)^2} \quad (1)$$

$C_1(X_1, Y_1)$ ve $C_3(X_3, Y_3)$ koordinatları arasındaki uzaklık Şekil 4.2'de e_2 kenarı olarak gösterilmiştir. Gösterilen e_2 kenar değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır [26].

$$e_2 = \sqrt{(Y_1 - Y_3)^2 + (X_1 - X_3)^2} \quad (2)$$

$C_1(X_1, Y_1)$ ve $C_2(X_2, Y_2)$ koordinatları arasındaki uzaklık Şekil 4.2'de e_3 kenarı olarak gösterilmiştir. Gösterilen e_3 kenar değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır [26].

$$e_3 = \sqrt{(Y_1 - Y_2)^2 + (X_1 - X_2)^2} \quad (3)$$

Viraj eğrilik yarıçapının hesaplanması için, e_1, e_2 ve e_3 kenarlarının birleşimi sonucu oluşan üçgenin çevre ölçüsünün yarısı olarak tanımlanan c parametresine ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu c parametresi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır [26].

$$c = \frac{e_1 + e_2 + e_3}{2} \quad (4)$$

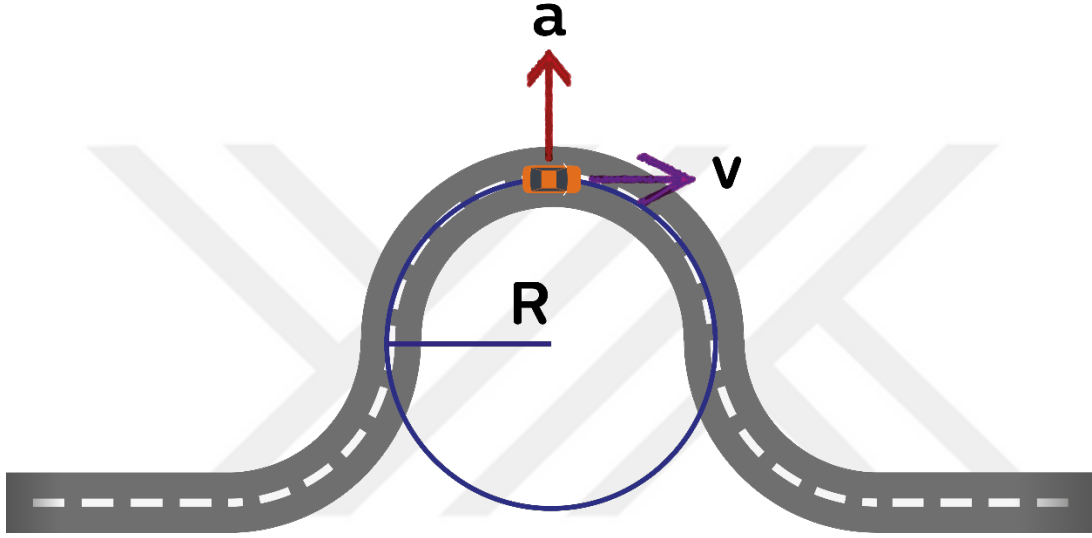
Şekil 4.2'de de görüldüğü üzere e_1, e_2 ve e_3 kenarlarının birleşimi sonucu oluşan üçgenin köşelerini içeren çemberin yarıçapı viraj eğrilik yarıçapı (R) olarak tanımlanmaktadır. Viraj eğrilik yarıçapı; 4 numaralı denklem sonucu elde edilen, üçgen çevre ölçüsünün yarısını ifade eden c parametresine bağlı bir denklemle elde edilmektedir. Viraj eğrilik yarıçapı (R) aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır [26].

$$R = \frac{e_1 e_2 e_3}{4\sqrt{c(c - e_1)(c - e_2)(c - e_3)}} \quad (5)$$

5 numaralı denklemde 1, 2, 3 ve 4 numaralı denklemler sonucu elde edilmiş parametrelerin sonucu elde edilen viraj eğrilik yarıçapı (R) bir sonraki bölümde maksimum hız hesaplamaları için kullanılacaktır.

4.3 Hız Analizi

Bu bölümde anlık hız ile karşılaştırması yapılacak olan, viraja girilmesi gereken maksimum hızla ilgili hesaplamalar anlatılacaktır. Kullanıcıya verilecek hız uyarısı için aşağıda hesaplanan maksimum hızın doğruluğu, sistem verimliliği için en önemli kıstasdır. Maksimum hız hesaplaması yapılırken 5 numaralı denklem sonucu elde edilen viraj eğrilik yarıçapı kullanılacaktır. Hız analizinde kullanılacak parametreler Şekil 4.3 üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 4.3 : Virajdaki maksimum hız analizi.

Newton'un ikinci hareket kanuna göre, Şekil 4.3 üzerinde bulunan ivme (a), hız (v) ve yarıçap (R) arasındaki ilişki aşağıdaki denklemle açıklanmaktadır [27].

$$a = \frac{v^2}{R} \quad (6)$$

Aracın virajı güvenli bir şekilde dönebilmesi için gerekli olan eşik ivme değerinin a_{max} olarak tanımlanması durumunda, virajın güvenli bir şekilde dönülmesi için gerekli maksimum hız (v_{max}); 6 numaralı denklemden faydalanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir [27].

$$v_{max} = \sqrt{a_{max}R} \quad (7)$$

Maksimum ivme değeri araç tipine, modeline, yol parametlerine ve meteorolojik durumlara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu sebepten dolayı 7 numaralı denklemin; maksimum ivme değerine etkisi olan parametreler göz önünde bulundurularak detaylandırılması gerekmektedir. 7 numaralı denklem motorlu taşıtlar mekaniği dalı içerisinde daha detaylı bir şekilde ele alındığında virajda dışa kaymamak için maksimum hız (v_{max}); aşağıdaki şekilde hesaplanabilir [28].

$$v_{max} = \sqrt{R * g * \left(\frac{\tan \beta + \mu}{1 - \mu * \tan \beta} \right)} \quad (8)$$

Yukarıda bulunan 8 numaralı denklemde; 7 numaralı denklemdeki maksimum ivme (a_{max}) değeri detaylandırılmıştır. 9 numaralı denklemde; g (yer çekimi ivmesi), μ (sürtünme katsayısı) ve β (yolun yanal eğimi) parametrelerinin çalışmada kabul edilen değerleri yardımıyla dışa kaymanın olmaması için gerekli olan maksimum ivme değeri bulunmaktadır. Çizelge 4.1'de μ 'nün (sürtünme katsayısının) parametrelere bağlı olarak değişimi verilmiştir.

$$a_{max} = g * \left(\frac{\tan \beta + \mu}{1 - \mu * \tan \beta} \right) \quad (9)$$

Çizelge 4.1 : Parametrelere bağlı olarak μ 'nün değişimi [28].

Taşıt Hızı (km/s)	Lastiğin Durumu	Yol Durumu				
		Kuru	Islak Su Derinliği (0,1 mm)	Aşırı Yağmur Su Derinliği (1 mm)	Su Derinliği (2 mm)	Buzlu
50	Yeni	0,85	0,65	0,55	0,5	<= 0,1
	Aşınmış	1	0,5	0,4	0,25	-
90	Yeni	0,8	0,6	0,3	0,05	-
	Aşınmış	0,95	0,2	0,1	0,05	-
130	Yeni	0,75	0,55	0,2	-	-
	Aşınmış	0,90	0,2	0,1	-	-

Örnek olarak lastik durumu yeni olan ve 90 km/s hızla giden bir araç için yolun kuru olması ve yolun yanal eğiminin 0 kabul edilmesi durumunda maksimum ivme (a_{max}) değeri 0,8g olarak belirlenecektir. Bu durumda eşik ivme değeri 7,85 m/s² olacaktır. Araçların yanal ivme değeri viraja giriş açısı, manevra şekliyle de ilişkilidir [29]. Eşik ivme hesaplanırken hava durumu, lastiğin durumu ve taşıt hızı

parametreleri değerlendirilerek sürtünme katsayısı hesaplanmaktadır. Sürtünme katsayısı hesaplanırken yolun yanal eğimi 0 olarak kabul edilmektedir.



5. ANDROID PROGRAMLAMA

Bu bölümde android uygulama ve arayüzü ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

5.1 Amaç

Bu bölümdeki Geometrik ve Mekanik Yaklaşım bölümünde ortaya konan hesaplamaların android platformunda uygulanması ve kullanıcı dostu bir tasarım oluşturulması hedeflenmektedir [30]. Kullanıcı arayüzünün kullanıcı dostu bir tasarıma sahip olmasıyla, güvenli sürüş uygulaması sürücülerin doğru bir şekilde verileri görmesini ve güvenli sürüş gerçekleştirmesini sağlayacaktır. Ayrıca güvenli sürüş için ortaya konan hesaplamaların mobil telefon üzerinde doğru çalışacak şekilde gerçekleştirimiyle, yanlış ve/veya eksik maksimum hız uyarılarından kaçınılacaktır. Haritalar için google api tercih edilmiştir [31].

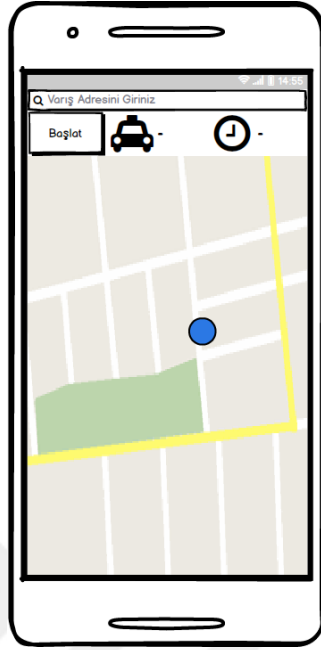
5.2 Kullanıcı Arayüzünün Oluşturulması

Kullanıcı arayüzü oluşturulurken uygulamanın sürücüyü olan iletişiminin ve etkileşiminin en doğru ve en verimli şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir. Çünkü sürücü; uygulama üzerinde oluşan ihlalleri takip ederken, araç hakimiyetini kaybetmemelidir. Aksi durumda güvenli sürüş sağlanması için sunulan uygulama ne yazık ki sürüşü daha güvensiz hale getirecektir. Uygulamanın güvenli sürüşe katkı sağlaması için kullanıcı arayüzünün doğru şekilde tasarlanması en önemli parametrelerden bir tanesidir.

5.2.1 Kullanıcı arayüzünün tasarlanması

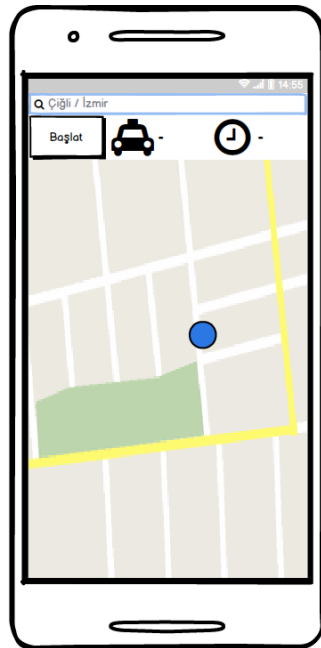
Kullanıcı arayüzü tasarlanırken temelde minimalist ve sade tasarım anlayışı sergilenmelidir. Ayrıca arayüz; kullanım kolaylığı sağlamalı ve sürücünün dikkatinin gereksiz bir şekilde dağılmasına sebep olacak etmenler içermemelidir. Tüm bu gerekliliklerin yerine getirilmesi için ilk adım olarak uygulamanın örnek modeli oluşturulmaktadır. Örnek model oluşturulurken tüm farklı senaryolar göz önünde bulundurularak ilerleme kaydedilmesi oldukça önemlidir.

Kullanıcı arayüzünün ilk adımı Şekil 5.1’de örnek modeli oluşturulmuş giriş ekranıdır. Giriş ekranı sürücünün uygulamayı ilk açtığı anda karşılaşacağı görünümü temsil etmektedir.



Şekil 5.1 : Giriş ekranı.

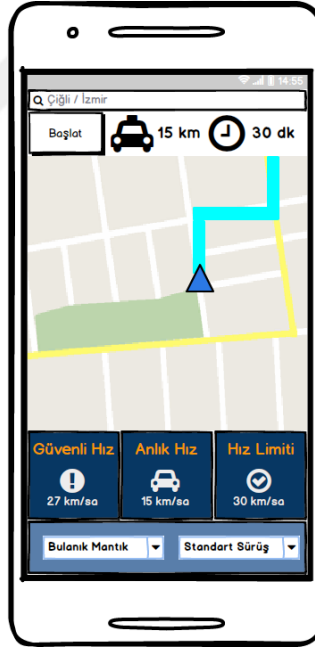
Bu ekranın tasarımı, sürücünün hızlı bir şekilde varış noktasını belirlemesine imkan sağlamaktadır. “Varış Adresini Giriniz” bölümüne kullanıcının dokunmasıyla birlikte mobil telefonun klavyesi açılmaktadır.



Şekil 5.2 : Varış adresi sorgulama ekranı.

Açılan klavye aracılığıyla, kullanıcı ulaşmak istediği varış noktasının adresini girdikten sonra Şekil 5.2’de görünen varış adresi sorgulama ekranı karşısına çıkmaktadır. Bu ekranda kullanıcı, başlat tuşuna dokunarak varış noktasını belirlemektedir.

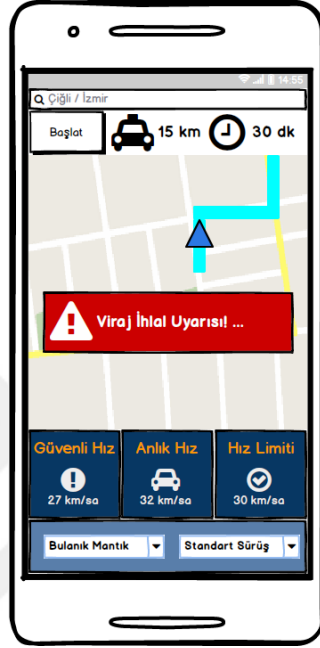
Kullanıcının başlat tuşuna dokunmasıyla birlikte navigasyon başlamaktadır. Navigasyon sırasında kullanıcıya toplam mesafe, toplam süre, bulunduğu konum, güvenli hız, anlık hız ve hız limiti bilgileri sürekli bir şekilde gösterilmektedir. Şekil 5.3’de görüldüğü üzere güvenli sürüş navigasyon ekranı 4 ana bölümden meydana gelmektedir. Ekranın en üstünde bulunan adres sorgulama alanı kapsayan bölüm, onun altına yerleştirilmiş haritayı gösteren ve navigasyonu sağlayan bölüm, bu bölümün altında bulunan güvenli hız, anlık hız ve hız limiti bilgilerinin bulunduğu bölüm ve ekranın en altında bulunan kullanıcının belirlediği güvenli sürüş opsiyonlarını (“Güvenli Sürüş”, “Standart Sürüş” ve “Riskli Sürüş”) ve yöntem opsiyonlarını (“Klasik Yöntem” ve “Bulanık Mantık”) içeren bölüm; güvenli sürüş navigasyon ekranının 4 ana bölümüdür.



Şekil 5.3 : Güvenli sürüş navigasyon ekranı.

Sürüş gerçekleşirken yaklaşılan virajlara girilmesi gereken hızın aşılması durumunda “Güvenli Sürüş Navigasyon İhlal Ekranı” kullanıcıya gösterilmektedir. Bu ekranda kullanıcıya güvenli sürüşün sağlanabilmesi için ihlal bilgisi verilmektedir. İhlal bilgisi içeriğinde düşülmesi gereken hız bilgisi ve uyarı bilgisi bulunmaktadır. Bu ihlal bilgisi içeriği “Klasik Yöntem” ve “Bulanık Mantık” seçeneklerinde

farklılaşmaktadır. “Klasik Yöntem” seçili durumdayken sadece ihlal olup olmadığı bilgisi kullanıcıya gösterilmektedir ve sesli uyarı verilmektedir. “Bulanık Mantık” seçili durumdayken ise potansiyel ihlal ihtimalleri de değerlendirmeye alınarak kullanıcıya farklı bilgiler sunulmaktadır. Uygulama “Bulanık Mantık” ile çalışırken sesli uyarı; kesin ihlal durumunun tespit edilmesi durumunda verilmektedir. Kullanıcıya görsel olarak verilen uyarı Şekil 5.4’te görülmektedir.



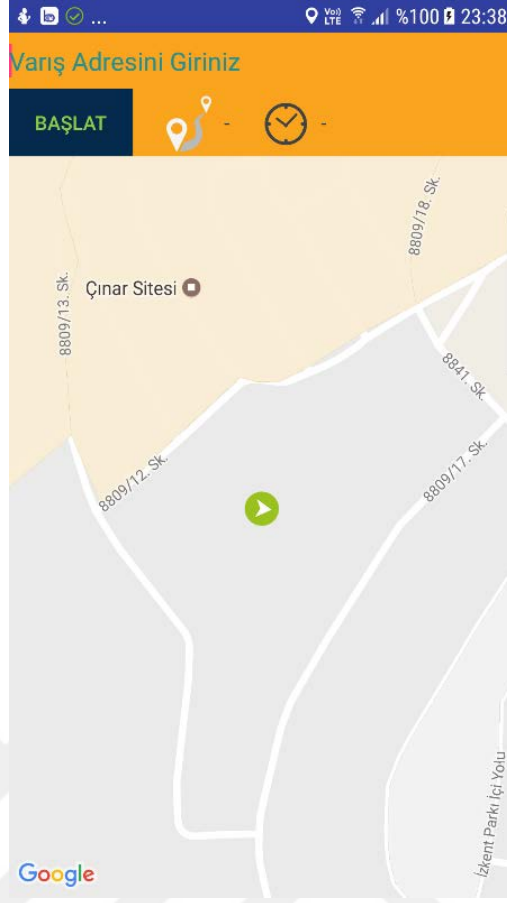
Şekil 5.4 : Güvenli sürüş navigasyon ihlal ekranı.

5.2.2 Kullanıcı arayüzünün gerçekleştirimi

Bu çalışmada tasarlanan arayüzünün android platformunda gerçekleştirimi ile ilgili ekran görüntüleri bu bölümde verilmiştir.

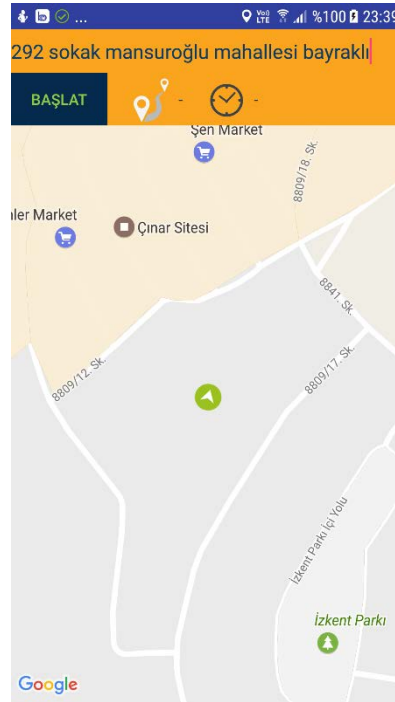
Kullanıcı arayüzünün tasarlanması bölümünde oluşturduğumuz tasarımda bulunan; adres sorgulama alanını kapsayan, haritayı gösteren ve navigasyonu sağlayan, güvenli hız, anlık hız ve hız limiti bilgilerinin bulunduğu ve güvenli sürüş opsiyonlarını, yöntem opsiyonlarını içeren bölümlerin uygulama içerisindeki ekran düzeni Şekil 5.5’te görülmektedir.

Menüler bölümü; kullanıcının uygulama üzerinde güvenli sürüş opsiyonlarını (“Güvenli Sürüş”, “Standart Sürüş” ve “Riskli Sürüş”) ve yöntem opsiyonlarını (“Klasik Yöntem” ve “Bulanık Mantık”) seçmesini sağlayan menüleri içermektedir.

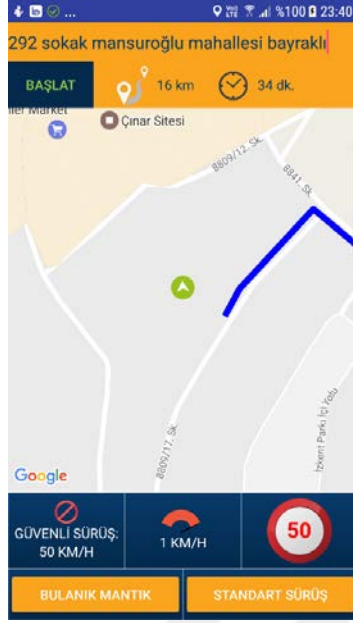


Şekil 5.5 : Giriş ekranı (uygulama içi görüntü).

Giriş ekranının ardından güzergah oluşturmak için kullanılan varış adresi sorgulama ekranı Şekil 5.6'da verilmiştir.

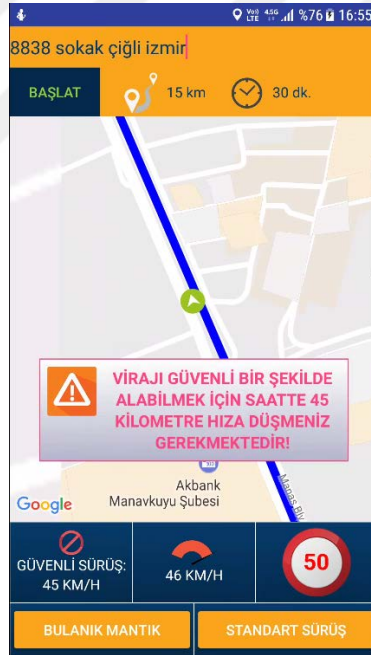


Şekil 5.6 : Varış adresi sorgulama ekranı (uygulama içi görüntü).



Şekil 5.7 : Güvenli sürüş navigasyon ekranı (uygulama içi görüntü).

Adres sorgulamasının ardından sürüş için navigasyon hazır duruma gelmektedir ve Şekil 5.7’de verilen güvenli sürüş navigasyon ekranı kullanıcıya gösterilmektedir.



Şekil 5.8 : Güvenli sürüş navigasyon ihlal ekranı (uygulama içi görüntü).

Viraja yaklaşıldığında hız ihlali olması durumunda kullanıcıya verilen uyarı Şekil 5.8’de verilmiştir.

Değerler bölümü; kullanıcı arayüzünün implementasyonu gerçekleştirilirken kullanılan değişkenleri içermektedir. Değerler kendi içerisinde renkler, boyutlar, harf dizinleri ve stiller olmak üzere 4 gruba ayrılmaktadır.

6. ALGORİTMALAR

Bu bölümde viraj çözümlenmesi, maksimum hız çözümlenmesi ve hız uyarı sistemi çözümlenmesi ile ilgili algoritmalar ve bilgilerden bahsedilmektedir.

6.1 Viraj Çözümlenmesi

Viraj Analizi ve Hız Analizi bölümünde ortaya konan matematiksel modelde kullanılan değişkenlerin elde edilmesi için gerekli olan parametreler bu bölümde elde edilmektedir. Rota oluşturulması için sorgu sonucu elde edilen koordinatlar üzerinden, herhangi bir viraja ait olan koordinatlar, oluşturulan algoritma sayesinde tespit edilmektedir. Rota üzerindeki söz konusu virajlar, bu çalışmada kabul edilen yaklaşım dahilinde belirlenmektedir. Yaklaşım farklılıklarıyla rota üzerinde belirlenen viraj tipleri ve sayıları değişmektedir.

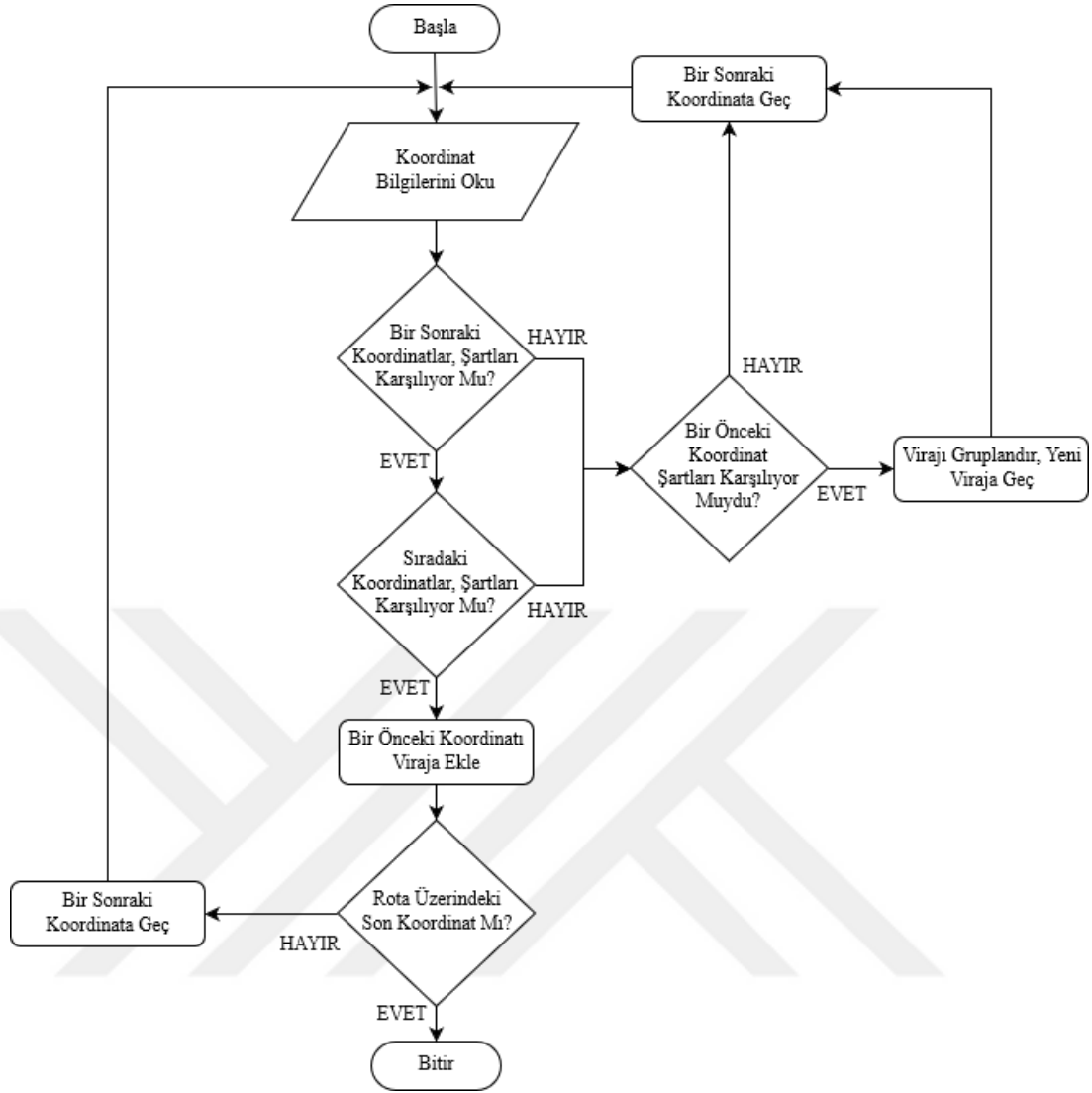
6.1.1 Viraj tespit algoritması

Servis üzerinden rota sorgulaması yapılmasıyla birlikte, başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar olan yolun koordinatları belirli uzaklıklarla elde edilmektedir. Koordinatlar arasındaki uzaklıklar yolun kavisli olması durumunda veya virajın bulunduğu noktalarda azalmaktadır. Koordinatlar arasındaki açısal değişimin yanı sıra bu uzaklık da viraj tespiti için yeterli verinin elde edilmesini sağlamaktadır. Servis tarafından sağlanan koordinatların sıklığının yüksek olması durumunda, viraj tespiti için yapılan yaklaşım geliştirilerek virajların daha yüksek doğrulukta tespiti sağlanabilecektir.

Algoritmanın genel yaklaşımını gösteren akış diyagramı Şekil 6.1’te gösterilmektedir. Akış diyagramının sözde kodu aşağıda verilmiştir:

1. Başla
2. Koordinat bilgilerini oku
3. Eğer (bir sonraki koordinat şartları karşılıyor) ise
 - 3.1. Eğer (sıradaki koordinat şartları karşılıyor) ise
 - 3.1.1. Bir önceki koordinatı viraja ekle;
 - 3.1.2. Eğer (rota üzerindeki son koordinat) ise
 - 3.1.2.1. 5. Adıma git
 - 3.1.3. Değilse
 - 3.1.3.1. Bir sonraki koordinata geç
 - 3.1.3.2. 2. Adıma git
 - 3.2. Değilse (yani, sıradaki koordinat şartları karşılamıyor) ise
 - 3.2.1. Eğer (bir önceki koordinat şartları karşılıyor) ise
 - 3.2.1.1. Virajı gruplandır, yeni viraja geç
 - 3.2.1.2. Bir sonraki koordinata geç
 - 3.2.1.3. 2. Adıma git
 - 3.2.2. Değilse (yani, bir önceki koordinat şartları karşılamıyor) ise
 - 3.2.2.1. Bir sonraki koordinata geç
 - 3.2.2.2. 2. Adıma git
4. Değilse (yani, bir sonraki koordinat şartları karşılamıyor) ise
 - 4.1. 3.2.1. Adıma git
5. Bitir

Bu çalışmada servis tarafından sağlanan veriler göz önünde bulundurularak algoritma geliştirilmiştir. Söz konusu algoritma, rotanın içerisindeki koordinatlar döngü içerisinde işlem görürken sonraki koordinatların viraj aidiyet şartlarını ve sıradaki koordinatların viraj aidiyet şartlarını yerine getirmesi üstüne kurgulanmıştır. Bu sayede viraja ait olmayan koordinatların elenmesi sağlanmaktadır.



Şekil 6.1 : Viraj tespit algoritması akış diyagramı.

6.1.2 Viraj bilgilerinin belirlenmesi

Bu bölümde, servise sorgu yapılarak elde edilen rota koordinat bilgileri ile belirlenen rota üzerindeki viraj bilgileri belirlenmektedir. Viraj bilgilerinin belirlenmesi için üç ana model geliştirilmiştir. İlk modeldeki yaklaşım; kavşakları ve kısa virajları kapsamaktadır. Bu modelde koordinatlar for döngüsü içerisinde sırasına göre işlem görürken; bir önceki tespit edilen koordinat ile sırası gelmiş olan koordinat yardımıyla bulunan yönün 5° 'den büyük olması ve koordinatlar arasındaki uzaklığın on metreden küçük olması şartları sağlanırsa, bir önceki koordinat viraj koordinatı olarak kabul edilmektedir. Yön hesaplamaları iki koordinat arasındaki açısal değişimi ifade etmektedir. İkinci modelde ise; bir önceki tespit edilen yön ile güncel koordinat vasıtasıyla tespit edilen yön arasındaki açısal farkın 45° 'den büyük olması, bir önceki tespit edilen koordinat ile güncel koordinat arasındaki açısal değişimin

5°'den büyük olması ve koordinatlar arası uzaklığın on metreden büyük veya eşit ve on beş metreden küçük olması şartları sağlanırsa, yine bir önceki koordinat viraj koordinatı olarak kabul edilmektedir. Son modelde oluşturulan yaklaşımda ise ilk kıstas virajın uzun bir viraj olması durumunun sağlanmasıdır. Ayrıca bu yaklaşımda, durumda karşılaştırılan bir önceki yönler arasındaki farkın 0° olmaması, güncel yönler arasındaki farkında 20°'den küçük veya eşit olması ve güncel yön açısının 13°'den büyük veya eşit olması şartlarının sağlanması durumunda bir önceki koordinat viraj koordinatı olarak diziye eklenmektedir.

Virajın başlangıcından itibaren koordinatlar tespit edilerek diziye eklenmektedir. Virajın son koordinatının diziye eklenmesinin ardından viraj koordinatları sırasına göre numaralandırılarak dizi içerisinde gruplandırılmış olmaktadır. Çünkü virajın bitimiyle birlikte sıra numarası döngü içerisinde arttırılmaktadır. Bu işlemin ardından bir sonraki sıradaki virajın koordinatlarının dizi içerisindeki gruplandırılması yapılmaktadır. Rota üzerindeki yaklaşım dahilindeki tüm virajlar bitene kadar bu işlem devam etmektedir.

Viraj koordinatlarının gruplandırılarak dizi içerisinde toplanması sayesinde viraj verilerinin oluşturulması kolaylaşmaktadır.

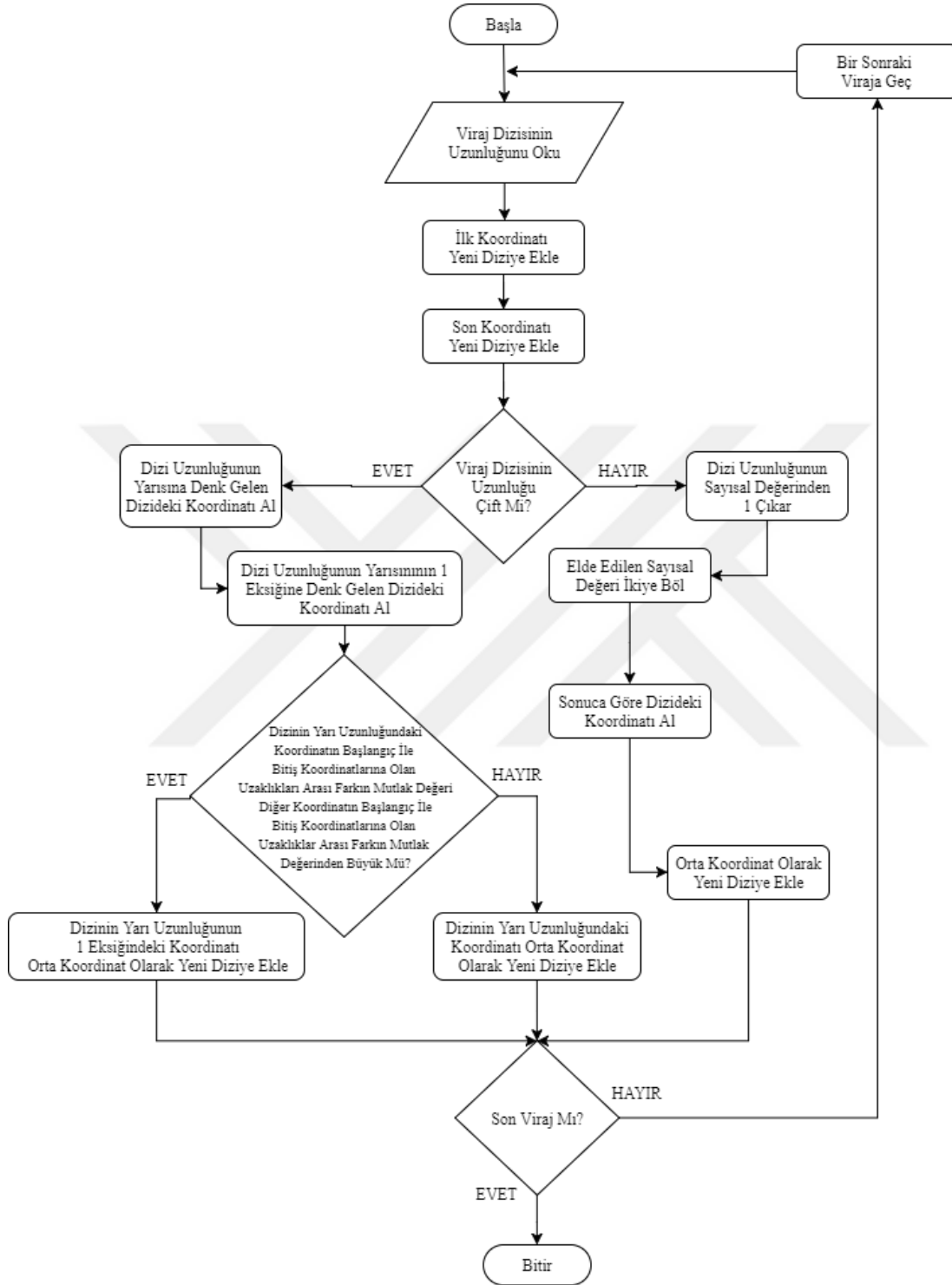
6.1.3 Viraj verilerinin oluşturulması

Dizi içerisinde gruplandırılmış viraj koordinatları bu bölümde hız analizine uygun formata getirilerek kullanılmaktadır. Bu işlem sırasında dizi for döngüsü içerisinde dönmektedir ve viraj grupları içerisindeki koordinatlar işlem görmektedir. Bu işlemde, viraj koordinatlarının başlangıç koordinatı, orta nokta koordinatı ve bitiş koordinatı tespit edilmektedir. Orta nokta koordinatının tespiti sırasında virajın koordinatlarını oluşturan dizi uzunluğunun tek olması durumunda; dizi uzunluğunun yarısının alta yuvarlanmış olan tam sayı sırasındaki koordinat seçilmektedir. Dizi uzunluğunun çift olması durumunda ise; dizi uzunluğunun yarısı ve yarısının bir eksiği olan tam sayılara denk gelen sıralardaki koordinatlar arasında, başlangıç ve bitiş koordinatları ile kıyaslama yoluyla seçim yapılmaktadır. Şekil 6.2'de verilen akış diyagramının sözde kodu aşağıda bulunmaktadır.

1. Başla
2. Viraj dizisinin uzunluğunu oku
3. İlk koordinatı yeni diziye ekle
4. Son koordinatı yeni diziye ekle
5. Eğer (viraj dizisinin uzunluğu çift) ise
 - 5.1. Dizi uzunluğunun yarısına denk gelen dizideki koordinatı al
 - 5.2. Dizi uzunluğunun yarısının 1 eksiğine denk gelen dizideki koordinatı al
 - 5.3. Eğer (dizinin yarı uzunluğundaki koordinatın başlangıç ile bitiş koordinatlarına olan uzaklıkları arası farkın mutlak değeri diğer koordinatın başlangıç ile bitiş koordinatlarına olan uzaklıklar arası farkın mutlak değerinden büyük) ise
 - 5.3.1. Dizinin yarı uzunluğunun 1 eksiğindeki koordinatı orta koordinat olarak yeni diziye ekle
 - 5.3.2. 7. Adıma git
 - 5.4. Değilse (dizinin yarı uzunluğundaki koordinatın başlangıç ile bitiş koordinatlarına olan uzaklıkları arası farkın mutlak değeri diğer koordinatın başlangıç ile bitiş koordinatlarına olan uzaklıklar arası farkın mutlak değerinden küçükse)
 - 5.4.1. Dizinin yarı uzunluğunda bulunan koordinatı orta koordinat olarak yeni diziye ekle
 - 5.4.2. 7. Adıma git
6. Değilse (viraj dizisinin uzunluğu tekse)
 - 6.1. Dizi uzunluğunun sayısal değerinden 1 çıkar
 - 6.2. Elde edilen sayısal değeri ikiye böl
 - 6.3. Sonuca göre dizideki koordinatı al
 - 6.4. Orta koordinat olarak yeni diziye ekle
 - 6.5. 7. Adıma git
7. Eğer (son viraj) ise
 - 7.1. 9. Adıma git
8. Değilse (yani, dizide başka virajlar bulunuyorsa)
 - 8.1. Bir sonraki viraja geç
 - 8.2. 2. Adıma git
9. Bitir

Bu sayede maksimum hız analizinin daha doğru bir şekilde hesaplanması sağlanmaktadır. Bunun yanısıra, bu işlemler yapılırken; hız uyarı sisteminin sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için virajlar dizi içerisinde viraj başlangıç koordinatını, viraj

bitiş koordinatını ve viraja girilmesi gereken maksimum hız bilgilerini içerecek şekilde gruplandırılmaktadır.



Şekil 6.2 : Viraj başlangıç, bitiş, orta nokta bulma algoritması akış diyagramı.

6.2 Maksimum Hız Çözümlemesi

Virajın tespit edilen başlangıç noktası koordinatı, orta noktası koordinatı ve bitiş noktası koordinatı; Viraj Analizi bölümünde açıklanan 1, 2 ve 3 numaralı denklemlerin android platformu üzerinde kodlanmış fonksiyonları içerisinde kullanılarak, oluşturulan üçgenin (Şekil 4.2) e_1 , e_2 ve e_3 kenar uzunlukları hesaplanmaktadır. Üçgenin çevre ölçüsünün yarısı olan c parametresi; 4 numaralı denklemden yola çıkılarak, kenar uzunluklarının gerekli yerlere yerleştirilmesiyle hesaplanmaktadır. Ardından üçgenin kenarları olan e_1 , e_2 , e_3 ve üçgenin çevre ölçüsünün yarısı c parametreleri 5 numaralı denklemin fonksiyonunda kullanılarak viraj eğrilik yarıçapını bize vermektedir.

Virajlara girilecek maksimum hız bilgisi 9 numaralı denklem yardımıyla elde edilmektedir. 9 numaralı denklemden yolun yanal eğimi 0 kabul edilmektedir. Yolun durumu ise hava durumuna bağlı olarak belirlenmektedir. Hava durumunun açık, yağmur, sağnak yağış, fırtına veya kar yağışı olmasına uygun olarak yolun durumu hakkında tahminde bulunmaktadır. Tekerleğin durumu ile ilgili olarak ise kullanıcıdan uygulama içerisinde bilgi alınmaktadır. Bu sayede Hız Analizi bölümünde açıklanan 8 numaralı denklemden kullanılacak tüm parametreler hazır duruma gelmektedir.

Tüm viraj grubu bilgilerinin kullanılmasının ardından, artık sürüş sırasında karşılaştırması ve analizi yapılacak tüm veriler elimizde hazır durumda bulunmaktadır.

6.3 Hız Uyarı Sistemi Çözümlemesi

Önceki bölümlerde elde edilen değerlerin, sürüş sırasında fonksiyon içerisinde kullanılmasıyla hız uyarı sistemi çalışmaktadır. Bu bölümde kullanıcıya, virajlara girmeden önce gerekli uyarılar verilmektedir. Sürüş sırasında koordinat değişikliklerinde gerekli işlemlerin yapılabilmesi için mobil telefonun koordinat değişimleri kullanılmaktadır. Bu koordinat değişimleri akıllı telefonun gns özelliği yardımıyla işlenebilmektedir.

Uygulamada kullanılan haritanın yüklemesinin hazır olması durumunda her bir koordinat değişimi için; hız bilgisinin olup olmadığı, rotada viraj bulunup bulunmadığı ve tüm virajların geçilip geçilmediği kontrol edilmektedir. Eğer akıllı

telefon tarafından yeni bir hız bilgisi alınamıyorsa, yapılan tek işlem farklılığı bir önceki hızın kabul edilmesidir. Eğer bu şartların hiç biri sağlanamıyorsa yalnızca ekran üzerinde yol hız limitlerine göre sol alt bölümdeki görsel değişmektedir.

Virajların gruplandırılmış dizi şeklinde elimizde bulunmasının kolaylığı bu bölümde ortaya çıkmaktadır. Sürüşün başladığı andan itibaren her bir viraj sırasıyla kontrol edilmektedir. Sürüş esnasında geçilen virajlar bir daha değerlendirmeye katılmamaktadır.

Sürüş sırasında viraja 400 metreden daha az bir mesafe kalmasıyla birlikte hız uyarı sistemi verileri karşılaştırmaya başlamaktadır. İlk olarak yolda belirlenen hız limiti ile viraja girilmesi gereken eşik hız bilgileri karşılaştırılmaktadır ve küçük olan güvenli hız olarak seçilmektedir. Bunun ana sebebi; herhangi bir şekilde viraja girilmesi gereken maksimum hızın, yol hız limitinden büyük olması durumunda, kullanıcının trafik kurallarını ihlal etmesine sebebiyet verecek uyarılardan kaçınmaktır.

Seçilen güvenli hız ile anlık hız bilgisi her bir koordinat değişiminde karşılaştırılmaktadır. Anlık hızın seçilen güvenli hızdan büyük olması durumunda; kullanıcıya hızını düşürmesi ile ilgili yazılı ve sesli uyarı klasik yöntemde tek sefer olacak şekilde verilmektedir. Bulanık mantıkta ise ihlal üyelik derecesine bağlı olarak yazılı veya hem yazılı hem sesli uyarı verilmektedir. Bu uyarılar da viraja yaklaştıkça ihlalin devam etmesi durumunda verilmeye devam etmektedir. Virajın güvenli bir şekilde geçilmesinin ardından yeni viraj için tüm bu işlemler tekrarlanmaktadır.

7. BULANIK MANTIK UYGULAMASI

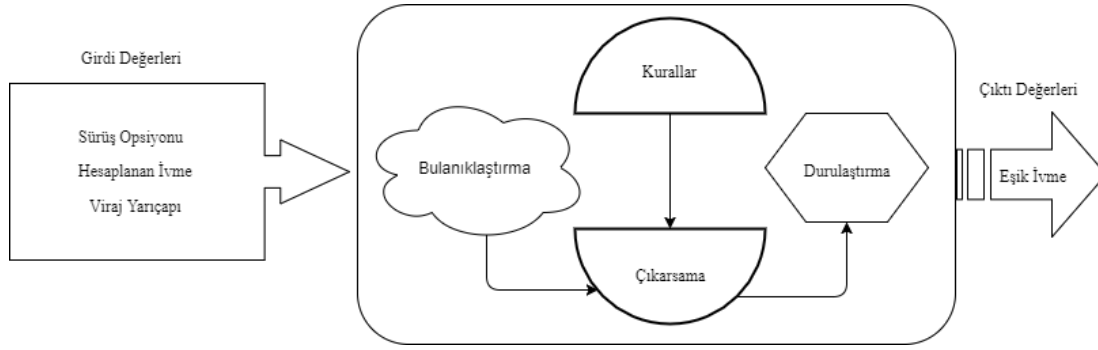
Bu bölümde, Sistemin Altyapısını Oluşturan Konular bölümünde değinilen Bulanık Mantık başlığı altında anlatılan yöntem dahilinde; android uygulamasının bulanık mantık ile çalıştırılmasının amacı, bulanık mantık ile yaklaşım, klasik yöntem verileri ile karşılaştırma, güvenli hız belirlemede verimlilik artışı konularına yer verilmiştir.

7.1 Amaç

Yukarıda detaylı bir şekilde anlatımı gerçekleştirilmiş olan, klasik yöntem yaklaşımıyla çalışan sistem, yalnızca ihlal olması veya olmaması durumlarına odaklı çalışmaktadır. Mobil telefonların sonuçları etkileyebilecek bir sürü parametreye sahip olmasına rağmen, söz konusu parametreler ihlal olması veya olmaması durumlarını bu yaklaşımda etkileyememektedir. Bu da yapılan yanlış ihlal uyarılarına veya yapılması gereken ihlal uyarılarının yapılmamasına sebebiyet verebilmektedir. Bulanık mantık yaklaşımı ile bu parametrelerin de dahil olduğu bir uygulama oluşturularak, ihlal uyarılarının üyelik dereceleri yardımıyla verimliliğin artırılması amaçlanmaktadır. Çalışmalarda “FuzzyLite” kütüphanesi kullanılmıştır [32].

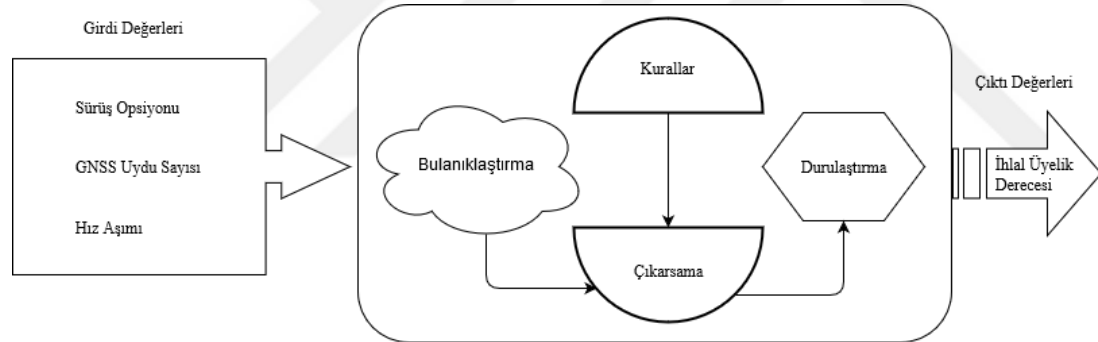
7.2 Bulanık Mantık İle Yaklaşım

Uygulama içerisinde bulanık mantık yaklaşımı, çıktı olarak iki farklı parametre elde etmek için kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi viraja girilmesi gereken maksimum hızın bulunması için kullanılan eşik ivme parametresidir. Bulanık mantığın uygulanması sonucu elde edilen çıktı olan eşik ivme parametresi, hesaplanan ivme, sürüş opsiyonu ve viraj yarıçapı girdilerine göre değer almaktadır. Çıktı değeri olan eşik ivme parametresinin elde edildiği bulanık mantık sistemi Şekil 7.1’de görülmektedir.



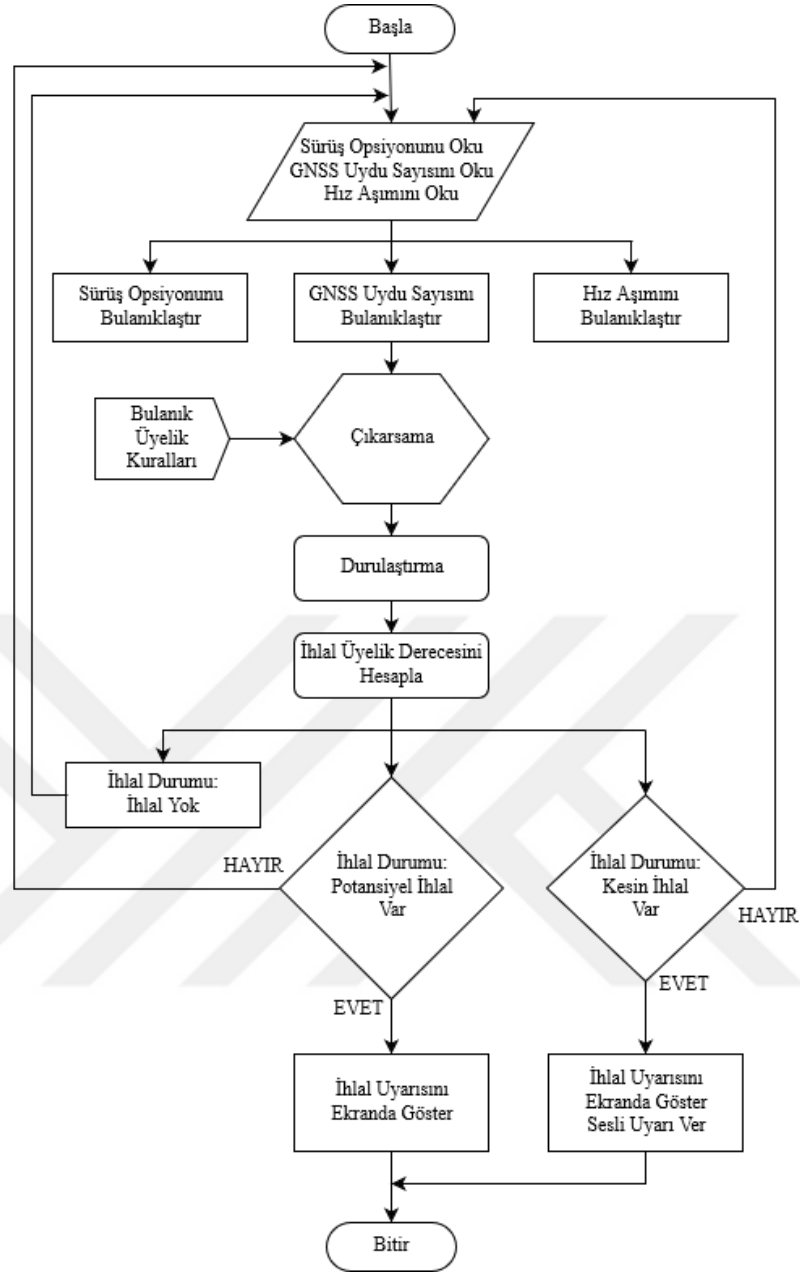
Şekil 7.1 : Eşik ivme bulanık mantık sistemi.

Bunlardan ikincisi ise ihlal üyelik derecesi parametresidir. Bulanık mantık yardımıyla bulunan eşik ivme parametresi; ihlal üyelik derecesinin belirlenmesinde rol oynayan hız aşımı girdisinin değeriyle birebir ilişkilidir. İhlal üyelik derecesi çıktısını belirleyen bulanık mantık sistemi Şekil 7.2’de görünmektedir. Şematik incelendiğinde bulanık mantık yöntemiyle bulunan ihlal üyelik derecesi çıktısının “Sürüş Opsiyonu”, “GNSS Uydu Sayısı” ve “Hız Aşımı” girdilerine bağlı şekillendiği açıkça görünmektedir.



Şekil 7.2 : İhlal üyelik derecesi bulanık mantık sistemi.

Bulunan ihlal üyelik derecesine bağlı olarak çalışan bulanık mantık uygulamasının akış diyagramı Şekil 7.3’de görülmektedir. Sürüş güvenliğinin sağlanması için klasik yöntemden farklı olarak üç farklı ihlal durumu ortaya çıkmaktadır. Klasik yöntemde ihlal durumunu var veya yok olarak değerlendirmek zorunda kalırken, bulanık mantık ile ihlal durumu yok, olma ihtimali var ve var olarak değerlendirilebilmektedir. Bu sayede kullanıcının dikkatinin dağılması veya yanlış karar vermesi; daha geniş kapsamlı ihlal bildirimleri ile engellenmektedir.



Şekil 7.3 : İhlal uyarısı bulanık mantık akış diyagramı.

Mobil uygulama aracılığıyla sürüş güvenliğinin sağlanabilmesi; sürücüyü eşik hız uyarılarının verilmesinin yanısıra, sürücünün dikkatinin dağılmasına veya yanlış yönleneceğine sebep olacak uyarıların azlığı ile de doğru orantılıdır. Uygulamanın bulanık mantık ile çalışmasının sürüş güvenliğine olan katkılarından bir tanesi de söz konusu uyarıların azalmasıdır.

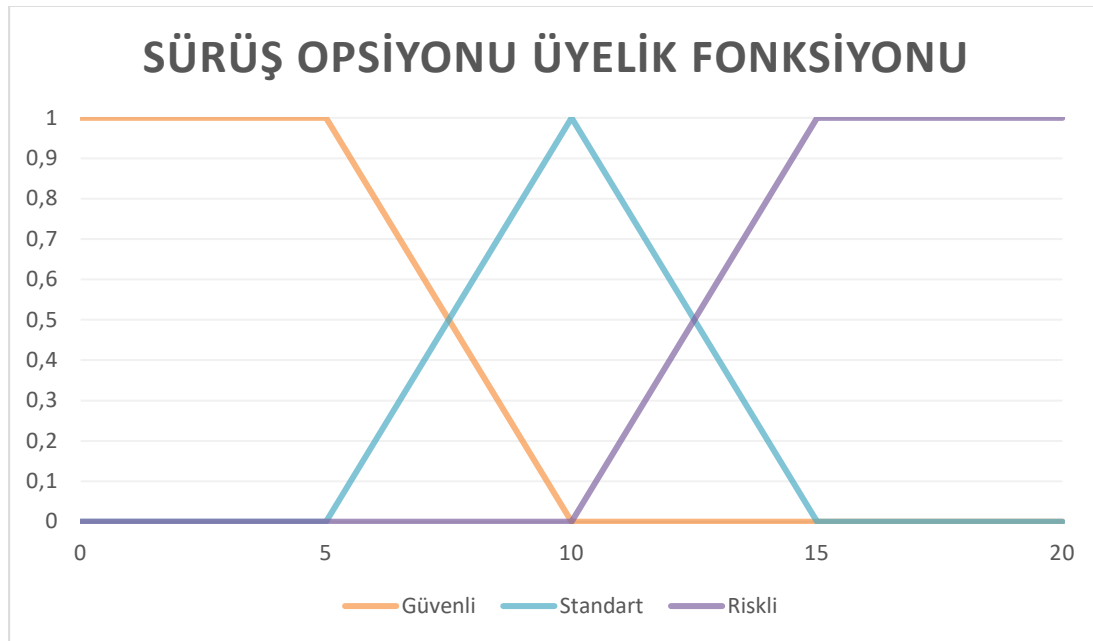
Eşik ivme çıktı değerinin elde edilirken öngörülen yaklaşım; kullanıcının seçtiği sürüş opsiyonuna göre, lastik aşınma seviyesine, hava durumuna ve virajın keskinliğine göre şekillenecek bir eşik ivme değerini içermektedir. Virajın keskinliğinin artmasıyla sürüş güvenliğinin artırılması için eşik ivme değerinin

düşürülmesi amaçlanmaktadır. Diğer bir hedef ise eşik ivmenin sürücünün seçtiği sürüş opsiyonuna göre artması, azalması veya etkilenmemesidir.

İhlal üyelik derecesi; sürüş opsiyonu, gnss uydu sayısı ve hız aşımı girdileri ile belirlenmektedir. Sürüş opsiyonu; eşik ivmenin belirlenmesiyle ihlal üyelik derecesini belirle aynı rolü oynamaktadır ve aynı görevi görmektedir. İhlal üyelik derecesinin belirlenmesinde gnss uydu sayısının kullanılmasının amacı; aracın pozisyonunun ve hızının doğruluğunun gnss uydu sayısına bağlı olmasıdır. Çünkü akıllı telefonun gördüğü gnss uydu sayısının çokluğu konumun doğruluğunu arttırmaktadır. Bu da doğrudan aracın koordinatlar arası yer değiştirmesi yardımıyla bulunan anlık hıza etki etmektedir. Tüm bunların sonucu olarak maksimum hız ile anlık hız arasındaki fark olan hız aşımı değişmektedir.

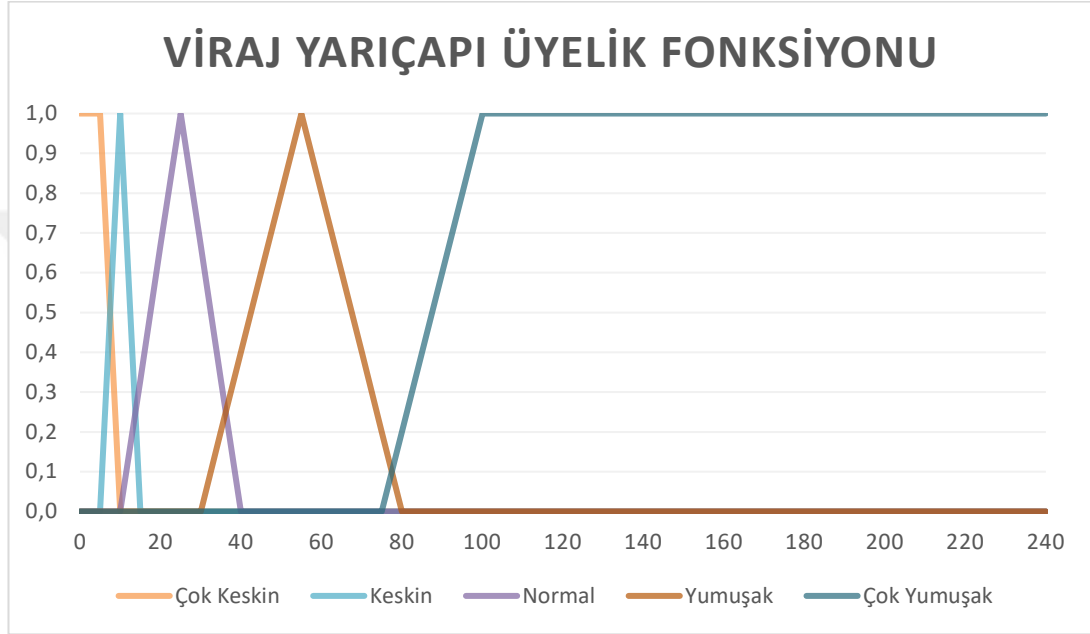
7.2.1 Bulanıklaştırma

Uygulamanın bulanık mantık tabanlı çalışan versiyonunda ivme değeri ve ihlal üyelik derecesi bulanık mantık yardımıyla elde edilmektedir. Bu bölümde bu iki değeri elde ettiğimiz bulanık mantık sisteminin girdilerinin üyelik fonksiyonları ele alınmaktadır. İlk olarak sistem çıktısı olan ivme değerinin elde edilmesi için kullanılan girdiler olan; sürüş opsiyonunun, viraj çapının ve matematiksel hesaplamalar sonucu elde edilen ivme değerinin üyelik fonksiyonları incelenecektir.



Şekil 7.4 : Sürüş opsiyonu girdisinin üyelik fonksiyonu grafiği.

Hem ihlal üyelik derecesi bulunurken hem de ivme değeri bulunurken kullanılan sürüş opsiyonu girdisinin üyelik fonksiyonu; Şekil 7.4'te görüldüğü üzere “Güvenli”, “Standart” ve “Riskli” olmak üzere üç farklı sınıf içermektedir. Güvenli sınıfı 0-5 arası değerler için %100 üyeliğe sahipken, 5-10 değerleri arasında üyelik derecesinde üçgensel olarak azalmaktadır. Standart sınıfı ise 10 değeri tepe noktası olacak şekilde üçgensel artma ve azalma göstermektedir. Riskli sınıfı 10-15 değerleri arasında üçgensel artma göstermekteyken, 15-20 değerleri arasında %100 üyeliğe sahiptir.



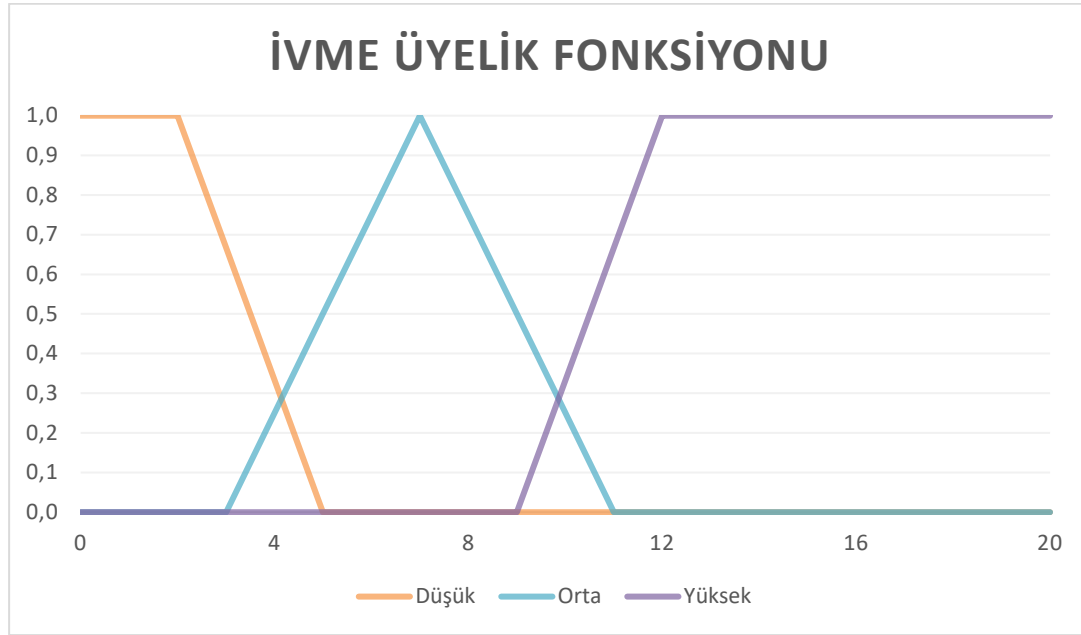
Şekil 7.5 : Viraj yarıçapı girdisinin üyelik fonksiyonu grafiği.

İvme değerinin bulanık mantık çıktısı olarak elde edilmesinde kullanılan bir diğer girdi olan viraj yarıçapının üyelik fonksiyonu Şekil 7.5'te görülmektedir. Virajlar “Çok Keskin”, “Keskin”, “Normal”, “Yumuşak” ve “Çok Yumuşak” olmak üzere 5 ayrı sınıfa ayrılmıştır. Çizelge 7.1’de sınıflarda kullanılan fonksiyonel yapı ve değer aralıkları gösterilmektedir.

Çizelge 7.1 : Viraj yarıçapı üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.

Sınıf Adı	Fonksiyon Türü	Değer Aralıkları (m)
Çok Keskin	Yamuk	0 – 0 – 5 – 10
Keskin	Üçgen	5 – 10 – 15
Normal	Üçgen	12 – 26 – 40
Yumuşak	Üçgen	32 – 56 – 80
Çok Yumuşak	Yamuk	75 – 100 – 240 – 240

Viraj yarıçapının bulanık mantık sistemi içerisinde kullanılmasının ana amacı, coğrafi bilgileri ve yol verilerini sağlayan servis sağlayıcının olası hatalarına karşı güvenlik katsayısını arttırmaktır.



Şekil 7.6 : İvme girdisinin üyelik fonksiyonu grafiği.

Bulanık sistem çıktısı olan ivmenin değerini belirleyen en önemli parametre olan ivme girdisinin ve çıktısının üyelik fonksiyonu Şekil 7.6’da gösterilmektedir. İvme girdisinin ana amacı çıktı ivmesinin sınır aralıklarını belirlemektir.

Çizelge 7.2 : İvme girdisinin üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.

Sınıf Adı	Fonksiyon Türü	Değer Aralıkları (m/s ²)
Düşük	Yamuk	0 – 0 – 2 – 5
Orta	Üçgen	3 – 7 – 11
Yüksek	Yamuk	9 – 12 – 20 – 20

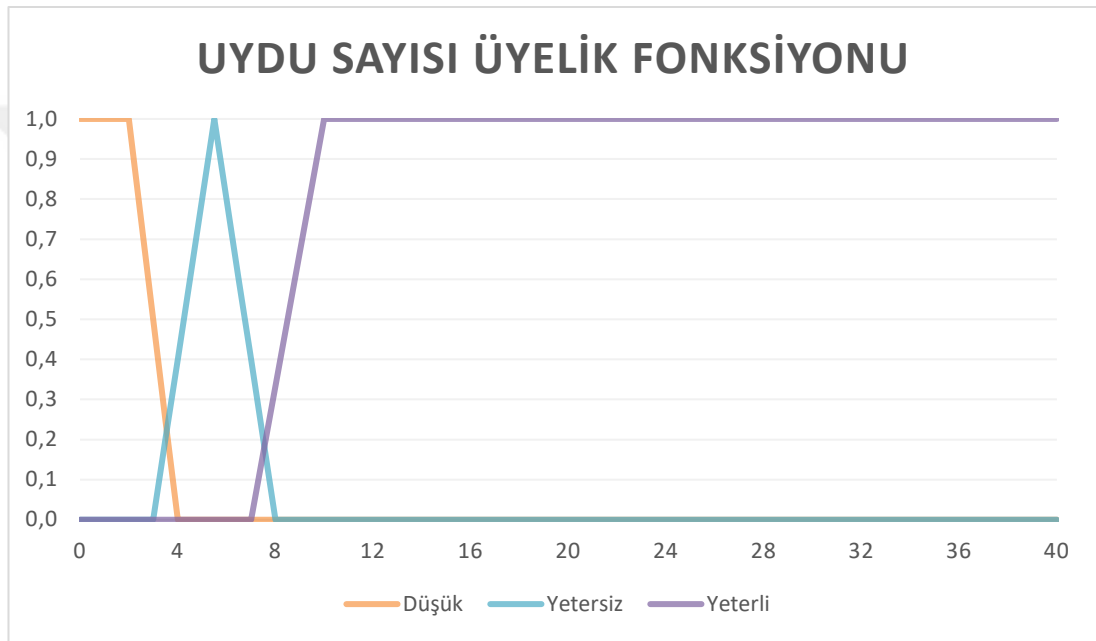
Girdi ivmesi “Düşük”, “Orta” ve “Yüksek” olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Bu sınıfların fonksiyon türleri ve değer aralıkları Çizelge 7.2’de verilmektedir.

Çizelge 7.3 : Uydu sayısı girdisinin üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.

Sınıf Adı	Fonksiyon Türü	Değer Aralıkları (adet)
Düşük	Yamuk	0 – 0 – 2 – 4
Yetersiz	Üçgen	3 – 5,5 – 8
Yeterli	Yamuk	7 – 10 – 40 – 40

İhlal üyelik derecesi belirlenirken kullanılan sürüş opsiyonu girdisinin üyelik fonksiyonu Şekil 7.4’te verilmiştir. Bunun yanısıra ihlal üyelik derecesi belirlenirken uydu sayısı ve hız aşımı değerleri de bulanık sistem girdisi olarak kullanılmaktadır.

Uydu sayısı üyelik fonksiyonunun “Düşük”, “Yetersiz” ve “Yeterli” sınıflarının fonksiyon türleri ve değer aralıkları Çizelge 7.3’te verilmiştir. Uydu sayısı parametresinin girdi olarak değerlendirilmesinin ana amacı hız aşım değerinin ve koordinat verilerinin doğruluğuna bağlı olarak güvenlik katsayısı oluşturmaktır. Mobil telefonun gördüğü uydu sayısı belirlenen koordinatının doğruluğu ve hesaplanan anlık hız ile doğrudan ilişkilidir. Görünen uydu sayısının az olduğu durumlarda sürüş opsiyonuna bağlı olarak güvenliği sağlamak amacıyla ihlal uyarıları türetilmektedir. Uydu sayısı üyelik fonksiyonunun grafiği ise Şekil 7.7’de görülmektedir.



Şekil 7.7 : Uydu sayısı girdisinin üyelik fonksiyonu grafiği.

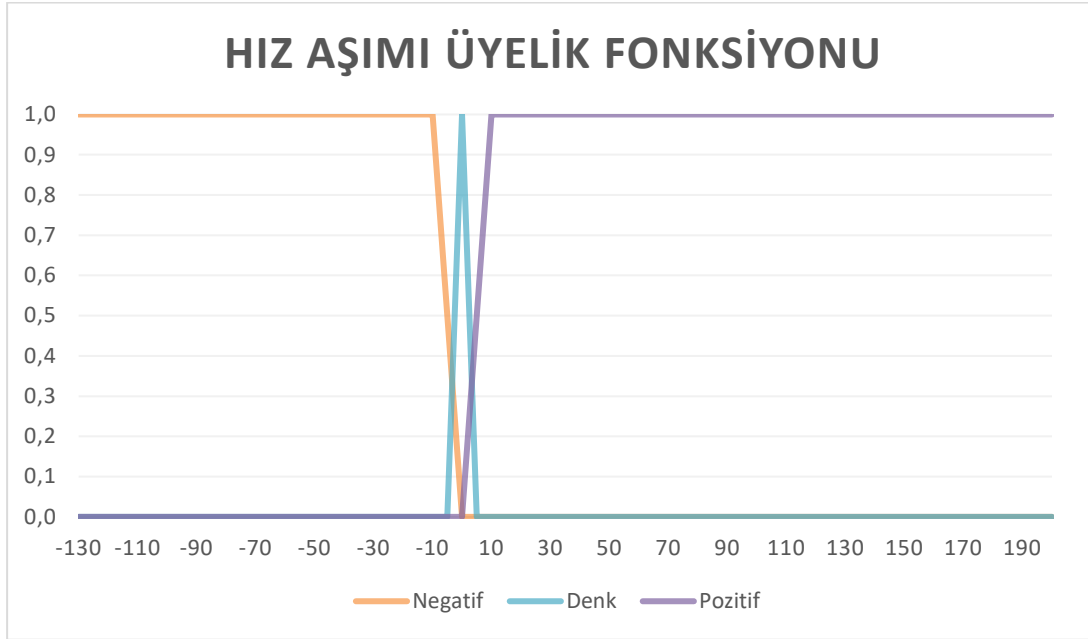
Hız aşımı üyelik fonksiyonu “Negatif”, “Denk” ve “Pozitif” olmak üzere 3 farklı sınıftan oluşmaktadır. Bu üç sınıfın fonksiyon türleri ve değer aralıkları Çizelge 7.4’te verilmiştir.

Çizelge 7.4 : Hız aşımı girdisinin üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.

Sınıf Adı	Fonksiyon Türü	Değer Aralıkları (km/saat)
Negatif	Yamuk	$(-130) - (-130) - (-10) - 0$
Denk	Üçgen	$(-7) - 0 - 7$
Pozitif	Yamuk	$0 - 10 - 200 - 200$

Hız aşımı ihlal üyelik derecesini belirleyen ana girdi değeridir. Değer aralığı hem negatif hem de pozitif sayıları içermektedir. Hız aşımı; aracın anlık hızı ile viraj için belirlenen eşik hız arasındaki farkı ifade etmektedir. Bundan dolayı negatif değerler aracın hızının eşik hızdan düşük olduğu, pozitif değerler ise aracın hızının eşik

hızdan yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Hız aşımı girdisinin üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 7.8’de görülmektedir.



Şekil 7.8 : Hız aşımı girdisinin üyelik fonksiyonu grafiği.

7.2.2 Kural tabanı

İvme değeri ve ihlal üyelik derecesi bulunurken girdilerin ve çıktıların üyelik fonksiyonları kural tabanı içerisinde değerlendirilmektedir. İvme değeri ile ilgili kural tabanı Çizelge 7.5’te verilmiştir.

Çizelge 7.5 : İvme değeri bulunurken kullanılan kural tabanı tablosu.

Kural No	Eğer		Öyleyse	
	Sürüş Opsiyonu	Viraj Yarıçapı	Girdi İvmesi	Çıktı İvmesi
1	Güvenli	Çok Yumuşak	Orta	Orta
2	Standart	Çok Yumuşak	Orta	Orta
3	Riskli	Çok Yumuşak	Orta	Yüksek
4		Yumuşak	Orta	Orta
5		Normal	Orta	Orta
6		Keskin	Orta	Orta
7	Güvenli	Çok Keskin	Orta	Düşük
8	Standart	Çok Keskin	Orta	Orta
9	Riskli	Çok Keskin	Orta	Orta
10	Güvenli	Çok Yumuşak	Düşük	Düşük
11	Standart	Çok Yumuşak	Düşük	Düşük
12	Riskli	Çok Yumuşak	Düşük	Orta
13		Yumuşak	Düşük	Düşük
14		Normal	Düşük	Düşük

Çizelge 7.5 (devam) : İvme değeri bulunurken kullanılan kural tabanı tablosu.

Kural No	Eğer			Öyleyse
	Sürüş Opsiyonu	Viraj Yarıçapı	Girdi İvmesi	Çıktı İvmesi
15		Keskin	Düşük	Düşük
16		Çok Keskin	Düşük	Düşük
17		Çok Yumuşak	Yüksek	Yüksek
18		Yumuşak	Yüksek	Yüksek
19		Normal	Yüksek	Yüksek
20		Keskin	Yüksek	Yüksek
21	Güvenli	Çok Keskin	Yüksek	Orta
22	Standart	Çok Keskin	Yüksek	Yüksek
23	Riskli	Çok Keskin	Yüksek	Yüksek

İhlal üyelik derecesi ile ilgili kural tabanı ise Çizelge 7.6’da verilmiştir.

Çizelge 7.6 : İhlal üyelik derecesi bulunurken kullanılan kural tabanı tablosu.

Kural No	Eğer			Öyleyse
	Sürüş Opsiyonu	Uydu Sayısı	Hız Aşımı	İhlal Üyeliği
1		Yeterli	Negatif	Düşük
2	Riskli	Yeterli Değil	Negatif	Normal
3	Riskli Değil	Yeterli Değil	Negatif	Yüksek
4	Güvenli		Denk	Tam
5	Güvenli Değil		Denk	Yüksek
6	Riskli	Yeterli Değil	Pozitif	Tam
7	Riskli Değil	Yeterli Değil	Pozitif	Yüksek
8		Yeterli	Pozitif	Tam

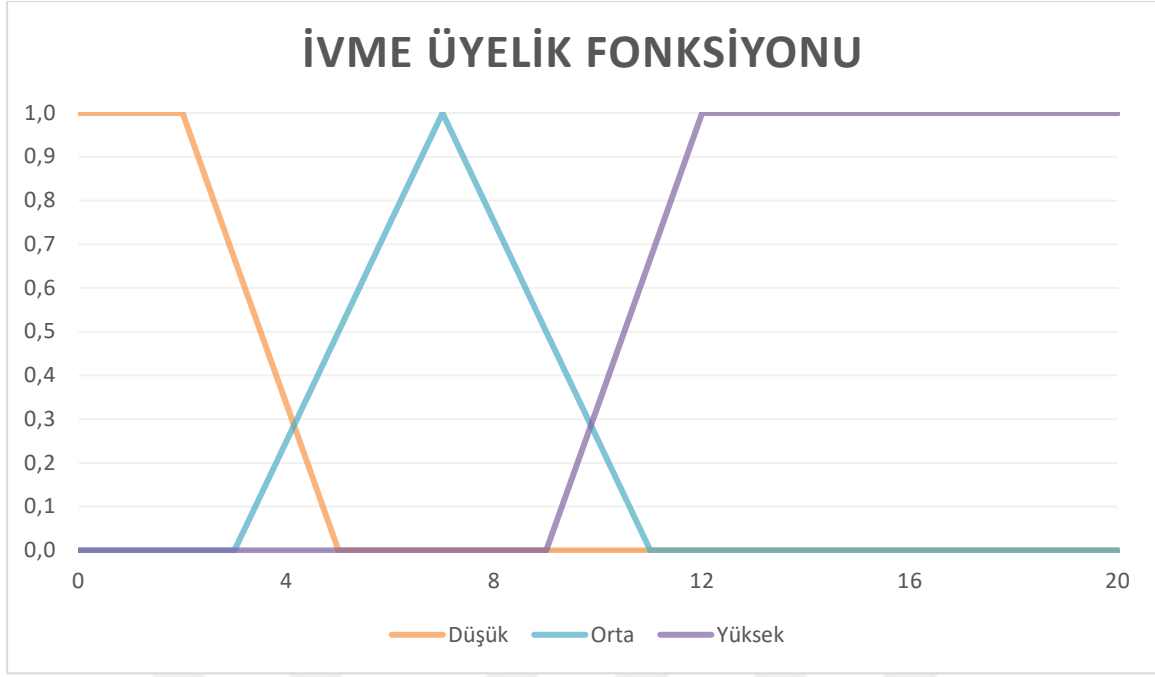
7.2.3 Durulaştırma

Sürüş opsiyonu, viraj yarıçapı ve ivme girdilerinin bulanık mantık sistemi içerisinde belirli olan kural tabanı ile değerlendirilmesi sonucu çıktı ivme değeri elde edilmektedir.

İvme çıktısı da ivme girdisine benzer olarak “Düşük”, “Orta” ve “Yüksek” olmak üzere üç sınıftan oluşmaktadır. İvme çıktısının üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 7.9’da görülmektedir. Bu sınıfların değer aralıkları Çizelge 7.7’de verilmiştir.

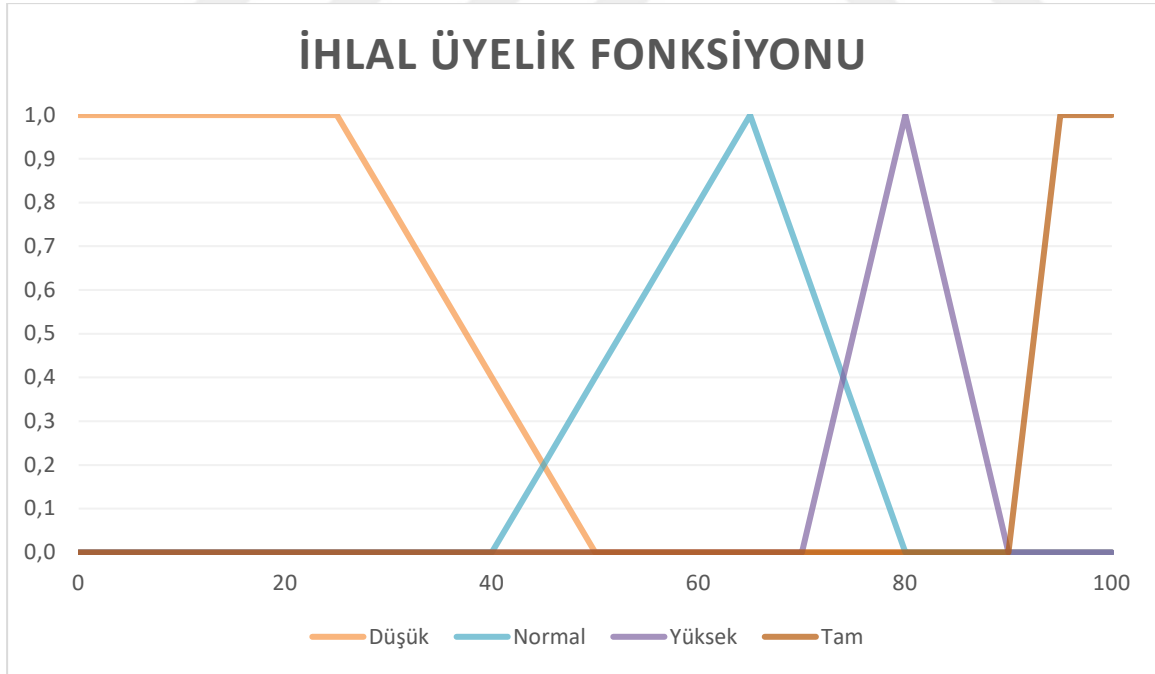
Çizelge 7.7 : İvme çıktısının üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.

Sınıf Adı	Fonksiyon Türü	Değer Aralıkları (m/s ²)
Düşük	Yamuk	0 – 0 – 2 – 5
Orta	Üçgen	3 – 7 – 11
Yüksek	Yamuk	9 – 12 – 20 – 20



Şekil 7.9 : İvme çıktısının üyelik fonksiyonu grafiği.

Sürüş opsiyonu, uydu sayısı ve hız aşımı girdilerinin kural tabanı içerisinde değerlendirilmesi sonucunda elde edilen ihlal üyelik derecesinin, üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 7.10’da görülmektedir.



Şekil 7.10 : İhlal üyelik çıktısının üyelik fonksiyonu grafiği.

İhlal üyelik çıktısının üyelik fonksiyonu “Düşük”, “Normal”, “Yüksek” ve “Tam” olmak üzere dört sınıftan oluşmaktadır. Bu sınıfların fonksiyon türleri ve değer aralıkları Çizelge 7.8’de verilmektedir.

Çizelge 7.8 : İhlal üyelik çıktısının üyelik fonksiyonu sınıflarının değer aralıkları.

Sınıf Adı	Fonksiyon Türü	Değer Aralıkları
Düşük	Yamuk	0 – 0 – 25 – 50
Normal	Üçgen	40 – 65 – 80
Yüksek	Üçgen	70 – 80 – 90
Tam	Yamuk	90 – 95 – 100 – 100

7.3 Klasik Yöntem Verileri İle Karşılaştırma

Bu çalışmanın, bulanık mantık uygulamasıyla geliştirilmesinin bir amacı da klasik yöntem ile elde edilen bulgular ile bulanık mantık ile elde edilen bulguların karşılaştırılmasıdır. Burada amaçlanan; iki farklı yöntem ile test edilen uygulamanın, kullanıcının güvenli sürüş yapmasına sağlayacağı katkıyı ve viraj öncesi oluşturduğu ihlal verilerini karşılaştırmaktır. Bunun sonucunda, klasik yöntemin ve bulanık mantığın birbirlerinden üstün oldukları özellikler tespit edilmeye çalışılacaktır.

7.4 Güvenli Hız Belirlemede Verimlilik Artışı

Virajlara girilmesi gereken maksimum hız hesaplamaları yapılırken, 9 numaralı denklemdeki a_{max} (eşik ivme) araç tipine, modeline, lastik aşınma seviyesine, yolun yanal eğimine, sürtünme katsayısına ve yol durumuna göre değişkenlik göstermektedir. En doğru maksimum hız hesaplaması için, değişkenlik gösteren ve araca özel olan a_{max} seçiminin her araçta farklı yapılması gerekmektedir. Söz konusu seçimin yapılmasının zorluğundan dolayı uygulama; ortalama konfor ivmesi kabulüyle hesaplamaları yapmaktadır. Klasik yöntemde konfor ivmesi standart bir değer olarak hesaplanmaktayken, bulanık mantık yaklaşımı ile bu değer farklılaşması mümkün olmaktadır. Bulanık mantık yaklaşımında; hesaplanan ivme değeri, kullanıcının seçtiği sürüş opsiyonu (“Güvenli Sürüş”, “Standart Sürüş” ve “Riskli Sürüş”) ve viraj yarıçapı ile a_{max} değeri oluşturulmaktadır. Bu sayede güvenli sürüş verimliliğinde artış amaçlanmaktadır.



8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın amacı; mobil telefonlar aracılığıyla sürücülere yüksek hız erken uyarı sistemi oluşturmaktır. Çalışma kapsamında klasik yöntem ve bulanık mantık çözümleri uygulanmış olup, sürüş sırasında uyarıların alınması sağlanmıştır.

Bulanık mantık uygulaması sayesinde sürücülerin kendi yeteneklerine göre sistemi kullanma imkanı doğmuştur. Bu imkan da, sistemin daha verimli çalışmasını sağlamıştır. Sürücülerin yüksek hızda taşıt kullanımı sırasında yaşayabileceği farkındalık eksikliğini gidererek, konsantrasyon seviyelerini yukarıya çekecek bir uyarı sistemi oluşmuştur.

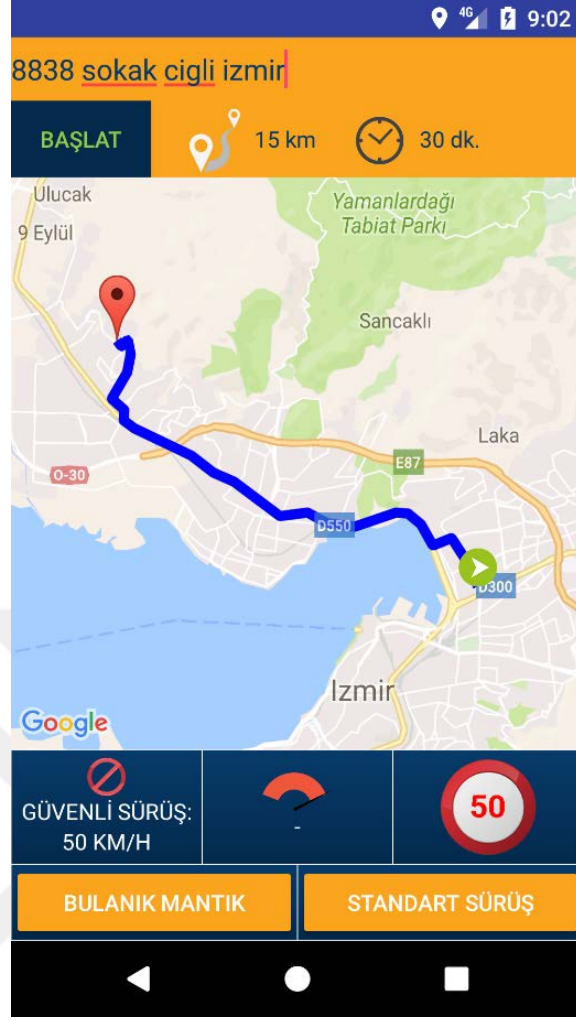
Bu durumda, sürücülerin kaza yapma ihtimallerini en aza indirmek için mobil telefonlar üzerinden hız denetimi yapan sistem çözümlerinin ülkemizde ve dünyada üzerinde durulması gereken bir konu olduğunu göstermektedir.

8.1 Çalışmadan Elde Edilen Veriler

Bu çalışma sonucunda ortaya çıkan “Güvenli Sürüş Android Uygulaması” ile hem sahada hem de simülasyon yardımıyla testler yapılmıştır. Sahada tüm ihtimallerin gerçekleştirilmesinin zorluğu sebebiyle simülasyon yardımıyla ek test verileri oluşturulmuştur. Her iki test şekli sonucunda oluşan veriler birbiri ile uyum göstermektedir. Sonraki bölümlerde test verileri ve analizi mevcuttur.

8.1.1 Klasik yöntem ve bulanık mantık verileri

Sahada ve simülasyon ortamında elde edilen veriler, uygulamanın hem klasik yöntemle hem de bulanık mantıkla çalıştırılması sonucunda oluşturulmuştur. Ayrıca tüm testler “Güvenli Sürüş”, “Standart Sürüş” ve “Riskli Sürüş” opsiyonları için tekrar edilmiştir. Burada hedeflenen iki farklı yöntem ve üç farklı sürüş opsiyonu ile elde edilen verilerin, kullanıcıya sağlayacağı artı ve eksileri detaylı bir şekilde analiz edebilmektir. Tüm bu çalışmalar sonucunda klasik yöntem ve bulanık mantık arasında detaylı karşılaştırma yapılabilmesi için gerekli olan veri havuzunun oluşması sağlanmıştır.



Şekil 8.1 : Çalışmanın gerçekleştirildiği rota.

Seçilen rota üzerinde klasik yöntem ve bulanık mantık ile tespit edilen virajların bilgileri Çizelge 8.1’de, Çizelge 8.2’de, Çizelge 8.3’de ve Çizelge 8.4’de verilmiştir. Klasik yöntem verileri çizelge üzerinden incelendiğinde virajlara girilmesi gereken eşik hızın sürüş opsiyona bağlı olarak değişimi görülmektedir. Güvenli sürüş opsiyonunda eşik hız standart opsiyonunda bulunan eşik hızın yaklaşık %10 altındayken, riskli sürüş opsiyonunda eşik hız standart opsiyonunda bulunan eşik hızın yaklaşık %10 üstündedir. Burada opsiyonlara göre değişimi sağlayan %10’luk oran karayollarının toleransı göz önünde bulundurularak tercih edilmiştir [33]. Klasik yöntem hesaplamaları yapılırken eşik ivme herhangi bir farklılık göstermemektedir.

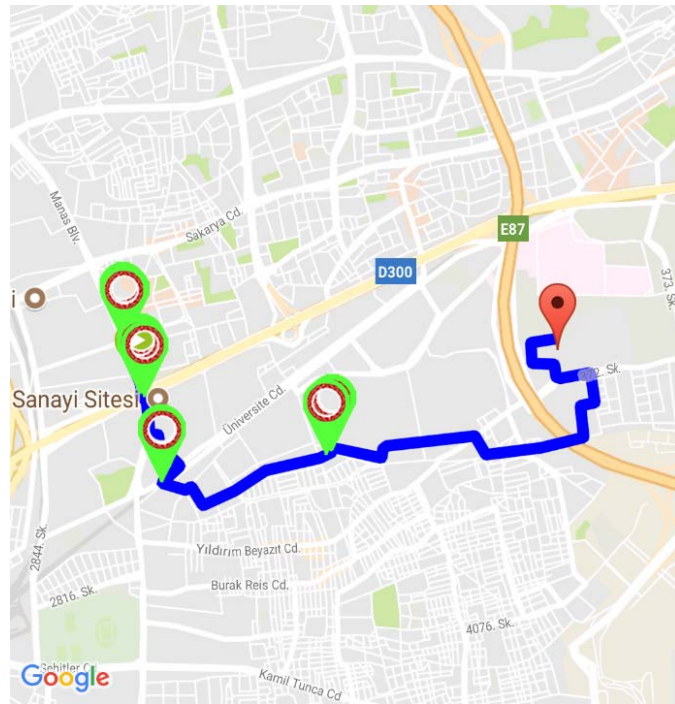
Şekil 8.1’de verilen çalışmanın gerçekleştirildiği rota üzerinde tespit edilen virajlar Şekil 8.2’de görülmektedir. Algoritma rota üzerindeki kavisleri ve viraj olmayan ışıklardaki dönüşleri almayacak şekilde oluşturulmuştur. Rota ve tespit edilen virajlar

incelendiğinde algoritmanın bu çalışma için yeterli doğrulukta veri sağladığına karar verilmiştir. Yapılabilecek iyileştirmelerle ilgili öneriler tezin sonunda mevcuttur.



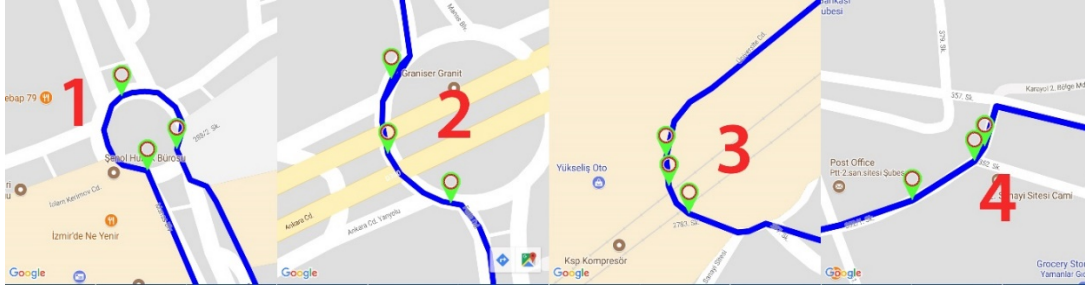
Şekil 8.2 : Rota üzerinde tespit edilen virajlar.

Rota üzerindeki viraj tespiti sonuçları ile ilgili alternatif güzergah görseli Şekil 8.3'te görülmektedir.



Şekil 8.3 : Alternatif güzergah görseli.

Viraj tespit algoritmasının çalışma sonuçları için oluşturulan alternatif güzergahın virajları ise Şekil 8.4'te verilmiştir.



Şekil 8.4 : Alternatif güzergah üzerinde tespit edilen virajlar.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde seçilen rota ile ilgili oluşturulan bilgiler ve saha çalışması sonucunda toplanan veriler verilmektedir.

Çizelge 8.1 : Klasik yöntem, aşınmış teker ve açık hava için viraj verileri.

Sürüş Opsiyonu	Viraj Sırası	Yarıçap (m)	Eşik İvme (m/s^2)	Lastik Durumu	Hava Durumu	Eşik Hız (km/sa)
Standart	1	~14,55	9,81	Aşınmış	Açık Hava	44
Standart	2	~18,94	9,81	Aşınmış	Açık Hava	50
Standart	3	~15,64	9,81	Aşınmış	Açık Hava	45
Standart	4	~44,58	9,81	Aşınmış	Açık Hava	76
Standart	5	~9,57	9,81	Aşınmış	Açık Hava	35
Güvenli	1	~14,55	9,81	Aşınmış	Açık Hava	39
Güvenli	2	~18,94	9,81	Aşınmış	Açık Hava	45
Güvenli	3	~15,64	9,81	Aşınmış	Açık Hava	40
Güvenli	4	~44,58	9,81	Aşınmış	Açık Hava	68
Güvenli	5	~9,57	9,81	Aşınmış	Açık Hava	31
Riskli	1	~14,55	9,81	Aşınmış	Açık Hava	48
Riskli	2	~18,94	9,81	Aşınmış	Açık Hava	55
Riskli	3	~15,64	9,81	Aşınmış	Açık Hava	49
Riskli	4	~44,58	9,81	Aşınmış	Açık Hava	83
Riskli	5	~9,57	9,81	Aşınmış	Açık Hava	38

Çizelge 8.1 ile Çizelge 8.2 karşılaştırıldığı zaman teker aşınma seviyesinin ve hava durumunun klasik yöntemde eşik ivmeye ve eşik hıza etkisi görülmektedir

Çizelge 8.2 : Klasik yöntem, yeni teker ve sağnak yağış için viraj verileri.

Sürüş Opsiyonu	Viraj Sırası	Yarıçap (m)	Eşik İvme (m/s^2)	Lastik Durumu	Hava Durumu	Eşik Hız (km/sa)
Standart	1	~14,55	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	40
Standart	2	~18,94	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	46
Standart	3	~15,64	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	42
Standart	4	~44,58	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	70
Standart	5	~9,57	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	33

Çizelge 8.2 (devam) : Klasik yöntem, yeni teker ve sağnak yağış için viraj verileri.

Sürüş Opsiyonu	Viraj Sırası	Yarıçap (m)	Eşik İvme (m/s ²)	Lastik Durumu	Hava Durumu	Eşik Hız (km/sa)
Güvenli	1	~14,55	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	36
Güvenli	2	~18,94	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	41
Güvenli	3	~15,64	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	37
Güvenli	4	~44,58	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	63
Güvenli	5	~9,57	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	29
Riskli	1	~14,55	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	44
Riskli	2	~18,94	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	50
Riskli	3	~15,64	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	46
Riskli	4	~44,58	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	77
Riskli	5	~9,57	8,34	Yeni	Sağnak Yağış	36

Bulanık mantık ile elde edilen veriler ise klasik yöntemle göre farklılık göstermektedir. Eşik ivme; hesaplanan ivmeye, sürüş opsiyonuna ve viraj yarıçapına bağlıdır. Örnek olarak Çizelge 8.1 ve 8.3 ile 8.2 ve 8.4 karşılaştırılarak incelendiğinde eşik ivmenin klasik yöntem ve bulanık mantık sonuçları arasındaki farklılaşması görülmektedir. Ayrıca 8.3 ve 8.4 incelendiğinde eşik ivmenin farklı parametrelere göre bulanık mantıktaki değişimi fark edilmektedir. Uygulama bulanık mantık ile çalıştırıldığında virajlara girilmesi gereken eşik hız, eşik ivme değişimlerine bağımlı olarak belirlenmektedir.

Çizelge 8.3 : Bulanık mantık, aşınmış teker ve açık hava için viraj verileri.

Sürüş Opsiyonu	Viraj Sırası	Yarıçap (m)	Eşik İvme (m/s ²)	Lastik Durumu	Hava Durumu	Eşik Hız (km/sa)
Standart	1	~14,55	~11,35	Aşınmış	Açık Hava	47
Standart	2	~18,94	~11,45	Aşınmış	Açık Hava	54
Standart	3	~15,64	~11,37	Aşınmış	Açık Hava	48
Standart	4	~44,58	~11,46	Aşınmış	Açık Hava	82
Standart	5	~9,57	~11,57	Aşınmış	Açık Hava	38
Güvenli	1	~14,55	~11,35	Aşınmış	Açık Hava	47
Güvenli	2	~18,94	~11,45	Aşınmış	Açık Hava	54
Güvenli	3	~15,64	~11,37	Aşınmış	Açık Hava	48
Güvenli	4	~44,58	~11,46	Aşınmış	Açık Hava	82
Güvenli	5	~9,57	~11,57	Aşınmış	Açık Hava	38
Riskli	1	~14,55	~11,35	Aşınmış	Açık Hava	47
Riskli	2	~18,94	~11,45	Aşınmış	Açık Hava	54
Riskli	3	~15,64	~11,37	Aşınmış	Açık Hava	48
Riskli	4	~44,58	~11,46	Aşınmış	Açık Hava	82
Riskli	5	~9,57	~11,57	Aşınmış	Açık Hava	38

Çizelge 8.3 ile Çizelge 8.4 karşılaştırıldığı zaman teker aşınma seviyesinin ve hava durumunun bulanık mantıkta eşik ivmeye ve eşik hıza etkisi görülmektedir. Ayrıca

Çizelge 8.4 içerisinde 5 numaralı virajın standart, güvenli ve riskli opsiyonu değerlendirildiğinde; sürüş opsiyonunun eşik hızı etkisi ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 8.4 : Bulanık mantık, yeni teker ve sağnak yağış için viraj verileri.

Sürüş Opsiyonu	Viraj Sırası	Yarıçap (m)	Eşik İvme (m/s ²)	Lastik Durumu	Hava Durumu	Eşik Hız (km/sa)
Standart	1	~14,55	~6,86	Yeni	Sağnak Yağış	36
Standart	2	~18,94	~6,85	Yeni	Sağnak Yağış	41
Standart	3	~15,64	~6,85	Yeni	Sağnak Yağış	38
Standart	4	~44,58	~6,85	Yeni	Sağnak Yağış	63
Standart	5	~9,57	~6,82	Yeni	Sağnak Yağış	30
Güvenli	1	~14,55	~6,86	Yeni	Sağnak Yağış	36
Güvenli	2	~18,94	~6,85	Yeni	Sağnak Yağış	41
Güvenli	3	~15,64	~6,85	Yeni	Sağnak Yağış	38
Güvenli	4	~44,58	~6,84	Yeni	Sağnak Yağış	63
Güvenli	5	~9,57	~6,75	Yeni	Sağnak Yağış	29
Riskli	1	~14,55	~6,86	Yeni	Sağnak Yağış	36
Riskli	2	~18,94	~6,85	Yeni	Sağnak Yağış	41
Riskli	3	~15,64	~6,86	Yeni	Sağnak Yağış	38
Riskli	4	~44,58	~6,85	Yeni	Sağnak Yağış	63
Riskli	5	~9,57	~6,83	Yeni	Sağnak Yağış	30

Belirlenen rota üzerindeki virajların tamamında saha üzerinde gerçek zamanlı testler yapılarak ihlal verileri oluşturulmuştur. Bu virajlarda uygulama hem klasik yöntemle hem de bulanık mantıkla çalışırken, tüm sürüş opsiyonlarında testler tekrarlanmıştır. Bu testler sonucu oluşturulan veriler Çizelge 8.5'te ve Çizelge 8.6'da verilmiştir. Ayrıca seçilmiş olan rota simülasyon ortamında bulanık mantıkla, tüm sürüş opsiyonlarında test edilmiştir. Çizelge 8.7'te simülasyon sonuçları verilmiştir. Eşik hız sütunlarında “*” ile işaretli hızlar virajlar için belirlenmiş maksimum hızı temsil ederken, “**” ile işaretli hızlar ise servis tarafından sağlanan yol hız limitlerini ifade etmektedir.

Çizelge 8.5 : Klasik mantık, aşınmış teker ve açık hava için ihlal verileri.

Sürüş Opsiyonu	Viraj Sırası	İhlal Hızı (km/sa)	Viraj Hızı (km/sa)	Eşik Hız (km/sa)	Uzaklık (m)	Uydu Sayısı
Standart	1	-	~30	44	-	-
Standart	2	-	~22	50	-	-
Standart	3	~66	~35	45	385	17
Standart	4	~57	~65	76*-50**	363	18
Standart	5	~35	~39	35	346	18
Güvenli	1	~41	~43	39	149	17
Güvenli	2	~47	~24	45	279	18
Güvenli	3	~53	~39	40	387	18
Güvenli	4	~45	~68	68*-45**	353	17
Güvenli	5	~37	~35	31	325	18

Çizelge 8.5 (devam) : Klasik mantık, aşınmış teker ve açık hava için ihlal verileri.

Sürüş Opsiyonu	Viraj Sırası	İhlal Hızı (km/sa)	Viraj Hızı (km/sa)	Eşik Hız (km/sa)	Uzaklık (m)	Uydu Sayısı
Riskli	1	-	~30	48	-	-
Riskli	2	-	~26	55	-	-
Riskli	3	~60	~44	49*-33**	382	17
Riskli	4	~63	~71	83*-55**	387	17
Riskli	5	~38	~37	38	-	-

Saha üzerinde gerçek zamanlı yapılan testlerde, trafik durumu, sürüş şekli ve benzeri sebeplerden kaynaklı üretilen ihlal verileri çeşitlilik göstermektedir. Simülasyon ortamında ise belirlenmiş koordinat değişimleri ve hız değişimleri ile ihlal verileri oluşturulmuştur. Bu da klasik yöntem ile bulanık mantık verileri arasındaki farkların daha net ortaya çıkmasını sağlamıştır. Beşinci sıradaki virajda oluşan ihlal verileri incelendiğinde söz konusu farklılık net bir şekilde görülmektedir. Bu verilerin karşılaştırması bundan sonraki bölümde detaylı şekilde ele alınmaktadır.

Çizelge 8.6 : Bulanık mantık, aşınmış teker ve açık hava için ihlal verileri.

Sürüş Opsiyonu	Viraj Sırası	İhlal Hızı (km/sa)	Viraj Hızı (km/sa)	Eşik Hız (km/sa)	Uzaklık (m)	Uydu Sayısı	İhlal Üyeliği (%)
Standart	1	~45	~36	47	116	19	82,55
Standart	2	~55	~26	54*-50**	395	19	99,95
Standart	3	~62	~34	48*-30**	393	20	99,95
Standart	4	~49	~65	82*-50**	396	19	81,65
Standart	5	-	~40	38	-	-	-
Güvenli	1	~46	~35	47	399	20	99,95
Güvenli	2	~58	~44	54	396	20	99,95
Güvenli	3	~48	~20	48	377	20	99,95
Güvenli	4	-	~73	82	-	-	-
Güvenli	5	-	~37	38	-	-	-
Riskli	1	~46	~30	47	135	21	85,55
Riskli	2	~47	~31	54*-50**	399	21	80,10
Riskli	3	~63	~28	48*-30**	382	21	99,95
Riskli	4	~64	~75	82*-50**	391	21	99,95
Riskli	5	~38	~38	38	123	19	87,65

İhlal verileri analiz edildiğinde ikinci, üçüncü ve dördüncü virajların eşik hızlarıyla, ihlal oluşturan eşik hızların farklılığı görülmektedir. Bu farklılığın sebebi ise viraja girilmesi gereken maksimum hızın yol hız limitinden büyük olması durumunda, yol hız limitinin ihlal için eşik hız kabul edilmesidir.

Çizelge 8.7 : Bulanık mantık, yeni teker ve açık hava için simülasyon ihlal verileri.

Sürüş Opsiyonu	Viraj Sırası	İhlal Hızı (km/sa)	Eşik Hız (km/sa)	Uzaklık (m)	Uydu Sayısı	İhlal Üyeliği (%)
Standart	1	60	47	118	20	99,95
Standart	1	54	47	57	20	99,95
Standart	2	60	54*-50**	347	20	99,95
Standart	2	54	54*-50**	224	20	85,65
Standart	2	48	54*-50**	56	20	80,85
Standart	3	60	48*-30**	357	20	99,95
Standart	3	54	48*-30**	201	20	99,95
Standart	3	48	48	111	20	81,95
Standart	4	60	82*-50**	386	20	99,95
Standart	4	54	82*-50**	301	20	85,65
Standart	5	60	38	243	20	99,95
Standart	5	54	38	147	20	99,95
Güvenli	1	60	47	118	20	99,95
Güvenli	1	54	47	57	20	99,95
Güvenli	2	60	54*-50**	347	20	99,95
Güvenli	2	54	54*-50**	224	20	99,95
Güvenli	2	48	54*-50**	56	20	99,95
Güvenli	3	60	48*-30**	357	20	99,95
Güvenli	3	54	48*-30**	201	20	99,95
Güvenli	3	48	48	111	20	99,95
Güvenli	4	60	82*-50**	386	20	99,95
Güvenli	4	54	82*-50**	301	20	99,95
Güvenli	4	48	82*-50**	203	20	99,95
Güvenli	5	60	38	398	20	99,95
Güvenli	5	54	38	333	20	99,95
Güvenli	5	48	38	243	20	99,95
Güvenli	5	43	38	147	20	99,95
Riskli	1	60	47	118	20	99,95
Riskli	1	54	47	57	20	99,95
Riskli	2	60	54*-50**	347	20	99,95
Riskli	2	54	54*-50**	324	20	82,65
Riskli	2	48	54*-50**	56	20	80,05
Riskli	3	60	48*-30**	357	20	99,95
Riskli	3	54	48*-30**	201	20	99,95
Riskli	3	48	48	111	20	80,85
Riskli	4	60	82*-50**	386	20	99,95
Riskli	4	54	82*-50**	301	20	84,65
Riskli	5	60	38	243	20	99,95
Riskli	5	54	38	147	20	99,95

8.1.2 Klasik yöntem ve bulanık mantık karşılaştırması

Bu bölümde klasik yöntem ile bulanık mantık arasında yapılacak karşılaştırma, iki bölümde ele alınacaktır. İlk bölümde Çizelge 8.1’de ve Çizelge 8.3’de verilen viraj verileri üzerinden karşılaştırma yapılacaktır. İkinci bölümde ise Çizelge 8.5’de ve Çizelge 8.6’de yer alan klasik yöntem ve bulanık mantık ile bulunan virajların ihlal verileri karşılaştırılacaktır.

Klasik yöntem ile elde edilmiş viraj verileri incelendiğinde tüm sürüş opsiyonlarında eşik ivmenin sabit kaldığı görülmektedir. Eşik hız ise sürüş opsiyonuna göre değişen yaklaşık %20’lik bir aralıkta değişmektedir. Bulanık mantıkta ise sürüş opsiyonunun yanısıra virajın keskinliğine göre eşik ivme değerlerinin değiştiği gözlemlenmektedir. Bu da keskin olan virajlarda eşik hızın azaltılmasıyla sürüş güvenliğinin artırılmasını sağlamaktadır. Örnek olarak Çizelge 8.1’de ve Çizelge 8.3’de, standart sürüşte dördüncü sıradaki virajın verileri incelendiğinde; viraj yarıçapının büyüklüğü bize virajın keskinliği hakkında yeterli bilgi sağlamaktadır. Dördüncü sıradaki viraj keskinliği az olan büyük çapa sahip olan bir viraj olarak nitelendirilebilir. Söz konusu virajı sürüş sırasında almak diğer virajlara göre daha kolay olacaktır. Klasik yöntemde, standart opsiyonda, aşınmış tekerleklerle ve açık havada bu virajın alınması için eşik hız 76 km/sa olarak belirlenmiştir. Bulanık yöntemde ise eşik hız 82 km/sa olarak bulunmaktadır. Sahada sürüş sırasında, 70 km/sa ile 75 km/sa hız arasında yeterli konfor sağlanarak virajın alındığı tecrübe edilmiştir. Daha yüksek hızlarda ise konforun iyice azaldığı ve risk faktörünün arttığı gözlemlenmiştir. Fakat; viraja giriş açısı, aracın yol tutuşu gibi parametreler göz önünde bulundurulduğunda 80 km/sa ile 85 km/sa hız aralığında da virajın alınabileceği öngörülmektedir. Burada bulanık mantık kullanımı, klasik yöntemle göre daha doğru bir sonuç vermektedir. Ayrıca bulanık mantığın; keskin virajlarda ise eşik hızın daha düşük olmasını sağlamasıyla sürüş güvenliğini artırması göze çarpmaktadır. Bu verim artışı özellikle güvenli sürüş opsiyonu kullanıldığında ortaya çıkmaktadır. Fakat viraj yarıçapının örnekteki daha büyük olduğu durumlarda, bulanık mantık yardımıyla bulunan eşik hızın gereğinden fazla olması ihtimali de ihmal edilmemelidir.

İhlal verileri karşılaştırıldığında ise klasik yöntemin ve bulanık mantığın sonuçları arasındaki farklılık derinleşmektedir. Yukarıda da belirtildiği üzere birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci sıradaki virajlar saha sürüşleriyle test edilmiştir. Klasik

yöntemle elde edilmiş verileri Çizelge 8.5 üzerinde incelendiğinde, standart sürüşün beşinci virajında hız aşımının yalnızca 0,13 km/sa olmasına rağmen kesin ihlal durumu oluşturduğu görünmektedir. Benzer örnekler, güvenli sürüşün dördüncü virajında ve riskli sürüşün beşinci virajında da bulunmaktadır. Uygulamanın klasik yöntem şikkında çalıştığı durumda, kesin ihlal durumu oluşması sebebiyle kullanıcıya hem sesli hem de görsel olarak ihlal uyarısı verilmektedir. Bu denli küçük hız farklılıklarında dahi hem sesli hem de görsel uyarıların verilmesi sürücünün konsantrasyonunu kaybetmesine, yanlış yönleneğine sebebiyet verebilecektir. Bulanık mantık ihlal verilerinin bulunduğu Çizelge 8.6 incelendiğinde benzer küçük hız aşımının bulunduğu görünmektedir. En yakın örnekler ise standart sürüşün dördüncü virajındaki ve riskli sürüşün birinci ve beşinci virajlarındaki durumlardır. Riskli sürüşün beşinci virajının verilerini inceleysek, burada yalnızca 0,65 km/sa hız aşımı yapılmıştır. Fakat ihlal üyelik derecesi incelendiğinde %87,65'lik bir sonuç karşımıza çıkmaktadır. Açmamız gerekirse bu sonuç; uygulamanın bulanık mantık şikkında çalıştığı durumlarda, sürücüye yalnızca görsel olarak ihlal uyarısı vermesine sebep olmaktadır. Bu sayede sürücünün çok küçük hız aşımında alacağı, sürüş sırasında dikkat dağıtıcı etmenlerden biri olabilecek sesli uyarılardan kaçınılmaktadır. Bunun da konsantrasyonun gereksiz kaybını engelleyeceği ve sürüş güvenliğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca ihlal uyarısı içeriği ihlal üyelik derecesinin yüksekliğine ve azlığına göre değişmektedir. Bu çalışmada ihlal üyelik derecesinin %90 ve üstü olduğu durumlarda sürücüye hem görsel hem de sesli uyarı verilmektedir.

Simülasyon ortamında, bulanık mantık uygulamasıyla oluşturulan veriler bu durumun önemini daha iyi göstermektedir. Klasik yöntemde tüm sürüş opsiyonlarında tek seferlik hem görsel hem de sesli uyarı verildiği açıkça görünmektedir. Uygulama bulanık mantık tabanlı çalışırken oluşan verilere bakıldığında ise bu durum değişmektedir. Örnek olarak standart sürüş opsiyonunda, ikinci sıradaki virajı incelediğimizde ilk ihlal uyarısı, viraja 347 metre kala %99,95 ihlal üyelik derecesi oluşması sonucunda hem görsel hem sesli olarak verilmektedir. Ardından viraja 224 metre kala %85,65 ihlal üyelik derecesi elde edilmekte ve ikinci ihlal uyarısı görsel olarak verilmektedir. İlk ihlal uyarısında hız 60 km/sa iken ikinci ihlal uyarısında 54 km/sa'tir. İlk durumda da hız aşımı 10 km/sa olarak görülmekteyken ikinci durumda ise yalnız 4 km/sa hız aşımı bulunmaktadır. Üçüncü, yani son ihlal uyarısında ise hız

aşımı için yalnızca 2 km/sa fark kalmıştır. Üçüncü uyarı sürücüyeye, viraja 56 metre kala verilmektedir. Sürüş opsiyonu, hız aşımı ve gnss uydu sayısı girdilerinin sonucunda ihlal üyelik derecesi çıktısı %80,85 olarak bulunmaktadır. İhlal üyelik derecesinin bulunduğu aralıktan dolayı, ihlal uyarısı sürücüyeye yalnızca düşmesi gerektiği hızı bildiren bir şekilde görsel olarak verilmektedir.

Tüm bu bilgilerin ışığında, ayrı ayrı hem klasik yöntemle ve hem de bulanık mantıkla çalışan uygulamanın verileri karşılaştırıldığında; bulanık mantığın, klasik yöntemle kıyasla güvenli sürüşe katkısının daha fazla olduğu görülmektedir. Bu çalışmada; bulanık mantığın birden çok parametrenin etkisi altında gerçekleşen olaylar için klasik yöntemle göre çok daha verimli, faydalı ve doğru veri ürettiği sonucuna varılmıştır.

8.2 Öneriler

Uygulamanın çalışma verimliliğinin artırılması için Geometrik ve Mekanik Yaklaşım bölümünde oluşturulan matematiksel modelleri geliştirilmelidir. Yolların eğimi ve genişliği, kullanılan asfaltın sürtünme katsayısı gibi parametrelerin de elde edilmesi durumunda daha doğru sonuçlar verecek bir matematiksel model oluşturulabilir. Ayrıca bu çalışmada bir yaklaşımla hesaplanarak işlem gören eşik ivme; araç marka, modeli, model yılına göre üretici beyanlarına uygun olarak belirlenebilir. Bu iki geliştirme sonucunda; virajlara girilmesi gereken eşik hızının hesaplanması, daha yüksek doğruluğa sahip olacak şekilde gerçekleşecektir.

Ayrıca Viraj Analizi bölümünde anlatılan virajların tespiti de iyileştirme yapılabilecek konulardan bir tanesidir. Karşılaşılabilecek viraj çeşitlerinin analizi ve dijital harita sağlayıcı servisten bu analize uygun bir şekilde alınacak koordinat bilgileriyle, virajların daha yüksek doğrulukta tespit edebileceği bir algoritmanın geliştirilme imkanı mevcuttur. Bu yaklaşımların iyileştirilmesi sayesinde; çok daha verimli bir güvenli sürüş uygulaması yapılabilir, sürücülerin çok daha güvenli sürüş gerçekleştirmesi sağlanabilir.



KAYNAKLAR

- Akhtar N., Gupta S. ve Pandey K.** (2014). Mobile Application for Safe Driving, Communication Systems and Network Technologies. Adres: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6821388/>
- Alcı, M., ve Karatepe, E.** (2002). Bulanık Mantık ve Matlab Uygulamaları. Baskı 1, Sf. 17. Adres: http://egefuzzylogic.weebly.com/uploads/4/9/1/9/49194479/fuzzy_matlab_uygulamalari.pdf
- Altay, İ.** (2014). *Akıllı Araçlar Kapsamında İleri Sürüş Destek Sistemlerinde Sensör Füzyonu* (doktora tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi. Adres: <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/14047/1/10054850.pdf>
- Baba, A. F.** (1995). *Triga Mark-II Reaktörünün Bulanık Kontrolü* (doktora tezi), Marmara Üniversitesi.
- Bayrakçeken, H. ve Yeşilirmak M.** (2009). Taşıtlarda İvmenin Etkileri ve İvme Ölçümleri, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu. Adres: http://iats09.karabuk.edu.tr/press/bildiriler_pdf/IATS09_07-99_992.pdf
- Beichner, R. J. ve Serway R. A.** (2008). Fen ve Mühendislik İçin Fizik 1 (Mekanik, Mekanik Dalgalar, Termodinamik). Baskı 5, Sf. 91-92.
- Bhukhiya, M., Dantu R., Fazeen M., Gonzalez M. C. ve Gozick B.** (2012). Safe Driving Using Mobile Phones, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. Adres: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6171850/?part=1>
- Çavdar, A. ve Bayrakçeken, H.** (2006). Otomobillerde Kullanılan Frenleme Yardımcı Sistemlerinin İncelenmesi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*. Cilt 3, sayı. 1, Sf. 50-59. Adres: <http://teknolojikarastirmalar.com/frmDetayTR.aspx?IDDergi=1&IDIcerik=75>
- Çavdar, A., Uçar, M. ve Kılıçaslan, İ.** (2008). Trafik Kazalarına Sebep Olan Yüksek Hız Kusurlarının Denetimi ve Aktif Güvenlik Sistemler İle Kontrolü, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. Cilt 23, sayı. 1, Sf. 187-198. Adres: <http://www.mmfdergi.gazi.edu.tr/article/view/1061000206>
- Gencer, C., Kumaş, H. ve Maraş H.** (2012). Ağır Araçlar İçin Yol Eğimi ve Viraj Yarıçapı Dikkate Alınarak En Hızlı Güzergahın Belirlenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*. Cilt 27, sayı. 2, Sf. 385-395. Adres: <http://www.mmfdergi.gazi.edu.tr/article/view/1061000538/1061000505>

- Gertsch, J., McLandress, A. S., Rogers, S. O., Schroedl, S., Taliwal, V., Kenneth, C. ve Wilson, H.** (2007). Curve Rollover Warning System For Trucks, *United States Patent*, No: US 2007/0008090 A1 tarih: 11.01.2007
- Gürer, İ. ve Gürer N.** (2004). Trafikte Yol, Çevre ve Meteorolojik Faktörler, *II. Trafik Şurası*. Adres: http://www.trafik.gov.tr/SiteAssets/Yayinlar/Bildiriler/pdf/Nilufer_Gurer.pdf
- Karcioğlu, Ö. ve Yıldırım, G. Ö.** (2006). Acil Tıp Sisteminde Sürüş Güvenliği ve Acil Araç Sürücülerinin Eğitimleri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. Cilt 20, sayı. 3, Sf. 135-142. Adres: <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/53404>
- Kehr, F., Michahelles, F., Paefgen, J. ve Zhai Y.** (2012). Driving Behavior Analysis With Smartphones: Insights From a Controlled Field Study, Proceedings of the 11th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia. Adres: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2406412&preflayout=flat>
- Koc, B. ve Liu B.** (2013). SafeDriving: A Mobile Application For Tractor Rollover Detection And Emergency Reporting, *Computers and Electronics in Agriculture, University of Missouri*. Cilt 98, Sf. 117-120. Adres: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169913001701>
- Kondoh, H., Minowa T., Takezaki J. ve Ueki N.** (2000). Support System for Safe Driving, *Hitachi Review*. Cilt 49, sayı 3. Adres: http://www.hitachi.com/rev/pdf/2000/r2000_03_103.pdf
- Lee, C. C.** (1990). Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller, Bölüm-I, *IEEE Trans. Syst., Man and Cybern.* Baskı 20, No 2, Sf. 404-415.
- Meiring, G. A. M. ve Myburgh, H. C.** (2015). A Review of Intelligent Driving Style Analysis Systems and Related Artificial Intelligence Algorithms, *Pretoria Üniversitesi Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Departmanı*. Alındığı tarih: 27.01.2017, adres: <http://www.mdpi.com/1424-8220/15/12/29822>
- Özaçmak, K.** (2011). *Analysis Of Experimental Data Collected By Drivesafe Vehicle Uyanik* (yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi. Adres: <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/10059/1/11570.pdf>
- Özen, E., Genç, E. ve Kaya, Z.** (2014). Trafik Kazalarının Nedenlerine İlişkin Düşünceler ve Trafikte Farkındalık: Uşak İli Örneği, *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*. Adres: <http://acikerisim.usak.edu.tr:8080/xmlui/handle/usak/339>
- Özkan, M. M.** (2003). Bulanık Hedef Programlama. Baskı 1, Sf. 123-124.
- Shirai, N., Hibino, K. ve Nishimura, T.** (1998). Obstacle Warning System For A Vehicle, *United States Patent*, No: US 5751211 tarih: 12.05.1998.
- Şentürk, M.** (2011). *Taşıt Dinamiği Kontrolcüsü ve Sanal Sensörü Geliştirilmesi İçin Araç İçi Test ve Donanım İçeren Simülasyon Altyapısı* (yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi. Adres: <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/2942/1/12139.pdf>

- Türker, G. F. ve Kutlu, A.** (2016). Mobil Cihaz Temelli Araç Hız Uyarı Sistemi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. Cilt 20, sayı. 1, Sf. 8-15. Adres: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/sdufenbed/article/view/1089005262>
- Zadeh, L.** (1971). On Fuzzy Algorithms, *Electron. Res. Lab., California, Berkeley, Memo*.
- Url-1** <<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21611>>, Türkiye İstatistik Kurumu. Alındığı tarih: 10.12.2016.
- Url-2** <<https://cobanoglu.wikispaces.com/file/view/bulanikmantik.pdf>>, Çobanoğlu, Bülent, *Niksar MYO / GOP Üniversitesi*. Alındığı tarih: 10.07.2017.
- Url-3** <<http://www.oyakcimento.com/i/assets/documents/Geometri.pdf>>, Oyak Çimento. Alındığı tarih: 10.06.2017.
- Url-4** <http://hilmi.trakya.edu.tr/ders_notlari/mtm/mtm.pdf>, B. Özdalyan. Alındığı tarih: 11.06.2017.
- Url-5** <<https://developer.android.com/index.html>>, Google Inc. Alındığı tarih: 17.04.2017.
- Url-6** <<https://developers.google.com/maps/documentation/android-api/>>, Google Inc. Alındığı tarih: 18.04.2017.
- Url-7** <<http://www.fuzzylite.com/>>, Juan Rada-Vilela. Alındığı tarih: 08.05.2017.
- Url-8** <<http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Yayinlar/YayinPdf/karayollarindaHiz.pdf>>, T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü. Alındığı tarih: 10.07.2017.

- [1] **Url-1** <<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21611>>, Türkiye İstatistik Kurumu. Alındığı tarih: 10.12.2016.
- [2] **Özen, E., Genç, E. ve Kaya, Z.** (2014). Trafik Kazalarının Nedenlerine İlişkin Düşünceler ve Trafikte Farkındalık: Uşak İli Örneği, *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*. Adres: <http://acikerisim.usak.edu.tr:8080/xmlui/handle/usak/339>
- [3] **Çavdar, A. ve Bayrakçeken, H.** (2006). Otomobillerde Kullanılan Frenleme Yardımcı Sistemlerinin İncelenmesi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*. Cilt 3, sayı. 1, Sf. 50-59. Adres: <http://teknolojikarastirmalar.com/frmDetayTR.aspx?IDDergi=1&IDicerik=75>
- [4] **Türker, G. F. ve Kutlu, A.** (2016). Mobil Cihaz Temelli Araç Hız Uyarı Sistemi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. Cilt 20, sayı. 1, Sf. 8-15. Adres: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/sdufenbed/article/view/1089005262>
- [5] **Özaçmak, K.** (2011). *Analysis Of Experimental Data Collected By Drivesafe Vehicle Uyanik* (yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi. Adres: <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/10059/1/11570.pdf>
- [6] **Meiring, G. A. M. ve Myburgh, H. C.** (2015). A Review of Intelligent Driving Style Analysis Systems and Related Artificial Intelligence Algorithms, *Pretoria Üniversitesi Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Departmanı*. Alındığı tarih: 27.01.2017, adres: <http://www.mdpi.com/1424-8220/15/12/29822>
- [7] **Shirai, N., Hibino, K. ve Nishimura, T.** (1998). Obstacle Warning System For A Vehicle, *United States Patent*, No: US 5751211 tarih: 12.05.1998.
- [8] **Gertsch, J., McLandress, A. S., Rogers, S. O., Schroedl, S., Taliwal, V., Kenneth, C. ve Wilson, H.** (2007). Curve Rollover Warning System For Trucks, *United States Patent*, No: US 2007/0008090 A1 tarih: 11.01.2007
- [9] **Karcioğlu, Ö. ve Yıldırım, G. Ö.** (2006). Acil Tıp Sisteminde Sürüş Güvenliği ve Acil Araç Sürücülerinin Eğitimleri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. Cilt 20, sayı. 3, Sf. 135-142. Adres: <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/53404>
- [10] **Gencer, C., Kumaş, H. ve Maraş H.** (2012). Ağır Araçlar İçin Yol Eğimi ve Viraj Yarıçapı Dikkate Alınarak En Hızlı Güzergahın Belirlenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*. Cilt 27, sayı. 2, Sf. 385-395. Adres: <http://www.mmfdergi.gazi.edu.tr/article/view/1061000538/1061000505>
- [11] **Altay, İ.** (2014). *Akıllı Araçlar Kapsamında İleri Sürüş Destek Sistemlerinde Sensör Füzyonu* (doktora tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi. Adres: <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/14047/1/10054850.pdf>
- [12] **Kehr, F., Michahelles, F., Paefgen, J. ve Zhai Y.** (2012). Driving Behavior Analysis With Smartphones: Insights From a Controlled Field Study, *Proceedings of the 11th International Conference on Mobile and*

<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2406412&preflayout=flat>

- [13] **Akhtar N., Gupta S. ve Pandey K.** (2014). Mobile Application for Safe Driving, Communication Systems and Network Technologies. Adres: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6821388/>
- [14] **Bhukhiya, M., Dantu R., Fazeen M., Gonzalez M. C. ve Gozick B.** (2012). Safe Driving Using Mobile Phones, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. Adres: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6171850/?part=1>
- [15] **Koc, B. ve Liu B.** (2013). SafeDriving: A Mobile Application For Tractor Rollover Detection And Emergency Reporting, *Computers and Electronics in Agriculture*, University of Missouri. Cilt **98**, Sf. 117-120. Adres: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169913001701>
- [16] **Kondoh, H., Minowa T., Takezaki J. ve Ueki N.** (2000). Support System for Safe Driving, *Hitachi Review*. Cilt **49**, sayı 3. Adres: http://www.hitachi.com/rev/pdf/2000/r2000_03_103.pdf
- [17] **Gürer, İ. ve Gürer N.** (2004). Trafikte Yol, Çevre ve Meteorolojik Faktörler, *II. Trafik Şurası*. Adres: http://www.trafik.gov.tr/SiteAssets/Yayinlar/Bildiriler/pdf/Nilufer_Gurer.pdf
- [18] **Bayrakçeken, H. ve Yeşilirmak M.** (2009). Taşıtlarda İvmenin Etkileri ve İvme Ölçümleri, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*. Adres: http://iats09.karabuk.edu.tr/press/bildiriler_pdf/IATS09_07-99_992.pdf
- [19] **Çavdar, A., Uçar, M. ve Kılıçaslan, İ.** (2008). Trafik Kazalarına Sebep Olan Yüksek Hız Kusurlarının Denetimi ve Aktif Güvenlik Sistemler İle Kontrolü, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. Cilt **23**, sayı. 1, Sf. 187-198. Adres: <http://www.mmfdergi.gazi.edu.tr/article/view/1061000206>
- [20] **Özkan, M. M.** (2003). Bulanık Hedef Programlama. Baskı **1**, Sf. 123-124.
- [21] **Alcı, M., ve Karatepe, E.** (2002). Bulanık Mantık ve Matlab Uygulamaları. Baskı **1**, Sf. 17. Adres: http://egefuzzylogic.weebly.com/uploads/4/9/1/9/49194479/fuzzy_matlab_uygulamalari.pdf
- [22] **Url-2** <<https://cobanoğlu.wikispaces.com/file/view/bulanikmantik.pdf>>, Çobanoğlu, Bülent, *Niksar MYO / GOP Üniversitesi*. Alındığı tarih: 10.07.2017.
- [23] **Baba, A. F.** (1995). *Triga Mark-II Reaktörünün Bulanık Kontrolü* (doktora tezi), *Marmara Üniversitesi*.
- [24] **Zadeh, L.** (1971). On Fuzzy Algorithms, *Electron. Res. Lab., California, Berkeley, Memo*.
- [25] **Lee, C. C.** (1990). Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller, Bölüm-I, IEEE Trans. Syst., Man and Cybern. Baskı **20**, No 2, Sf. 404-415.

- [26] **Url-3** <<http://www.oyakcimento.com/i/assets/documents/Geometri.pdf>>, Oyak Çimento. Alındığı tarih: 10.06.2017.
- [27] **Beichner, R. J. ve Serway R. A.** (2008). Fen ve Mühendislik İçin Fizik 1 (Mekanik, Mekanik Dalgalar, Termodinamik). Baskı 5, Sf. 91-92.
- [28] **Url-4** <http://hilmi.trakya.edu.tr/ders_notlari/mtm/mtm.pdf>, B. Özdalyan. Alındığı tarih: 11.06.2017.
- [29] **Şentürk, M.** (2011). *Taşıt Dinamiği Kontrolcüsü ve Sanal Sensörü Geliştirilmesi İçin Araç İçi Test ve Donanım İçeren Simülasyon Altyapısı* (yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi. Adres: <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/2942/1/12139.pdf>
- [30] **Url-5** <<https://developer.android.com/index.html>>, Google Inc. Alındığı tarih: 17.04.2017.
- [31] **Url-6** <<https://developers.google.com/maps/documentation/android-api/>>, Google Inc. Alındığı tarih: 18.04.2017.
- [32] **Url-7** <<http://www.fuzzylite.com/>>, Juan Rada-Vilela. Alındığı tarih: 08.05.2017.
- [33] **Url-8** <<http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Yayinlar/YayinPdf/karayollarindaHiz.pdf>>, T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü. Alındığı tarih: 10.07.2017.

EKLER

EK A: Güvenli Sürüş Uygulaması Kaynak Kodu, adres:
<http://www.mechuniqu.com/safedrive.html>





ÖZGEÇMİŞ

VESİKALIK
FOTO

Ad Soyad: Berat Can Şenel

Doğum Yeri ve Tarihi: Denizli / 27.02.1990

Adres: Atatürk Mah. 8838/22 Sk. No:4 D:8 Çiğli / İZMİR

E-Posta: beratcansenel@gmail.com

Lisans: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

2016-...	Genel Müdür <i>Ajans Oberon Hizmetler Grubu San. ve Tic. Ltd. Şti.</i> Patent başvurularının analizi, araştırması, teknik yazımının ve teknik çizimlerin yapılması, kurumsal yapının oluşturulması, şirket içi iletişim platformunun kurulması, diğer idari işlerin takip edilmesi ve şirket içi ve dışı işlevselliğin korunması.
2015-...	Yönetim Kurulu Başkanı <i>Softek Bilişim Teknoloji ve Yazılım İç ve Dış Tic. A.Ş.</i> Şirket içi organizasyonun sağlanması için ihtiyaçlara yönelik müşteri ilişkileri yönetimi yazılımının yapılması, ön muhasebe ve giderlerin azaltılması, ofis içi disiplinin sağlanması, ithalat ve ihracat için yurt dışı müşteri ve tedarikçiler ile bağlantıların sağlanması, ürün geliştirme çalışmalarının yapılması.
2014-...	İşletme Sahibi <i>Berat Can Şenel Alesta Yazılım Filo Yönetim Sistemleri Ticaret</i> KOSGEB desteklerinin araştırılması ve başvurularının yapılması, kurumsal kimlik çalışması yapılması ve marka tescil işlemlerinin takip edilmesi, yazılım geliştirme faaliyetleri, yurt dışından cihaz ithal edilmesi ve ülke içindeki gerekli kurumlara her türlü kaydının eksiksiz yapılması, garanti belgesi ve satış sonrası hizmet yeterlilik belgesi için servis sözleşmesi imzalanması ve takip edilmesi, türkçe kullanım kılavuzlarının oluşturulması, pazar araştırması yapılması ve satış ağı kurulması, makina tasarımları, projelendirmeleri ve analizleri makina mühendisliği.
2012-2014	İşletme Sahibi (Çözüm Ortağı)

	<i>Berat Can Şenel Alesta Yazılım Filo Yönetim Sistemleri Ticaret</i> Horizont Electronic Vertriebs GmbH şirketinin çözüm ortağı olarak; yazılım geliştirme faaliyetleri ve bu faaliyetlerin organizasyonu için yazılım ekibinin kurulması, yurt dışından cihaz ithal edilmesi ve ülke içindeki gerekli kurumlara her türlü kaydının eksiksiz yapılması, garanti belgesi ve satış sonrası hizmet yeterlilik belgesi için servis sözleşmesi imzalanması ve takip edilmesi, türkçe kullanım kılavuzlarının oluşturulması, pazar araştırması yapılması ve satış ağı kurulması.
2011-2012	Yazılım Geliştirme <i>Horizont Electronic Vertriebs GmbH (Berlin-ALMANYA)</i> İnternet sitesi tasarımı ve kodlanması, araç takip sistemi portalının geliştirilmesi, araç takip sistemine yeni fonksiyonlar eklenmesi.

Yayın ve Patent Listesi: Gezer, O. ve Şenel, B. C. (2013). Bir Boru Networkuna Ait Basınç Düşümünün, Hız ve Dağılım Profillerinin Hesaplanması Analizi (lisans tezi).

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- IDAP 2017 – IEEE Bildirisi, ID:142
- UBMK 2017 – IEEE Bildirisi, ID:139
- Makale
- Kitap