T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VİDEO GÖRÜNTÜLERİ YARDIMIYLA UYKULU SÜRÜCÜLERİN TESPİTİ

Serap KÜÇÜKMANİSA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Haberleşme Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Bülent BOLAT

Temmuz, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VİDEO GÖRÜNTÜLERİ YARDIMIYLA UYKULU SÜRÜCÜLERİN TESPİTİ

Serap KÜÇÜKMANİSA tarafından hazırlanan tez çalışması çalışması 04.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı, Haberleşme Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Bülent BOLAT

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Bülent BOLAT, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Burcu ERKMEN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Mürvet KIRCI, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Bülent BOLAT sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Video Görüntüleri Yardımıyla Uykulu Sürücülerin Tespiti başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Serap KÜÇÜKMANİSA

İmza

Biricik eşime

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup beni yönlendiren, yardımcı olan değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Bülent BOLAT'a teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans sürecinde benden desteğini bir an için bile esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili eşim Ayhan KÜÇÜKMANİSA'ya ve tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili babam Yusuf AYDIN ve annem Ayten AYDIN'a sonsuz teşekkür ederim.

Serap KÜÇÜKMANİSA

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ vii

ŞEKİL LİSTESİ viii

TABLO LİSTESİ ix

ÖZET x

ABSTRACT xi

1 Giriş 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 2

1.3 Hipotez 3

2 Uykulu Sürücü Tespit Sistemleri 4

2.1 Giriş 4

2.2 Sürücü Temelli Yöntemler 5

2.2.1 Fiziksel Temelli Yöntemler 5

2.2.2 Psikolojik Temelli Yöntemler 10

2.3 Araç Temelli Yöntemler 12

3 Önerilen Yöntem 15

3.1 Giriş 15

3.2 Şerit İşareti Tespit Yöntemi 16

3.2.1 Ön İşlem 16

3.2.2 Şerit Çizgilerinin Tespiti 18

3.2.3 Hough Dönüşümü Sonrası Elde Edilen Çizgiler 19

3.2.4 Son İşlem 20

3.2.5 Deneysel Sonuçlar 21

3.3 Uykulu Sürücü Tespit Yöntemi 22
4 Sonuç ve Öneriler 29
Kaynakça 30
Tezden Üretilmiş Yayınlar 34

KISALTMA LİSTESİ

ANN	Artificial Neural Network
AVECLOS	AVErage of eye CLOSure
CNN	Convolutional Neural Network
ECG	Elektrokardiyogram
EEG	Elektroensefalografi
EMG	Elektromiyogram
EOG	Elektrookulogram
HRV	Heart Rate Variability
MSER	Maximally Stable Extremal Regions
NHTSA	Ulusal Otoyol Trafik Güvenliği Yönetimi
PERCLOS	PERcentage of eye CLOSure
PLSF	Piecewise Linear Stretching Function
RANSAC	RANdom SAmple Consensus
ROI	Region of Interest
sEMG	Yüzey Elektromiyogramı
SVM	Support Vector Machine

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Uykulu Sürücü Tespit Sistemlerinin Sınıflandırılması 5
Şekil 2.2 Sürücü yorgunluk durumları [9] (a)Orta derecede uyuşukluk (b) Şiddetli uyku hali 6
Şekil 2.3 Fiziksel temelli sürücü yorgunluk sistemi örnek kamera yerleşimi 6
Şekil 2.4 Fiziksel Temelli Sürücü Yorgunluk Sistemleri Yaklaşımları 7
Şekil 2.5 Örnek Bir Yüz İfadesi Temelli Çalışma [18] 10
Şekil 2.6 EEG Sinyalleri a) Beta Sinyali, b) Alpha Sinyali, c) Teta Sinyali, d) Delta Sinyali 11
Şekil 2.7 Örnek Şerit Değiştirme Durumu 13
Şekil 3.1 Şerit Değiştirme Durumları (a) İstemli Şerit Değişikliği (b) İstemsiz Şerit Değişikliği 16
Şekil 3.2 İlgi Alanı Belirleme (a) Giriş Görüntüsü (b) İlgi Alanı 17
Şekil 3.3 Şerit İşareti Filtresi a) Orijinal Görüntü b) Şerit Filtresi Sonucu c) Eşiklenmiş Şerit Filtresi Çıkışı 18
Şekil 3.4 Hough Dönüşümü Sonrası Elde Edilen Çizgiler 19
Şekil 3.5 Puanlama Yöntemi Parametreleri 19
Şekil 3.6 Hough Çizgilerinin Elenmesi a) Hough Çizgileri b) Puanlama Sonrası Tespit Edilen Şerit Çizgileri 20
Şekil 3.7 İzdüşümü ile Elde Edilen Şerit İşaretleri 21
Şekil 3.8 Açı Bilgileri 23
Şekil 3.9 CARLA Simülatörü Örnek Yol Görüntüsü 24
Şekil 3.10 Örnek Bir Şerit Değişikliği İçin Araç Açısının Değişimi 24
Şekil 3.11 Araç Açısı Verisinin Süzgeçlenmesi 25
Şekil 3.12 Sürüş Esnasında Oluşan Durumlar 26
Şekil 3.13 Sürüş Esnasında Oluşan Durumların 1.Dereceden Türevleri 26
Şekil 3.14 Türevlerin Mutlak Değerleri 27

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Nicel Performans Değerlendirmesi 22

Tablo 3.2 Şerit İşareti Tespit Yöntemlerinin PC üzerinde Bir Çerçeve İçin Ortalama Çalışma Süreleri 22

Tablo 3.3 Uykulu Sürücü Tespit Adım Aralıkları 27

Tablo 3.4 Test Senaryoları 28

ÖZET

Video Görüntüleri Yardımıyla Uykulu Sürücülerin Tespiti

Serap KÜÇÜKMANİSA

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bülent BOLAT

Sürücü hataları kaynaklı trafik kazaları diğer kaza sebeplerine göre daha çok can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Bu tür kazaların başlıca sebepleri olarak dikkatsizlik, uykusuzluk, kurallara uymama, hız limitlerine uymamak ve alkollü araç kullanmak gösterilebilir. Sürücü hataları kaynaklı kazaların azaltılması için çeşitli çalışmalar yapılmakta, yöntemler geliştirilmekte böylece günden güne iyileşen teknolojik destek sağlanmış olmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında dikkatsizlik ve uykusuzluk nedeniyle oluşabilecek kazaların önüne geçmek amacıyla özgün bir sürücü yorgunluk tespit sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem şerit işareti tespiti ve uykulu sürücü tespiti aşamaları olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Deneysel sonuçlar tez kapsamında önerilen yöntemin yüksek doğrulukla uykulu sürücüleri tespit edebildiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Hough dönüşümü, şerit işareti tespiti, uykulu sürücü tespiti

ABSTRACT

Detection of Drowsy Drivers via Video Images

Serap KÜÇÜKMANİSA

Department of Electronics and Communications Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Asst. Prof. Dr. Bülent BOLAT

Traffic accidents caused by driver errors cause more loss of life and property than other accidents. The main reason for such accidents are carelessness, drowsiness, non-compliance with the rules, failure to comply with speed limits and drink driving. Various studies are carried out to reduce accidents caused by driver errors, and methods are developed so that day-by-day technological support is provided.

In order to prevent accidents due to carelessness and drowsiness, a novel driver drowsiness detection system is developed. The developed method consists of two stages: lane marking detection and drowsy driver detection. Experimental results show that the proposed method can detect drowsy drivers with high accuracy.

Keywords: Hough Transform, lane marking detection, drowsy driver detection

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

Ülkemizde en yaygın kullanılan ulaşım türü karayollarıdır. Karayollarının gelişmesiyle motorlu taşıtların sayısı gün geçtikçe artmakta ve beraberinde trafik yoğunluğu ve trafik kazalarını getirmektedir. Karayolu taşımacılığı, başlangıç ve varış noktaları arasında aktarmasız bir taşımaya olanak sağlaması, öteki taşıma türlerine kıyasla daha hızlı olması ve özellikle kısa mesafeli taşımalarda nispeten ucuz olması nedeniyle bazı avantajlara sahiptir. Özel sektör eliyle yürütülen karayolu taşımacılığında hiyerarşi ve emir komuta zincirinin hızlı işlemesi diğer bir avantaj olarak gözükmektedir.

Buna karşılık, karayolu taşımacılığının birim taşımada gerek yolcu/km, gerek ton/km maliyeti, tükettiği enerji miktarı, kullandığı enerji türü, yol açtığı çevre kirliliği, yüksek kaza riski ve özellikle uluslararası siyasi ve ekonomik konjonktürde meydana gelen gelişmeler karşısında göreceli olarak hassas ve kırılgan bir yapı arzetmesi nedeniyle, bazı dezavantajları da bulunmaktadır [2]. 2013 verilerine göre ülkemizde her gün ortalama 2 bin 866 maddi hasarlı ve 442 ölümlü, yaralanmalı trafik kazası gerçekleşiyor. Trafik kazalarının başlıca sebepleri yüzde 88,7 sürücü, yüzde 9 yaya, yüzde 1 yol ve 0,4 yolcu kusurları oluşturmaktadır [3]. NHTSA (Ulusal Otoyol Trafik Güvenliği Yönetimi) araştırmasına göre ABD'de 1.550'si ölümlü 40.000 yaralamalı, 56.000 trafik kazasında sürücülerin uyuyakalmasının sebep olduğu belirtilmiştir [4]. NHTSA'ya göre ölümcül, tek araçlı ve yoldan çıkarak oluşan kazalarda en belirgin sebep sürücü dikkatini etkileyen uykululuk hali, alkollü olma ve hızlı sürüş durumlarıdır [5]. Trafikte ölümlü kazaların %3,6'sı uykululuk ve yorgunluk hali ile ilişkilidir [6]. Ülkemizde sanılanın aksine trafik kazalarında en büyük etken alkollü araç kullanımı değil yorgun sürücülerdir. Avrupa'da trafikte sürücü kaynaklı kazalarda; Uykululuk halinden kaynaklanan kazaların oranı %1-16 iken ülkemizde bu oran %70,02 olmaktadır [7]. Sürücüler aşırı hız, hatalı sollama,

dikkatsizlik, uykusuzluk, alkollü araç kullanmak gibi nedenlerden dolayı kazalara sebebiyet vermektedirler. Özellikle ağır vasıta ve ticari araç sürücüleri çeşitli nedenlerden dolayı uykusuz ve yorgun bir şekilde trafiğe çıkmaktadırlar. Uykusuzluk sürücünün tepki zamanı, dikkat, algılama, muhakeme ve koordinasyon gibi zihinsel ve psikomotor becerilerini olumsuz yönde etkileyerek sürüş performansını düşürmektedir. Uykulu ve/veya dikkatsiz sürücülerin neden olduğu trafik kazaların önlenmesi için uykulu sürücü tespit sistemleri öne çıkmaktadır.

Literatürde sürücü özelliklerinden faydalanan ve araç özelliklerinden faydalanan görüntü işleme temelli uykulu sürücü tespit sistemleri bulunmaktadır. Sürücü temelli sistemler genellikle sürücülerin yüz bölgelerini görüntüleyen kameradan alınan görüntüler üzerinde işlem gerçekleştirmektedir. Bu işlemler göz kırpma, esneme ve kafa hareketlerinin tespitini temel almaktadır.

Araç temelli sistemlerinin en önemli çalışma konusu aracın bulunduğu şeritlerde hareketlerinin incelenmesidir. Bu amaçla şerit tespit sistemleri kullanılmaktadır. Tespit edilen şerit işareti konumları ve araç konumu birlikte yorumlanarak uykulu sürücüler tespit edilmektedir.

1.2 Tezin Amacı

Günümüzde artan araç sayısı ile birlikte trafik güvenliği de büyük önem kazanmaktadır. Trafik güvenliğini sağlamak amacıyla geliştirilen sürücülere sürüşleri sırasında kusurları ile ilgili destek veren sistemler İleri Sürücü Destek Sistemleri (Advanced Driver Assistance Systems - ADAS) olarak adlandırılmaktadır. Sürücülerin uykuya dalmaları durumunda araçlarının kontrolünü kaybederek istemsiz bir şekilde şerit değiştirebilmektedir. Bu durum ölümlü veya yaralanmalı kazalar ile sonuçlanabilmektedir. Bu durumun çözümü olarak bir ileri sürücü destek sistemi olan uykulu sürücü tespit sistemleri öne çıkmaktadır.

Uykulu sürücülerin tespiti için farklı sensörlerden faydalanan yöntemler literatürde mevcuttur. Bu tez çalışması kapsamında ortaya çıkacak olan yöntemin uygulanabilirlik ve maliyeti ön plana alınarak görüntü sensörü (kamera) kullanılmıştır. Kameradan alınan görüntülerde görüntü işleme yöntemleriyle tespit edilen şerit işareti konumları ve araç konumları yorumlanarak sürücülerin uykulu

durumlarında istemsiz şekilde şerit değişiklilerini tespit edebilen özgün bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Tez kapsamında geliştirilen uykulu sürücü destek sisteminin farklı ve olumsuz yol koşullarında gürbüz bir şekilde çalışması önemlidir. Ayrıca geliştirilen yöntemin düşük hesapsal işlem kapasitesine sahip platformlarda gerçek zamanlı çalışma yeteneğine sahip olması hedeflenmiştir.

1.3 Hipotez

Tez kapsamında geliştirilen uykulu sürücü destek sistemi iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada kameradan alınan görüntüler üzerinde gerçek zamanlı olarak şerit işaretlerini tespit eden özgün bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen şerit işareti tespit yöntemi farklı ve zorlu yol koşullarına sahip görüntü veri setlerinde test edilmiştir. Bu testler sonucunda geliştirilen yöntemin literatürde önerilen yönemler ile karşılaştırıldığında düşük hesapsal yük ile başarılı bir şekilde şerit işaretlerini tespit edebildiği görülmüştür.

Tezin ikinci aşamasında ilk aşamada tespit edilen şerit işaretleri konumlarının zamansal değişimi incelenerek aracın hareket durumunun analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda araçların istemli ve istemsiz şerit değişiklikleri geliştirilen özgün bir yöntem ile tespit edilmektedir.

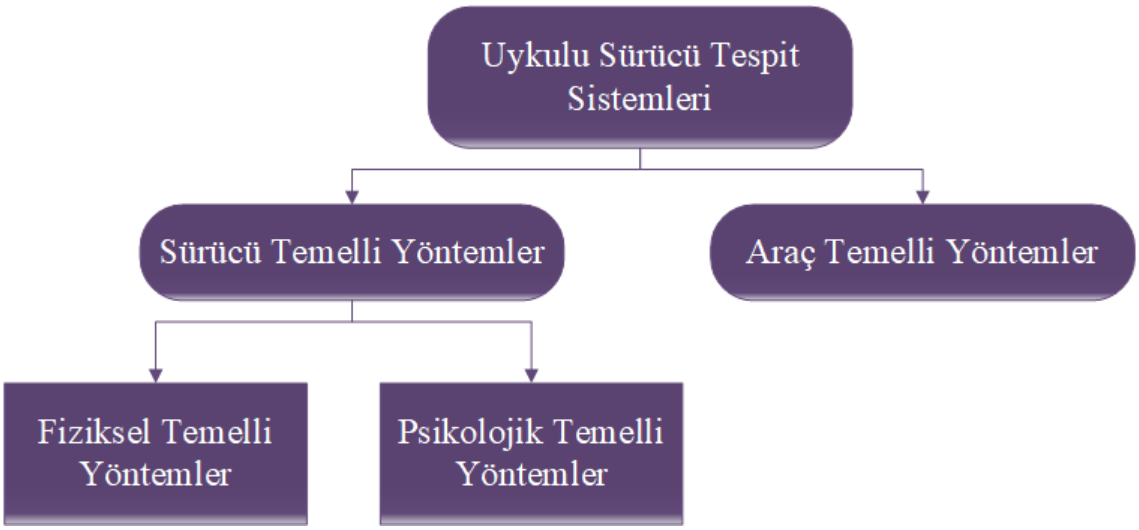
2
Uykulu Sürücü Tespit Sistemleri

2.1 Giriş

Karayolu güvenliği arttırmak ve sürücü kusurlarından kaynaklanan kazaları azaltmak için sürücülere destek olacak ileri sürücü destek sistemleri adı verilen uyarıcı sistemler günümüzde geliştirilmektedir. İleri sürücü destek sistemleri sadece gaz ve fren kontrol sistemlerinden de ibaret değildir. Park sensörleri ve çeşitli çarpma uyarı sistemleri, çarpışma önleyici sistemler, şerit ihlali uyarı sistemleri, kör nokta izleme sistemleri, ileri far sistemleri, gece görüşü yardımı gibi çeşitli uygulamalar bugün prototip olmaktan çıkıp ya standart olmuş ya da son kullanıcıya seçenek olarak sunulur hale gelmiştir.

Avrupa Komisyonu, i2010 Akıllı Araç Girişimi'nde özellikle üç sistemin yeni araçlarda standart hale getirilmesi gerekliliğinin altını çizmiştir. Bunlar otonom hız kontrol sistemi, şerit ihlali uyarı sistemi ve uykulu sürücüleri uyarma sistemidir [8].

Uykulu sürücü tespit sistemleri, sürücünün sürüş tutumunu analiz ederek değerlendirir ve sürüşü hakkında çıkarımlar yapar. Bu sistemler sürücünün normalden farklı bir sürüş davranışını algıladığında uyarı vermektedir. Uykulu sürücü tespit sistemleri literatürde sürücü temelli ve araç temelli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sürücü temelli sistemler ise kendi içinde fiziksel ve psikolojik olarak ayrılmaktadır. Fiziksel özelliğe dayanan çalışmalar sürücünün yüz, göz ve baş hareketlerini değerlendirir. Psikolojik özelliklere dayanan çalışmalar ise sürücüye bağlanan bir cihaz yardımıyla kalp atış hızı değişimini (Heart-rate variability - HRV), beyin aktivitesini (Electroencephalogram - EEG), electrooculogram (EOG) yardımıyla ölçülen göz hareketlerini analiz eder. Şekil 2.1' de uykulu sürücü tespit sistemlerinin sınıflandırılması gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Uykulu Sürücü Tespit Sistemlerinin Sınıflandırılması

2.2 Sürücü Temelli Yöntemler

Sürücü temelli sistemler fiziksel ve psikolojik temelli yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.2.1 Fiziksel Temelli Yöntemler

İnsanların yorgunluk durumlarında istemsiz olarak verdiği tepkiler bulunmaktadır. Bunlar göz kapaklarının hareketleri yavaşlaması ve göz kapakları uzun süre kapalı kalması, göz kırpmalarının sıklaşması, esneme ve kafalarını dik bir şekilde tutamamalarıdır. Şekil 2.2'de örnek sürücü yorgunluk durumları gösterilmektedir.

Görü yaklaşımlarından faydalanan sürücü ve fiziksel temelli yöntemlerde genel olarak sürücünün yüz bölgesi araç içine yerleştirilen bir kamerayla görüntülenmektedir. Şekil 2.3'te örnek bir görü temelli fiziksel temelli sürücü yorgunluk tespiti sisteminin araç içi kamera yerleşimi gösterilmektedir.

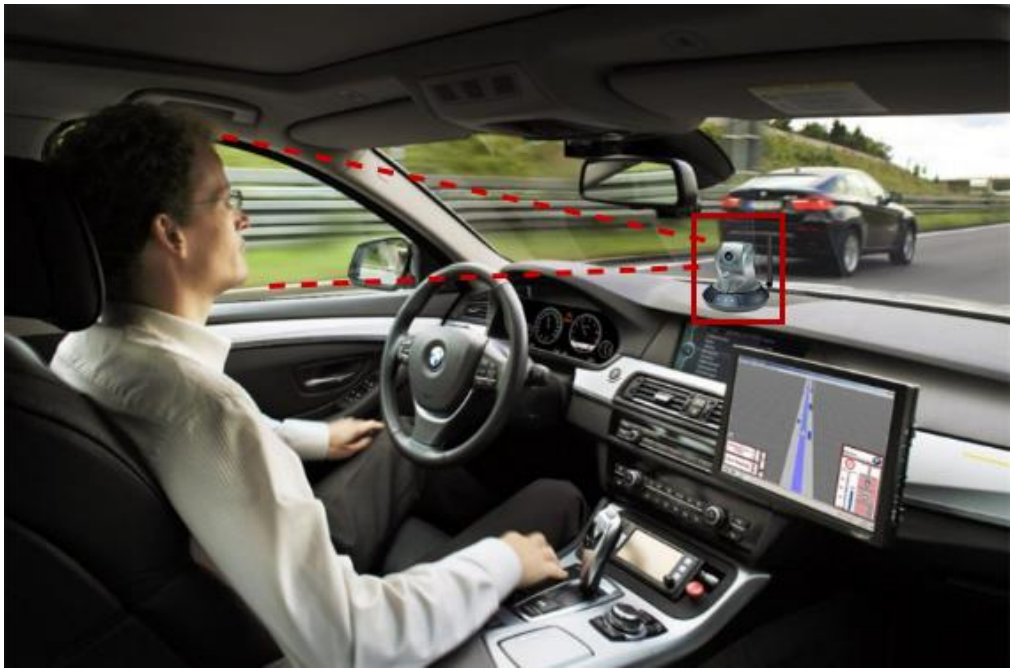


(a)



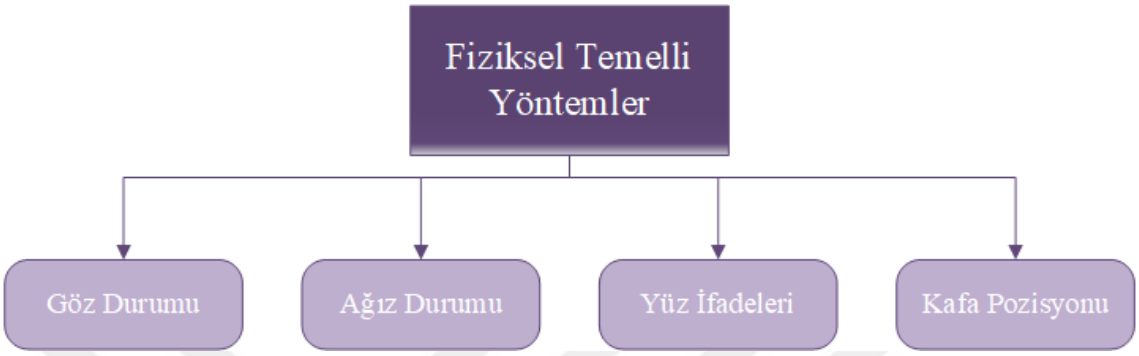
(b)

Şekil 2.2 Sürücü yorgunluk durumları [9] (a)Orta derecede uyuşukluk (b) Şiddetli uyku hali



Şekil 2.3 Fiziksel temelli sürücü yorgunluk sistemi örnek kamera yerleşimi

Araç içi kameraların yerleşim yerleri uygulamalar arasında farklılık gösterebilmektedir. Ancak temel olarak sürücülerin kafa bölgelerini görüntüleyecek şekilde bir yerleşim planı yapılmaktadır. Araç içi kameralardan alınan görüntüler üzerinden sürücülerin yorgunluk tespiti için farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu fiziksel temelli yaklaşımlar Şekil 2.4'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4 Fiziksel Temelli Sürücü Yorgunluk Sistemleri Yaklaşımları

2.2.1.1 Göz Durumu Yaklaşımları

Fiziksel özellik temelli yaklaşımlardan biri olan göz durumu için PERCLOS (PERcentage of eye CLOSure) ve AVECLOS (AVErage of eye CLOSure) olmak üzere iki yorgunluk belirleyici ölçüt bulunmaktadır. PERCLOS bir dakika içinde gözlerin %80 oranında kapalı olduğu zamanın oranı olarak tanımlanmaktadır [10, 11]. AVECLOS ise bir dakikalık aralıklarla gözlerin tamamen kapalı olduğu sürenin yüzdesidir.

Literatürde göz durumu üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda kızılötesi (Infrared - IR) kamera ve görünür bölge kameralarını kullanılabilmektedir. Kızılötesi kamera kullanan [12, 13]'te verilen yöntemler görüntülerde "kırmızı göz" şeklinde oluşan göz bebeğinin yüksek yansımasından faydalanmaktadır. Görünür bölge kameralarında gözün kapalı olduğunu tespiti için göz bebeği tespiti, göz köşelerinin tespiti, göz kapaklarının konumları gibi çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlara [14-16]'daki çalışmalar örnek verilebilir.

Otobüs sürücüleri için dome kamera kullanan bir çalışma [17]'de önerilmektedir. Baş ve omuzlar bir Histogram Gradyan (HoG) tanımlayıcısı kullanılarak algılanır ve sürücü algılama Destek Vektör Makinaları (Support Vektör Machine - SVM) tarafından gerçekleştirilir. Yüz ve göz algılamada, OpenCV kütüphanesinin yüz ve

göz dedektörü ile gerçekleştirilmektedir. Göz açıklığı doğrusal ve spektral regresyon kullanılarak hesaplanmaktadır. Önerilen çalışmada PERCLOS ölçütü kullanılmış ve gerçek sürüş koşullarında 23 sürücü ile test edilmiştir. Yöntem otobüse yerleştirilen dome kamera üzerinde çalışacak şekilde tasarlandığından farklı araçlarda kullanılmaya uygun değildir.

[18]'de bulanık sınıflandırmadan faydalanan bir yöntem sunulmaktadır. Bu yöntem uykulu durumunu 3 farklı seviyede sınıflandırmaktadır:düşük, orta, yüksek. Yüz bölgesi Haar-benzeri özellikler ile tespit edilirken sınıflandırmada kullanılan özellikler şablon eşleştirme ve yüz görüntüsünün projeksiyonu ile elde edilmektedir. Önerilen yöntem 5 farklı kişiyle gerçek sürüş ortamında test edilmiştir. Genel olarak yöntemin hesapsal yükü fazladır.

Göz durumunun en büyük dezavantajı sürücülerin güneş gözlüğü takması gibi gözlerin kamerada görülemeyeceği durumlardır. Bu durumlarda gözlerin açık, kapalı olması veya göz kırpma durumları tespit edilemeyeceğinden geliştirilen sistemler uykulu durumları tespit edemeyecektir.

2.2.1.2 Ağız Durumu Yaklaşımları

Göz durumu yorgunluk tespiti için popüler ve en çok kullanılan yaklaşım olmasına karşın esneme ve ağız açıklığı da yorgunluğun iyi bir göstergesidir.

[19]'da uykulu sürücü tespiti için esneme bilgisini temel alan bir yöntem önerilmektedir. Giriş görüntüsünde SVM temelli yöntem ile yüz tespit edilir. Tespit edilen yüz alanında gradyen kenar algılayıcıları ile ağız bölgesi belirlenmektedir. Sonrasında ağız bölgesine uygulanan dairesel Hough dönüşümü [20] ile esneme durumu tespit edilmektedir. Anlık tespit edilen esneme bilgisi bir esneme sayacı yardımıyla tutularak yorgunluk seviyesine karar verilmektedir. Önerilen yöntemde sistem performansı olarak %98 belirtilmesine karşın test edilen kişi sayısı ile ilgili bilgi verilmemektedir.

Esneme tespitinde Konvolüsyonel Sinir Ağı (Convolutional Neural Network -CNN) kullanan bir yöntem ise [21]'de önerilmektedir. Yöntemde yüz tespiti için derin bir CNN ve burun tespiti için derin bir Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network - ANN) kullanılmaktadır. Burun tespiti temel olarak ağızın yerinin bulunması için bir

referans noktası olarak değerlendirilmiştir. Son olarak esneme tespiti bir ANN kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ağız durumunu kullanan yaklaşımlarda yorgunluk seviyesi ağızın açık durumda olma süresiyle tespit edilmektedir. Ancak esneme halinde insanların istemsiz olarak ağızlarını kapamaları bu yaklaşımdan faydalanan sistemler için sorun olabilmektedir. Ayrıca ağız durumunu kullanan yaklaşımlarda sürücülerin konuşma durumlarında ağızlarının açılıp kapanması ile esnemenin başarılı bir şekilde ayırt edilmesi gerekmektedir.

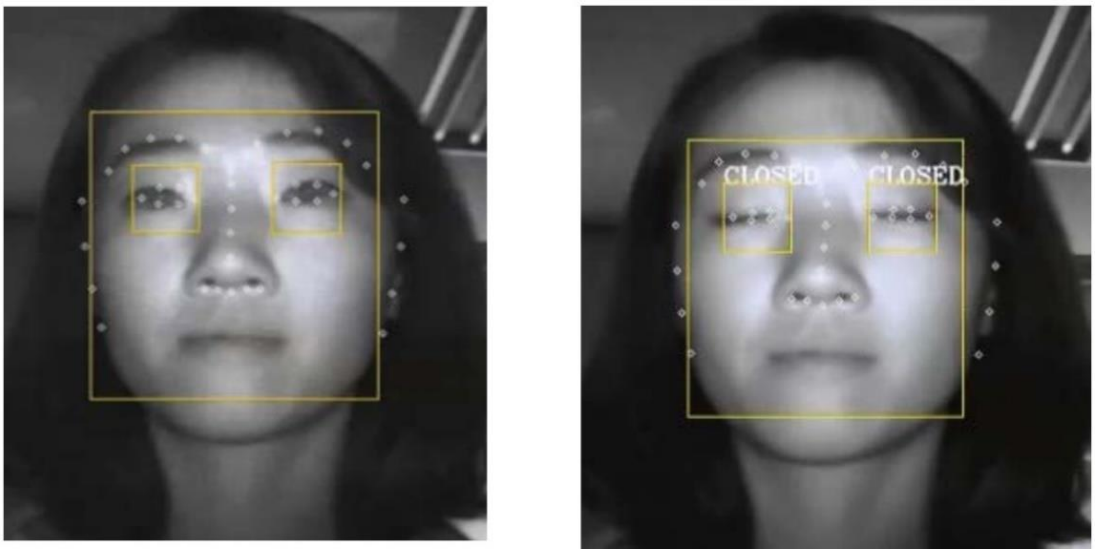
2.2.1.3 Yüz İfadeleri Yaklaşımları

Yorgunluk durumunda yüzde belirgin değişiklikler oluşmaktadır. Yüzde bulunanan organlara ayrı ayrı odaklanmayıp genel olarak değerlendiren sistemler yüz ifadesi temelli sistemler olarak sınıflandırılabilir.

Yüz ifadelerini belirleyen özellikler önceden tanımlanmak yerine derin öğrenme teknikleriyle öğrenilebilir. [22]'de, görsel yorgunluk özellikleri derin öğrenme ile belirlenen bir yöntem önerilmektedir. Oluşturulan bu özellikler softmax sınıflandırıcı ile uykulu veya uykulu değil şeklinde sınıflandırılmaktadır. Simülatör tabanlı olan bu çalışma farklı özelliklere ve yorgunluk düzeyine sahip 30 kişi üzerinde test edilmiştir. Önerilen yöntem %92.33 tespit doğruluğuna sahiptir.

Derin İnanç Ağı (Deep belief network - DBN) ile yüz dönüm noktalarından faydalanarak yüz ifadesinde sürücü yorgunluk tespitine yönelik bir başka çalışma da [9]'da sunulmaktadır. 24 fps çalışma hızına sahip yöntem, %96.7 doğruluk değerine sahiptir.

[23]'te önerilen yöntemde yüzü tespit etmek Modified Census Transform özelliklerine dayanan bir AdaBoost sınıflandırıcı kullanılmaktadır. Bu yöntemde yüz dönüm noktası tespiti için Local Binary Pattern ile elde edilen özelliklerden random forest kullanılarak oluşturulan regresyon çıkışları sınıflandırılmaktadır. Şekil 2.5'te önerilen yöntemin örnek sınıflandırma sonucu gösterilmektedir.



Şekil 2.5 Örnek Bir Yüz İfadesi Temelli Çalışma [18]

2.2.1.4 Kafa Pozisyonu Yaklaşımları

Kafa pozisyonu sürücünün görüş alanını ve anlık ilgi odağını belirlemek için önemli bir göstergedir. Uykulu sürücülerin kafa pozisyonlarını yolu dik görecek şekilde tutmaları zorlaşır. Bu durumdaki sürücülerin kafaları öne, arkaya, sağa veya sola olacak şekilde hareket etmektedir.

[24]'te sürücülerin kafasını bulan ve onun pozisyonunu ve yönelimini 6-serbestlik düzeyinde takip eden bir yöntem önerilmektedir. Yöntemde 3 kademeli bir Adaboost yüz algılayıcısı kullanılmaktadır. Sınıflandırma işlemi histogram işlemi kullanılarak normalize edilen gri-seviyeli görüntüler üzerinde çalışmaktadır.

[25]'te önerilen başka bir çalışmada köşe tespit algoritması ile elde edilen yüz özelliklerinin optik akışı hesaplanarak sürücü yorgunluk durumu tespit edilmektedir.

2.2.2 Psikolojik Temelli Yöntemler

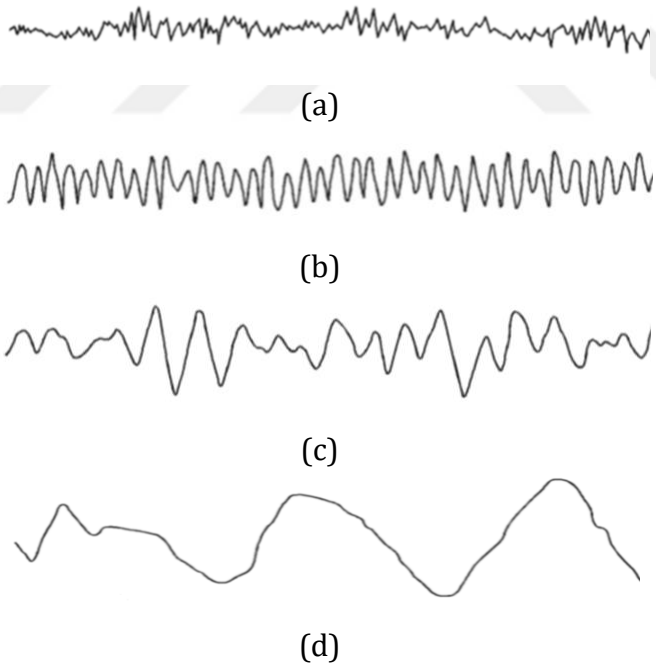
Psikolojik özellik temelli çalışmalar genel olarak insanları yaşadıkları olay ve durumlara bağlı olarak kontrolsüz verdiği tepkileri analiz etmektedir. Bu tepkiler beyinde, kalpte ve yüzde insanların kontrolü dışında genel olarak benzer şekillerde oluşmaktadır. Psikolojik özellik temelli yöntemler sürücüye bağlanan çeşitli elektrotlar yardımıyla alınan veriler izlenerek geliştirilen invaziv yöntemlerdir.

Elektroensefalografi (EEG) [26-27], elektrokardiyogram (ECG) [28-29] ve yüzey elektromiyogramı (sEMG) gibi biyolojik sinyallerdeki değişiklikler sürücü yorgunluğunu tespit etmek için kullanılan yöntemlerdir.

Beynin belirli bölgelerinden elde edilen elektrik sinyalleri sayısal değerlere dönüştürülüp motivasyon, dikkat ve uyku gibi aktiviteler hakkında bilgi verir. Aktiviteler EEG sinyalleriyle elde edilebilmektedir. EEG sinyalleri uykulu sürücü tespitinde sıklıkla kullanılan verilerdir. EEG sinyallerini oluşturan frekans aralıkları aşağıdaki gibidir [30];

- Beta Sinyali (13-30 Hz)
- Alpha Sinyali (8-13 Hz)
- Theta Sinyali (4-8 Hz)
- Delta Sinyali (0.1-4 Hz)

Şekil 2.6'da örnek bir EEG sinyali gösterilmektedir. Yöntemlere özgü olarak EEG sinyali frekans bantlarına ayrıştırılarak ya da ayrıştırılmadan incelenebilmektedir.



Şekil 2.6 EEG Sinyalleri a) Beta Sinyali, b) Alpha Sinyali, c) Teta Sinyali, d) Delta Sinyali

EEG sinyallerini bulanık mantık yaklaşımları ile inceleyerek sürücü yorgunluğunu tespit eden bir yöntem [31]'de önerilmektedir. Bu yöntemde ayrıca beyin-insan

arayüzlerinin laboratuvar ortamları ile gerçek hayat şartları arasındaki farkı da irdelenmektedir.

F8 elektrodundan alınan verileri SVM ile sınıflandıran bir yöntem [32]'de önerilmektedir. Önerilen yöntem delta ve teta sinyallerinde çalışarak uykulu halleri % 90,6 doğrulukla tespit edebilmektedir.

Psikolojik özellik temelli yöntemlerde yaygın olarak kullanılan bir diğer sinyal ECG sinyalleridir. Sürücünün vücuduna yerleştirilen/teması olan elektrotlar yardımıyla sürüş sırasında sürücünün kalp ritmi analiz edilir.

[33]'te önerilen yöntemde araç direksiyonuna bağlanan elektrotlar yardımıyla ECG sinyalleri ölçülmektedir. ECG sinyalinden elde edilen Kalp Atışı ve Kalp Atış Değişkenliği parametreleri uykulu sürücü tespitinde kullanılmaktadır. Önerilen yöntem gerçek ortamda 2 kişi üzerinde test edilmiştir. Uykulu durumlar başarılı bir şekilde tespit edilmesine karşın yöntemin çalışması için yüksek doğruluklu sensörlerin kullanılması gerekmektedir.

EMG sensörleri, kas hücrelerinin elektrotlar aracılığıyla oluşturduğu elektrik potansiyelini kaydetmektedir. sEMG ile ise cilt yüzeyindeki kasların yarattığı elektrik potansiyeli ölçülmektedir. sEMG'nin zaman ve frekans bölgesi sinyalinden çıkarılan özellikler, kas yorgunluğunu dolayısıyla sürücü yorgunluğunu tespit etmek için kullanılabilmektedir.

[34]'te önerilen yöntem sürücülerin boynuna, sırtına ve omuzlarına yerleştirilen sEMG sinyallerini analiz etmektedir. 15-30 Hz frekans bandı kullanılarak sürücü yorgunluğu tespit edilmektedir. 11 kişinin teste katıldığı yöntem sürücü yorgunluğunun tespiti için bu bant aralığının kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Ancak gerçek sürüş ortamında bir sürücüye önerilen şekilde sensörlerin yerleştirilmesi sorun olacaktır.

2.3 Araç Temelli Yöntemler

Yorgunluk, sürücülerde sürüş performans yeteneğini azaltmaktadır. Şerit geçişi ve direksiyon simidi açısı gibi özelliklerdeki sapma, sürüş becerisinin en önemli bozulma göstergeleridir. Araç özellikleri temelli sürücü yorgunluk tespiti

çalışmaları çoğunlukla direksiyon açısı ve şerit değiştirme bilgilerinden faydalanmaktadır.

[35]'te önerilen yöntem direksiyon simidi açısını kullanarak şerit değişikliklerini tespit etmektedir. Açı bilgileri rastgele orman algoritması (random forest algorithm) ile analiz edilmektedir. Önerilen yöntem 72 katılımcı ile test edilmiştir.

[36]'da önerilen yöntemde ise ilk olarak direksiyon verilerinden çıkarılan özelliklere dört farklı filtre uygulanır. Bundan sonra, her bir filtre çıkış değerleri her bir özelliğin önem derecesini belirlemek ve en önemli özellikleri seçmek için bulanık çıkarım sistemine girdi olarak aktarılır. Ardından, seçilen özellikler ile sürüş koşulları uykulu ve uyanık olmak üzere iki sınıflı bir problem olarak SVM ile yorumlanır. Deney verileri simülatör ortamında yaklaşık 20,5 saatlik sürüş süresi olarak oluşturulmuştur.

Şerit değiştirme yaklaşımı temelli çalışmalarda harici bir kamera, aracın sürüş yapılan şeride göre konumunu izlemek için kullanılmaktadır. Görü temelli yaklaşımlardan faydalanan uykulu sürücü tespit sistemlerinde araçların ön camına takılan kameradan alınan görüntüler analiz edilerek şeritten değiştirme durumları tespit edilmektedir. Şekil 2.7'de örnek bir şerit değiştirme durumu gösterilmektedir.



Şekil 2.7 Örnek Şerit Değiştirme Durumu

Şeritten değiştirme bilgisi için yoldaki şerit çizgilerinin başarılı bir şekilde tespiti önemlidir.

Görü temelli şeritten ayrılma tespit yöntemi olan [37]'de şerit çizgilerinin tespit işlemini kolaylaştırmak amacıyla PLSF (Piecewise Linear Stretching Function) tabanlı bir ön işlem önermiştir. Bu yaklaşımda PLSF yöntemiyle iyileştirilmiş görüntüler üzerinde Canny kenar tespiti ve sonrasında Hough dönüşümü [38] uygulanmaktadır. Bu işlem sonrası elde edilen çizgiler yorumlanarak son şerit çizgisi konumları tespit edilmektedir. Son olarak Öklid (Euclidean) uzaklığı tabanlı bir yaklaşım ile şeritten ayrılma uyarı durumu tespit edilmektedir.

[39]'da önerilen yöntemde kameradan alınan görüntüler belirli aralıklarda örneklenerek ortalama imge adı verilen görüntü üzerinden şerit tespit işlemleri gerçekleşmektedir. Elde edilen ortalama imge [40]'da verilen ters perspektif dönüşümü yöntemiyle kuşbakışı görüntüsüne dönüştürülmektedir. Bu işlemler sonrasında Hough dönüşümü ile görüntü üzerinde bulunan çizgiler tespit edilmektedir. Çizgilerin tespiti sonrası sırasıyla 1-boyutlu korelasyon ve RANSAC (RANdom SAmple Consensus) [41] işlemleri ile şerit çizgileri tespit edilmektedir. Son işlem olarak Kalman filteresiyle [42] şerit işaretleri konumları zamansal olarak takip edilmektedir.

MSER (Maximally Stable Extremal Regions)[43] ve Hough dönüşümü temelli bir şerit işareti tespit yöntemi [44]'te önerilmektedir. Önerilen yöntemde ilk olarak MSER ile olası şerit işareti bölgeleri tespit edilmektedir. Tespit edilen bölgelerden istenmeyen bölgeler üç aşamalı bir arıtma algoritması ile elenmektedir. Eleme sonrası Aşamalı Olasılıklı Hough Dönüşümü (Progressive Probabilistic Hough Transform) [45] uygulanarak şerit işaretleri tespit edilmektedir. Son olarak tespit edilen şerit işaretleri Kalman fitresinden faydalanılarak izlenmektedir.

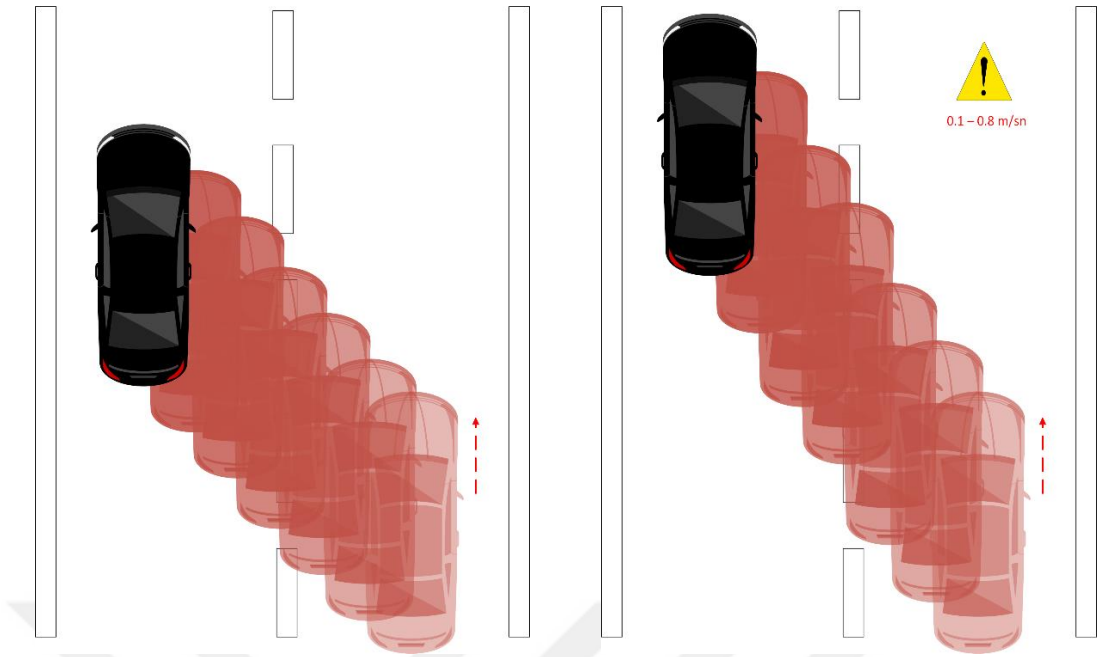
3
Önerilen Yöntem

3.1 Giriş

Bu tez çalışması kapsamında araç temelli bir sürücü yorgunluk tespiti sistemi önerilmektedir. Önerilen yöntem görü temelli olup aracın ön camına takılan kameradan alınan görüntüler üzerinde çalışmaktadır. Bu görüntüler üzerinden şerit değişikliği bilgileri analiz edilerek uykulu sürücüler tespit edilmektedir.

Sürüş esnasında araçlar bulundukları şeritleri değiştirilebilmektedir. Bu değişiklikler Şekil 3.1'de gösterildiği gibi istemli ve istemsiz olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İstemli ve istemsiz değişikliklerde araç yanal hızı, aracın zamansal hareketi ve direksiyon açısındaki değişimler farklılık göstermektedir. 351/2012 sayılı Avrupa Birliği Komisyonu tarafından hazırlanan Motorlu Araçlara Şeritten Ayrılma Uyarı Sistemi takılması yönetmeliğinde araçların şerit değiştirmesi esnasında yanal hızının 0,1 m/sn – 0,8 m/sn aralığında olması uykulu sürücülerin neden olduğu istemiz şerit değişikliği olarak belirtilmiştir.

Tez çalışması kapsamında önerilen yöntem ile aracın içerisinde bulunduğu şerit üzerindeki hareketi incelenerek istemli ve istemsiz şerit değişikliği tespit edilerek uykulu sürücülerin belirlenmesi sağlanacaktır. Önerilen yöntem iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada kameradan alınan görüntüler üzerinde şerit işaretlerinin tespit eden özgün bir yöntem geliştirilmiştir. İkinci aşamada tespit edilen şerit işaretleri ile araç konumu oluşturularak aracın hareketinin zamansal analizi ile uykulu sürücüler tespit edilmektedir.



(a) (b)

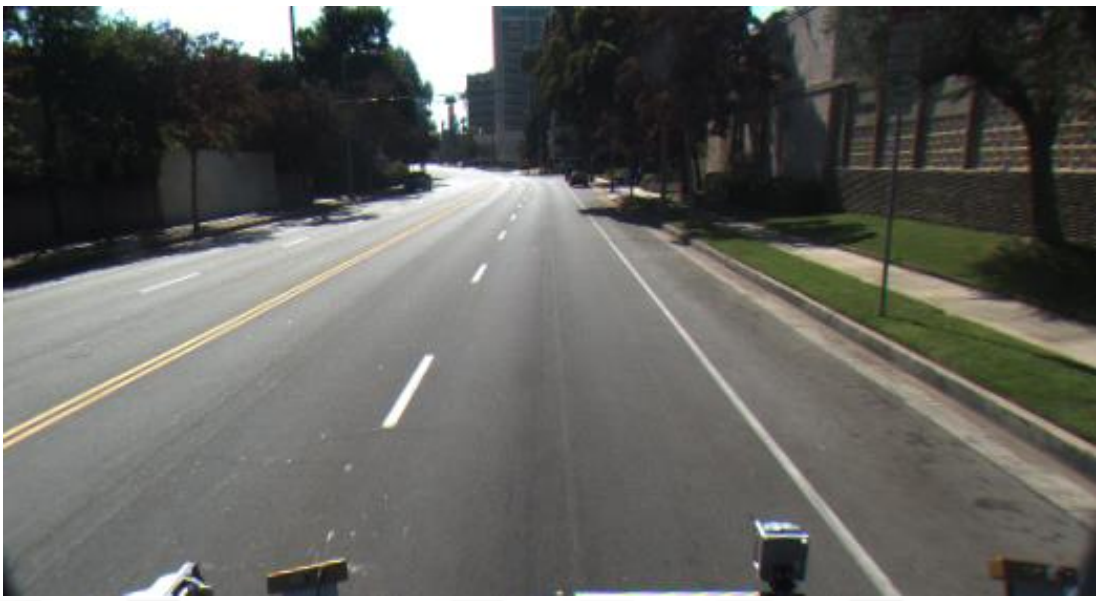
Şekil 3.1 Şerit Değiştirme Durumları (a) İstemli Şerit Değişikliği (b) İstemsiz Şerit Değişikliği

3.2 Şerit İşareti Tespit Yöntemi

Tez çalışması kapsamında önerilen şerit tespit sistemi Hough dönüşümü temelli bir yöntem kullanmaktadır. Tespit edilen çizgiler bir puanlama yöntemiyle değerlendirilerek şerit işaretleri tespit edilmektedir. Yol ve hava şartları nedeniyle olası kısa süreli çizgi tespit edilememesi durumunda şerit çizgilerinin yeri önceki çerçevelerdeki şerit bilgisi kullanılarak kestirilmektedir. Önerilen yöntem ön işlem, şerit çizgilerinin tespiti ve son işlem adımlarından oluşmaktadır.

3.2.1 Ön İşlem

Yapılan çalışmalar sonucu şerit işareti tespit işlemlerinin kameradan alınan görüntünün bütününe değil belirli bir kısmına uygulanmasının tespit performansını etkilemediği ve hesapsal yükü azalttığı gözlenmiştir. Bu doğrultuda önerilen yöntem kameradan alınan görüntünün belirli bir ilgi alanına (Region of Interest - ROI) uygulanmaktadır. Şekil 3.2'de CalTech şerit veri setine [46] ait örnek giriş görüntüsü ve ilgi alanı gösterilmektedir.



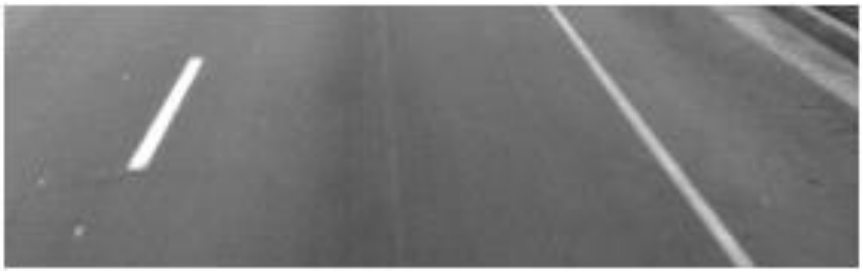
(a) Giriş Görüntüsü



(b) İlgi Alanı

Şekil 3.2 İlgi Alanı Belirleme (a) Giriş Görüntüsü (b) İlgi Alanı

Şerit işaretlerinin kameradan alınan görüntüler üzerinden tespit edilmesi yol, hava ve ışıklılık durumları gibi olumsuz nedenler ile zorlaşmaktadır. Bu durumların şerit işaretlerinin tespiti üzerindeki olumsuz etkisinin giderilmesi ve şerit işareti tespit performasının arttırılması amacıyla [47] tarafından önerilen şerit işareti filtesi bir ön işlem olarak kullanılmaktadır. CalTech şerit veritabanından alınan örnek bir görüntünün şerit işareti filtresi sonucu Şekil 3.3'te gösterilmektedir. Şerit filtresi sonucu belirli bir eşik değeriyle karşılaştırılarak ikili şerit işareti görüntüsü elde edilmektedir. Şekil 3.3(c)'de örnek eşiklenmiş ikili görüntü gösterilmektedir.



(a)



(b)

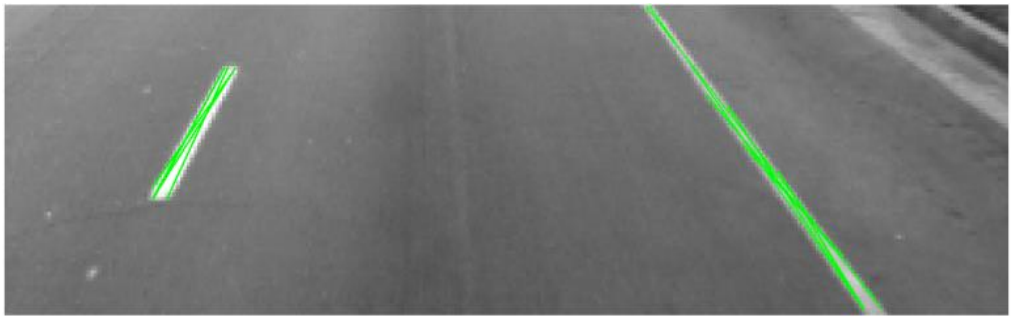


(c)

Şekil 3.3 Şerit İşareti Filtresi a) Orijinal Görüntü b) Şerit Filtresi Sonucu c) Eşiklenmiş Şerit Filtresi Çıkışı

3.2.2 Şerit Çizgilerinin Tespiti

Önerilen yöntemde elde edilen ikili görüntülerde şerit işaretleri ön plana çıkmıştır. Ancak şerit işaretleri ile birlikte bozucu etkilerde ön plana çıkabilmektedir. Bu ikili görüntü üzerinde şerit işaretlerinin tespit edilebilmesi için şerit çizgilerin başlangıç noktası, bitiş noktası ve normalle yaptıkları açı değerlerinin bulunması gerekmektedir. Bunun için bu çalışmada popüler çizgi bulma yaklaşımlardan biri olan Hough dönüşümü kullanılmıştır. Hough uzayında en yüksek değere sahip olan görüntü üzerindeki çizgiler belirlenmektedir. Şekil 3.4'te Şekil 3.3(c) görüntüsü kullanılarak Hough dönüşümü ile tespit edilen çizgiler gösterilmektedir.

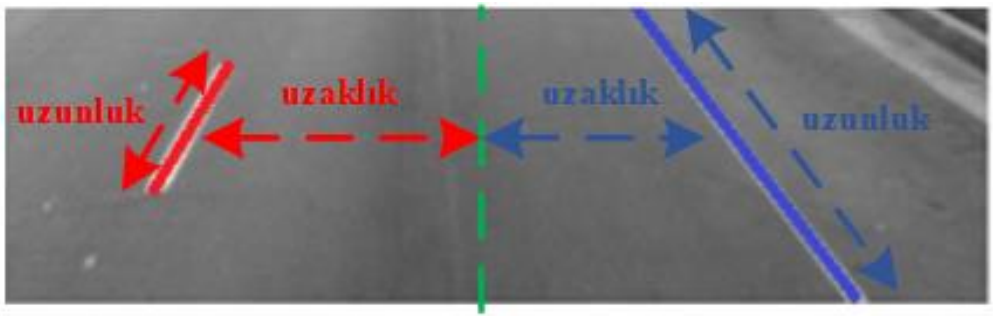


Şekil 3.4 Hough Dönüşümü Sonrası Elde Edilen Çizgiler

3.2.3 Hough Dönüşümü Sonrası Elde Edilen Çizgiler

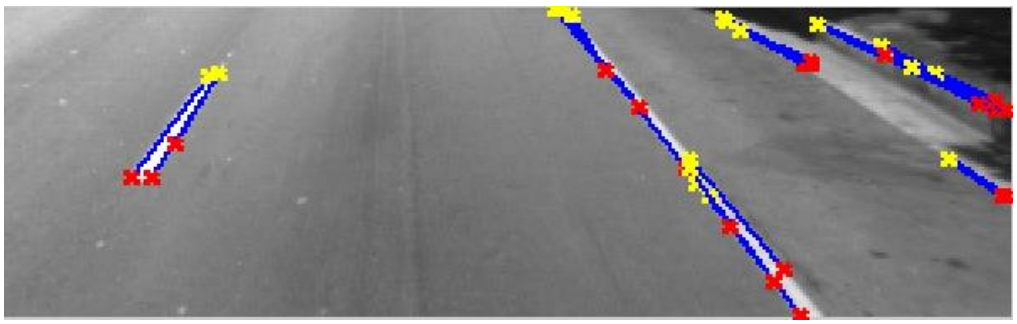
Hough dönüşümü görüntü üzerinde bulunan bütün çizgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bundan sonraki aşamada bu çizgiler yorumlanarak nihai şerit çizgilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında ilk olarak çizgiler yatay eksenle yaptıkları açı değerlerine göre sağ ve sol çizgiler olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Sağ ve sol çizgiler ayrı ayrı olarak önerilen bir puanlama yöntemi ile değerlendirilmektedir. (3.1)'de gösterilen puanlama yöntemi çizgilerin orta noktalarının merkeze olan uzaklıklarını ve çizgi uzunluklarını parametre olarak içermektedir. Bu parametreler görsel olarak Şekil 3.5'te gösterilmektedir.

$$\text{Puan} = \text{Çizgi uzunluğu} + \text{Merkeze uzaklık} \tag{3.1}$$



Şekil 3.5 Puanlama Yöntemi Parametreleri

Şekil 3.6(b)'de, Şekil 3.6(a) gösterilen çizgilerden önerilen puanlama yöntemi kullanılarak tespit edilen şerit çizgileri gösterilmektedir. Puanlama yöntemi ile elde edilen nihai şerit çizgileri incelendiğinde puan olarak 125 ve üstü değerlere sahip olduğu gözlenmiştir.



(a)



(b)

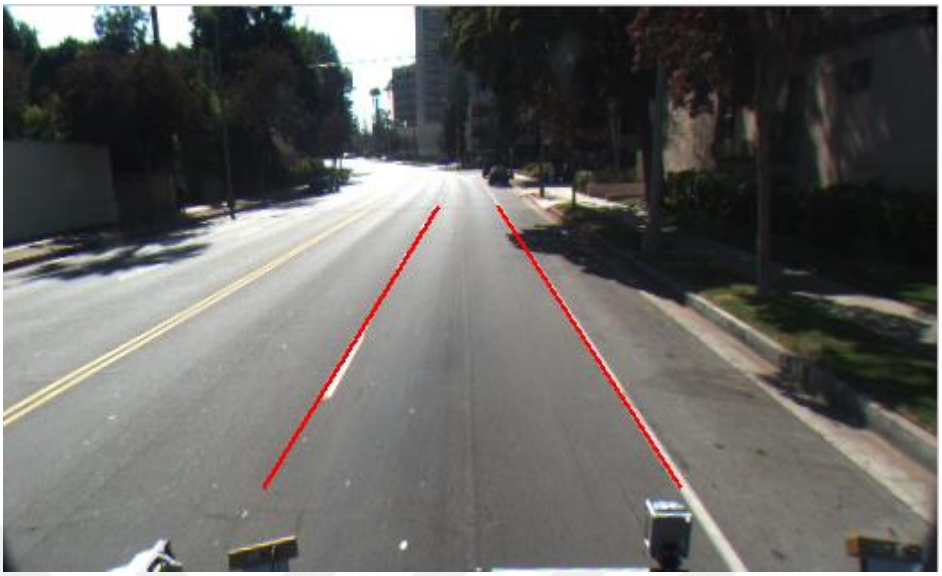
Şekil 3.6 Hough Çizgilerinin Elenmesi a) Hough Çizgileri b) Puanlama Sonrası Tespit Edilen Şerit Çizgileri

3.2.4 Son İşlem

Şerit çizgilerinin bulunamadığı çerçevelerde şerit çizgilerinin konumlarının çerçeveler arası zamansal ilişkisi incelenmektedir. Bu zamansal ilişki doğrultusunda çizgilerin tespit edilemediği çerçevelerde daha önceki çerçevelerde tespit edilen çizgi konumlarından şerit çizgileri kestirilmektedir. Zamansal ilişki için hareketli ortalama filtresi (moving average filter) kullanılmaktadır. Bu filtre sürekli belirli sayıdaki örneğin ortalamasını almaktadır. Ortalama hesabında her yeni gelen değer eklenirken en eski değer çıkartılmaktadır. Her yeni gelen değer ile birlikte ortalama güncellenmektedir. Önerilen yöntemde hareketli ortalama filtresi için tespit edilen şerit işaretlerinin son 5 konumu kullanılmaktadır.

Zamansal ilişkinin kurulabilmesi amacıyla tespit edilen çizgilerin başlangıç ve bitiş noktalarının belirlenen boyutlara bağlı olarak izdüşümleri elde edilmektedir. Şekil 3.7'de şerit çizgilerinin izdüşümleri ile elde edilen şerit çizgileri gösterilmektedir.

Son olarak şerit işaretlerinin izdüşümlerinin başlangıç ve bitiş noktaları ortalama filtresi ile süzgeçlenmektedir.



Şekil 3.7 İzdüşümü ile Elde Edilen Şerit İşaretleri

3.2.5 Deneysel Sonuçlar

Tablo 1'de önerilen yöntem ile [39], [37] ve [44]'ün önerdiği yöntemlerin Caltech veritabanı üzerinde nicel (quantitative) performans değerlendirmesi gösterilmektedir. Nicel performans değerlendirmesinde (3.2)'de verilen doğruluk (Accuracy - ACC) metriği kullanılmıştır.

$$ACC = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN} \tag{3.2}$$

Bu denklemde TP (True Positive) bir şerit işareti için yer doğrusu varken yöntemin başarılı bir şekilde şerit işareti tespit etmesi anlamına gelirken, FP (False Positive) görüntü üzerinde bir şerit işareti mevcut olmadığı halde yöntemin hatalı olarak şerit işareti tespit etmesi durumudur. TN (True Negative) giriş görüntüsü üzerinde bir şerit işareti bulunmadığı durumda geliştirilen yönteminde şerit işareti tespit etmemesi ve FN (False Negative) ise görüntü üzerinde şerit işareti mevcut olduğu halde geliştirilen yöntemin şerit işaretini tespit edememesi durumudur.

Tablo 3.1 dizilerde bulunan görüntü sayılarıyla orantılanarak elde edilen ortalama doğruluk (ACC) değerlerini göstermektedir. Tablo 3.2'de ise Tablo 3.1'deki

yöntemlerin bir çerçeveyi işlemeleri için gereken ortalama çalışma süreleri verilmektedir. Önerilen yöntem ve diğer yöntemler benzer optimizasyon seviyesinde MATLAB'da kodlanmıştır.

Tablo 3.1 Nicel Performans Değerlendirmesi (ACC)

Sahne	[39]	[37]	[44]	Önerilen Yöntem
Cordova1	0,57	0,52	0,79	0,82
Cordova2	0,58	0,10	0,56	0,58
Washington1	0,79	0,39	0,27	0,71
Washington2	0,64	0,55	0,68	0,79
Ortalama	0,72	0,35	0,55	**0,73**

Tablo 3.2 Şerit İşareti Tespit Yöntemlerinin PC üzerinde Bir Çerçeve İçin Ortalama Çalışma Süreleri

	[39]	[37]	[44]	Önerilen Yöntem
Zaman	8520 ms	180 ms	50 ms	**49 ms**

Nicel performans değerlendirmesinde kullanılan CalTech şerit veritabanı çeşitli zorlu koşullara sahiptir. Cordova2 dizisinde bulunan görüntülerde ışıklılık değişimi gözlenmektedir. Washington1 dizisindeki görüntülerde yol yüzeyinde gölge etkisi, Washington2 dizisinde ise yol yüzeyi üzerinde yazılar bulunmaktadır. Cordova1 dizisi ise görece olarak diğer dizilere göre şerit işareti tespit başarımı zorlayacak daha az olumsuz koşula sahiptir.

Sonuç olarak zorlayıcı koşullar dikkate alınarak Tablo 3.1 ve Tablo 3.2 birlikte değerlendirildiğinde önerilen yöntemin daha az hesapsal yük ile daha yüksek tespit performansına ulaşabildiği görülmektedir.

3.3 Uykulu Sürücü Tespit Yöntemi

Tez çalışması kapsamında uykulu sürücülerin tespiti için araç hareketinin zamansal analizinden faydalanılmıştır. Bu analizde aracın şerit içerisindeki açısal bilgisi kullanılmıştır. Açı bilgisi Bölüm 3.1'de elde edilen şerit işaretlerinin yatay eksenle olan açılarından elde edilmiştir. Şekil 3.8'de elde edilen açı bilgileri görsel olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.8 Açı Bilgileri

Aracın açısı (3.3)'te verilen eşitlik ile elde edilmektedir.

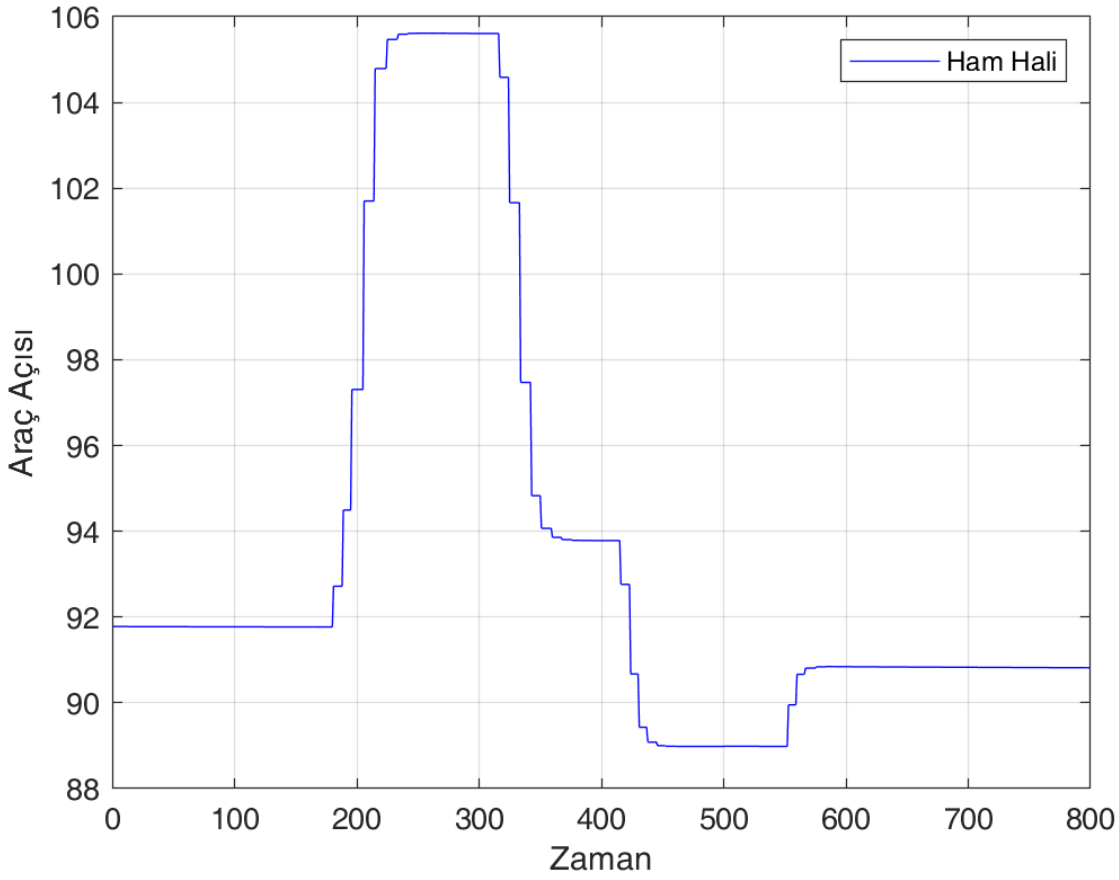
$$\text{Araç Açısı} = 90 + (\text{Sol Şerit Çizgisi} - (180 - \text{Sağ Şerit Çizgisi})) \quad (3.3)$$

Uykulu sürücülerin tespiti için seyir halindeyken araç ile istemli ve istemsiz şerit değişikliklerin yapılarak bilgi toplanması gerekmektedir. Bunun için gerçek yollarda bilgi toplamak görece olarak tehlikeli ve daha zor olduğundan tez çalışması kapsamında CARLA sürüş simülatörü [48] kullanılmıştır. CARLA simülatöründen alınan örnek bir yol görüntüsü Şekil 3.9'da gösterilmektedir.

Simülatör görüntüleri işlenerek elde edilen şerit işareti açıları kullanılarak (3.3) ile araç açısı elde edilmektedir. Örnek bir istemli şerit değişikliği durumunda araç açısının değişimi Şekil 3.10'da gösterilmektedir.

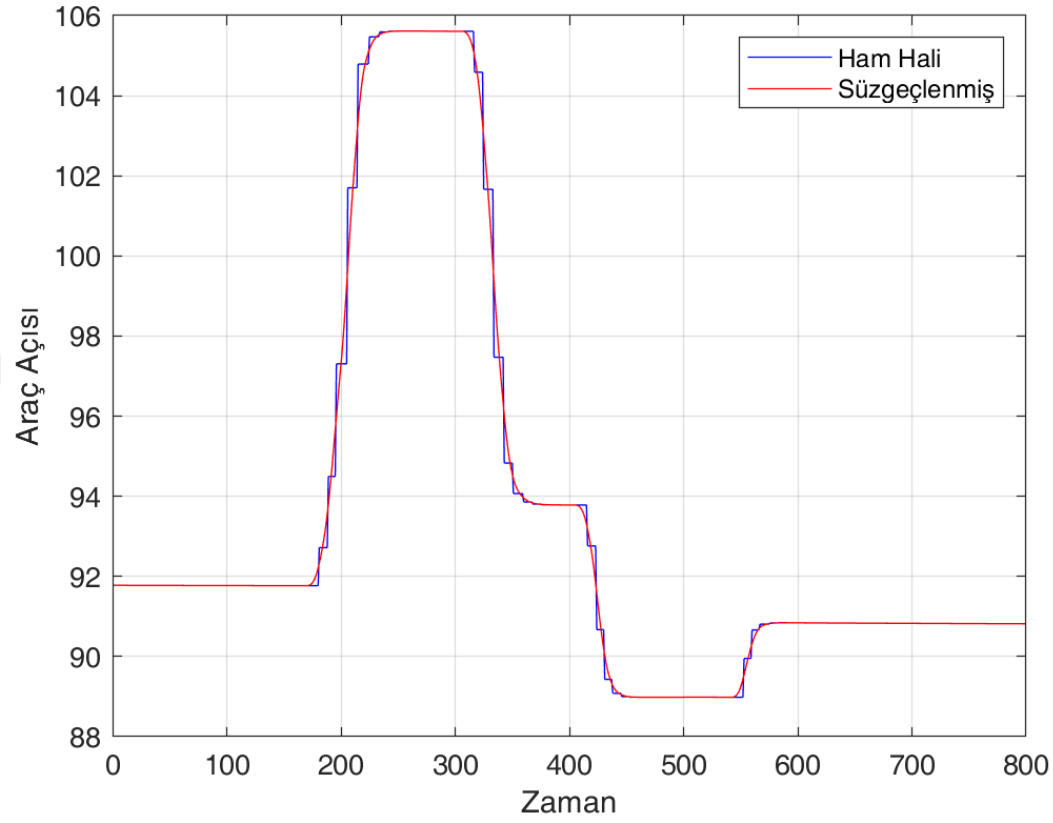


Şekil 3.9 CARLA Simülatörü Örnek Yol Görüntüsü



Şekil 3.10 Örnek Bir Şerit Değişikliği İçin Araç Açısının Değişimi

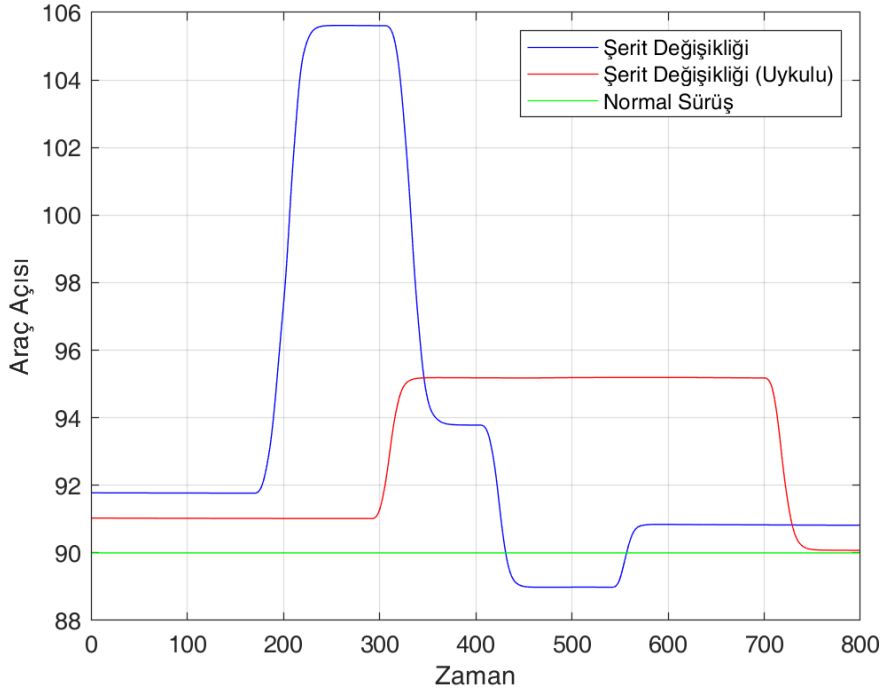
Araç açısında Şekil 3.10'da görüldüğü gibi anlık değişiklikler mevcuttur. Bu bozucu değişiklikleri önlemek amacıyla 'Gaussian' filtresiyle ham veri süzgeçlenmiştir. Şekil 3.10'da gösterilen araç açısı verisinin süzgeçlenmiş hali Şekil 3.11'de gösterilmektedir.



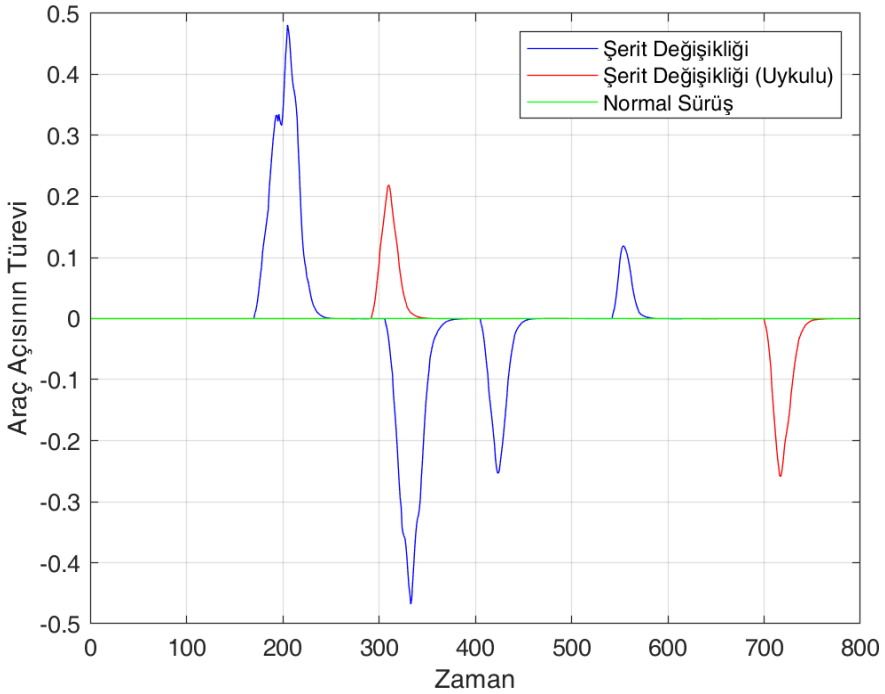
Şekil 3.11 Araç Açısı Verisinin Süzgeçlenmesi

Sürüş esnasında "Normal sürüş", "Şerit değişikliği" ve "Uykulu şerit değişikliği" olmak üzere 3 durum oluşmaktadır. Araç açısı bilgisinin bu 3 durumu Şekil 3.12'de gösterilmektedir. Şekil 3.12'den görüldüğü üzere "Normal sürüş" durumunda araç açısında bir değişiklik oluşmamaktadır. "Şerit değişikliği" ve "Uykulu şerit değişikliği" durumunda açı bilgisi değişkenlik göstermektedir. Ancak bu iki durum birbirinden farklı farklı büyüklüklerde ve zaman aralığında değişkenliklere sahiptir. Bu farklı büyüklük ve zaman aralığındaki değişkenlik iki durumu ayırt edici özelliklerdir. Tez çalışması kapsamında "Şerit değişikliği" ve "Uykulu şerit değişikliği" ayrımı için açı bilgisinin farklı büyüklük göstermesinden faydalanılmıştır. İki durumun ayrımının tespiti açı bilgisinin 1.derecen türevi

alınmıştır. Şekil 3.13'te, Şekil 3.12'de gösterilen durumların türevleri gösterilmektedir.

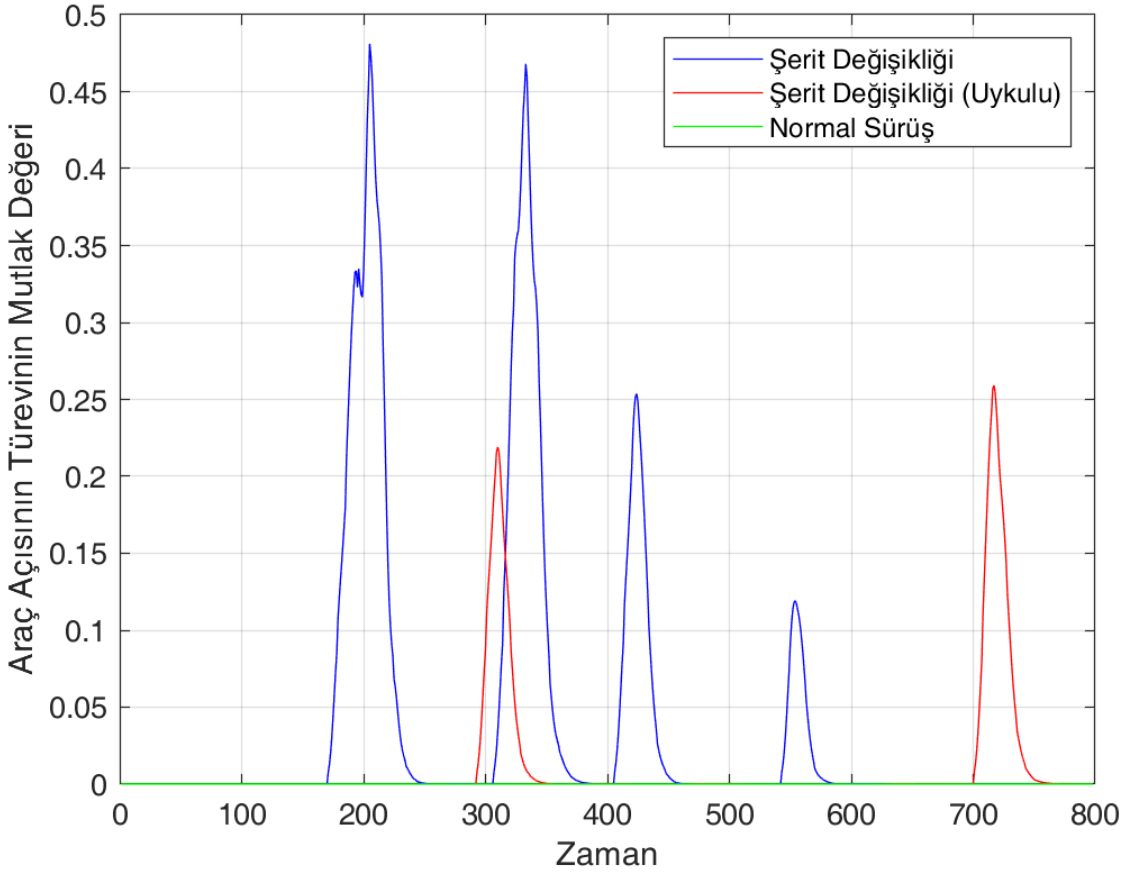


Şekil 3.12 Sürüş Esnasında Oluşan Durumlar



Şekil 3.13 Sürüş Esnasında Oluşan Durumların 1.Dereceden Türevleri

Sonraki adımda türev işaretlerinin mutlak değerleri elde edilerek tespit işlemi gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.13'te gösterilen işaretlerin mutlak işlemi sonrası elde edilen halleri Şekil 3.14'te gösterilmektedir.



Şekil 3.14 Türevlerin Mutlak Değerleri

Son olarak elde edilen işaretler Tablo 3.3'te gösterilen 3 adım aralığında incelenmektedir.

Tablo 3.3 Uykulu Sürücü Tespit Adım Aralıkları

0.05 > işaret değeri	Normal Sürüş
0.05 <= işaret değeri < 0.38	Uykulu Şerit Değişikliği
işaret değeri >= 0.38	Şerit Değişikliği

Bu adım aralıklarının tespit performansını test etmek için simülatör üzerinde 125 test senaryosu oluşturulmuştur. Her bir test verisi 800 çerveve boyutundadır. Test senaryolarının ayrıntıları Tablo 3.4'te verilmiştir. Test senayoları üzerinde geliştirilen uykulu sürücü tespit yöntemi test edilmiştir. Test sonucunda Tablo 3.3'te verilen adım aralıkları için tespit doğruluğu %98,40 olarak elde edilmiştir. Bu sonuç uykulu sürücülerin tespitinin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir.

Tablo 3.4 Test Senaryoları

Test Senaryosu	Adet
Normal Sürüş	25
Sol Şerit Değişikliği	25
Sağ Şerit Değişikliği	25
Uykulu Sol Şerit Değişikliği	25
Uykulu Sağ Şerit Değişikliği	25

4
Sonuç ve Öneriler

Bu tez çalışması kapsamında ileri sürücü destek sistemlerinde kullanılabilecek gerçek zamanlı çalışma kapasitesine sahip uykulu sürücü tespit sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen uykulu sürücü tespit sistemi şerit işareti tespit yöntemi ve uykulu sürücü tespit yöntemi olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Şerit tespit yönteminde alınan giriş görüntüleri üzerinde sabit bir ilgi alanı seçilerek şerit işareti tespit işlemleri bu ilgi alanı üzerinde yapılmakta ve böylelikle gerçek zamanlı çalışma açısından önemli bir avantaj sağlanmaktadır. Yöntem MATLAB platformu üzerinde 49 ms çalışma süresine sahiptir. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin, farklı koşullarda şerit işaretlerini literatürde bulunan mevcut yöntemlere göre gerçek zamanlı çalışmadan ödün vermeden daha yüksek doğrulukta tespit edebildiğini göstermektedir.

İkinci aşamada ilk aşamada tespit edilen şerit işaretlerinden elde edilen açı bilgileri kullanılarak aracın şerit alanı içerisindeki yönelimi (açısı) belirlenmektedir. Bu araç açı bilgisi kullanılarak "Normal Sürüş", "Sol Şerit Değişikliği", "Sağ Şerit Değişikliği", "Uykulu Sol Şerit Değişikliği" ve "Uykulu Sağ Şerit Değişikliği" olmak üzere 5 farklı sürüş test senaryosu CARLA simülatörü ortamında oluşturulmuştur. Bu test senaryoları türev temelli bir yöntem ile analiz edilerek %98,4 tespit performansıyla senaryolar doğru bir şekilde tespit edilmektedir.

Tez kapsamında gerçekleştirilen yöntemin yüksek tespit performansı görüntü işleme yaklaşımlarından faydalanan araç temelli yöntemlerin uykulu sürücü tespitinde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. İleriki çalışmalarda yöntemin tespit performansının arttırılması ve uykulu sürücüleri daha erken tespit edebilecek bir sistemin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Kaynakça

[1] Taç, Ş. G., (2017).“Karayolu Ulaşımında Meydana Gelen Trafik Kazalarının Önlenmesinde Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Rolü”,Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi,Balıkesir, 1(2):12-21.

[2] T.C. Dışişleri Bakanlığı, Türkiye’de Karayolu Taşımacılığı, www.mfa.gov.tr/turkiye_de-karayolu-tasimaciligi-.tr.mfa, 5 Mayıs 2019.

[3] T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, (2014), Trafik Kazaları Özeti 2013, Temmuz 2014.

[4] NCSDR/NHTSA Expert Panel on Driver Fatigue and Sleepiness, (1998). “Drowsy driving and automobile crashes,” NHTSA report.

[5] Liu, C. ve Subramanian, R., (2009). “Factors Related to Fatal Single-Vehicle Run-Off-Road Crashes,” U.S. Department of Transportation, American National Highway Traffic Safety Administration.

[6] Belge, E. ve Yıldız, A., (2018). “Sürücü Uykululuk Halinin Görüntü İşleme Tekniği ile Gerçek Zamanlı Olarak Tespiti ve Sürücünün Uyarılması”, 9. Uluslararası Otomotiv Teknolojileri Kongresi, 7-8 Mayıs 2018, Bursa.

[7] Golgiyaz, S., Kocamaz, A. F. ve Okumuş, F., (2014). “Video Tabanlı Uykulu Sürücü Algılama Sistemi”, Eleco 2014 Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 27 – 29 Kasım 2014, Bursa.

[8] T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Akıllı Ulaşım Sistemleri, http://hgm.ubak.gov.tr/tr/sayfa/49, 04 Mayıs 2019.

[9] Zhao, L., Wang, Z., Wang, X. ve Liu, Q., (2017). “Driver Drowsiness Detection Using Facial Dynamic Fusion İnformation and a DBN”, IET Intelligent Transport Systems, 12(2):127-133.

[10] Knipling, R., (1998). “PERCLOS: A valid psychophysiological measure of alertness as assessed by psychomotor vigilance”, Federal Highway Administration and Office of Motor Carriers, Tech. Brief, FHWAMCRT-98-006, Washington, Kasım 1998.

[11] Sikander, G. ve Anwar, S., (2018). “Driver fatigue detection systems: A Review”, IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., doi: 10.1109/TITS.2018.2868499.

[12] Ji, Q. ve Yang, X., (2002). “Real-time Eye, Gaze, And Face Pose Tracking for Monitoring Driver Vigilance,” Real-Time Imaging, 8(5):357–377.

[13] Ji, Q., Zhu, Z., ve Lan, P., (2004). "Real-Time Nonintrusive Monitoring and Prediction of Driver Fatigue", IEEE Trans. Veh. Technol., 54(4):1052–1068.

[14] Han, W., Yang, Y., Huang G. B., Sourina, O., Klanner, F. ve Denk, C., (2015). "Driver Drowsiness Detection Based on Novel Eye Opennes Recognition Method and Unsupervised Feature Learning", IEEE International Conference on System, Man, and Cybernatics, 9-21 Ekim 2015, Hong Kong.

[15] Matsuo, H. ve Khiat, A., (2012). "Prediction of Drowsy Driving by Monitoring Driver's Behavior", International Conference on Pattern Recognition, 11-15 Kasım 2012, Tsukuba.

[16] Omidyeganeh, M., Javadtalab, A. ve Shirmohammadi, S., (2011). "Intelligent driver drowsiness detection through Fusion of Yawning and Eye Closure", IEEE International Conference on Virtual Environment, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems Proceedings, 19-21 Eylül 2011, Ottowa.

[17] Mandal, B., Li, L., Wang, G. S. ve Lin, J., (2017). "Towards Detection of Bus Driver Fatigue based on Robust Visual Analysis of Eye State", IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., 18(3):545–557.

[18] Sigari, M.-H., Fathy, M. ve Soryani, M., (2013). "A Driver Face Monitoring System for Fatigue and Distraction Detection," Int. J. Veh. Technol., 263983.

[19] Alioua, N., Amine, A. ve Rziza, M., (2014). "Driver's Fatigue Detection based on Yawning Extraction," Int. J. Veh. Technol., 678786.

[20] Yuen, H. K., Princen, J., Illingworth, J. ve Kittler, J., (1990). "Comparative Study of Hough Transform Methods for Circle Finding", Image and Vision Computing, 8(1), 71–77.

[21] Zhang, W., Murphey, Y. L., Wang, T. Ve Xu, Q., (2015). "Driver Yawning Detection based on Deep Convolutional Neural Learning and Robust Nose Tracking," Int. Joint Conf. Neural Netw. (IJCNN), Temmuz 2015, Killarney.

[22] Dwivedi K., Biswaranjan K. ve Sethi, A., (2014). "Drowsy Driver Detection using Representation Learning", IEEE Int. Adv. Comput. Conf. (IACC), Şubat 2014, Gurgaon.

[23] Baek, J. W., Han, B.-G., Kim, K.-J., Chung, Y.-S. and Lee, S.-I., (2018). "Real-time Drowsiness Detection Algorithm for Driver State Monitoring Systems", 2018 Tenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), 3-6 Haziran 2018.

[24] Erik, M. -C. ve Trivedi M. M., (2010). "Head Pose Estimation and Augmented Reality Tracking: An Integrated System and Evaluation for Monitoring Driver Awareness", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 11(3):300-311.

[25] Choi, I.-H., Kim, Y.-G., (2014). "Head Pose and Gaze Direction Tracking for Detecting A Drowsy Driver", 2014 International Conference on Big Data and Smart Computing (BIGCOMP), 15-17 Ocak 2014, Prag.

[26] Hajinoroozi, M., Mao, Z. ve Huang Y., (2015). "Prediction of driver's drowsy and alert states from EEG signals with deep learning", 6th IEEE Int. Workshop Comput. Adv. Multi-Sensor Adapt. Process. (CAMSAP), Aralık 2015, Cancun.

[27] Cui, Y. ve Wu, D., (2017). "EEG-Based Driver Drowsiness Estimation Using Convolutional Neural Networks", Internation Conference on Neural Information Processing, 14-18 Kasım 2017, Guangzhou.

[28] Makeig, S. ve Jung, T.-P., (1996). "Tonic, Phasic, and Transient EEG Correlates of Auditory Awareness in Drowsiness," Cogn. Brain Res., 4(1):15–25.

[29] Tsuchida A., Bhuiyan M. S. ve Oguri K., (2009). "Estimation of Drowsiness Level based on Eyelid Closure and Heart Rate Variability," Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. (EMBC), Eylül 2009, Minneapolis.

[30] Kumar, S. J. ve Bhuvaneswari, P., (2012). "Analysis of Electroencephalography (EEG) Signals and Its Categorization-A study", Procedia Engineering., 38:2525-2536.

[31] Wu, D., Lawhern, V. J., Gordon, S., Lance, B. J. ve Lin, C.-T., (2017), "Driver Drowsiness Estimation from EEG Signals using Online Weighted Adaptation Regularization for Regression (OwARR)", IEEE Trans. Fuzzy Syst., 25(6):1522-1535.

[32] Shabani, H., Mikaili M., ve Noori S. M. R., (2016). "Assessment of Recurrence Quantification Analysis (RQA) of EEG for Development of a Novel Drowsiness Detection System," Biomedical Engineering Letters, 6:196-204.

[33] Jung, S.-J., Shin, H.-S. ve Chung, W.-Y., (2014), "Driver Fatigue and Drowsiness Monitoring System with Embedded Electrocardiogram Sensor on Steering Wheel", IET Intell. Transport Syst., 8(1):43–50.

[34] Balasubramanian, V. ve Adalarasu, K., (2007), "EMG-based Analysis of Change in Muscle Activity during Simulated Driving" J. Bodywork Movement Therapies, 11(2). 151–158.

[35] McDonald, A. D., Schwarz, C., Lee, J. D. ve Brown T. L., (2012). "Real-time Detection of Drowsiness Related Lane Departures Using Steering Wheel Angle"," Hum. Factors Ergonom. Soc. Annu. Meeting, 56(1):2201–2205.

[36] Arefnezhad, S., Samiee, S., Eichberger, A. ve Nahvi, A. (2019). "Driver Drowsiness Detection Based on Steering Wheel Data Applying Adaptive Neuro-Fuzzy Feature Selection", Sensors 2019, 19(4):943-957.

[37] Gaikwad, V. ve Lokhande, S., (2015). “Lane Departure Identification for Advanced Driver Assistance”, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 16(2):910-918.

[38] Hough, P., (1962). “Method and Means for Recognizing Complex Patterns” , U.S. Patent 3,069,654, U.S.A.

[39] Borkar, A., Hayes M. ve Smith, M. T., (2012). “A Novel Lane Detection System with Efficient Ground Truth Generation”, IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., 13(1):365–374.

[40] Bertozzi, M. ve Broggi, A., (1998). “GOLD: a parallel real-time stereo vision system for generic obstacle and lane detection”, IEEE Trans. Image Proc., 7(1):62-81.

[41] Fischler, M. A. ve Bolles, R. C., (1981). “Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography”, Comm. of the ACM, 24(6):381-395.

[42] Kalman, R. E., (1960). “A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems”, Journal of Basic Engineering, 81(1):35-45.

[43] Matas, J., Chum, O., Urban, M. ve Pajdla, T., (2002). “Robust Wide Baseline Stereo from Maximally Stable Extremal Regions”, Image and Vision Computing, 22(10):384-396.

[44] Mammeri, A., Boukerche, A. ve Tang, Z., (2016). “A Real-Time Lane Marking Localization, Tracking and Communication System”, Computer Communications, 73:132-143.

[45] Stephens, R. S., (1991). “Probabilistic approach to the Hough transform”, Image and Vision Computing, 9(1):66-71.

[46] Aly M., (2008). “Real time Detection of Lane Markers in Urban Streets”, 2008 IEEE Intelligent Vehicle Symposium, 4-6 Haziran 2008, Eindhoven.

[47] Nieto, M., Laborda, J. A. ve Salgado, L., (2011).“Road Environment Modeling using Robust Perspective Analysis and Recursive Bayesian Segmentation”, Machine Vision and Applications, , 22(6):927-945.

[48] Dosovitskiy, A., Ros, G., Codevilla, F., Lopez A. ve Koltun V., (2017). “CARLA: An Open Urban Driving Simulator", Robot Learning Conference., 13-15 Kasım 2017, Kaliforniya.

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: serap.kucukmanisa@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. Küçükmanisa, S. ve Bolat, B., (2018). "Uykulu Sürücülerin Tespiti için Şerit Tespit Sistemi", Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi (IMASCON 2018), 23-25 Aralık 2018, Kocaeli.