



Raspberry Pi 4 ile Sürücü Yorgunluk Tespiti ve Uyarı Sistemi

*Ayşenur ŞAHİN¹, Sevcan ÇİL², Ayhan İSTANBULLU³

^{1,2,3}Balıkesir Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye.

*Sorumlu Yazar / aysenur.sahin@baun.edu.tr

² S. ÇİL, orcid.org/0000-0002-0609-4429.

³ A. İSTANBULLU, orcid.org/0000-0002-7066-4238

Geliş Tarihi / Received Date

08.06.2020

Kabul Tarihi / Accepted Date

18.06.2020

Yayın Tarihi / Published Date

20.07.2020

Alıntı / Citation :

Şahin A., Çil S., İstanbullu A., (2020). *Raspberry Pi 4 ile Sürücü Yorgunluk Tespiti ve Uyarı Sistemi*, Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi, 1(1), 13-18.

Driver Fatigue Detection and Warning System with Raspberry Pi 4

Özet – Sürücü Yorgunluk tespit sistemleri, sürücüyü izleyerek, normal sürüş alışkanlığı dışında farklı tutum algılanması durumunda bunun yorgunluktan kaynaklandığını tespit ederek, sürücünün yolculuğa ara verilmesi gerektiğini uyarılmaktadır. Bu sayede, sürücüyü doğru karar vermesi konusunda destek sağlamaktadır. Bu çalışmada, sürücü yorgunluk tespiti ve uyarı sistemi ile sürücünün yorgunluğundan kaynaklanan trafik kazalarının uyarıcı bir sistemle engellenmesi amaçlanmıştır. Sistem, sürücünün göz hareketlerindeki değişimleri gerçek zamanlı olarak analiz etmekte ve gerektiğinde sürücüye uyarı vermektedir. Bu sayede daha güvenli bir sürüş sağlanacaktır. Önerilen sistem sürücünün yorgunluğunu tespit etmek için çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Sürücünün yüz ve göz bölgelerinin tespit edilip her kare işlendikten sonra göz kırpma yüzdesi hesaplanarak sürücü yorgunluğu tespit edilmiştir. Sistemde gömülü sistem olarak Raspbian işletim sistemine sahip Raspberry Pi 4 kullanılmıştır ve OpenCV kütüphanesinden yararlanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Raspberry Pi, Yüz Tanıma, Yorgunluk Tespiti

Abstract— Driver Fatigue detection systems, by monitoring the driver, warns the driver that traveling should be interrupted by detecting that this is caused by fatigue if a different attitude other than normal driving habit is detected. In this way, it provides support to the driver in making the right decision. In this study, it was aimed to prevent traffic accidents caused by driver fatigue detection and warning system with a warning system. The system analyzes the changes in the eye movements of the driver in real time and warns the driver when necessary. The proposed system consists of several steps to detect the driver's fatigue. Driver fatigue was determined by determining the face and eyes of the driver and calculating the blink percentage after each frame was processed. Raspberry Pi 4 with Raspbian operating system was used as an embedded system and OpenCV library was used.

Index Terms— Raspberry Pi, Face Detection, Fatigue Detection

I. GİRİŞ [INTRODUCTION]

Uykulu bir sürücünün karar verme mekanizması zayıflamış olmasından dolayı kaza yapmaya eğilimlidir. Uyku sebebiyle gerçekleşen trafik kazalarındaki can ve mal kaybı diğer trafik kazalarına kıyasla daha fazla gerçekleşmektedir. Bu kazaların en önemli nedeni, uyku hâlinde bilinçsiz bir şekilde araç kullanılması ve sürücünün çarpışma gerçekleşmeden

önce herhangi bir önlem alma gereksinimi duymamasıdır. Uykulu sürücüyü tespit etme ve uyarma sistemi, sürücüden dolayı meydana gelen trafik kazalarını en az düzeye indirmek için önemli bir teknolojidir. Bu sistemler fazla sayıda bilgisayarlı görü algoritmalarından yararlanarak sürücüye yardım etmeyi amaçlamaktadır. Bu tip sürücüyü uyaran sistemlere; yorgunluk belirleyici sistemler örnek olarak verilebilir [12]. Sürüş sırasında meydana gelebilecek sürücüden kaynaklı yanlış kararları veya kazaların sayısını minimuma indirmek amacıyla sürücü dostu akıllı sistemler tasarlamak, günümüzde otomotiv teknolojisinin en yaygın konularından birisidir.

Çalışmanın üçüncü bölümde kullanılan kütüphane, algoritma ve yöntemler hakkında bilgi verilerek nasıl kullanıldığı anlatılmıştır ve son bölümde elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

II. İLGİLİ ÇALIŞMALAR [RELATED WORKS]

D’Orazio T. ve arkadaşları araştırmalarında sürücünün yorgunluğunu tespit etmek için sürücünün göz kapatma süresi ve göz kapatma sıklığını incelemiştir. Hough Dönüşüm tekniğini uygulayarak Discrete Wavelet Transform (Ayrık Dalgacık Dönüşümü) ile davranışın özelliklerini çıkartmışlardır. Daha sonra sınıflandırma yöntemi olarak nöral sınıflandırıcı yöntemini kullanarak sürücünün göz hareketlerinden uykulu olup olmadığını sınıflandırmışlardır. Bu çalışma sürücünün yorgunluğunu %95 oranında doğru belirlemiştir [4].

Patel M. ve arkadaşları araştırmalarında sürücünün yorgunluğunu sürücünün elektrokardiyogram (EKG) verileri incelenerek kalp atış hızı değişkenliğini Fast Fourier Transform (Hızlı Fourier Dönüşümü) kullanarak sinir ağları şeklinde sınıflandırmıştır. Bu çalışma sürücünün yorgunluğunu %90 oranda doğru tespit etmiştir. Kalp atış hızı değişkeni esaslı yorgunluk tekniğinin yorgunluğa karşı bir önlem olarak kullanılabilirliğini belirtmişlerdir [5].

Bergasa L.M. ve arkadaşları, sürücü yorgunluğunu tespit etmek için belirledikleri PERCLOS, göz kapatma süresi, göz kırpma sıklığı, sürücünün başını sallama sıklığı, yüz pozisyonu ve sabit bakış gibi görsel parametreleri Fuzzy Classifier (bulanık sınıflandırıcı) kullanarak birleştirmişlerdir. Çoklu görsel parametre

kullanımının ve parametrelerin birleştirilerek elde edilen deneysel sonuçların, tek parametre kullanımına kıyasla daha kesin ve stabil sonuçlar ortaya çıktığını belirtmişlerdir [6].

Zhang Z. ve arkadaşları, sürücü yorgunluğu tespiti için doğrusal olmayan kokusuz bir Kalman filtresine dayanan yeni bir gerçek zamanlı göz izleme önermişlerdir. Aynı zamanda, sürücü yorgunluğunu gerçekçi sürüş koşulları altında hesaplanan PERCLOS kullanılarak tespit edilebileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışma, sürücünün yorgunluğunu %99 oranında doğru tahmin etmiştir [7].

Pauly L. ve arkadaşları, normal aydınlatma koşullarında düşük çözünürlüklü tüketici sınıfı web kameraları kullanılarak elde edilen görüntüler için doğru bir uyumsuzluk algılama yöntemi geliştirmişlerdir. Uyumsuzluk algılama yöntemi, göz izleme için Haar tabanlı kaskad sınıflandırıcı ve göz kırpma tespiti için Destek Vektör Makinesi (SVM) sınıflandırıcı ile Yönlü Gradyan Histogramı (HOG) özelliklerinin kombinasyonunu kullanmışlardır. Sistemin, %91.6 doğrulukla insan gözlemci ile eşleştiğini belirtmişlerdir [8].

Ercil A. ve arkadaşları, sürücü yorgunluk tespitinde kullandıkları spontan insan davranışları verilerini sınıflandırmak için makine öğreniminden yararlanmışlardır. Göz kırpma ve esneme hareketlerini de içeren veriler AdaBoost ve Multinomial Ridge Regression gibi öğrenme temelli sınıflandırıcılar ile sınıflandırmışlardır. Bu çalışma, %90’ın üzerinde doğrulukla sürücü yorgunluğunu tespit etmiştir [9].

Danisman T. ve arkadaşları, göz kırpma süresindeki değişikliklerin izlenmesine dayanan uykulu sürücü izleme ve kaza önleme sistemi tasarlamışlardır. Önerdikleri yöntemde, gözlerin yatay simetri özelliğini kullanarak göz konumlarındaki değişiklikleri tespit etmişlerdir. Standart bir web kamerası kullanarak elde ettikleri deneysel sonuçlar neticesinde %94 oranında göz kırpma hareketlerini tespit etmişlerdir [10].

Flores M. ve arkadaşları, bilgisayarlı görü ve yapay zeka tabanlı, müdahaleci olmayan özerk bir sürücü yorgunluk sistemi geliştirmişlerdir. Sistem gerçek zamanlı olarak sürücünün göz durumunu analiz etmiştir. Esneme, göz kırpma frekansları ve kafa hareketlerini analiz ederek sınıflandırdıkları sistem %60’ın üzerinde doğrulukla sürücü yorgunluğunu tespit etmektedir [11].

Mehta S. ve arkadaşları, sürücü yorgunluğunu tespit etmek için Android tabanlı gerçek zamanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Sistem, görüntü işleme teknikleri kullanarak her karede sürücünün yüzünü algılayarak yüz işaretlerini tespit etmiştir. Sürücünün yorgunluğunu tespit etmek için ise Göz En Boy Oranını (EAR) ve Göz Kapatma Oranını (ECR) hesaplamışlardır. Geliştirdikleri sistem %84 oranında doğruluk ile sürücü yorgunluğunu tespit etmişlerdir [12].

Soukupova T. Ve arkadaşı, göz kırpmaya hareketlerini tespit etmek için gerçek zamanlı bir algoritma önermiştir. Önerilen algoritma, yüz dönüm noktasındaki konumları tahmin ederek her bir karedeki göz açıklığını karakterize skaler bir Göz En Boy (EAR) oranı çıkarır. Göz kırpmaya hareketlerini algılayan bir SVM sınıflandırıcısı veya göz durumlarını tahmin eden gizli Markov Modeli ile göz kapatma uzunluklarına göre göz kırpmayı tanıyan basit bir durum makinesi tarafından tespit etmiştir. Önerilen algoritmanın algoritmanın üç standart veri setinde en son yöntemlerle karşılaştırılabilir sonuçlara sahip olduğunu belirtmiştir [13].

III. ÇALIŞMADA KULLANILAN KÜTÜPHANE, ALGORİTMA, AKIŞ DİYAGRAMI VE METODLAR [LIBRARY, ALGORITHM, FLOW DIAGRAM AND METHODS USED IN THE STUDY]

A. OpenCV Kütüphanesi

OpenCV, Intel firması tarafından, resim veya video karelerindeki bilgileri işleyip anlamlı bilgiler çıkarabilmek amacıyla geliştirilen açık kaynak kodlu görüntü işleme kütüphanesidir. OpenCV, görüntü işlemede yardımcı önceden tanımlanmış işlev kütüphaneleri içermektedir. Kütüphane, hem klasik hem de modern bilgisayarlı görme ve makine öğrenmesi algoritmalarının detaylı bir paketini içeren 2500'den fazla optimize edilmiş algoritmaya sahiptir. Bu algoritmalar, yüzleri tespit etmek ve tanımak, nesnelere tanımlamak, videolarda insan hareketlerini sınıflandırmak, kamera hareketlerini izlemek, hareketli nesnelere izlemek, görüntüleri bir araya getirmek için kullanılabilir.

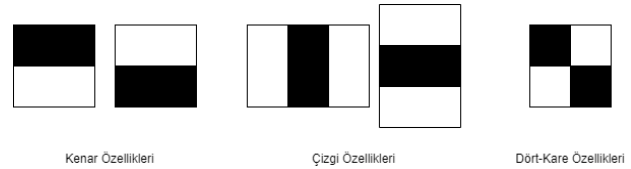
B. Yüz Görüntüsünün Tespit Edilmesi ve Çıkarılması

Web kamerası tarafından kaydedilen video karelerinden, yüzler belirlenmiştir. Bunun için Viola ve

Jones tarafından önerilen Haar temelli kaskadlı sınıflandırıcıların yüz algılama yöntemi kullanılmıştır.

1) Haar Özellikleri

Yüz algılama yöntemi, yüz algılama için Haar özelliklerini kullanır. Haar özellikleri, Şekil 1'de gösterildiği gibi bir dizi dikdörtgen siyah beyaz pencere kullanılarak elde edilir [1]. Siyah renk -1 ağırlığa ve beyaz bölge 0 ağırlığına sahiptir. Pencere önce görüntüye uygulanmıştır. Karşılık gelen değerler piksel yoğunluğu ile çarpılmıştır. Daha sonra bu değerler bir araya getirilerek, kullanılan pencereye karşılık gelen Haar özelliği elde edilmiştir. Bu nedenle, yüz algılama için kullanılacak en önemli özellikleri bulmak için bir yükseltme algoritması kullanılmıştır. Bu çalışmada göz bölgesini tespit etmek için çizgi özelliklerinden yararlanılmıştır.



Şekil 1. Haar Özellikleri

2) Cascade (Kaskadlı) Sınıflandırıcılar

Haar özellikleri elde edildikten sonra her Haar özelliğinin değerlerine dayalı olarak bireysel sınıflandırıcılar oluşturuldu. Bu bireysel sınıflandırıcılar daha sonra kademeli bir sınıflandırıcı olarak düzenlendi. Basamaklı bir sınıflandırıcı, birbiri ardına basamaklanan farklı aşamalarda düzenlenen çeşitli sınıflandırıcıların birleşimidir. Her aşamadaki sınıflandırıcıların sayısı ve eşik değerleri, etiketli yüz görüntüleri ile sınıflandırıcıların eğitimi sırasında yükseltme algoritması ile belirlenmiştir.

3) AdaBoost (Yükseltme) Algoritması

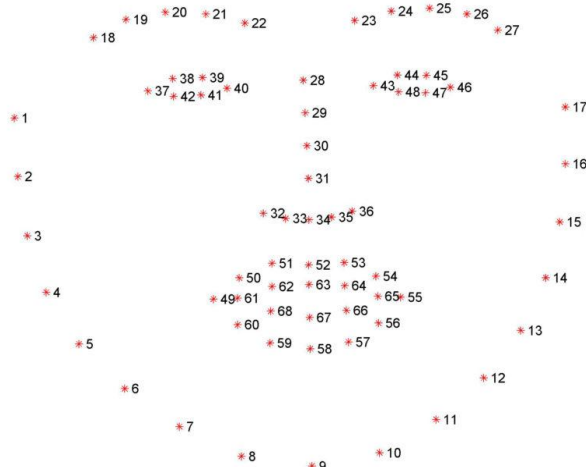
Yükseltme algoritması, verilen öğrenme algoritmalarının doğruluğunu artırmak için genel bir yöntemdir. AdaBoost algoritması, 1995 yılında Freund ve Schapire tarafından tanıtılmıştır[2]. Önceki yükseltme algoritmalarının pratik zorluklarının çoğunu çözmüştür ve bu projede yüz algılama için kullanılmıştır.

C. Yüzün Algılanması

Sınıflandırıcının her aşamasında belirli sayıda özellik kontrol edilmiştir. Görüntünün bir bölgesi alındığında, ilk önce kademeli sınıflandırıcının ilk aşaması kullanılarak kontrol edilmiştir. Eğer görüntü bölgesi ilk aşamayı geçemezse bir yüz içermediğinden reddedilip bir sonraki aşamaya geçecektir. Yüz bölgesi tüm aşamaları karşılıyorsa, bölge içinde bir yüze sahip olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Kaskadlı bir sınıflandırıcı kullanmanın avantajlarından birisi, her bir aşama birlikte çıkarılmış olan özellik setinin tamamı yerine çıkarılacak belirli bir özellik setine ihtiyaç duyması nedeniyle hesaplama yükünü azaltabilmesidir.

D. Göz Bölgelerinin Tespit Edilmesi

Yüz görüntüleri elde edildikten sonra göz bölgesi çıkartılmıştır. İnsan yüzünün geometrik özellikleri kullanılarak gözler içeren bölgeler belirlenmiştir. Gözler, burun, ağız vs. gibi organların düzenlenmesinde geometrik oranlar kullanılmıştır. Göz bölgesinin yeri tespit edildikten sonraki adım, bu bölgelerdeki gözlerin tespit edilmesidir. Sol ve sağ göz bölgeleri ayrı ayrı işlendikten sonra göz görüntüleri ile eğitilmiş bir kademeli sınıflandırıcı kullanılmıştır. Sınıflandırıcı, göz bölgesini göz içeren kısımlara ve göz içermeyen bölümlere göre sınıflandırılmıştır. Göz içeren kısımlar çıkartılmıştır ve böylece gözler algılanmıştır. Dlib kütüphanesinde bulunan, önceden eğitilmiş yüz dönüm noktası dedektörü ile yüzdeki yapılar Şekil 2'deki gibi 68 noktaya bölünmüştür.



Şekil 2. Yüz Dönüm Noktalarının Bölünmesi

E. Göz Kırpma Tespiti

Gözler algılandıktan sonraki aşama göz kırpma tespitidir. Sunulan sistem, özellik olarak Yönlü Gradyan Histogramları (HOG) ve göz görüntülerinden göz kırpmasını algılamak için ikili sınıflandırıcılar olarak Destek Vektör Makineleri kullanılmıştır.

1) Histogram of Oriented Gradient (HOG) Özellikleri

Yönlü Gradyan Histogramı özellikleri, 2005 yılında Dalal ve Trigs tarafından geliştirilmiştir [3]. Bilgisayarla görme alanındaki çeşitli nesne algılama uygulamaları için kullanılan bir özellik tanımlayıcısıdır. YGH özelliklerinin ana fikri, oryantasyonunu temel olarak histogramda gradyan büyüklüklerini depolama gruplamaktır.

2) Support Vector Machine (Destek Vektör Makinesi) Sınıflandırıcısı

Destek Vektör Makinesi, başlangıçta Vapnik ve ekibi tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra diğer araştırmacılar tarafından geliştirilmeye devam etmiştir. Sınıflandırma problemlerinde yaygın olarak kullanılan istatistiksel öğrenme modelidir. Sunulan sistemde DVM sınıflandırıcısı, verileri başka bir özellik alanına eşlemek için bir Gauss Radyal Temel işlevini kullanacaktır. Sınıflandırıcılar, açık ve kapalı gözlerin görüntüsü sınıflandırıcı eğitildikten sonra, test görüntüleri ile tekrar sınıflandırılmıştır.

3) PERCLOS'un Ölçümü

PERCLOS (Percentage of Eye Closure) yani göz kapalılık yüzdesi, gözlerin kapalı kaldığı sürenin bir ölçüsüdür. Göz kapaklarının 1 dakika içinde kapalı kaldığı süre olarak tanımlanmaktadır. PERCLOS (saniye olarak) sunulan sistemde denklemler kullanılarak hesaplanır: %80 üzeri çıkan sonuçlar PERCLOS için uyku tehlikesi olarak karşılanmaktadır. PERCLOS başarı oranı periyod olarak alınan süre ile doğru orantılıdır. PERCLOS'un hesaplanması Denklem (1)'deki gibidir.

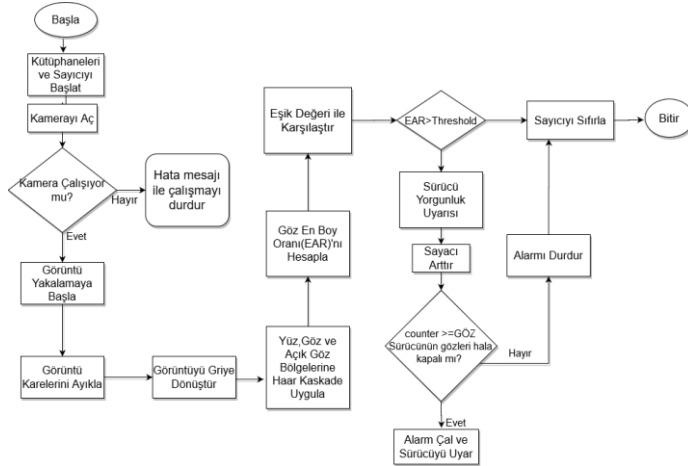
$$\frac{\text{Gözlerin 1 dakika içerisinde kapalı olduğu karelerin sayısı}}{\text{1 dakikadaki toplam kare sayısı}} \times 60 \quad (1)$$

F. Yorgunluk Tespiti

Kullanıcının PERCLOS değeri hesaplandıktan sonra, bir sonraki adımda kişinin uykulu bir durumda olup

olmadığını tespit edilmiştir. Temel ilke, kişinin uykulu olduğu zamanlarda, kişinin uyanık durumda olduğundan daha uzun süre gözlerin kapalı kalmasıdır. Bir insanın ortalama göz kırpma süresi 100-400 ms' dir. Saniyede göz kırpma sayısı 10-15'tir. Bu değerlerden, insan gözlerinin 1 dakika içinde kapalı kaldığı zaman aralığı, gözleri açık durumda iken normal bir kişi için = $400 \times 15 = 6000\text{ms}$ ' dir. Bu yüzden PERCLOS için eşik değerinin 6 saniye olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle PERCLOS' un değerinin belirli bir eşiğin üzerine çıkması durumunda, kişinin uykulu bir durumda olduğu edilmiştir, aksi takdirde, kişinin uyanık olduğu tespit edilmiştir.

G. Çalışmanın Algoritma Akış Şeması

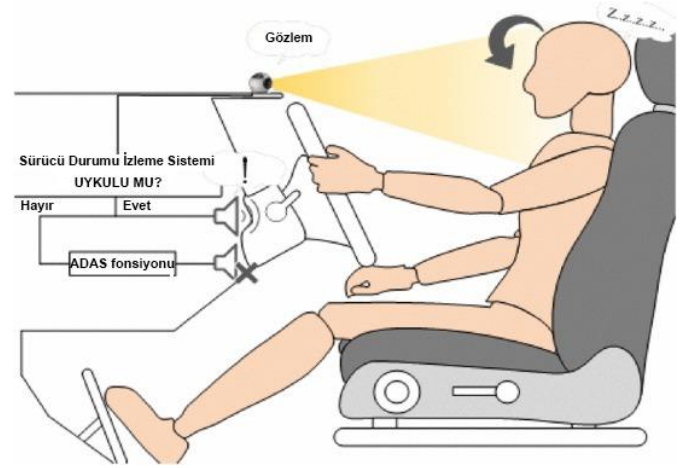


IV. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME [CONCLUSION]

Bu çalışmada, sürücülerin yorgunluğunu tespit eden gerçek zamanlı bir sistem önerilmektedir. Sistem simülasyonu Şekil 3'te gösterilmiştir Sürücünün dikkatinin dağılmasını önlemek için müdahaleci olmayan yöntemler tercih edilmiştir. Sistemin prototip halinde kamera ve gömülü sistemi, sürücünün sürüş konsantrasyonunu engellemeyecek şekilde göz hareketleri analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan yöntemler düşük ışık, gözlük kullanımı gibi ortamlarda %80 oranında sürücü yorgunluğunu doğru tespit etmiştir.

Gelecekteki çalışmalarda, önerilen sistemin Uber, Lyft gibi global olarak kullanılan uygulamalar ile

entegrasyonu gerçekleştirilebilir. Sistemin güvenilirliği bisiklet sürücüleri, demiryolları, havayolları gibi farklı alanlarda test edilip geliştirilebilir.



Şekil 3. Sistemin prototip hali [14]

KAYNAKLAR [REFERENCES]

- [1] Viola P. and Jones M.(2001) "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features", In Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Vol. 1. IEEE, 2001.
- [2] Freund, Y., Schapire, R.E. (1999) "A short introduction to boosting", Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence, 14(5):771-780, September, 1999. 771-780p.
- [3] Dalal N. and Triggs B. (2005) "Histograms of oriented gradients for human detection" In proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 886-893p.
- [4] T. D'Orazio, M. Leo, C. Guaragnella, A. Distanto, A visual approach for driver inattention detection. Pattern Recog. 2007, 40, 2341-2355.
- [5] M. Patel, S.K.L. Lal, D. Kavanagh, P. Rossiter, Applying Neural Network Analysis On Heart Rate Variability Data To Assess Driver Fatigue. Exp. Syst. Appl. 2011, 38, 7235-7242.
- [6] L.M. Bergasa, J. Nuevo, M.A. Sotelo, R. Barea, M.E. Lopez, Real-Time System For Monitoring Driver Vigilance. IEEE Trans. Intell. Transport. Syst. 2006, 7, 63-77.
- [7] Z. Zhang, J. Zhang, A new real-time eye tracking based on nonlinear unscented Kalman filter for monitoring driver fatigue. J. Contr. Theor. Appl. 2010, 8, 181-188.
- [8] L. Pauly and D. Sankar, "Detection of drowsiness based on hog features and svm classifiers," in 2015 IEEE International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN), pp. 181-186, Nov 2015.



- [9] A. Ercil, G. Littlewort, M. Bartlett, J. Movellan, Human Computer Interaction. Vol. 4796. Springer; Berlin, Germany: 2007. Drowsy driver detection through facial movement analysis; pp. 6–18.181–18.
- [10] T. Danisman, I.M. Bilasco, C. Djeraba and N. Ihaddadene, 2010 “Drowsy driver detection system using eye blink patterns.” 2010 Int. Conf. Mach. Web Intell. ICMWI 2010 – Proc., pp. 230–233.
- [11] M. Flores, J. Armingol, A. de la Escalera, Driver drowsiness warning system using visual information for both diurnal and nocturnal illumination conditions. EURASIP J. Adv. Signal Process., 2010, 438205.
- [12] S. Mehta, S. Dadhich, S. Gumber and A. Jadhav Bhatt, “Real-Time Driver Drowsiness Detection System Using Eye Aspect Ratio and Eye Closure Ratio,” SSRN Electronic Journal, pp. 1333–1339, 2019.
- [13] T. Soukupova and J. Cech. *Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks*. Center for Machine Perception, Department of Cybernetics Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague. Prague, 2016.
- [14] J. W. Baek, B.-g. Han, K.-j. Kim, Y.-s. Chung, and S.-i. Lee, “Real-time Drowsiness Detection Algorithm for Driver State Monitoring Systems,” 2018 Tenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), pp. 73–75, 2018.