

Gerçek Zamanlı Sürücü Yorgunluk Tespit Sistemi

Real Time Driver Fatigue Detection System

Revna ACAR VURAL , Mustafa Yiğit SERT , Büşra KARAKÖSE 

Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, Türkiye

Öz

Bu çalışmada, görüntü işleme tabanlı sürücü yorgunluk tespit sistemi ile yorgunluk ve uykusuzluğun yol açtığı trafik kazalarının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen sistem, farklı aydınlık seviyelerde sürücünün göz hareketlerini kameradan anlık olarak izlemekte, analiz etmekte ve gerekli durumda alarm vermektedir. Yorgunluk tespiti yapılırken PERCLOS (Percentage of Eye Closure) metriği kullanılmıştır. PERCLOS metriği tespit edilen gözlerin eşik değerler baz alınarak çevrilmiş binary görüntülerindeki piksel sayımı yapılarak ardından önceden hesaplanmış averaj değeri ile kıyaslanması sonucu gözlerin kapalı veya açık olduğuna karar verilmesi işlemlerine dayanmaktadır. Sürücüde yorgunluk tespiti yapıldığı anda Raspberry Pi 3 gömülü sistemi üzerinden alarm sisteminin devreye girmesi ve kablosuz haberleşme yardımı ile önceden belirlenmiş bir hesaba durum hakkında görüntülü ve yazılı bildirim yapılması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Göz Tespiti, PERCLOS, Gömülü Sistem, Yorgunluk Tespiti

Abstract

Nowadays, car accidents are attributed mostly to driver faults. According to Turkish Statistical Institute, Highway Traffic Accident Statistics, 1.199.010 accidents happened at the national highway network and 88,6% of the accidents happened due to driver faults. Talking to cell phone while driving and texting are the most important factors of traffic accidents. Especially while talking to cell phone, drivers make more mistakes, do not recognize the hazards and are late to take cautions. Driver's perception of the road and ability to control the car together with elemental reflex are either diminished or disappeared in case driving is inattentive and drowsy. Integrating a hardware which monitors driver's attention on road and level of fatigue and activates an alarm system for dangerous situations to a vehicle will be very beneficial especially if there is not an adult passenger to warn the driver or in public transportation vehicles where it is difficult for a passenger to warn the driver. Hardware development and commercialization of driver assistance systems are becoming crucial from this perspective.

In this work, development of a real time hardware is aimed in order to prevent the drivers to cause an accident by the reason of fatigue and inattentiveness. Since the system is designed to be compatible with in car usage, the distance between the camera and the person to be monitored is certain. By perceiving the face region of the driver from the images taken by a visible light camera and detecting whether eyelid is open or close, system evaluates the closure of eyelids for a long time as fatigue or inattentiveness. Alarm system will be activated on these circumstances where unsafe driving is detected.

In order to provide a ground to in car safety package applications on the basis of face and eye region tracking applications, an image processing based driver fatigue detection system is developed. System is not only simulated as a software but also operated on embedded system. This system monitors and analyzes the eye movements of the drivers instantly from the camera under various illumination levels and activates alarm when necessary. Image processing algorithms evaluated for this work are Viola Jones algorithm, Local Binary Pattern and Histogram of Oriented Gradients. PERCLOS metric is used for fatigue detection. PERCLOS metric is based on the calculation of the pixel counts in the binary image that is converted based on the threshold values followed by the determination of whether the resultant eyes are closed or open compared to the pre-calculated average value. When the driver is diagnosed as fatigue, alarm system is activated via Raspberry Pi 3 embedded system. Here, Raspberry Pi embedded system is powered with 12V DC battery through a 5V regulator. If safe drive is detected green LED will be on. Otherwise, red LED will be on and a high frequency audio warning will be given in car. In addition, an information will be sent to a predetermined Twitter account mentioning about the date and the hour of unsafe drive together with a driver photograph showing the eye closure longer than an eyelid.

In car safe drive assistance hardware which will activate alarm system in both car and a remote control point using a Twitter account according to the detection of fatigue and inattentiveness comprises innovation in the field of academics and industry at the national and international platform. The hardware to be designed within the project could be integrated to the projects that will be developed within TUBITAK Smart Mobility Clustering. Moreover, obtained results have the significance to cause a development in standarts and technical regulations for safe drive systems according to Highway Traffic Regulations.

Keywords: Image Processing, Eye detection, PERCLOS, Embedded System, Fatigue detection

I. GİRİŞ

Türkiye İstatistik Kurumu, Karayolu Trafik Kaza İstatistiklerine göre, ülkemiz karayolu ağında 2016 yılında toplam 1 milyon 182 bin 491 adet trafik kazası meydana gelmiştir ve trafik kazalarının %89,6'sını sürücü kusurları oluşturmaktadır. Dikkatsiz ve/veya aşırı yorgun olarak trafiğe çıkılması durumunda, sürücünün aracı kontrol altında tutma, yolu algılama ve doğal refleks becerileri zayıflamakta veya kaybolmaktadır. Sürüş esnasında sürücünün yol üzerindeki dikkatini ve yorgunluk durumunu denetleyen ve tehlikeli durum tespitinde alarm sistemini devreye sokacak olan bir donanımın araca entegrasyonu, özellikle sürücüyü uyaracak yetişkin bir yolcunun olmadığı durumlarda veya yolcuların sürücüye uyarı yapmasının zor olacağı toplu taşıma araçlarında güvenli sürüş açısından büyük fayda sağlayacaktır. Güvenli sürüş koşullarını iyileştirmek üzere sürücü destek sistemlerinin donanım bazında geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi bu açıdan önem kazanmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle sürücüyü uyaracak yetişkin bir yolcunun olmadığı hallerde kazaya sebebiyet verebilecek bu tip durumların önüne geçebilmek için adaptif yapıya sahip sürücü destek sistemlerinin geliştirilmesi konusundaki araştırmalar yoğunluk kazanmaktadır [1-8].

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde güvenli sürüş destek sistemlerinde kullanılan yaklaşımların araç içi denetleme ve araç dışı denetleme olmak üzere ikiye ayrıldığı görülmüştür. Araç dışı denetleme mantığını kullanan sistemler [2] aracın şerit çizgileri dâhilinde ilerleyip ilerlemediğini, sürekli ve düzenli şerit ihlalini ve karanlık ortam halinde stop lambası ışıkları kullanılarak öndeki araçla mesafenin korunup korunmadığını kontrol etmektedir. Araç içi denetleme yapan sistemler genel olarak sürücünün sürüş halindeki fizyolojik durumunu göz takibi yaparak [1,3-8] veya

cep telefonu kullanımını değerlendirerek [9-11] kontrol etmektedir. Bu yaklaşımlara ilaveten geliştirilen diğer bir yöntem ise araç içi ve araç dışı denetlemenin birlikte kullanılmasıdır. [12]'de göz kapanması, esneme, başın eğilmesi gibi yorgunluk belirtilerinin tespiti yapılırken eşzamanlı olarak ikinci kamera ile yolu gözleyerek şerit takibi yapılmaktadır. Eğer şerit ihlali yapılırsa ve sürücüde anormallikler mevcutsa sistem uyarı vermektedir. Başka bir çalışmada ise sürücünün gözünün kapanması ve tekerlek yönlendirme hareketlerini izleyerek tespit edilen anormallikleri sürücüye bildirme ve bu sayede erken yorgunluk tespiti gerçekleştirilmiştir [13].

[2]'de güvenli sürüş kontrolü, karanlık ortamda kameranın kullanıldığı araç ile önünde seyir halinde olan diğer araçların stop lambalarının ışıkları tespit edilerek araçlar arası güvenli mesafenin korunmasına yönelik olarak sağlanmıştır. Ancak bu çözüm de seyir halinde aracın önüne ani olarak ışısız bir araç veya canlı hayvan çıkması durumunda yeterli güvenliği sağlayamayacaktır. Bu tip sistemlere kıyasla sürücünün dikkatini ve yorgunluk durumunu değerlendirecek sistemler, aniden yol üzerinde beliren unsurlara karşı sürüşün daha emniyetli olmasını ve sürücünün refleks davranışıyla bu tip tehlikelerden daha hızlı kurtulabilmesini sağlamaktadır.

[3]'de cep telefonu üzerinde geliştirilen bir uygulama ile sürüş güvenliği kontrol edilmektedir. Ancak araca monte edilmiş dahili bir çözüm olmadığı için kullanıcının telefonunu beraberinde taşımadığı durumda veya toplu taşıma araçları gibi sürücünün değişkenlik göstereceği durumlarda kullanışsız olmaktadır. Bu açıdan araç harekete geçtiği anda çalışacak bir araca entegre bir donanım kullanımı daha işlevsel olacaktır. Sürücünün yorgunluk durumunu tespit etmek üzere göz açık/kapalı durumunu tayin etmeye yönelik araç içinde kullanıma uygun çeşitli yöntemler önerilmiştir [1,4-8]

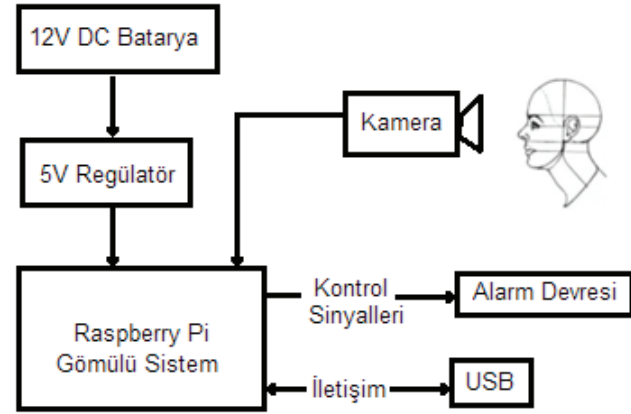
[4]'te önerilen cilt-segmentasyon yöntemi, RGB cilt-renk histogramının yapay sinir ağı ile kestirimini temel almaktadır. Segmentasyon algoritması, pikselleri kestirimi yapılan yüz özellik sınıf olasılıksal yoğunluk fonksiyonları (PDFs) arasındaki en yüksek olasılık değerine göre sınıflamaktadır. [5]'de ise dinamik bayes ağı ve eğitici sınıflama yöntemleri kullanılarak katmanlı bir algoritma geliştirilmiştir. [1]'de geleneksel lojistik regresyon yöntemlerine kıyasla destek vektör makinelerinin sürücü dikkatsizliğini gerçek zamanda daha yüksek doğrulukla tespit ettiğini ortaya konmuştur. [6]'da Sanger yapay sinir ağları tabanlı, ikili sınıflayıcılar ve ikonik veri azaltma yöntemlerini birlikte kullanan gerçek zamanlı bir çözüm

önermiştir. [14]'de Haar Kaskad Sınıflandırıcısı ve Circular Hough Dönüşümü kullanılarak oluşturulan bir göz durum algılama sistemi önerilmiştir. [15]'te gri tonlamalı görüntü işleme ve sürücünün yorulup gitmediğini belirlemek için PERCLOS temelli gerçek zamanlı bir uyuşukluk tespit sistemi geliştirilmiştir. Öğrenmeye dayalı bir sistem gibi çalışan bu yapı, yorulma modelini oluşturmak amacıyla sürücünün yüzünü ve gözlerini tespit etmek için veri toplamakta ve PERCLOS metriği kullanarak bu verileri analiz etmektedir. Bu metriği kullanan başka bir çalışmada ise sürücünün uyku durumunu temassız şekilde tespit eden gömülü bir sistem oluşturulmuş ve yakın IR aydınlatma altında çalışan gerçek zamanlı göz tespit algoritması geliştirilmiştir [16].

Bu çalışmada farklı görüntü işleme algoritmaları ve PERCLOS metriği kullanılarak yüz bölgesindeki göz açık/kapalı durumu değerlendirilerek kişinin yorgun olup olmadığı tespit edilecektir. Geliştirilen yazılım gömülü sistem üzerinde koşturularak sürüş esnasında kamera yardımı ile gerçek zamanlı akışkan görüntüdeki sürücünün yorgunluk durumu değerlendirilecektir. Tehlikeli sürüş tespiti halinde alarm devresi devreye girecek ve kullanıcının isteğine bağlı olarak önceden tanımlanmış bir hesaba sürüş bilgilerini içeren tweet gönderilecektir. Geliştirilen bu sistem ile sürücülerin yorgunluk ve dikkatsizlik gibi sebepler nedeniyle kazaya sebep olmalarının önlenmesi ve güvenli sürüş koşullarının iyileştirilmesi hedeflenmektedir.

II. Sürücü Yorgunluk Tespiti Sistemine Genel Bakış

Bu çalışmada görüntü işleme algoritmalarını içeren açık kaynaklı Open Source Computer Vision (OpenCV) kütüphanesi kullanılan Raspberry Pi 3 geliştirme kartı ile gerçek zamanlı sürüş güvenlik sistemi gerçekleştirilmiştir. Kamera uyumlu donanımı ile gerçek zamanlı görüntü işleme uygulamalarında sıklıkla kullanılan Raspberry Pi, 1.2GHz 64-bit Quad-core ARMv8 merkezi işlem birimine sahiptir. Tasarlanan görüntü işleme tabanlı gömülü sistemin blok diyagramı Şekil 1'de verilmiştir. Raspberry Pi 3 Model B geliştirme kartı 5V regülatör devresi aracılığıyla 12V DC bataryadan beslenmektedir. A4 TECH 1080P FULL HD Web kamerası ile alınan akışkan görüntüye, geliştirme kartı içerisinde koşturulan görüntü işleme yazılımları uygulanarak, sürücünün göz açıklığı ve kapalılığı tespit edilmektedir. Eğer sürüş güvenli ise devrede yeşil LED yanacak, aksi takdirde kırmızı LED yanacak, buzzer ile yüksek frekanslı tiz sesli uyarı yapılacaktır ve buna ilave olarak önceden tanımlanmış bir Twitter hesabına kişinin riskli sürüş durumunu bildiren bir bildirim yapılacaktır.



Şekil 1. Görüntü işleme tabanlı gömülü sistem blok diyagramı

Görüntü tanıma sistemleri genel olarak farklı ortam ve koşullarda kamera veya tarayıcıdan elde edilen görüntülerin temizlenmesi, filtrelenmesi, ilgili bölgesinin belirlenmesi, dönüşüm süreçlerinden geçirilmesi, ayırt edici özelliklerinin elde edilmesi ve bu özelliklerin anlamlandırılması aşamalarını içermektedir. Bu çalışmada kullanılan kameralar aracın önüne sürücü yüz bölgesi ve çevresini algılayacak şekilde konumlandırılmıştır. Yeterli ışık şiddetinde görünür bölgede çalışan Web kamera vasıtasıyla, sürücünün göz bölgesi tespit edilerek göz kapağının açık veya sürüş güvenliğini riske atacak kadar uzun süre kapalı olması belirlenmiştir. Saniyede 30 çerçeveye kadar (30fps) görüntü yakalama hızı ile göz bölgesindeki kırpa hareketi tespit edilebilmektedir. Kişinin gözün açık ve kapalı olduğu durumlardaki gerçek zamanlı video görüntüleri kamera yardımıyla elde edilecek bu görüntülere standart temizleme ve filtreleme işlemleri uygulanmıştır. Gözün kapalı veya açık durumlarını tespit etmek üzere, ilgili resimde insan yüzü bölgelerinin yerinin saptanmasında boyut/yönelim değişimlerine karşı güçlü bir yöntem olan ve Haar özneliklerini kullanan Haar Cascade Sınıflayıcı [17] yöntemiyle göz bölgesi aranmıştır. Haar özellikleri kullanmak ve eşik değerleri seçmek için Viola-Jones, makine öğrenme metodlarından Ada-Boost yöntemini kullanmaktadır [18]. Haar Cascade algoritması referans şablonlar ile görüntünün ilgilenecek her parçasının arasındaki benzerliği ölçmektedir. Çalışmada ayrıca HOG (Histogram of Oriented Gradients) [19] ve LBP (Local Texture Descriptor) [20] ile elde edilen özellik değerleri de değerlendirilmiştir. Göz bölgesi seçimi yapıldıktan sonra yorgunluk tespiti yapılırken PERCLOS (Percentage of Eye Closure) metriği kullanılmıştır. PERCLOS metriği tespit edilen gözlerin eşik değerler baz alınarak çevrilmiş binary görüntülerindeki piksel sayımı yapılarak ardından önceden hesaplanmış averaj değeri ile kıyaslanması sonucu gözlerin kapalı veya açık olduğuna karar verilmesi işlemlerine dayanmaktadır.

III. SİSTEMDE KULLANILAN GÖRÜNTÜ İŞLEME ALGORİTMALARI

Gerçek zamanlı veya gerçek zamanlı olmayan görüntülerin bilgisayara aktarılıp üzerinde işlem yapılması ve ardından çıkışa iletilmesine görüntü işleme denir. Genelde görüntüyü dijital form haline getirmek, spesifik görüntü elde etmek veya ondan bazı yararlı bilgiler çıkarmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin girdisi video kesiti veya fotoğraf gibi bir görüntüdür. Çıktısı ise görüntünün istenilen ya da dikkat edilmesi gereken bölümüne karşılık gelir yani çıktının her zaman görüntü olması beklenmez. Genellikle görüntü işleme sistemi, önceden belirlenmiş sinyal işleme yöntemlerini uygularken görüntüleri iki boyutlu sinyaller olarak ele alır. Sinyallerin alımını veri sıkıştırma, görüntü iyileştirme ve insan gözünün anlayamayacağı lekelenme kalıplarını içeren görüntüyü analiz etme ve kullanma aşamaları izler. Son aşamada ise sonuçlar görüntü analizine dayalı olarak değiştirilerek kullanıma hazır hale getirilir.

Görüntü işleme tekniklerinde sıkça kullanılan morfolojik işlemler, açma, kapama, aşındırma, genişletme, gradient alma olarak sıralanabilir. Görüntü işlemenin temelini oluşturan bu işlemler kenarları yakalamak, görüntüyü onarmak, gürültüleri yok etmek amaçlarıyla kullanılır. Şekil 2’de Python dilinde yazılan kod ve OPENCV kütüphanesi yardımıyla giriş verilen resim gri renk uzayına çevrilerek aşındırma, açma, kapama ve gradient işlemleri uygulanmıştır.

3.1 Viola Jones Algoritması

Viola-Jones nesne algılama çerçevesi [18], Paul Viola ve Michael Jones tarafından 2001 yılında önerilen gerçek

zamanlı olarak rekabetçi nesne algılama oranlarını sağlamak için ilk nesne algılama çerçevesidir. Yüksek doğrulukta algılama özelliğine sahip olan Viola-Jones algoritması gerçek zamanlı uygulanabilir. Pratik uygulamalar için saniyede en az 2 çerçeve işlenmelidir. Algoritmanın dört aşaması sırasıyla Haar Özellik Seçimi, Bütünsel Bir Resim Oluşturma, Adaboost Eğitimi ve Basamaklı Sınıflandırıcılar olarak tanımlanabilir.

Viola-Jones nesne algılama çerçevesinin algılama aşamasında hedef boyutun bir penceresi girdi görüntüsü üzerine taşınır ve görüntünün her alt bölümü için Haar benzeri özellik hesaplanır. Bu fark daha sonra nesnelere nesnelere ayıran öğrenilmiş bir eşikle karşılaştırılır. Böyle bir Haar benzeri özellik yalnızca zayıf bir öğrenen veya sınıflandırıcı olduğundan, yeterli doğrulukta bir nesneyi tanımlamak için çok sayıda Haar benzeri özellik gereklidir. Viola-Jones nesne saptama çerçevesinde Haar benzeri özellikler, güçlü bir sınıflandırıcı oluşturmak için bir sınıflayıcı kaskadı olarak adlandırılan bir alanda düzenlenir.

Haar benzeri bir özelliğin çoğu diğer özelliklere göre en önemli avantajı hesaplama hızıdır. Entegre görüntülerin kullanılması nedeniyle, sabit bir zamanda herhangi bir boyutun Haar benzeri bir özelliği hesaplanabilir.

3.2 Yerel İkili Kalıplar (Local Binary Pattern – LBP)

Çalışmada yüz tespitinde kullanılan diğer bir yöntem yerel ikili kalıplar (local binary pattern-LBP) sınıflandırma [21] yöntemidir. LBP, yönlendirilmiş gradyanların (HOG) tanımlayıcı histogramıyla birleştirildiğinde, bazı veri setleri üzerinde tespit performansını belirgin bir şekilde arttırdığı saptanmıştır.



a)

b)

c)

Şekil 2. a) Orjinal resim b) Gri renk uzayında resim c) Morfolojik işlemler sonucu resim çıktıları

3.3 Yönlü Gradyanların Histogramı (Histogram of Oriented Gradient – HOG)

Yönlü gradyanlar histogramı, bilgisayar görme ve görüntü işleme alanındaki nesnelere algılamak için kullanılan bir özellik tanımlayıcıdır. HOG tanımlayıcı tekniği, bir görüntü algılama penceresinin veya ilgilenilen bölgenin (ROI) lokalize bölümlerinde gradyan yönlendirmesinin oluşumlarını sayar.

3.4 PERCLOS (Percentage of Eye Closure) Metriği

PERCLOS (Percentage of Eye Closure), belirli bir zaman periyodunda açık ve kapalı gözlerin sayısı esas alınarak gözlerin kapalılık oranını ortaya koyan bir yorgunluk tespiti yöntemi olarak tanımlanabilir. Toplam frame sayısı N_t ve açık gözlerin sayısı N_a olarak tanımlanacak olursa sürücünün PERCLOS hesabı (1)'deki gibi çıkartılır:

$$PERCLOS = \frac{N_t - N_a}{N_t} \times 100\% \quad (1)$$

Yüzde 80 üzeri çıkan sonuçlar PERCLOS için uyku tehlikesi olarak karşılanmaktadır. Periyod olarak alınan süre ile PERCLOS başarı oranı doğru orantılıdır. [15-16]

IV. YORGUNLUK TESPİTİ SİSTEMİ YAZILIMI VE DONANIMI

Sürücünün yorgunluk tespitinin ilk adımı olan yüz ve göz tespiti için Haar Kaskad Sınıflayıcı, LBP ve HOG

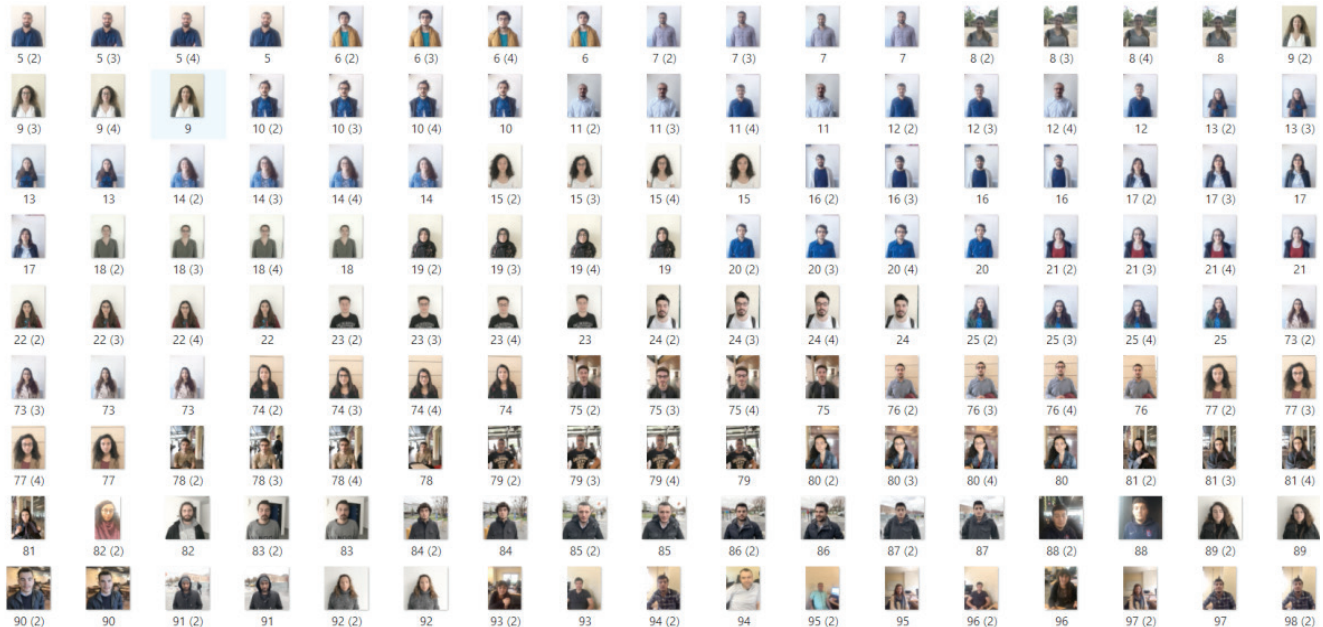
algoritmaları uygulanmıştır. HOG yöntemi ile özellik çıkarma gerçekleştirilmiş ancak göz ve yüz görüntülerinin tanımlanmasında bu yöntem ile başarılı sonuçlar elde edilememiştir. HOG genel olarak sınırları keskin nesnelere tanımlamada oldukça etkili olmakla birlikte yüz ve göz sınıflandırılması sırasında kararlı çalışma sağlamamıştır. Diğer algoritmalar ise veri tabanı üzerinde denenmiş ve sonuçları aşağıda irdelenmiştir.

4.1 Veri Tabanı Testi İle Uygun Sınıflandırıcının Seçilmesi

Bu çalışmada kişilerin yorgunluk durumunu değerlendirecek şekilde, yüz ve gözlerin tespiti için en uygun sınıflandırıcıyı belirlemek amacıyla 100 farklı kişiden farklı ışık koşullarında ve farklı arka planlarda 4 farklı kategoride (gözlüksüz gözler açık, gözlüksüz gözler kapalı, gözlüklü gözler açık ve gözlüklü gözler kapalı) veri tabanı oluşturulmuştur (Şekil 3). Kişilerden çalışma kapsamında yüz görüntüsünün alınmasına ve gerçekleştirilecek tüm akademik çalışmalarda kullanılmasına dair onay alınmıştır.

4.2 Görüntü İşleme Algoritmalarının Performans Değerlendirmesi

Veri tabanı üzerinde denen algoritmaların (Haar Kaskad ve LBP Kaskad) elde ettiği başarı oranları Tablo 1'de verilmiştir. Sonuçlara göre en yüksek başarı Haar Kaskad sınıflayıcı kullanılarak elde edilmiş ve gözler için en uygun



Şekil 3. Yorgunluk tespiti için veri tabanı

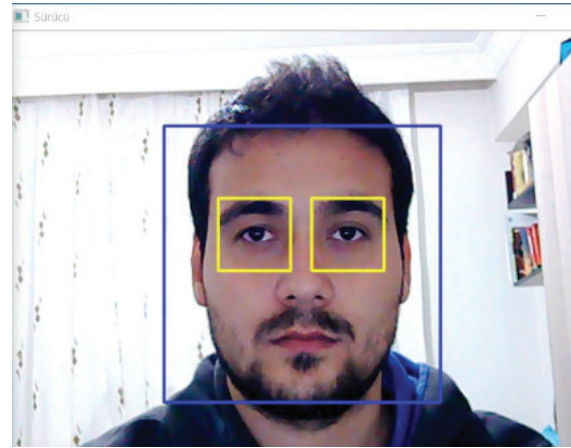
'detectMultiscale' değerleri "roi_gray, 1.3, 9" olarak belirlenmiştir. Bu yöntem ile yapılan örnek yüz ve göz tespiti Şekil 4'de verilmiştir. Tablo 2'de Haar Kaskad sınıflayıcının performansı gözlük kullanılmaksızın gözün açık ve kapalı olma durumuna göre incelenmiştir. Tablonun ilk sütununda verilen toplam görüntü sayısı Haar Kaskad sınıflayıcıya uygulanan gözlüksüz kullanıcıların göz açık ve göz kapalı görüntülerini ifade etmektedir. Doğru tespit edilen görüntü sayısı aynı sınıflayıcının gözün açık ve kapalı olma durumunu doğru olarak değerlendirdiği; yanlış tespit edilen görüntü sayısı ise belirtilen bu durumların sınıflayıcı tarafından yanlış olarak değerlendirildiği görüntülerin sayısını göstermektedir. Doğruluk oranı ise doğru tespit edilen görüntü sayısının toplam görüntü sayısına olan oranıdır.

Tablo 1. Sınıflayıcı doğruluk oranları

Durum	Haar Kaskad (%)	LBP (%)
Gözlüklü, Gözler açık	54,21	42,16
Gözlüklü, Gözler kapalı	98,76	86,41
Gözlüksüz, Gözler açık	88	74,74
Gözlüksüz, Gözler kapalı	87,75	84,84

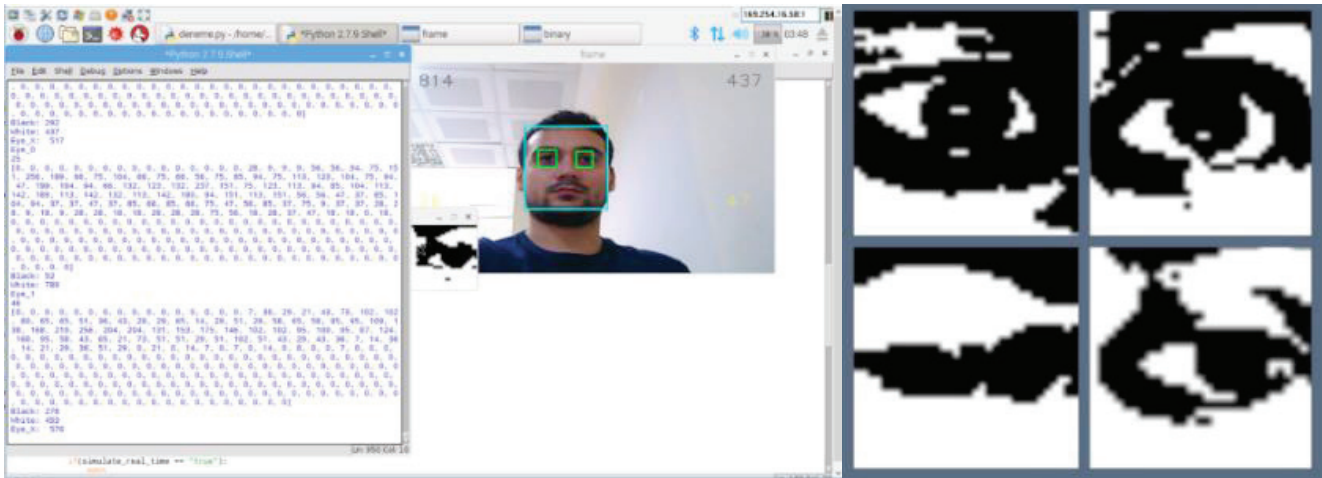
Tablo 2. Haar Kaskad Sınıflayıcı performansı

Gözlük kullanılmayan durum	Gözler açık	Gözler kapalı
Toplam görüntü sayısı	100	98
Doğru tespit edilen görüntü sayısı	88	86
Yanlış tespit edilen görüntü sayısı	12	12
Doğruluk oranı	%88	%87.5

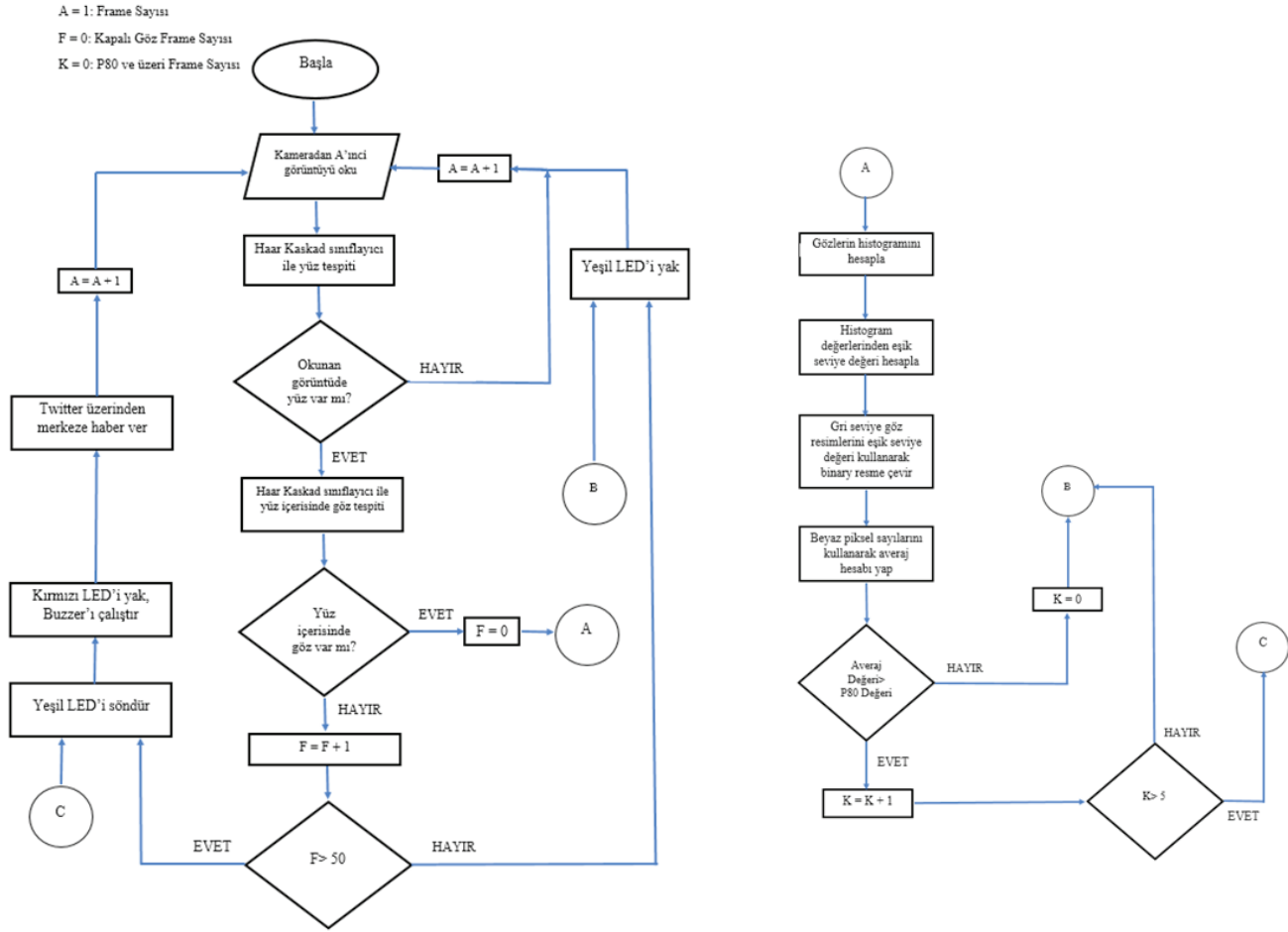


Şekil 4. Haar Kaskad sınıflayıcı ile yüz ve göz tespiti

PERCLOS metriği yöntemi yüz içerisindeki gözler üzerinde yapılan işlemlere dayanmaktadır. RGB görüntüdeki gözler gri seviyeye çevrildikten sonra gri seviye görüntülerin histogramları ve ilgili eşik değeri hesaplanır. Görüntüdeki her piksel değeri ile eşik değeri karşılaştırılır. Eşik değerinin altında kalan piksel değeri 0'a (siyah), üstünde kalan piksel değeri 1'e (beyaz) çekilerek görüntü ikili görüntüye çevrilir (Şekil 5). Görüntüdeki beyaz piksel sayısı referans alınarak önceden belirlenen ortalama değeriyle karşılaştırılır. Eğer beyaz piksel sayısı ortalama değerinden küçükse göz açık, büyükse göz kapalı olarak sınıflandırılır. Her frame için yapılan bu sınıflandırmada (1)'deki PERCLOS hesaplaması ile yorgunluk kararı verilir. Eğer PERCLOS yüzdesi %80 yani bir diğer anlatımla P80 üstünde olursa yorgunluk kararına varılır. Şekil 6'da en başarılı sınıflayıcı olan Haar Kaskad ve PERCLOS metriği kullanılarak tasarlanan sürücü yorgunluk tespiti algoritmasının akış diyagramı verilmektedir.



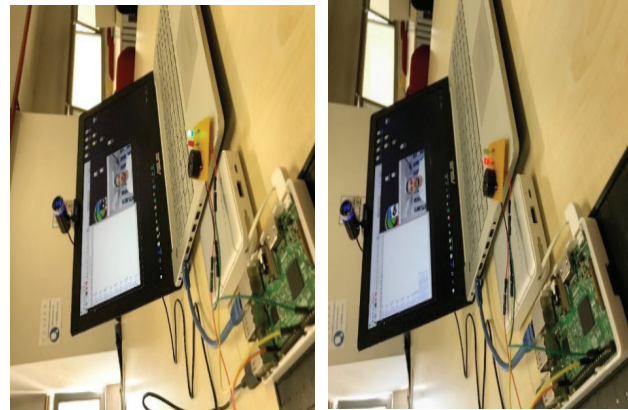
Şekil 5. Gerçek zamanlı tespit edilen gözlerin binary durumları



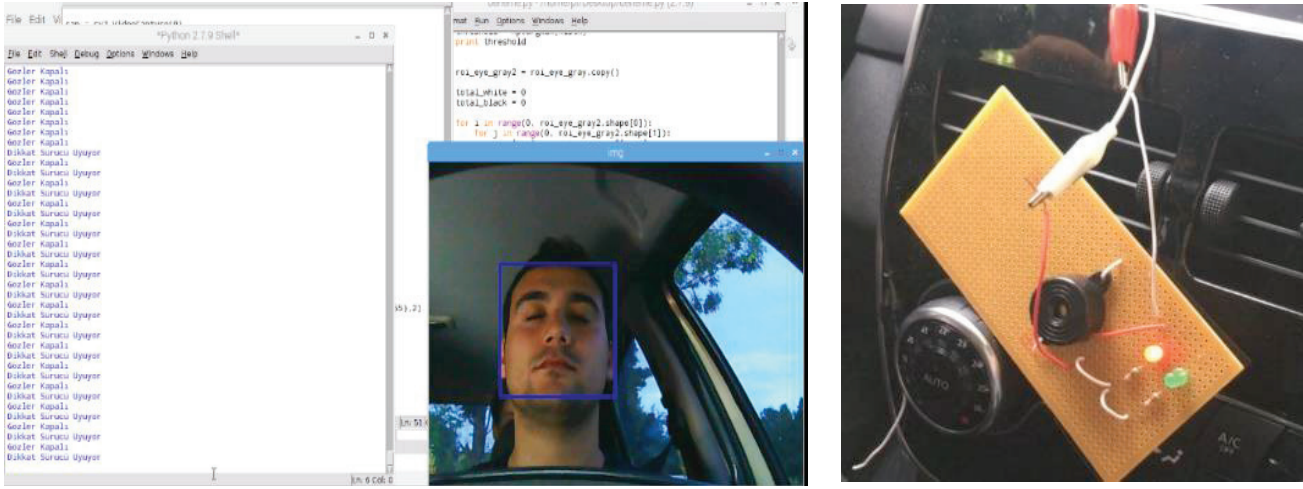
Şekil 6. Sürücü Yorgunluk Tespiti algoritması akış diyagramı

4.3 Sistemin Donanımsal Gerçekleşmesi

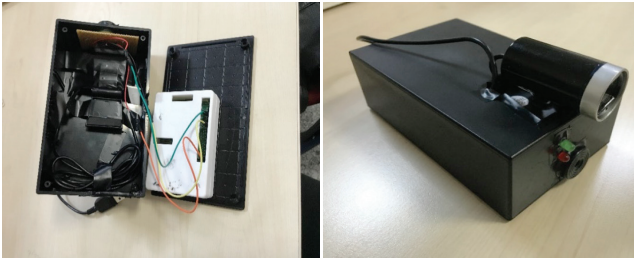
Görüntü işleme tabanlı yorgunluk tespit sistemi için kurulan donanım devresi Şekil 7’de verilmiştir. Kameradan alınan görüntüler analiz edildiğinde sürücüde yorgunluk tespiti yapılmadığı anlarda Raspberry Pi 3, uygun çıkış pinine +5V vererek devredeki yeşil LED’i aktive eder. Şekil 8’deki gibi sistem sürücüyü yorgun tespit ederse Raspberry Pi 3, uygun çıkış pinine +5V vererek devrede “+ uçları” ortak olan kırmızı LED ve buzzer’a enerji gönderir. Bu arada yeşil LED’in bağlı olduğu pine verilen +5V kesilir. Böylelikle kırmızı LED yanar, buzzer çalışır ve yeşil LED söner. Sürücü uyanır ve gözlerini belirli açıklığa getirirse sistem yorgunluk olmadığı andaki işlevine geri döner. Kırmızı LED söner, buzzer çalışmaz ve yeşil LED yanar. Sistemin kutulanmış iç ve dış görüntüleri Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 7. PERCLOS ile yorgunluk tespit sistemi donanımının çalıştırılması



Şekil 8. Sürücünün yorgun olduğuna karar verilmesi



Şekil 9. Kutulanmış görüntü işleme tabanlı yorgunluk tespit sistemi donanımı

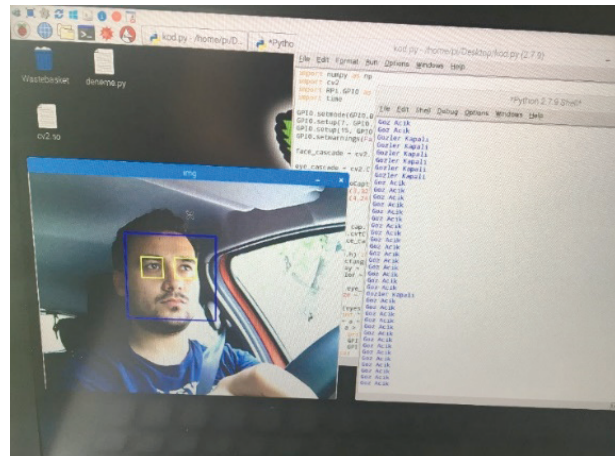


Şekil 10. Sürücünün ve sistemin araç dışından görüntüsü

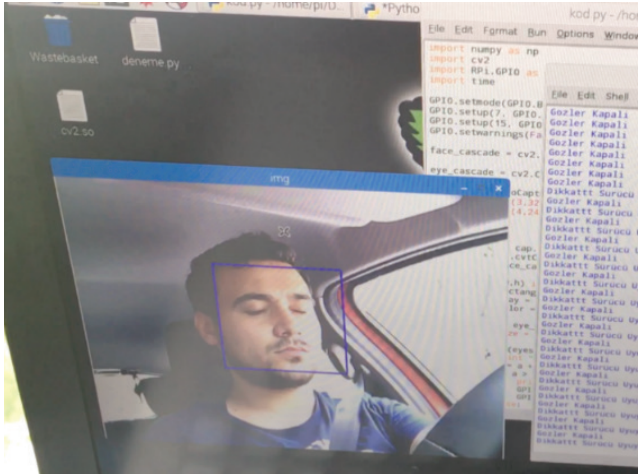
V. Sürücü Yorgunluk Tespiti Donanımının Test İşlemleri

Gün içerisinde farklı saatlerde ve farklı gün-hava koşullarında yapılan testler sonucunda sistemin en çok etkilendiği durumun ışık yoğunluğu olduğuna karar verilmiştir. Kameranın açısı ve sürücü fiziksel durumu da sistem üzerinde etkili olmakla beraber en büyük etkenin ışık yoğunluğu olduğu belirgindir.

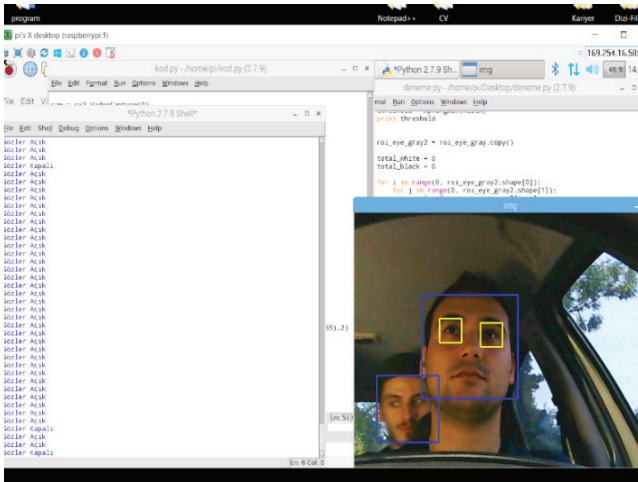
Yapılan testler neticesinde ışık yoğunluğunun düşük olduğu durumlarda bile sistem başarılı sonuçlar vermiştir. Şekil 10'da sürücünün ve sistemin araç dışından görüntüsü verilmiştir. Nizami sürüş ve yorgunluk tespitleri sırasıyla Şekil 11 ve 12'de verilmiştir. Arka koltukta yolcu olması durumunda ve düşük ışık yoğunluğunda da sistemin sorunsuz çalıştığı sırasıyla Şekil 13 ve Şekil 14'te gösterilmiştir. Şekil 15'te ise yorgunluk tespiti durumunda kullanıcı tarafından onaylanmış hesaba gönderilmiş, yazı, fotoğraf, tarih ve saat bilgilerini içeren tweet görüntüsü verilmiştir.



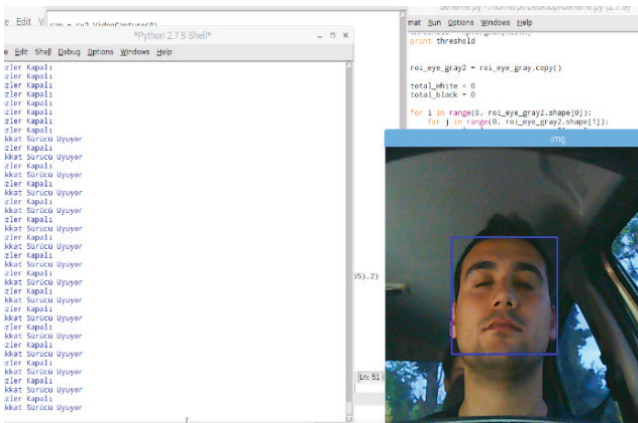
Şekil 11. Sürücünün gözlerinin açık olduğunun tespiti



Şekil 12. Sürücünün yorgun olduğuna karar verilmesi ve uyuyor ikazı yapılması



Şekil 13. Arka koltukta yolcu olması durumunda sistemin sorunsuz çalışması



Şekil 14. Düşük ışık koşullarında yorgunluk tespitinin yapılması



The Awakening
@The_Awakening_

Mustafa surucusunde yorgunluk tespiti yapılmıştır. Mon May 22 20:35:43 2017



Şekil 15. Twitter hesabına yazı, fotoğraf, tarih ve saat bilgili tweet atılması

VI. SONUÇ

Bu çalışmada sürüş güvenliğini sağlamak üzere sürücünün yorgunluk durumunun tespitine ve tehlike durum tespiti halinde sürücünün uyarılmasına yönelik gerçek zamanlı donanım geliştirilmiştir. Trafikte seyir halinde olan sürücünün kameradan elde edilecek görüntüler yardımı ile yüz bölgesinin algılanarak göz takibi sağlanmış ve bu akışkan görüntü gömülü sistem üzerinde gerçek zamanlı olarak işlenerek sürüş esnasında dikkatsiz veya aşırı yorgun olma durumunu donanım üzerinde tespit edilmesi halinde alarm devresi aktive olmuştur. Böylelikle, tehlikeli durum tespit edildiğinde sistemin sürücüyü uyararak olası kaza durumlarının önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca ticari araç kullanımı halinde eğer istenirse sürücünün yorgunluk durumu, önceden belirlenmiş bir hesaba yazılı, fotoğraflı ve gün ile saat bilgisini içeren bir tweet gönderimi ile belgelenmiş olmaktadır.

Sürücünün yorgunluk tespitinin ilk adımı olan yüz ve göz tespiti için Haar Kaskad Sınıflayıcı, LBP ve HOG algoritmaları uygulanmıştır. HOG yöntemi ile özellik çıkarma gerçekleştirilmiş ancak göz ve yüz görüntülerinin tanımlanmasında bu yöntem ile başarılı sonuçlar elde edilememiştir.

Bu sebeple veri kümesine ilk iki yöntem uygulanmıştır. Tablo 1’de verilen doğruluk oranlarına göre Haar Kaskad Sınıflayıcı LBP yöntemine göre daha başarılı olmuştur.

Bu çalışmada hazır veri kümesi ile eğitim yapılmamış, görüntüler 100 farklı kişiden farklı ışık koşullarında ve farklı arka planlarda 4 farklı kategoride (gözlüksüz gözler açık, gözlüksüz gözler kapalı, gözlüklü gözler açık ve gözlüklü gözler kapalı) alınarak veri tabanı oluşturulmuştur. Literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırılma yapılırken bu veri tabanının daha önce başka algoritmalarla çalışılmadığı dikkate alınmalıdır. Mevcut çalışmadaki doğruluk oranı hesaplanırken Tablo 1’de verilen tüm durumlar için elde edilen doğruluk oranlarının ortalaması alınmıştır.

Tablo 3. Literatür ile karşılaştırma

Çalışma	Tasarlanan Sistem	Kullanılan Yöntem	Doğruluk Oranı (%)
Mevcut	Sürücü Yorgunluk Tespiti	Haar Kaskad PERCLOS	82.2
[1]	Sürücü Dikkat Dağılımı Tespiti	Destek Vektör Makineleri	79,37
[1]	Sürücü Dikkat Dağılımı Tespiti	Lojistik Model	69,99
[3]	Bio-işaretler, göz ve araç hızı ile sürüş değerlendirme sistemi	Bulanık Bayes Ağı	96.5
[5]	Sürücü Dikkat Dağılımı Tespiti	Hibrid Bayes Ağı	88
[6]	Sürücü Dikkat Tespiti	Sanger Sinir Ağları	81

Gerçek zamanlı sürücü yorgunluk tespit sistemi, görüntü işleme algoritmalarının kullanıldığı açık kaynaklı Raspberry Pi geliştirme kartı, akışkan görüntünün alındığı harici kamera ve gerekli durumda aktive olan alarm devresi ile gerçekleştirilmiştir. Yazılımda kullanılan Haar Kaskad sınıflayıcı ve PERCLOS yöntemi ile yorgunluk tespiti alınan tüm görüntülere bağlı olarak %82.2 başarıyla sağlanmıştır. Gerçeklenen sistem donanımının araç içerisinde testleri farklı ışık koşullarında ve sürücü arkasında oturan yolcu varlığında yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre sürücünün sürüş anındaki yorgunluk durumunun yüksek doğrulukla tespit edildiği belirlenmiştir. İleriki çalışmalarda sistem üzerinde geliştirmeler yapılarak sürücünün cep telefonu kullanımının tespit edilmesi hedeflenmektedir.

Kaynaklar

[1] Liang, Y., Reyes, M.L., Lee, J.D., (2007). Real-time detection of driver cognitive distraction using support vector machines. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 8, 340–350.

- [2] Chen, Y.L., Chiang, H. H., Chiang, C.Y., Liu, C.M., Yuan, S.M., Wang, J.H., (2012). A vision-based driver nighttime assistance and surveillance system based on intelligent image sensing techniques and a heterogamous dual-core embedded system architecture. *Sensors*, 12, 2373–2399.
- [3] Lee, B.G., Chung, W.Y.A., (2012). Smartphone-based driver safety monitoring system using data fusion. *Sensors*, 12, 17536–17552.
- [4] Lenskiy, A.A., Lee, J., (2012). Driver’s eye blinking detection using novel color and texture segmentation algorithms. *International Journal of Control, Automation and Systems*, 10, 317-327.
- [5] Liang, Y., Lee J.D., (2014). A hybrid Bayesian Network approach to detect driver cognitive distraction. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 38, 146–155.
- [6] Masala, G.L., Grosso E., (2014). Real time detection of driver attention: Emerging solutions based on robust iconic classifiers and dictionary of poses. *Transportation Research Part C*, 49, 32-42.
- [7] Ghosh, S., Nandy, T., Manna, N., (2015). Real Time Eye Detection and Tracking Method for Driver Assistance System. *Advancements of Medical Electronics, Lecture Notes in Bioengineering*, 13-25.
- [8] Cyganek, B., (2016). Real-Time Eye Detection and Tracking in the Near-Infrared Video for Drivers’ Drowsiness Control. *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Recognition Systems CORES 2015, Advances in Intelligent Systems and Computing*, 403, 481-490.
- [9] Takahashi, K., (2005). Method of detecting concentration on cellular phone call from facial expression change by image processing. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 4, 3444-3448.
- [10] Zhang, X., Zheng, N., Wang, F., He, Y., (2011). Visual Recognition of Driver Hand-held Cell Phone Use Based on Hidden CRF. *IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES)*, 248–251.
- [11] Wang, D., Pei, M., Zhu, L., (2014). Detecting Driver Use of Mobile Phone Based on In-Car Camera. *10th International Conference on Computational Intelligence and Security*, 148-151.
- [12] Ahmed, R., Emon, K.E.K., Hossain, M.F., (2014). Robust Driver Fatigue Recognition Using Image Processing. *3rd Int. IEEE Conference on Informatics, Electronics & Vision*, 1-6.
- [13] Beukman, A.R., Hancke, G.P., Silva, B.J., (2016). A multi-sensor system for detection of driver fatigue. *Industrial Informatics IEEE 14th International Conference on (INDIN)*, South Africa
- [14] Fitriyani, N.L., Yang, C.K., Syafrudin, M., (2016). Real-Time Eye State Detection System Using Haar Cascade Classifier and Circular Hough Transform. *IEEE 5th Global Conference on Consumer Electronics, Japan*
- [15] Yan, J.J., Kuo, H.H., Lin, Y.F., Liao, T.L., (2016). Real-time Driver Drowsiness Detection System Based on PERCLOS

- and Grayscale Image Processing. *International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C), China*
- [16] Acioğlu, A., Erçelebi, E., (2016). Real Time Eye Detection Algorithm for PERCLOS Calculation. *24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU), Turkey*
- [17] Porwik, P., Lisowska, A., (2004). The Haar–Wavelet Transform in Digital Image Processing: Its Status and Achievements. *Machine Graphics & Vision*, 13, 79-98.
- [18] Viola, P., Jones, M., (2001). Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features. *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 511-518.
- [19] Dalal, N., Triggs B., (2005). Histograms of oriented gradients for human detection. *Proceedings on IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1, 886-893.
- [20] Ahonen, T., Hadid, A., Pietikäinen, M., (2004). Face Recognition with Local Binary Patterns. *Proceedings on 8th European Conf. Computer Vision*, 469-481.
- [21] Ojala, T., Pietikäinen, M., Harwood, D., (1994). Performance evaluation of texture measures with classification based on Kullback discrimination of distributions. *Proceedings of 12th IAPR International Conference on Pattern Recognition (ICPR 1994)*, vol. 1, 582 – 585.