تشخیص خستگی و خواب‌آلودگی رانندهٔ خودرو مبتنی بر پردازش تصویر و هوش مصنوعی بر روی گوشی تلفن همراه

دانیال حق‌پرست[۱]، علی محمد فتوحی[۲]*

کارشناسی ارشد الکترونیک، دانشکدهٔ مهندسی برق، دانشگاه تفرش، تفرش، ایران[۱]

استادیار دانشکدهٔ مهندسی برق، دانشگاه تفرش، تفرش، ایران[۲]*

چکیده

یکی از عوامل تأثیرگذار در سوانح رانندگی، خستگی و خواب‌آلودگی راننده است. در این مقاله با استفاده از تشخیص چهره و حالت چشم راننده مبتنی بر پردازش تصویر و هوش مصنوعی، خواب‌آلودگی راننده تشخیص و اعلام خطر صوتی مناسب به‌منظور بیدارکردن راننده صادر می‌شود. روش پیشنهادی بر روی گوشی تلفن همراه راننده و تنها با استفاده از امکانات گوشی شامل پردازنده، دوربین و اعلام خطر صوتی اجرا شده‌است و نیاز به سخت‌افزار اضافه در خودرو ندارد. در الگوریتم پیشنهادی به منظور تشخیص چهره از روش سریع و کارای هار-کسکید استفاده شده‌است. به‌منظور تسریع بیشتر الگوریتم، در این مقاله با ترکیب دو مرحلهٔ تشخیص چشم و تشخیص حالت چشم، از روش هار-کسکید برای تشخیص چشم باز در ناحیهٔ چهره استفاده شده‌است. الگوریتم پیشنهادی، برخلاف الگوریتم‌های متعدد و پیشرفتهٔ موجود، از جمله الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری عمیق، ضمن دارابودن دقت لازم، هزینهٔ محاسباتی پایینی دارد و می‌توان آن را بلادرنگ بر روی انواع تلفن‌های همراه هوشمند پیاده‌سازی کرد. برای آموزش و افزایش دقت عملکرد الگوریتم پیشنهادی، پایگاه داده‌ای از پانصد تصویر مناسب در وضعیت‌های مختلف رانندگی تهیه شده و به‌کار رفته‌است. بررسی نتایج تجربی بر روی بیست ویدئوی آزمایشی، که در شرایط مختلف واقعی رانندگی و بدون استفاده از شبیه‌ساز تهیه شده‌است، نشان‌دهندهٔ عملکرد مناسب سامانهٔ طراحی‌شده با ایجاد ۹۵٪ از هشدارهای مورد انتظار است.

واژگان کلیدی: خستگی و خواب‌آلودگی راننده، پردازش تصویر، هوش مصنوعی، تشخیص چهره و چشم، برنامهٔ تلفن همراه.

Fatigue and drowsiness detection of the car driver based on image processing and artificial intelligence on the mobile phone

Daniyal Haghparast [1], Ali Mohammad Fotouhi [2*]

Master of Electroncs, Electrical Engineering Department, Tafresh university, Tafresh, Iran[1]

Assistant professor of Electrical Engineering Department, Tafresh university, Tafresh, Iran[2*]

Abstract

One of the important factors in traffic accidents is the fatigue and drowsiness of the driver. In this paper, by using the driver's face detection and eye state recognition based on image processing and artificial intelligence, the driver's drowsiness is detected, and appropriate alarms sound to wake up the driver. The proposed method is implemented on the driver's mobile phone and uses the facilities of the phone, including processor, camera, and alarm, so it requires no additional hardware in the car. The method used and implemented in order to detect and determine the position of the face is based on the Hare-Cascade algorithm. In order to further speed up the algorithm by combining the two stages of eye detection and eye state detection, the Hare-Cascade method has been used to detect open eyes in the face area. The proposed algorithm, while providing the necessary accuracy, unlike the existing numerous

* نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات

* Corresponding author

• تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۲/۲/۶ • تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۱۴ • تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۳۰ • نوع مطالعه: کاربردی

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]

[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

and advanced algorithms, including algorithms based on deep learning, has a low computational cost and can be implemented in real time on different types of smart mobile phones. Also, by adjusting the sensitivity of the software by the user, based on the detection of one or two open eyes in the area of the face and the time between two consecutive frames of not detecting open eyes, increasing the number of correct alarms and reducing the number of false alarms can be controlled.
In this research to train and increase the accuracy of the intelligent model used, a database of 500 suitable images in different driving situations was prepared and used. Experimental results on 20 test videos in different driving situations show the proper performance of the designed system by creating 95% of the expected alarms. Based on the results of numerous and various experimental tests with the acceptable performance of the product of this applied research in detecting driver drowsiness and creating correct alarms, it seems that if used by drivers, it can prevent many car accidents.

Keywords: Driver fatigue and drowsiness, image processing, artificial intelligence, face and eye detection, mobile phone application.

۱-مقدمه

خستگی و خواب‌آلودگی می‌تواند از حالات جسمی، روحی و یا روانی فرد نشئت گرفته باشد[۱]. طبق بررسی‌های انجام‌شده بیشتر سوانح و تصادفاتی که به‌علت خواب آلودگی اتفاق می‌افتد در بازه زمانی نیمه‌شب تا هشت صبح و از ساعت سیزده تا پانزده بوده‌است. بیشتر تصادفات ناشی از خواب‌آلودگی منجر به مرگ برای افراد سال‌خورده و مسن در ساعت‌های بعدازظهر و برای جوانان در ساعت-های ابتدایی صبح گزارش شده‌است[۲, ۳]. خستگی راننده دلایل عمده‌ای دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کمبود خواب و استراحت کافی، سن بالا و مصرف مواد مخدر و دارو اشاره کرد[۱].

تشخیص علائم خستگی در تصمیم‌گیری مناسب و به موقع برای مقابله با آن نقش مهمی داشته و ایمنی راننده را افزایش می‌دهد. مواردی از قبیل کج‌خلقی، خمیازه و بسته‌شدن پلک‌ها، نبود توانایی برای حفظ سرعت وسیلهٔ نقلیه، نبود توانایی برای حفظ کنترل وسیلهٔ نقلیه در یک خط مشخص، نبود تمرکز فکری، تلاش برای بازنگه‌داشتن چشم‌ها، نبود توانایی کافی برای بالا نگه‌داشتن سر، کاهش یافتن کیفیت و افزایش زمان و کاهش واکنش راننده در مواقع احساس خطر و نبود تمرکز در دید علائم یک رانندهٔ خسته است؛ علائمی که نشان دهد یک راننده در حالت خستگی رانندگی می‌کند کمابیش زیاد است و با توجه به اثراتی که خواب‌آلودگی و خستگی در وقوع تصادفات دارند پژوهش‌گران سعی در طراحی سامانه‌هایی برای کنترل هوشیاری رانندگان بر اساس علائم فوق داشته‌اند. عملکرد این سامانه‌ها به گونه‌ای است که سطح هوشیاری راننده را مداوم بررسی می‌کند و در هنگام احساس خطر به شیوه-های مختلف سعی در هوشیارکردن راننده دارد[۱].

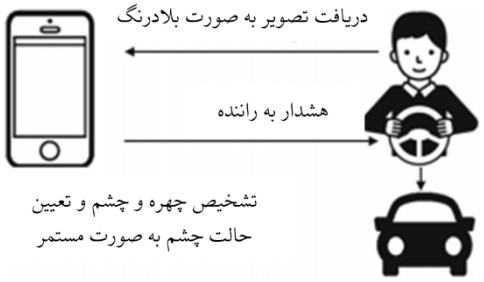
هدف این مقاله ایجاد هم‌سفری همیشه بیدار و هشداردهنده برای راننده در داشتن یک سفر ایمن است. نتیجهٔ این پژوهش طراحی و پیاده‌سازی یک برنامهٔ کاربردی خواهد بود که بر روی گوشی تلفن همراه راننده نصب می شود. گوشی بر روی پایهٔ نگهدارنده در داخل خودرو قرار می گیرد، به گونه‌ای که تصویر چهرهٔ راننده در دوربین گوشی دریافت شود؛ سپس بخش پردازشی برنامه، با پردازش تصویر چهره، حالت چشم‌ها را شناسایی می‌کند؛ چنانچه خواب آلودگی یا خستگی راننده از پردازشی که دائم بر روی چهرهٔ راننده انجام می‌شود تشخیص داده شود و با به صدا درآوردن زنگ هشدار گوشی، راننده را بیدار می‌کند. طرح کلی سامانه در شکل (۱) مشاهده می‌شود.

هرچند پژوهش‌های متعددی در زمینهٔ تشخیص خستگی و خواب‌آلودگی راننده در منابع پژوهشی ارائه شده‌است، اما تعداد کمی از این پژوهش‌ها بر بستر گوشی تلفن همراه و بدون نیاز به سخت‌افزار مجزا پیاده‌سازی شده‌اند؛ همچنین به‌دلیل آنکه گوشی‌های موجود در بازار طیف وسیعی از پردازنده‌ها و حافظه را دارا هستند، الگوریتم پیشنهادی باید قابلیت پیاده‌سازی بر روی انواع گوشی‌های موجود از ساده و ارزان‌قیمت تا پیشرفته و گران‌قیمت را داشته باشد. به این دلیل چالش اصلی این پژوهش ساده‌سازی بیشینهٔ الگوریتم تشخیص خواب آلودگی ضمن حفظ دقت لازم است. الگوریتم‌های ارائه‌شده در مراجع پژوهشی بیشتر مبتنی بر سه مرحلهٔ تشخیص چهره، تشخیص چشم و تشخیص حالت چشم (باز یا بسته) هستند. در الگوریتم پیشنهادی این نوشتار از الگوریتم هار-کسکید که یک الگوریتم با سرعت و دقت بالاست در مرحلهٔ تشخیص چهره استفاده می‌شود. در گام بعدی نشان داده می‌شود با ایدهٔ ترکیب مراحل تشخیص چشم و حالت چشم در یک مرحله تشخیص چشم باز بر اساس همان الگوریتم هار-کسکید می‌توان به پاسخ‌های مطلوبی رسید و در عمل گام تشخیص حالت چشم حذف

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]
[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

می‌شود. به این ترتیب الگوریتم پیشنهادی ضمن حفظ دقت عملکرد، قابلیت پیاده‌سازی بر روی طیف وسیعی از گوشی‌های تلفن همراه را دارد؛ همچنین در این مقاله یک مجموعه‌داده شامل بیست ویدئو در شرایط واقعی رانندگی و بدون استفاده از شبیه‌ساز تهیه شده‌است که می‌تواند فقدان وجود یک پایگاه دادهٔ استاندارد واقعی در این زمینه را جبران کند.

در این مقاله، در بخش دوم، مروری بر پژوهش‌های پیشین صورت می‌گیرد. روش پیشنهادی در بخش سوم معرفی می‌شود. بخش چهارم به ارائهٔ نتایج آزمایش‌های تجربی و تحلیل نتایج می‌پردازد. بخش پنجم به نتیجه‌گیری و جمع‌بندی مطالب اختصاص یافته‌است.



(شکل-۱): طرح کلی سامانهٔ تشخیص خواب‌آلودگی راننده
(Figure-1): Outline of driver drowsiness detection system

۲- مروری بر کارهای پیشین

با توجه به مطالبی که در بخش (۱) در خصوص اثرات و علائم خستگی راننده ارائه شد، روش‌های تعیین خستگی راننده که پژوهش‌گران تاکنون پیشنهاد کرده‌اند به طور کلی به چهار دسته تقسیم می‌شوند[۴]:

- روش‌های مبتنی بر تحلیل سیگنال‌های فیزیولوژی انسان
- روش‌های مبتنی بر مشاهده پارامترهای وسیلهٔ نقلیه
- روش‌های مبتنی بر رفتار راننده
- روش‌های ترکیبی

۲-۱-روش‌های مبتنی بر تحلیل سیگنال های فیزیولوژی انسان

در این روش‌ها حس‌گرهایی به طور مستقیم به راننده متصل می‌شوند تا برخی از پارامترها مانند ضربان قلب، سیگنال مغز، جابه‌جایی صورت، جابه‌جایی سر و گردن و... را اندازه‌گیری کنند؛ سپس با پردازش این پارامترها، وضعیت راننده ارزیابی می‌شود. در [۵] یک برنامهٔ کاربردی تلفن همراه که از رابط الکتروانسفالوگرام (EEG) با هزینهٔ کم استفاده می‌کند، معرفی شده‌است. این برنامه از هدست EEG برای دستیابی به مقادیر آلفا، بتا و تتای مغز و درنتیجه اندازه‌گیری سطح توجه کاربر استفاده می‌کند. برنامه مرتب وضعیت کاربر را رصد می‌کند و داده‌ها را از طریق بلوتوث به برنامهٔ اندرویدی ارتباط داده و راننده را با هشدار لازم بیدار می‌کند. عملکرد این روش با دقت ۷۳ درصدی در تشخیص خواب‌آلودگی راننده گزارش شده‌است.

۲-۲-روش‌های مبتنی بر پارامترهای وسیلهٔ نقلیه

در این روش‌ها آنالیز سامانه بر مبنای مشاهدهٔ راننده نیست و به نوع رانندگی و کنترل راننده بر وسیلهٔ نقلیه بستگی دارد. در این روش‌ها برای تشخیص خستگی راننده از پارامترهای مرتبط با وسیلهٔ نقلیه نیز استفاده می‌شود. روش‌هایی مرتبط با سنجش وضعیت خودرو، انحراف خودرو از جاده، زاویهٔ چرخ‌ها و تعادل در حرکت، از نمونه های این روش‌ها هستند.

در [۶] سامانهٔ هشداردهندهٔ انحراف خودرو از مسیر معرفی شده‌است. این سامانه برای کاهش تعداد انحراف ناخواسته از مسیر جاده طراحی شده‌است. در این پژوهش با استفاده از ویژگی لبه و بررسی مؤلفه‌های به‌هم‌پیوسته به استخراج خطوط خط‌کشی مسیری که خودرو در آن قرار دارد پرداخته و با بررسی نبود وجود این خطوط در چند قاب متوالی، انحراف از مسیر تشخیص داده می‌شود. پیاده‌سازی این سامانه بر روی پردازش‌گر تلفن همراه انجام گرفته‌است و با استفاده از تصاویر دریافت‌شده از دوربین تلفن همراه در شرایط نور روز و یک جادهٔ خشک استاندارد به خوبی عمل می‌کند و در صورت خارج‌شدن راننده از مسیر اصلی جاده به او هشدار می‌دهد.

۲-۳-روش های مبتنی بر مشاهدهٔ راننده

در این روش‌ها از دوربین و پردازش تصویر در تجزیه‌و تحلیل داده‌های تصویری دریافت‌شده از راننده استفاده می‌شود. این روش‌ها به سه دستهٔ اصلی تقسیم می‌شوند[۴]:

- تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های چشم
- تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های دهان
- تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های سر

۲-۳-۱-تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های چشم

برای تشخیص وضعیت چشم، ابتدا باید چهره و سپس چشم ها را مکان‌یابی کرد. روش‌های مکان‌یابی چشم مانند روش های تشخیص چهره در دسته‌های مختلفی مانند مبتنی بر ویژگی، تطبیق الگو و بازشناسی الگو قرار می‌گیرند.

در روش‌های مبتنی بر ویژگی از ایده‌هایی مانند نسبت ابعاد چشم، بررسی پلک‌ها، بررسی عنبیه و محاسبهٔ

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]
[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

انحنای پلک بالائی استفاده شده‌است. در روش‌های تطبیق الگو تصویری که عملیات پردازشی روی آن انجام می‌شود از طریق محاسبهٔ تابع وابستگی با تصویر استانداردی از چهره که به‌عنوان الگو معرفی می‌شود مقایسه شده و مکان چهره و چشم‌ها مشخص می‌شود؛ همچنین از ترکیب روش‌های مبتنی بر ویژگی و تطبیق الگو استفاده شده‌است. روش‌های مبتنی بر شناسایی الگو ترکیبی از عملیات استخراج ویژگی و طبقه‌بندی به دو کلاس چهره و غیرچهره یا چشم و غیر چشم هستند. در این روش‌ها بیشتر به جای ویژگی‌های ظاهری چهره و چشم از ویژگی‌های ساختاری یا بافت چهره و چشم استفاده می‌شود.

در [۷] ضمن جبران‌سازی چرخش و تغییر روشنایی، ابتدا چهره با استفاده از ویژگی‌های هار تشخیص داده شده و با روش پالایهٔ کالمن دنبال می‌شود. چشم‌ها در روز با روش تحلیل مؤلفهٔ اصلی و در شب با الگوی باینری محلی تشخیص داده می‌شوند؛ سپس باز یا بسته‌بودن چشم با طبقه‌بندی‌کنندهٔ ماشین بردار پشتیبان تشخیص داده می‌شود. در انتها درصد بسته‌بودن چشم برای تعیین سطح هشدار خستگی استفاده می‌شود.

در [۸] به‌منظور تشخیص خستگی راننده با تصاویر ورودی با کیفیت پایین به‌دلیل انسداد، تغییر شکل ناشی از چرخش زیاد سر و حالت‌های ناهماهنگ دو چشم، یک شبکهٔ عصبی کانولوشنی ترکیبی چند جریانی با یک جریان سراسری چهره و دو جریان محلی چشم پیشنهاد شده‌است.

در [۹] یک الگوریتم تشخیص حالت چشم راننده بر اساس شبکهٔ عصبی عمیق YOLO (ES-YOLO)، بر مبنای بهینه‌سازی ساختار YOLOv7 پیشنهاد شده‌است. این الگوریتم ویژگی‌های چند مقیاسی را با استفاده از سازوکار توجه بلوکی کانولوشنی تجمیع کرده و توجه به موقعیت‌های مکانی مهم در تصویر را بهبود می‌دهد؛ سپس با استفاده از ES-YOLO یک روش تشخیص خستگی راننده بر مبنای زمان بسته‌بودن چشم ارائه شده‌است.

۲-۳-۲-تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های دهان

در حالت طبیعی زمانی که فردی بیدار است، دهان او به طور معمول بسته است یا در حالت صحبت‌کردن و گفت‌وگو در حال باز و بسته‌شدن است، زمانی که افراد احساس خواب‌آلودگی می‌کنند، تمایل به خمیازه‌کشیدن دارند. دهان در حالت صحبت‌کردن از حالت خمیازه کمتر باز می‌شود و این نکته تمایز یک فرد در حال صحبت را با فرد خسته و خواب‌آلوده نشان می‌دهد[۱۰]. در پژوهش های مختلف از ویژگی‌های مختلفی مثل شکل دهان، موقعیت گوشه‌های دهان و میزان بازشدن دهان برای تعیین خواب‌آلودگی یا خمیازه‌کشیدن استفاده شده‌است[۱۱].

در [۱۲] به‌منظور غلبه بر مشکلات تشخیص خمیازه در ویدئو شامل تغییر موقعیت سر، تغییر حالات چهره، تغییرات روشنایی، انسدادها و غیره یک شبکه با سه بخش اصلی شامل ماژول انتخاب قاب کلیدی مبتنی بر هندسه، ماژول جلونمایی چهره و دسته‌بندی‌کنندهٔ دو کاناله پیشنهاد شده‌است.

۳-۳-۲-تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های سر

هنگامی که فرد دچار خواب‌آلودگی می‌شود بیشتر اوقات تغییر ناگهانی وضعیت سر یا تکان‌خوردن سر روی می دهد؛ بنابراین تشخیص موقعیت سر راننده و جابه‌جایی آن می‌تواند در تشخیص خستگی راننده مؤثر باشد. در [۱۳] سامانه‌ای با فناوری RFID[1] برای تشخیص خواب‌آلودگی راننده معرفی شده‌است. این سامانه با اندازه‌گیری اختلاف مرحله‌بندی بین دو برچسب شناسایی فرکانس رادیویی، متصل به پشت کلاهی که راننده بر سر دارد، حرکات و تکان‌خوردن سر را ارزیابی می‌کند.

در [۱۴] علاوه بر خمیازه و پلک‌زدن چشم از ویژگی های سر نیز استفاده شده‌است. جابه‌جایی سر از محاسبهٔ واریانس مرکز صورت در دو جهت X و Y به‌دست می‌آید و با افزایش آن از یک مقدار آستانهٔ مشخص، خستگی راننده را تشخیص می‌دهد.

۲-۴-روش‌های ترکیبی

روش‌های یادشده به‌طور معمول به تنهایی منجر به نتایج مطلوبی نمی‌شوند و امکان بروز اعلان نادرست یا نبود اعلان صحیح وجود دارد؛ لذا بیشتر از ترکیب روش‌ها استفاده می‌شود. در [۱۵] الگوریتمی ترکیبی بر اساس ویژگی‌های چهرهٔ راننده معرفی شده‌است؛ ابتدا یک شبکهٔ عصبی کانولوشنی بهبودیافته YOLOv3-tiny برای استخراج مناطق موردنظر در چهره، تحت شرایط پیچیدهٔ رانندگی معرفی می‌شود. سپس بردار ویژگی چشم (EFV) [2]و بردار ویژگی دهان (MFV)[3] که به ترتیب پارامترهای ارزیابی وضعیت چشم و دهان راننده‌اند، معرفی شده‌است.

[1] Radio Frequency Identification
[2] Eye Feature Vector
[3] Mouth Feature Vector

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]
[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

در مرحلهٔ بعد کتابخانهٔ اطلاعات تعیین هویت راننده با آموزش برون‌خط، شامل کتابخانهٔ طبقه‌بندی‌کنندهٔ حالت چشم راننده، کتابخانهٔ طبقه‌بندی‌کنندهٔ حالت دهان راننده و کتابخانهٔ بیومتریک ایجاد می‌شود. در پایان مدل تأیید هویت راننده و مدل ارزیابی خستگی راننده با ارزیابی برخط ایجاد می‌شود. در این روش، پس از تأیید هویت راننده، زمان بسته‌بودن چشم‌ها، فرکانس پلک‌زدن و فرکانس خمیازه برای ارزیابی حالت خستگی راننده استفاده می‌شوند. الگوریتم پیشنهادی در شبیه‌سازی رانندگی، در سرعت بیست قاب در ثانیه با دقت ۹۵/۱ ٪ عمل کرده‌است.

در [۱۶] پس از تشخیص چهره و سپس چشم‌ها و دهان، شبکهٔ عصبی پیچشی VGG16 برای یادگیری ویژگی‌های خستگی استفاده شده‌است.

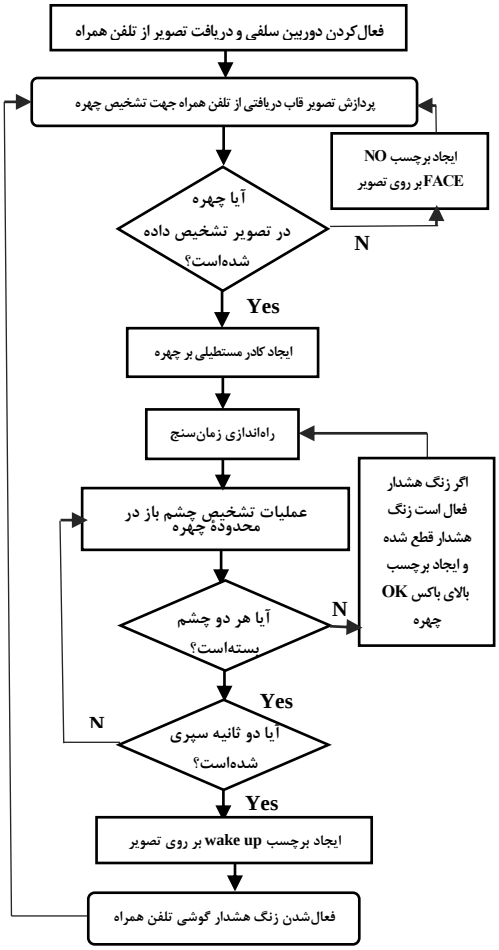
در [۱۷] یک سامانه برای تشخیص خواب‌آلودگی بر مبنای ترکیب چهار نوع دادهٔ ویژگی‌های چشم، تغییر سیگنال زیستی ECG، دمای داخل خودرو و سرعت خودرو ارائه شده‌است. این سامانه به‌صورت یک برنامه برای گوشی تلفن همراه هوشمند پیاده‌سازی شده‌است. یک الگوریتم بیزین فازی برای ترکیب داده‌ها و تعیین سطح خستگی راننده به‌صورت بلادرنگ طراحی شده‌است. در این سامانه اطلاعات سنسورها از طریق ارتباط بلوتوث برای گوشی راننده ارسال می‌شوند و در صورت تشخیص خستگی راننده یک تماس تلفنی کاذب برای جلب توجه راننده برقرار می‌شود.

در [۱۸] از آنجا که استفاده از EEG کامل سر برای راننده سخت و مزاحم است، از بینایی ماشین بر روی تصاویر چشم برای بهبود نتایج تشخیص خستگی راننده مبتنی بر EEG پیشانی استفاده شده‌است.

۳- روش پیشنهادی

سامانه‌های مبتنی بر سیگنال‌های زیستی راننده، سرعت و دقت بالایی در تشخیص خستگی راننده دارند، اما به‌دلیل هزینه و پیچیدگی بالا در ساخت و از آنجا که تجهیزات لازم با بدن راننده در تماس مستقیم‌اند و موجب ایجاد مزاحمت برای راننده در حال رانندگی می‌شوند، کاربرد محدودی دارند. سامانه‌های مبتنی بر پارامترهای وسیلهٔ نقلیه ساده و کم‌هزینه اند، اما به راحتی تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند آب و هوا، عادات مختلف رانندگی و شرایط ترافیکی قرار می‌گیرند؛ لذا دقت تشخیص پایینی دارند. با بررسی‌های مختلف، نتیجهٔ تجزیه‌وتحلیل این سامانه‌ها به جای روش اصلی می‌تواند به عنوان یک روش کمکی در تشخیص استفاده شود تا عملکرد کلی سامانه را بهبود بخشد.

سامانهٔ پیشنهادی این مقاله برای تشخیص خستگی راننده مبتنی بر تشخیص بسته‌بودن چشم‌های راننده عمل می‌کند. در این سامانه از بستر سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تلفن همراه هوشمند راننده برای دریافت و پردازش تصویر راننده استفاده می‌شود و حس‌گر، رابط یا پردازندهٔ سخت افزاری دیگری مورد استفاده قرار نمی‌گیرد؛ بنابراین هیچ گونه هزینهٔ اضافی به راننده تحمیل نمی‌کند. تلفن‌های هوشمند امروزه به غیر از قابلیت اتصال به شبکهٔ مخابرات و اینترنت، شامل دوربین‌های پیشرفته در جلو و عقب، سنسورهای مختلف مانند ژیروسکوپ، شتاب‌سنج، فشارسنج، دماسنج و... هستند که با توابع ارائه‌شده، در برنامه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند[۱۹].



(شکل -۲): روندنمای الگوریتم پیشنهادی
(Figure-2): Flowchart of the proposed algorithm

روندنمای عملکرد الگوریتم پیشنهادی در شکل (۲) نشان داده شده‌است. در این پژوهش از دوربین جلوی تلفن همراه به منظور دریافت ویدئوی راننده استفاده می‌شود و در صورت تشخیص خستگی راننده از زنگ هشدار گوشی برای هوشیارکردن راننده استفاده می‌شود. اجرای الگوریتم پردازش تصویر مبتنی بر روش هار-کسکید به‌منظور

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]
[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

تعیین موقعیت چهره و چشم راننده بر روی پردازندهٔ گوشی همراه انجام می‌شود؛ بنابراین یکی از چالش‌های این پژوهش یافتن و به‌کارگیری و ترکیب توابع مناسب در این برنامهٔ طراحی‌شده برای گوشی تلفن همراه است. با توجه به اینکه درصد بالایی از گوشی‌های موجود از سیستم عامل اندروید استفاده می‌کنند، در این پژوهش، این سیستم عامل انتخاب شده‌است.

در برنامهٔ توسعه داده‌شده در این مقاله که به‌صورت بلادرنگ اجرا می‌شود، ابتدا تصویر چهرهٔ راننده از دوربین جلوی تلفن همراه دریافت می‌شود؛ سپس عملیات پردازش تصویر به منظور تعیین موقعیت چهره انجام می شود. در صورت تشخیص چهره در تصویر، عملیات تشخیص چشم باز در ناحیه‌ای از تصویر که در آن چهره تشخیص داده شده‌است، اجرا می‌شود. برای تشخیص چهره و چشم باز از الگوریتم هار-کسکید استفاده می شود. در صورت پیدانکردن یک یا دو چشم باز (مبنای حساسیت نرم‌افزار قابل انتخاب توسط کاربر است) در محدودهٔ چهره و درصورتی‌که این حالت در مدت زمان دو ثانیه در تعداد قاب‌های متوالی تکرار شود، خستگی راننده بر روی گوشی اعلام شده و زنگ گوشی به‌منظور هشدار به راننده فعال می‌شود. در ادامه مراحل مختلف پیاده‌سازی الگوریتم با توضیحات بیشتر بررسی می‌شود.

۳-۱-تنظیمات صفحهٔ اصلی برنامه

در تنظیمات صفحهٔ اصلی برنامه که لوگوی آن در شکل (۳) نشان داده شده‌است، مبنای حساسیت نرم‌افزار برای اعلان خواب‌آلودگی راننده می‌تواند توسط کاربر بر روی تشخیص یک چشم بسته یا دو چشم بسته انتخاب شود؛ همچنین کاربر می‌تواند آهنگ دل‌خواه خود را برای هشدار اعلان خستگی از بین گزینه‌های مختلف انتخاب کند.

(شکل -۳): لوگوی اصلی برنامه
(Figure-3): Main application logo

۳-۲-دریافت تصویر راننده از دوربین تلفن همراه

به‌منظور دریافت تصویر راننده از دوربین تلفن همراه از توابع مرتبط که امکان تعامل با دوربین گوشی هوشمند را فراهم می‌کنند، استفاده می‌شود. این توابع به‌منظور آغاز به کار دوربین، دریافت هر قاب دوربین و ذخیره‌سازی در ماتریس تصویر و توقف عملکرد دوربین در پایان استفاده از نرم‌افزار به کار گرفته می‌شوند.

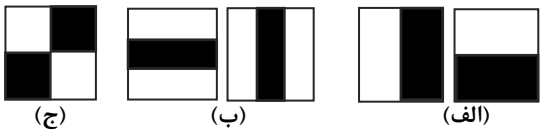
۳-۳-تشخیص چهره و چشم باز در تصویر دریافتی از راننده مبتنی بر الگوریتم هار-کسکید

پس از دریافت تصویر از دوربین و ذخیره‌سازی آن در ماتریس تصویر، از الگوریتم هار-کسکید [۲۰] برای تعیین مکان چهره و سپس چشم‌ها در تصویر، در صورت وجود، استفاده می‌شود. در این الگوریتم در مرحلهٔ آموزش، ویژگی‌های هار مناسب پایگاه دادهٔ موردنظر برای تشخیص نمونه‌های مثبت (وجود شی مورد نظر) و رد نمونه‌های منفی (بدون شی موردنظر) انتخاب، سپس در مرحلهٔ کاربرد، از این ویژگی‌های هار به منظور تشخیص شیء مورد نظر استفاده می‌شود. این الگوریتم برای تشخیص چهره، چشم، لبخند، تشخیص پلاک و... به‌کار رفته و کارآمد بوده‌است[۲۱].

الگوریتم هار-کسکید مقاومت قابل قبولی در برابر تغییرات روشنایی، مقیاس، چرخش، و... داشته و حساسیت و قدرت تشخیص بالایی دارد و در ضمن به‌دلیل ملاحظات درنظر گرفته‌شده برای زمان اجرا، یک الگوریتم تشخیص بلادرنگ به شمار می‌رود[۲۲]. الگوریتم هار-کسکید برای تشخیص چهره و چشم عملکرد مطلوبی با دقت ۹۴ تا ۹۹ درصد داشته‌است[۲۳]. در این الگوریتم از چهار مفهوم استخراج ویژگی‌های هار، تصویر تجمعی، آدابوست و کسکیدکردن استفاده می‌شود که در ادامه بررسی می‌شوند.

۳-۳-۱- ویژگی‌های هار

یکی از علت‌های اصلی استفاده از سامانه‌های مبتنی بر ویژگی، سرعت و دقت بهتر نسبت به سامانه‌های مبتنی بر پیکسل است. اساس الگوریتم هار-کسکید استخراج ویژگی های هار از تصویر است. هر ویژگی هار با توجه به الگویی که دارد می‌تواند مشخص‌کنندهٔ یک ویژگی در تصویر مانند لبه، گوشه یا ساختارهای پیچیده‌تر باشد.



(شکل-۴): ویژگی هار (الف) دو مستطیله، (ب) سه مستطیله، (ج) چهار مستطیله [۷]
(Figure-4): Haar feature (a) Two-rectangle, (b) Three-rectangle, (c) Four-rectangle [7]

ویژگی‌های هار پایه در سه فرم دو مستطیله، سه مستطیله و چهار مستطیله تعریف می‌شوند که در شکل (۴) نشان داده شده‌اند.

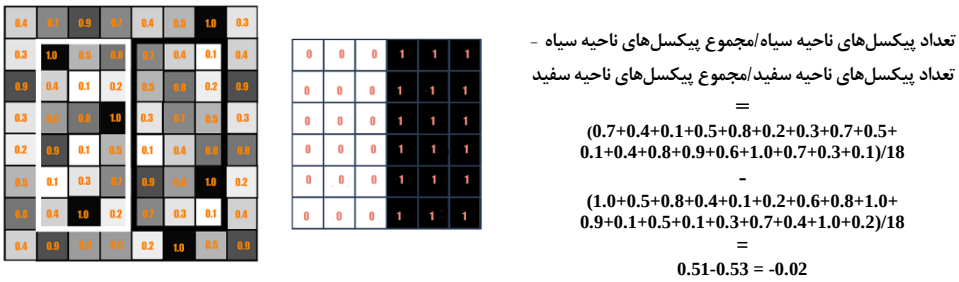
برای محاسبهٔ ویژگی هار در یک نقطهٔ تصویر تفاضل مجموع مقادیر پیکسل‌های مستطیل سفید از مجموع

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]
[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

مقادیر پیکسل‌های مستطیل سیاه محاسبه می‌شود. یک نمونه محاسبهٔ ویژگی هار برای یک الگوی دو مستطیلهٔ عمودی در شکل (۵) نشان داده شده‌است. هر ویژگی هار می‌تواند مشخص‌کنندهٔ یک ویژگی خاص در تصویر باشد؛

برای مثال ویژگی هار مبتنی بر پنجرهٔ دو مستطیلهٔ افقی برای تشخیص لبه‌های افقی و ویژگی هار مبتنی بر پنجرهٔ دو مستطیلهٔ عمودی برای تشخیص لبه‌های عمودی در تصویر به کار می‌رود. اگر مقدار ویژگی هار نزدیک به یک باشد یک لبه توسط ویژگی هار شناسایی می شود.

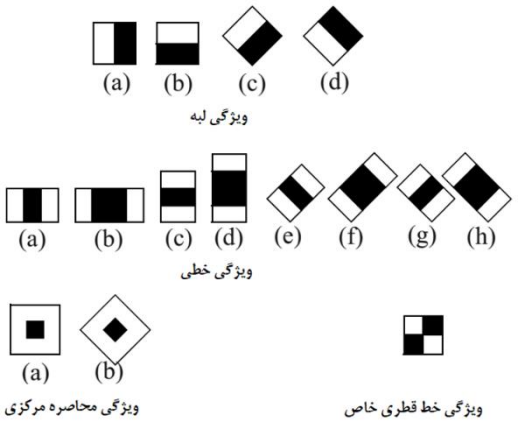
در مثال شکل (۵) مقدار ویژگی هار عدد ۰/۰۲، بسیار کوچک‌تر از یک است؛ لذا نشان‌دهندهٔ نبود وجود لبهٔ عمودی در این ناحیه از تصویر است[۲۱].



(شکل -۵): یک نمونه محاسبهٔ هار دو مستطیلهٔ عمودی [۲۱]

rectangle [21]–(Figure-5): An example of calculation of a vertical two

ویژگی‌های هار با پیمایش پیکسل به پیکسل الگو از چپ به راست و از بالا به پایین در تمام پیکسل‌های تصویر محاسبه می‌شوند. در [۲۴] پس از معرفی ویژگی‌های هار پایه، مجموعه‌ای از ویژگی‌های هار جدید و چرخش‌یافته نیز معرفی شده‌است. این ویژگی‌ها نسبت به ویژگی‌های ساده، قدرت محاسبه و دقت عملکرد تشخیص را بالا می برند و در تصاویر با پیچیدگی بالاتر عملکرد بهتری دارند. در شکل (۶) نمونه‌هایی از ویژگی‌های هار چرخش‌یافته با عنوان ویژگی‌های لبه‌ای، خطی، خط قطری خاص و محاصرهٔ مرکزی مشاهده می‌شود.



(شکل -۶): ویژگی‌های هار چرخش‌یافته [۲۴]

(Figure-6): Rotated Haar features [24]

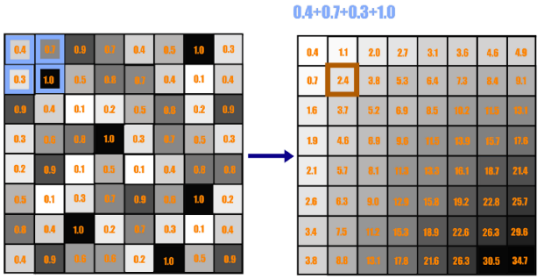
۲-۳-۳-تسریع استخراج ویژگی‌های هار با استفاده از مفهوم تصویر تجمعی

محاسبهٔ ویژگی‌های هار به‌دلیل لزوم پیمایش در کل تصویر و استفاده از پنجره‌های با شکل و اندازهٔ مختلف، عملیاتی پیچیده و زمان‌بر است؛ لذا در این روش به منظور کاهش هزینهٔ محاسباتی و نیز مستقل‌کردن این هزینهٔ محاسباتی از اندازهٔ پنجرهٔ مورد استفاده، مفهوم تصویر تجمعی مطرح می‌شود.

مقدار تصویر تجمعی طبق رابطهٔ (۱) در هر پیکسل (x,y)، برابر با مجموع مقادیر روشنایی تمام پیکسل‌های قرارگرفته در سمت بالا و چپ پیکسل (x,y) در تصویر اصلی است.

$$ii(x,y) = \sum_{x'\le x, y'\le y} i(x',y') \qquad (۱)$$

در رابطهٔ (۱)، $ii(x,y)$ مقدار تصویر تجمعی در پیکسل (x,y)، و $i(x',y')$ مقدار روشنایی پیکسل تصویر اصلی است. در شکل (۷) یک بخش از تصویر اصلی و تصویر تجمعی معادل آن نشان داده شده‌است.



(شکل -۷): تصویر اصلی (سمت چپ) و تصویر تجمعی معادل (سمت راست)[۲۰]

(Figure-7): The original image (left) and the equivalent integral image (right) [20]

برای مثال مقدار تصویر تجمعی در پیکسل (۲،۲) از رابطهٔ (۲) محاسبه می‌شود:

$$ii(۲,۲) = i(۱,۱)+i(۱,۲)+i(۲,۱)+i(۲,۲)= ۰/۴+۰/۷+۰/۳+۱/۰=۲/۴ \qquad (۲)$$

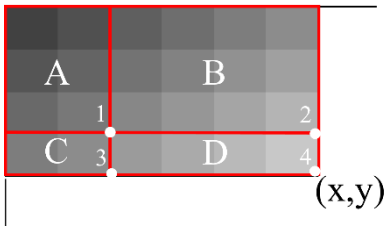
[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]

[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

با استفاده از مقادیر تصویر تجمعی می‌توان تنها با دو عمل جمع و یک عمل تفریق مجموع مقادیر روشنایی را در هر پنجرهٔ مستطیلی در تصویر اصلی مستقل از اندازهٔ پنجره محاسبه کرد؛ برای مثال در شکل (۸) مجموع روشنایی پیکسل‌ها در داخل مستطیل D با استفاده از مقادیر تصویر تجمعی در پیکسل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ از رابطهٔ (۳) قابل محاسبه است.

$$(ii(1) + ii(4)) - (ii(2) + ii(3)) = (A + A+B+C+D) - (A+B + A+C) = D \qquad (۳)$$

پس از آنکه یک بار تصویر تجمعی برای تصویر مورد نظر تشکیل شد تمام ویژگی‌های هار را که از اختلاف مقادیر روشنایی در نواحی مستطیلی به‌دست می‌آیند می‌توان با محاسبات کم، مبتنی بر تصویر تجمعی به‌دست آورد. برای مثال در شکل (۹) نحوهٔ محاسبهٔ ویژگی هار با الگوی دو مستطیلهٔ عمودی مبتنی بر تصویر تجمعی مشاهده می‌شود. با مقادیر تصویر تجمعی در شش نقطه با تنها هفت محاسبهٔ جمع یا تفریق مقدار ویژگی هار محاسبه شده‌است که در صورت نبود استفاده از تصویر تجمعی، ۳۵ عمل محاسباتی جمع یا تفریق مورد نیاز است.

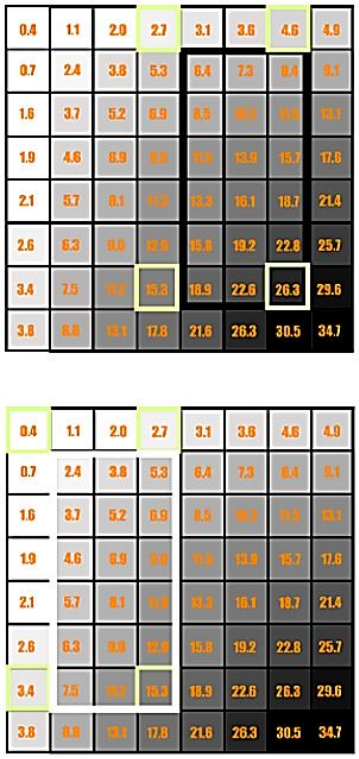


(شکل -۸): نحوهٔ به‌دست آوردن مجموع مقادیر روشنایی در یک ناحیهٔ مستطیلی با کمک تصویر تجمعی [۲۵]

(Figure-8): Obtaining the sum of brightness values in a rectangular area with the help of integral image [25]

نکتهٔ قابل توجه آن است که در صورت نبود استفاده از تصویر تجمعی تعداد محاسبات به اندازهٔ پنجره بستگی دارد، در حالی که تعداد محاسبات در صورت استفاده از تصویر تجمعی ثابت بوده و مستقل از اندازهٔ پنجره است

.



تعداد پیکسل‌ها/مجموع پیکسل‌های ناحیهٔ سیاه
= (26.3-15.3-4.6+2.7)/18=9.1/18=0.51

مقدار هار
=0.51-0.53= -0.02

تعداد پیکسل‌ها/مجموع پیکسل‌های ناحیهٔ سفید
= (15.3-3.4-2.7+0.4)/18=9.6/18=0.53

(شکل -۹): نحوهٔ محاسبهٔ مقدار ویژگی هار عمودی دو مستطیله با استفاده از تصویر تجمعی [۲۰]

(Figure-9): Calculating the Haar feature value of vertical two-rectangle using cumulative image [20]

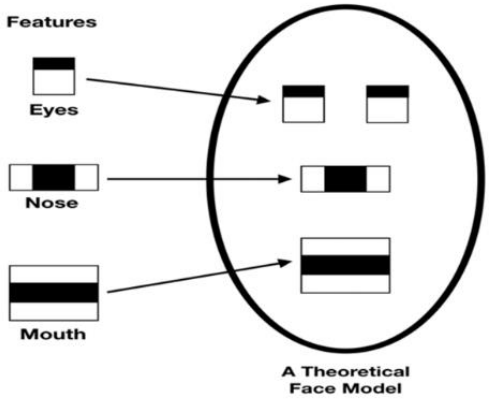
۳-۳-۳-انتخاب و کاهش ویژگی‌ها به روش آدابوست

ویژگی‌های هار مطابق با شکل (۱۰) می‌توانند ساختارهای خاصی از چهره مانند ابروها، فاصله بین چشم‌ها، لب‌ها و غیره را استخراج کنند. ویژگی‌های هار به همین موارد محدود نیستند و با درنظر گرفتن پارامترهای مختلف مانند موقعیت، مقیاس، و نوع می‌توانند تا ۱۸۰،۰۰۰ ویژگی مختلف باشند. بیشتر این ویژگی‌ها عملکرد بسیار تصادفی دارند و به ویژگی‌های صورت یا چشم بی‌ربط‌اند؛ بنابراین برای انتخاب زیرمجموعه‌ای از ویژگی‌های مفید که عملکرد بهتری نسبت به بقیه دارند و برای حذف ویژگی‌های نامربوط، به یک روش انتخاب ویژگی نیاز است.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]
[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

در الگوریتم هار-کسکید از یک روش به نام آدابوست به این منظور استفاده می‌شود که در آن هر یک از ۱۸۰،۰۰۰ ویژگی هار به طور جداگانه روی تصاویر آموزشی اعمال می‌شوند، تا بر اساس آن یک یادگیرندهٔ ضعیف[۱] ایجاد شود. برخی از این یادگیرنده‌ها منجر به نرخ خطای پایینی می‌شوند؛ زیرا تصاویر مثبت (دارای چهره) را از تصاویر منفی (بدون چهره) بهتر از سایرین جدا می‌کنند، در حالی که برخی از این یادگیرنده‌ها عملکرد ضعیف‌تری دارند. این یادگیرندگان ضعیف به گونه‌ای طراحی می‌شوند که کمینه تعداد تصاویر را به اشتباه طبقه‌بندی کنند و کمینه بهتر از روش حدس تصادفی عمل کنند. با این روش، مجموعهٔ نهایی ویژگی‌های هار که می‌توانند منجر به یک یادگیرندهٔ ضعیف شوند از ۱۸۰۰۰۰ به شش‌هزار ویژگی کاهش می یابد. بدیهی است این انتخاب و کاهش هدفمند تعداد ویژگی‌ها می‌تواند در کاهش هزینهٔ محاسباتی کلی الگوریتم تأثیر قابل توجهی داشته باشد.

فرایند بالا دربارهٔ تشخیص چهره یاد شد و برای تشخیص چشم باز نیز باید ویژگی‌های مفید به همان روش ذکرشده استخراج شوند.

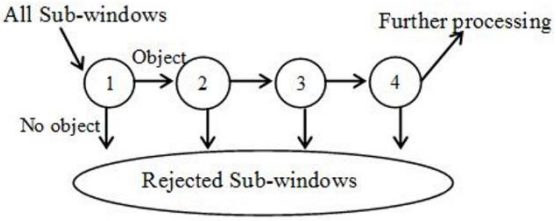


(شکل -۱۰): ویژگی‌های هار مفید برای تشخیص چهره [۲۰]
(Figure-10): Useful Haar fatures for face detection [20]

۳-۳-۴-کسکید کردن

زیرمجموعهٔ تمام شش‌هزار ویژگی مفید به‌دست آمده از مرحلهٔ انتخاب ویژگی برای تشخیص شیء مورد نظر در تصویر باید به هر پنجره در تصویر اعمال شوند تا وجود یا نبود وجود آن شیء در تصویر مشخص شود. در [۲۱] بررسی ویژگی‌ها به‌منظور تشخیص موقعیت شیء مورد نظر در یک پنجرهٔ ۲۴×۲۴ پیشنهاد شده‌است. با وجود کاهش قابل ملاحظهٔ ویژگی‌ها در مرحلهٔ آدابوست، بررسی شش‌هزار ویژگی در هر پنجره فرایندی زمان‌بر است. به منظور ساده‌سازی این فرایند تکنیک کسکید توجهی پیشنهاد شده‌است. ایدهٔ این روش که در شکل (۱۱) نشان داده شده‌است بر این مبناست که برای رد کردن وجود شیء در پنجره احتیاج به بررسی تمام ویژگی‌ها در تمام پنجره‌ها نیست، اما وجود شی مورد نظر که در این مقاله ابتدا چهره و سپس چشم باز در پنجره است، در صورتی تأیید می‌شود که پنجره به هر شش‌هزار ویژگی انتخاب شده پاسخ حداقلی بدهد. اگر حتی یک ویژگی از ۶۰۰۰ ویژگی در یک پنجره خاص جواب ندهد، می‌توان گفت که شیء موردنظر در آن پنجره وجود ندارد و لذا بررسی سایر ویژگی‌ها در آن پنجره ضرورتی ندارد و آن پنجره به عنوان نامزد وجود شیء موردنظر رد می‌شود.

به عبارت دیگر ویژگی‌ها به صورت مرحله‌ای روی تصویر اعمال می‌شوند. مراحل ابتدایی با ویژگی‌های ساده‌تری مانند ویژگی‌های دو مستطیله آغاز می‌شوند، و در صورت پذیرش ویژگی‌ها در هر مرحله در مرحله بعدی ویژگی‌های پیچیده‌تری که معادل با جزییات بیشتری در تصویر هستند استفاده می‌شوند. به این ترتیب زمان پردازش به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد، زیرا پنجره‌های نامربوط در همان مراحل اولیه پردازش با اعمال ویژگی های ساده رد شده و در مراحل بعدی پردازش نمی‌شوند.



(شکل -۱۱): فرایند بررسی کسکید ویژگی‌ها [۲۰]
(Figure-11): The process of cascade checking of features [20]

درعمل در الگوریتم تشخیص چهره هار-کسکید برای شش‌هزار ویژگی هار انتخاب شده در مرحله آدابوست، ۳۶ مرحله تعریف شده‌است. تعداد ویژگی‌ها در پنج مرحله نخست به ترتیب ۱، ۱۰، ۲۵، ۲۵ و۵۰ است. مراحل ابتدایی با ویژگی‌های ساده‌تر و کمتر، اغلب پنجره‌ها که هیچ ویژگی متناظر چهره‌ای ندارند را حذف می‌کنند؛ بنابراین خطای مثبت کاذب یعنی موارد اعلام وجود چهره در حالت نبود وجود چهره را کاهش می‌دهند. مراحل بعدی که دارای ویژگی‌های بیشتر و پیچیده‌ترند سبب کاهش خطای منفی کاذب یعنی موارد اعلام نبود وجود چهره در حالت وجود چهره می‌شوند. به اختصار می‌توان گفت با فرایند کسکید کردن، وقتی پنجره در یک ناحیه بدون چهره

[۱] Weak Learners

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]
[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

باشد به‌سرعت و با پردازش بسیار کم با همان ویژگی‌های سادهٔ اولیه رد می‌شود و تنها برای پنجره‌هایی که به درستی بر روی یک ناحیهٔ چهره قرار دارند کلیهٔ مراحل برای تأیید نهایی وجود چهره اجرا می‌شوند. این فرایند سبب افزایش قابل توجه سرعت الگوریتم می‌شود. برای بهینه‌سازی کسکید، تعداد مراحل طبقه‌بندی‌کننده، تعداد ویژگی‌ها در هر مرحله و آستانهٔ هر مرحله می‌بایست به صورت بهینه تعریف شوند تا تعداد ویژگی های ارزیابی‌شده به حداقل و سرعت الگوریتم به بیشینه برسد[۲۰, ۲۴].

۳-۴-مشخص‌کردن نواحی چهره و چشم

در این مرحله در صورت تشخیص چهره از مرحلهٔ الگوریتم هار-کسکید، با دریافت اطلاعات موقعیت و طول و عرض چهره از این الگوریتم، یک کادر مستطیلی محیط بر چهره ترسیم می‌شود؛ همچنین در صورت تشخیص چهره، تابع هار کسکید در ناحیهٔ چهره اجرا شده و در صورت تشخیص هر دو چشم باز، با دریافت اطلاعات موقعیت و طول و عرض چشم‌ها، محیط بر هر چشم نیز کادری ترسیم می‌شود. این حالت نشان دهندهٔ بیداربودن راننده است؛ لذا پیام OK نیز در بالای کادر مستطیلی چهره درج می‌شود؛ همچنین در این حالت چنانچه هشدار خطایی از قبل فعال شده باشد قطع می‌شود. نمونه‌ای از این وضعیت در شکل (۱۲) نشان داده شده‌است.

(شکل-۱۲): حالتی که چهره و دو چشم تشخیص داده شده‌اند.
(Figure-12): The state where the face and two eyes are detected.

در صورت نبود تشخیص چهره از روش هار-کسکید بر روی تصویر عبارت No Face درج می‌شود. نمونه‌ای از این حالت در شکل (۱۳) نشان داده شده‌است.

(شکل-۱۳): حالتی که چهره شناسایی نشده‌است.
(Figure-13): The state where the face is not detected.

۳-۵-اعلام خطر

در این مرحله در صورت تشخیص چهره و در صورتی‌که در ناحیهٔ چهره یک چشم یا دو چشم باز، بسته به مبنای حساسیت برنامه که کاربر برای تشخیص چشم‌ها از قبل در قسمت تنظیمات برنامه انتخاب کرده‌است تشخیص داده نشود، در بالای کادر چهره عبارت Wake Up درج می‌شود؛ همچنین به منظور بیدارکردن یا جلب توجه راننده، زنگ هشدار گوشی تلفن همراه که پیش‌تر در بخش تنظیمات برنامه توسط کاربر انتخاب شده‌است، به صدا در می‌آید. به منظور جلوگیری از زنگ هشدارهای خطا و مزاحم، پس از اینکه برنامه نخستین قاب بسته‌بودن چشم‌ها را تشخیص داد، شمارندهٔ دو ثانیه‌ای فعال می‌شود و در این بازه زمانی قاب‌های متوالی دریافتی را بررسی می‌کند و در صورتی که در این بازه زمانی چشمان راننده همچنان بسته باشند زنگ هشدار گوشی را فعال می‌کند و در غیر این‌صورت شمارنده صفر می‌شود و عملیات تشخیص همچنان ادامه می‌یابد. نمونه‌ای از این حالت در شکل (۱۴) نشان داده شده‌است.

(شکل -۱۴): حالتی که چهره شناسایی شده، اما چشم‌های باز در ناحیهٔ چهره تشخیص داده نشده‌اند.
(Figure-14): A state where the face is detected, but the open eyes are not detected in the face area

۴- بررسی نتایج تجربی

۴-۱-پایگاه داده

همان‌طورکه در بخش (۳) اشاره شد، یکی از بهترین آشکارسازهای چهره و چشم از نظر سرعت و قابلیت اطمینان، روش هار-کسکید است؛ اما عملکرد این روش مانند سایر روش‌های مبتنی بر یادگیری به داده‌های آموزشی آن بستگی دارد. به این منظور در این پژوهش پایگاه دادهٔ متناسب با کاربرد مورد نظر متشکل از پانصد تصویر از ۲۵ فرد مختلف که پشت فرمان خودرو در حالت های مختلف هوشیاری، خواب‌آلودگی، خمیازه، تغییر موقعیت سر و گردن و... نشسته‌اند، در زمان‌های مختلف شبانه‌روز (صبح، ظهر، غروب و شب) تهیه شده‌است و برای آموزش سامانهٔ آشکارساز هار-کسکید چهره و چشم

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]
[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

به‌کار گرفته شده‌است. داده‌ها در دو کلاس مثبت برای وجود چهره و کلاس منفی برای نبود وجود چهره تهیه شده‌اند؛ همچنین برای چشم نیز داده‌ها در دو کلاس مثبت برای وجود چشم باز و کلاس منفی برای نبود وجود چشم باز در ناحیهٔ چهره تهیه شده‌اند. نمونه‌هایی از تصاویر دارای چهره و چشم باز به‌ترتیب در شکل‌های (۱۵) و (۱۶) نشان داده شده‌اند.

به‌منظور ارزیابی و بررسی عملکرد برنامه، تعداد بیست فیلم با مدت تقریبی سی تا شصت ثانیه در حالت رانندگی گرفته شده، این ویدئوها در ساعات مختلف روز در مسیرهای متفاوت ضبط شده‌است.

(شکل -۱۵): نمونه‌ای از تصاویر دارای چهره در پایگاه داده
(Figure-15): Samples of images with face in the database

(شکل -۱۶): تصاویر دارای چشم باز در پایگاه داده
(Figure-16): Images with open eyes in the database

(جدول-۱): بررسی موقعیت مناسب گوشی تلفن همراه
(Table-1): Checking the correct position of the mobile phone

	Distance (cm)								
Angle(°)	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰
۳۰	ok	ok	ok	fail	fail	fail	fail	fail	fail
۴۵	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
۶۰	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
۹۰	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

۴-۲-نحوهٔ آزمایش برنامه

در سامانهٔ پیشنهادی به منظور حصول نتایج مطلوب موقعیت و زاویهٔ مناسب دوربین در خودرو یکی از مسائل کلیدی و مهم است. موقعیت گوشی در شکل (۱۷) نشان داده شده‌است.

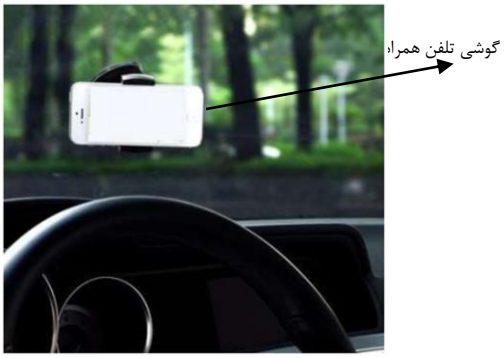
در جدول (۱) نتایج بررسی محل قرارگیری تلفن همراه در خودرو از نظر فاصله و زاویه برای دستیابی به پاسخ مطلوب نشان داده شده‌است.

نتیجهٔ آزمایش نشان می‌دهد که وقتی دوربین از زاویهٔ ۴۵ تا نود درجه مقابل چهرهٔ راننده قرار می‌گیرد، در فواصل بیست تا شصت سانتیمتری، برنامه با موفقیت چهره راننده را تشخیص می‌دهد، اما برنامه در هنگام قرارگرفتن گوشی در زاویه سی درجه، در فاصلهٔ ۳۵ تا شصت سانتیمتری از راننده، در تشخیص چهرهٔ راننده ناموفق است.

۴-۳-معیارهای اندازه‌گیری کارایی

در یک مسئله دسته‌بندی با دو کلاس مثبت و منفی، پس از طبقه‌بندی نمونه‌ها، چهار حالت زیر ممکن است ایجاد شود:

TP (True Positive): سامانهٔ هشدار خواب‌آلودگی می‌دهد و راننده نیز در واقع خواب‌آلوده است. بالابودن این معیار به سبب آنکه می‌تواند از بروز تصادفات رانندگی جلوگیری کند بسیار مطلوب است.



(شکل -۱۷): محل نصب گوشی تلفن همراه در داخل خودرو
(Figure-17): Location of installation of mobile phone inside the car

TN (True Negative): سامانه، هشدار خواب‌آلودگی نمی‌دهد و راننده نیز در واقع خواب‌آلوده نیست. بالابودن این معیار نیز به سبب آنکه مختل‌کنندهٔ شرایط معمولی رانندگی نیست و هشدارهای مزاحم کمتری ایجاد می‌شود، مطلوب است.

FP (False Positive): سامانه، هشدار خواب‌آلودگی می‌دهد؛ درحالی‌که راننده در واقع خواب‌آلوده نیست. این حالت در صورت که سامانه محل چهره یا چشم‌های باز راننده را نتواند به درستی در ناحیهٔ چهرهٔ راننده تشخیص دهد روی می‌دهد. بدیهی است بروز این خطا منجر به تصادف نخواهد شد، اما اگر مقدار آن زیاد باشد ممکن است راننده را به‌دلیل ایجاد هشدارهای متعدد غلط خسته کرده و سبب غیرفعال‌کردن سامانه از طرف راننده شود؛ لذا کم‌بودن این خطا اهمیت فراوان دارد.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]
[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

FN (False Negative): سامانه، هشدار خواب‌آلودگی نمی‌دهد در حالی که راننده در واقع خواب‌آلوده است. بروز این نوع خطا در سامانه می‌تواند بسیار خطرناک باشد و منجر به تصادف شود؛ لذا از این جهت کم‌بودن آن اهمیت فراوان دارد و اهمیت آن بیشتر از خطای FP است.

معیارهای ارزیابی اصلی که بر اساس چهار مقدار فوق تعریف می‌شوند و بیشتر برای ارزیابی کارایی روش‌های طبقه‌بندی به کار می‌روند عبارت‌اند از: صحت، دقت، به خاطرآوری، اختصاصی و نمرهٔ F1.

صحت یا نرخ دسته‌بندی، که در رابطهٔ (۴) تعریف شده‌است، درصد افراد بیدار و خواب‌آلوده را که به درستی تشخیص داده شده‌اند به کل افراد موجود در پایگاه داده مشخص می‌کند و هر چه این معیار بزرگ‌تر باشد، عملکرد سامانه مطلوب‌تر است.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (۴)$$

دقت، که در رابطهٔ (۵) تعریف شده‌است، نشان می دهد چند درصد از افرادی که خواب‌آلوده پیش‌بینی شده‌اند، به درستی دچار خواب‌آلودگی بوده‌اند.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (۵)$$

به خاطرآوری یا حساسیت، که در رابطهٔ (۶) تعریف شده‌است، نشان می‌دهد چند درصد افراد خواب‌آلوده به درستی تشخیص داده شده‌اند.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (۶)$$

اختصاصی، که در رابطهٔ (۷) تعریف شده‌است، درصد افراد بیدار را که به درستی تشخیص داده شده‌اند، مشخص می‌کند.

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP} \quad (۷)$$

نمره F1، که در رابطهٔ (۸) تعریف شده‌است، چنانچه در ارزیابی، هر دو معیار Recall و Precision اهمیت داشته باشند، استفاده می‌شود.

$$F1 = \frac{2*Recall*Precision}{Recall+Precision} \quad (۸)$$

۴-۴-بررسی عملکرد سامانه در تشخیص چشم باز و بسته

جدول (۲)، نتایج ارزیابی عملکرد برنامه در تشخیص حالت چشم را بر اساس معیارهای ارزیابی ذکر شده در بخش (۴-۳) برای هر ویدئوی تست نمایش می‌دهد؛ همچنین در ردیف آخر نتایج ارزیابی برای کل قاب‌ها نشان داده شده‌است. ارزیابی صورت‌گرفته در جدول (۲) بر اساس بسته‌بودن هر دو چشم صورت گرفته‌است؛ به عبارت دیگر کلاس مثبت (P) در این ارزیابی، بسته تشخیص داده‌شدن هم‌زمان هر دو چشم است و کلاس منفی (N) باز تشخیص داده‌شدن دست‌کم یکی از چشم‌هاست.

به طور کلی از ارزیابی نتایج جدول (۲) می‌توان دریافت که علت خطای FN در برخی قاب‌ها، تشخیص اشتباه چهره و چشم در محیط بیرونی خودرو و یا زاویهٔ نامناسب سر راننده است که یکی از دلایل ایجاد این خطا، سرعت خودرو و شرایط نامناسب جاده بوده‌است؛ همچنین علت خطای FP در برخی قاب‌ها، نبود تشخیص چهره بوده‌است؛ چرا که اگر برنامه چهره را پیدا نکند به طور قطع چشم راننده نیز تشخیص داده نمی‌شود. از دلایل ایجاد این خطا، تغییرات سریع روشنایی، انعکاس نور در عینک راننده و زاویهٔ نامناسب سر راننده است.

در برخی از ویدئوها شامل ویدئوهای شمارهٔ هفت، ده و چهارده برنامه با دقت صددرصد عمل کرده‌است؛ به عبارت دیگر تمام قاب‌هایی که راننده در آن بیدار و خواب‌آلوده است را با دقت بالا و به درستی تشخیص داده‌است. از عوامل دقت بالای این ویدئوها می‌توان به مطلوب‌بودن شرایط روشنایی، زاویهٔ درست چهره و سرعت مناسب رانندگی اشاره کرد. در ویدئوهای شماره دو، شانزده، نوزده و بیست برخی از قسمت‌های بیرونی خودرو و محیط با تغییرات روشنایی سریع به‌عنوان چهرهٔ راننده درنظر گرفته شده‌است و همین موضوع موجب بالارفتن تعداد FPها در این ویدئوها شده‌است. در ویدئوی شماره نه و دوازده به علت بالارفتن سرعت خودرو در برخی از قاب‌ها چهرهٔ راننده مشخص نشده‌است و همین موضوع موجب نبود تشخیص چهره و لذا افزایش FN در این ویدئوها شده‌است. در ویدئوی شمارهٔ سیزده و پانزده، نور بیش از حد در برخی از قاب‌ها و استفاده از عینک توسط راننده و زاویهٔ نامناسب سر باعث پیدانکردن چهره شده‌است؛ لذا سبب افزایش FN در این ویدئوها شده‌است. در ویدئوی شمارهٔ هفده حرکت کمابیش سریع در یک جادهٔ نامناسب و غیراستاندارد باعث ایجاد FP و FN در ویدئو شده‌است. در ویدئوی شمارهٔ هجده بخشی از اجزای چهره مانند گوش و چانه به خاطر زاویهٔ نامناسب راننده به‌عنوان چهره و چشم تشخیص داده شده‌اند که سبب ایجاد FP در ویدئو شده‌است.

به منظور ارائهٔ بهتر بصری، نتایج جدول (۲) به صورت نمودار برای پارامتر ارزیابی Precision در شکل (۱۸)، Accuracy در شکل (۱۹)، Specificity در شکل (۲۰)، Recall در شکل (۲۱)، و F1 Score در شکل (۲۲)، به صورت جداگانه نشان داده شده‌است. محور افقی در این نمودارها شمارهٔ هر ویدئو از ویدئوهای تست است و آخرین ستون، میانگین ارزیابی به‌دست آمده برای آن شاخص ارزیابی است.

۵-۴-بررسی عملکرد سامانه در تولید هشدار خواب‌آلودگی راننده

در جدول (۳) نتایج عملکرد سامانه برای تولید هشدار خواب آلودگی راننده نشان داده شده‌است. در این جدول برای هر ویدئو، مطابق شماره‌های ویدئو در جدول (۲) در هر ردیف و در ردیف آخر برای کل ویدئوها، تعداد خواب‌آلودگی واقعی راننده در ستون دوم نشان داده شده‌است. در ستون سوم جدول،

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]

[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

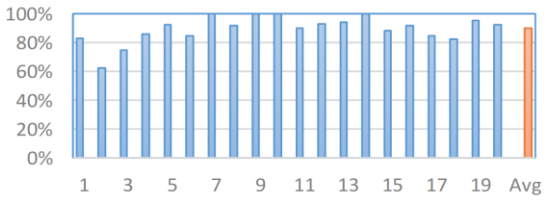
تعداد هشدارهای صحیح و در ستون چهارم تعداد هشدارهای نادرست تولیدشده به‌وسیلهٔ سامانه ارائه شده‌است.

از نتایج جدول (۳) می‌توان دریافت که به جز ویدئوهای ۵،۱۱،۱۳،۱۷ و ۱۹ که تنها یکی از موارد خواب‌آلودگی تشخیص داده نشده‌است، در سایر ویدئوها کلیهٔ هشدارهای صحیح تولید شده‌است. بررسی بیشتر نشان می‌دهد در این ویدئوها علت نبود صدور هشدار، نبود تشخیص چهرهٔ راننده به‌دلیل زاویهٔ سر راننده و همچنین مسیر ناهموار جاده بوده‌است. در ویدئوهای ۸، ۱۲، ۱۴ و ۲۰ تعداد هشدارهای غلط صفر بوده‌است. برای سایر ویدئوها تعدادی هشدار غلط نیز تولید شده‌است که علت آن نبود تشخیص چشم باز به دلیل حرکت سریع خودرو در یک جادهٔ نامناسب و غیراستاندارد و تغییرات روشنایی محیط بوده‌است.

(جدول-۲): نتایج ارزیابی عملکرد سامانه در تشخیص چهره و حالت چشم

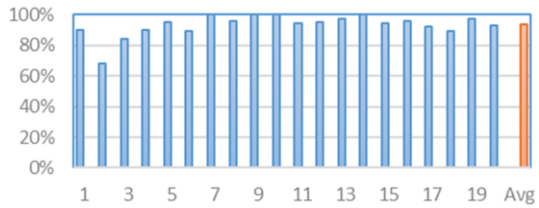
(Table-2): System performance evaluation results in face and eye state detection

شمارهٔ ویدئو	تعداد کل قاب‌ها	دو چشم بسته	حداقل یک چشم باز	FN	FP	TN	TP	Precision (%)	Accuracy (%)	Specificity (%)	Recall (%)	F1- Score (%)
۱	۹۰۰	۳۰۰	۶۰۰	۰	۶۰	۵۴۰	۳۰۰	۸۳/۳۳	۹۳/۳۳	۹۰	۱۰۰	۹۰/۹۱
۲	۹۰۰	۳۳۰	۵۷۰	۳۰	۱۸۰	۳۹۰	۳۰۰	۶۲/۵	۷۶/۶۷	۶۸/۴۲	۹۰/۹۱	۷۴/۰۷
۳	۹۰۰	۳۳۰	۵۷۰	۶۰	۹۰	۴۸۰	۲۷۰	۷۵	۸۳/۳۳	۸۴/۲۱	۸۱/۸۲	۷۸/۲۶
۴	۱۰۵۰	۴۲۰	۶۳۰	۳۰	۶۰	۵۷۰	۳۹۰	۸۶/۶۷	۹۱/۴۳	۹۰/۴۸	۹۲/۸۶	۸۹/۶۶
۵	۱۰۲۰	۴۲۰	۶۰۰	۶۰	۳۰	۵۷۰	۳۶۰	۹۲/۳۱	۹۱/۱۸	۹۵	۸۵/۷۱	۸۸/۸۹
۶	۹۰۰	۳۶۰	۵۴۰	۳۰	۶۰	۴۸۰	۳۳۰	۸۴/۶۲	۹۰	۸۸/۸۹	۹۱/۶۷	۸۸
۷	۱۷۱۰	۸۱۰	۹۰۰	۰	۰	۹۰۰	۸۱۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۸	۱۰۵۰	۳۶۰	۶۹۰	۳۰	۳۰	۶۶۰	۳۳۰	۹۱/۶۷	۹۴/۲۹	۹۵/۶۵	۹۱/۶۷	۹۱/۶۷
۹	۹۰۰	۴۸۰	۴۲۰	۶۰	۰	۴۲۰	۴۲۰	۱۰۰	۹۳/۳۳	۱۰۰	۸۷/۵	۹۳/۳۳
۱۰	۱۰۲۰	۴۵۰	۵۷۰	۰	۰	۵۷۰	۴۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۱	۹۰۰	۳۹۰	۵۱۰	۱۲۰	۳۰	۴۸۰	۲۷۰	۹۰	۸۳/۳۳	۹۴/۱۲	۶۹/۲۳	۷۸/۲۶
۱۲	۱۰۵۰	۴۸۰	۵۷۰	۶۰	۳۰	۵۴۰	۴۲۰	۹۳/۳۳	۹۱/۴۳	۹۴/۷۴	۸۷/۵	۹۰/۳۲
۱۳	۱۶۸۰	۷۲۰	۹۶۰	۱۸۰	۳۰	۹۳۰	۵۴۰	۹۴/۷۴	۸۷/۵	۹۶/۸۸	۷۵	۸۳/۷۲
۱۴	۱۲۰۰	۵۱۰	۶۹۰	۰	۰	۶۹۰	۵۱۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۵	۱۶۵۰	۶۳۰	۱۰۲۰	۱۸۰	۶۰	۹۶۰	۴۵۰	۸۸/۲۴	۸۵/۴۵	۹۴/۱۲	۷۱/۴۳	۷۸/۹۵
۱۶	۱۰۸۰	۳۶۰	۷۲۰	۳۰	۳۰	۶۹۰	۳۳۰	۹۱/۶۷	۹۴/۴۴	۹۵/۸۳	۹۱/۶۷	۹۱/۶۷
۱۷	۱۲۶۰	۴۵۰	۸۱۰	۱۵۰	۶۰	۷۵۰	۳۰۰	۸۳/۳۳	۸۳/۳۳	۹۲/۵۹	۶۶/۶۷	۷۴/۰۷
۱۸	۱۷۱۰	۶۳۰	۱۰۸۰	۶۰	۱۲۰	۹۶۰	۵۷۰	۸۲/۶۱	۸۹/۴۷	۸۸/۸۹	۹۰/۴۸	۸۶/۳۷
۱۹	۱۸۰۰	۷۲۰	۱۰۸۰	۹۰	۳۰	۱۰۵۰	۶۳۰	۹۵/۴۵	۹۳/۳۳	۹۷/۲۲	۸۷/۵	۹۱/۳
۲۰	۱۵۹۰	۸۱۰	۷۸۰	۶۰	۶۰	۷۲۰	۷۵۰	۹۲/۵۹	۹۲/۴۵	۹۲/۳۱	۹۲/۵۹	۹۲/۵۹
کل	**۲۴۲۷۰**	**۹۹۶۰**	**۱۴۳۱۰**	**۱۲۳۰**	**۹۶۰**	**۱۳۳۵۰**	**۸۷۳۰**	**۸۹/۴۰**	**۹۰/۷۱**	**۹۲/۹۷**	**۸۷/۷۱**	**۸۸/۱۰**



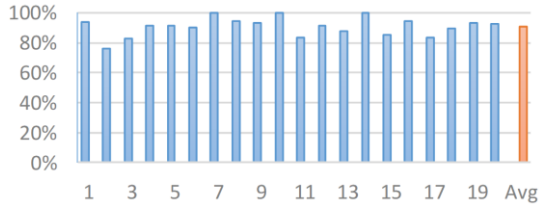
(شکل -۱۸): Precision برای ویدئوهای آزمایش و میانگین آن

(Figure-18): Precision for test vedeos and its average



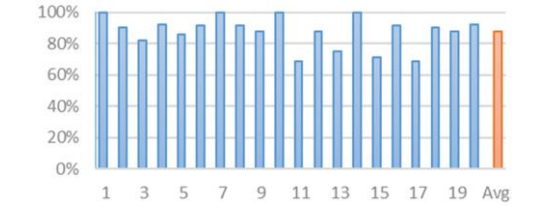
(شکل -۲۰): Specificity برای ویدئوهای آزمایش و میانگین آن

(Figure-20): Specificity for test vedeos and its average



(شکل -۱۹): Accuracy برای ویدئوهای آزمایش و میانگین آن

(Figure-19): Accuracy for test videos and its average

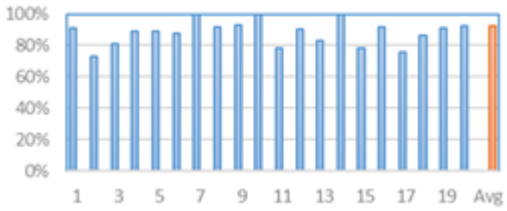


(شکل -۲۱): Recall برای ویدئوهای آزمایش و میانگین آن

(Figure-21): Recall for test videos and its average

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]

[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]



(شکل-۲۲): F1 Score برای ویدئوهای تست و میانگین آن
(Figure-22): F1-Score for test videos and its average

از نتایج جدول (۳) می‌توان دریافت برنامه ۹۵٪ هشدارهای صحیح و قابل انتظار را تولید کرده‌است، و ۲۲٪ از کل هشدارهای تولیدشده به‌وسیلهٔ سامانه نادرست و بی‌دلیل بوده‌است؛ لذا می‌توان گفت سامانه از نظر تولید هشدارهای صحیح عملکرد قابل قبولی داشته‌است و در صورت استفادهٔ این سامانه توسط رانندگان می‌تواند به خوبی از وقوع سوانح رانندگی جلوگیری کند؛ همچنین تولید هشدارهای نادرست به حدی زیاد نیست که آزاردهنده و مزاحم رانندگی باشد.

(جدول-۳): عملکرد سامانه در تولید هشدار خواب‌آلودگی راننده
(Table-3): System performance for producing drowsiness alarm

شماره ویدئو	زمان ویدئو (Sec)	تعداد هشدار واقعی	تعداد هشدار درست	تعداد هشدار غلط	Accuracy (%)
۱	۳۰	۴	۴	۲	۸۶/۷
۲	۳۰	۳	۳	۱	۹۳/۳
۳	۳۰	۴	۴	۱	۹۳/۳
۴	۳۵	۵	۵	۲	۸۸/۹
۵	۳۴	۵	۴	۱	۸۸/۲
۶	۳۰	۲	۲	۴	۷۳/۳
۷	۵۷	۸	۸	۱	۹۶/۶
۸	۳۵	۲	۲	۰	۱۰۰
۹	۳۰	۵	۵	۲	۸۶/۷
۱۰	۳۴	۴	۴	۲	۸۸/۲
۱۱	۳۰	۶	۵	۱	۸۶/۷
۱۲	۳۵	۵	۵	۰	۱۰۰
۱۳	۵۶	۶	۵	۲	۸۹/۳
۱۴	۴۰	۷	۷	۰	۱۰۰
۱۵	۵۵	۵	۵	۱	۹۶/۴
۱۶	۳۶	۴	۴	۱	۹۴/۴
۱۷	۴۲	۵	۴	۲	۸۵/۷
۱۸	۵۷	۶	۶	۲	۹۳/۱
۱۹	۶۰	۷	۶	۱	۹۳/۳
۲۰	۵۳	۶	۶	۰	۱۰۰
کل	**۸۰۹**	**۹۹**	**۹۴**	**۲۶**	**۹۱/۷**

در جدول (۳) در ستون آخر، عملکرد سامانهٔ پیشنهادی در تشخیص خواب‌آلودگی راننده از نظر معیار Accuracy برای هر ویدئو ارائه شده‌است؛ چنانکه در ردیف آخر این ستون مشخص شده‌است عملکرد سامانهٔ پیشنهادی از نظر معیار Accuracy به طور متوسط ۹۱/۷ درصد بوده‌است، که عملکرد قابل قبولی است.

(جدول-۴): مقایسهٔ عملکرد سامانهٔ پیشنهادی با سایر روش‌ها
(Table-4): Comparing the performance of the proposed system with other methods

روش	Accuracy (%)
[5]	۷۳
[8]	۹۴/۸۹
[12]	۹۶/۴
[13]	۹۲/۸
[14]	۹۰/۵
[15]	۹۵/۱۰
[16]	۹۱/۸۸
[18] (Intra, Inter Subject)	۹۹/۴۸, ۷۴/۰۸
Proposed	۹۱/۷

در جدول (۴) عملکرد سامانهٔ پیشنهادی در تشخیص خواب‌آلودگی راننده با روش‌های پیشنهادی در برخی مراجع دیگر، که در بخش دو بررسی شدند، مبتنی بر معیار Accuracy، مقایسه شده‌است. چنانکه مشاهده می‌شود سامانهٔ پیشنهادی با پیاده‌سازی بر روی گوشی تلفن همراه و بدون استفاده از سخت‌افزار اضافی نسبت به سایر روش‌ها که بیشتر مبتنی بر الگوریتم‌های پیچیده از جمله یادگیری عمیق بوده‌اند و بر روی سخت‌افزارهای پیچیده‌تر پیاده‌سازی شده‌اند، دارای عملکرد بهتر یا قابل مقایسه است.

۵-نتیجه‌گیری و پیشنهادهای ادامهٔ کار

در این مقاله الگوریتم پردازشی و مراحل پیاده‌سازی تلفن همراه برای تشخیص خستگی و خواب‌آلودگی راننده در حین رانندگی، بدون نیاز به سخت‌افزار جداگانه و تنها با امکانات گوشی تلفن همراه راننده معرفی شد. الگوریتم پیشنهادی، برخلاف الگوریتم‌های متعدد و پیشرفتهٔ موجود، از جمله الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری عمیق، هزینهٔ محاسباتی پایینی دارد و بر روی انواع گوشی‌های تلفن همراه موجود به صورت بلادرنگ قابل اجراست؛ همچنین با تنظیم حساسیت نرم‌افزار توسط کاربر بر مبنای تشخیص یک یا دو چشم باز در محدودهٔ چهره و زمان بین دو قاب متوالی نبود تشخیص چشم باز، افزایش تعداد هشدارهای صحیح و کاهش تعداد هشدارهای نادرست قابل کنترل است. نتایج آزمایش‌های متعدد و متنوع تجربی، عملکرد قابل قبول این پژوهش را در تشخیص خواب‌آلودگی راننده و ایجاد هشدارهای صحیح نشان می‌دهد و به نظر می‌رسد در صورت به‌کارگیری توسط رانندگان می‌تواند از سوانح و حوادث رانندگی زیادی جلوگیری کند.

گام بعدی در این پژوهش استفاده از تصاویر در شب و رسیدن به پاسخ مناسب سامانه درخصوص این تصاویر است؛ همچنین در ادامهٔ پژوهش، استفاده از سرور بیرونی به

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]
[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

منظور ذخیره‌سازی و استفاده از داده‌های کاربران و اطلاعات نقاط حادثه‌خیز پیشنهاد می‌شود.

6-Reference ۶-مراجع

[۱] امیری, م. و همکاران، «بررسی نقش عامل خستگی در رانندگی و ارائه راهکارهای مناسب»، *نشریهٔ راهور*، ۱۳۹۱(۱۸): ص. ۵۳-۶۶.

[2] Riztiane, A., et al. *Driver drowsiness detection using visual information on android device*. in *2017 International Conference on Soft Computing, Intelligent System and Information Technology (ICSIIT)*. 2017. IEEE.

[3] Sikander, G. and S. Anwar, *Driver fatigue detection systems: A review*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2018. **20**(6): p. 2339-2352.

[4] Xiao, Y. and A. bin Abas, *A review on fatigue driving detection*. ASP Transactions on Internet of Things, 2021. 1(3): p. 1-14.

[5] Martinez-Maradiaga, D. and G. Meixner. *Morpheus alert: A smartphone application for preventing microsleeping with a brain-computer-interface*. in *20۴ ۱۷th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI)*. 2017. IEEE.

[۶] افضل, ز.ر.، «طراحی یک سیستم هشدار انحراف ازجاده و پیاده‌سازی آن بر روی تبلت با سیستم عامل اندروید»، ۱۳۹۰، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[7] Dasgupta, A., et al., *A vision-based system for monitoring the loss of attention in automotive drivers*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2013. 14(4): p. 1825-1838.

[8] Sun, Z., et al., *Facial feature fusion convolutional neural network for driver fatigue detection*. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2023. 126: p. 106981.

[9] Li, X., et al., *Driver fatigue detection based on improved YOLOv7*. Journal of Real-Time Image Processing, 2024. 21(3): p. 75.

[10] Fuletra, J.D. and D. Bosamiya, *A survey on drivers drowsiness detection techniques*. International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication, 2013. **1**(11): p. 816-819.

[11] Shi, S.-Y., W.-Z. Tang, and Y.-Y. Wang. *A review on fatigue driving detection*. in *ITM Web of Conferences*. 2017. EDP Sciences.

[12] Lu, Y., et al., *JHPFA-Net: Joint head pose and facial action network for driver yawning detection across arbitrary poses in videos*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2023.

[13] Yang, C., X. Wang, and S. Mao, *Unsupervised drowsy driving detection with RFID*. IEEE transactions on vehicular technology, 2020. **69**(8): p. 8151-8163.

[14] Qiao, Y., et al. *A smartphone-based driver fatigue detection using fusion of multiple real-time facial features*. in *2016 13th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*. 2016. IEEE.

[15] Li, K., Y. Gong, and Z. Ren, *A fatigue driving detection algorithm based on facial multi-feature fusion*. IEEE Access, 2020. 8: p. 101244-101259.

[16] Zhao, G., et al., *Research on fatigue detection based on visual features*. IET Image Processing, 2022. 16(4): p. 1044-1053.

[17] Lee, B.-G. and W.-Y. Chung, *A smartphone-based driver safety monitoring system using data fusion*. Sensors, 2012. 12(12): p. 17536-17552.

[18] Min, J., et al., *Fusion of forehead EEG with machine vision for real-time fatigue detection in an automatic processing pipeline*. Neural Computing and Applications, 2023. 35(12): p. 8859-8872.

[19] Galarza, E.E., et al. *Real time driver drowsiness detection based on driver's face image behavior using a system of human computer interaction implemented in a smartphone*. in *Proceedings of the International Conference on Information Technology & Systems (ICITS 2018)*. 2018. Springer.

[20] Viola, P. and M. Jones. *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 2001*. 2001. Ieee.

[21] *Face Detection with Haar Cascade*. Available from: https://towardsdatascience.com/face-detection-with-haar-cascade-727f68dafd08.

[22] Wang, Y.-Q., *An analysis of the Viola-Jones face detection algorithm*. Image Processing On Line, 2014. **4**: p. 128-148.

[23] Ramzan, M., et al., *A survey on state-of-the-art drowsiness detection techniques*. IEEE Access, 2019. **7**: p. 61904-61919.

[24] Lienhart, R., A. Kuranov, and V. Pisarevsky. *Empirical analysis of detection cascades of boosted classifiers for rapid object detection*. in *Pattern Recognition: 25th DAGM Symposium, Magdeburg, Germany, September 1 ۱۲-۰, ۲۰۰۳. Proceedings 25*. 2003. Springer.

[25] Herrera-Granda, E.P., et al. *Drowsiness detection in drivers through real-time image processing of the human eye*. in *Intelligent Information and Database Systems: 11th Asian Conference, ACIIDS 2019, Yogyakarta, Indonesia, April 8–11, 2019, Proceedings, Part I 11*. 2019. Springer.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]

[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]

دانیال حق‌پرست دورهٔ کارشناسی را در دانشگاه کاشان در سال ۱۳۹۷ و دورهٔ کارشناسی ارشد را در دانشگاه تفرش در سال ۱۴۰۱ در رشته مهندسی برق گرایش الکترونیک به پایان رسانده‌است.

نشانی رایانامهٔ ایشان عبارت‌است از:
elec97.haghparast@tafreshu.ac.ir

علی محمد فتوحی دورهٔ کارشناسی را در دانشگاه علم‌وصنعت ایران در سال ۱۳۷۹ و دورهٔ کارشناسی ارشد و دکتری را به ترتیب در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۸ در دانشگاه صنعتی امیرکبیر در رشتهٔ مهندسی برق گرایش الکترونیک به پایان رسانده‌است. وی اکنون استادیار دانشکدهٔ مهندسی برق دانشگاه تفرش است. زمینهٔ تخصصی وی پردازش سیگنال دیجیتال، پردازش تصویر و یادگیری ماشین است.

نشانی رایانامهٔ ایشان عبارت‌است از:
fotouhi@tafreshu.ac.ir

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-10]

[DOI: 10.61186/jsdp.21.4.97]