



طراحی و پیاده‌سازی سامانه هوشمند تشخیص عدم تمرکز حواس راننده

علی غفاری^۱، علیرضا خدایاری^{۲*}، سمانه عابدینی^۳

^۱ دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

^۲ دانشکده مهندسی مکانیک، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۳ دانشکده مهندسی مکترونیک، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۵ آبان ۱۳۹۵
بازنگری: ۴ بهمن ۱۳۹۵
پذیرش: ۱۷ اردیبهشت ۱۳۹۶
ارائه آنلاین: ۲۷ اردیبهشت ۱۳۹۶

کلمات کلیدی:

تشخیص عدم تمرکز حواس راننده
ردیابی چهره
حالت چشم راننده
خودرو هوشمند

چکیده: یکی از چالش‌های بزرگ جهان امروز تصادفات رانندگی است که با خسارات متعدد مالی و جانی همراه است. تصادفات رانندگی بر اثر عوامل مختلفی همچون نقص فنی خودرو، رعایت نکردن قوانین راهنمایی و رانندگی و یا عدم تمرکز حواس راننده در مدت زمان رانندگی رخ می‌دهند. درصد عمده‌ای از تصادفات رانندگی بر اثر عدم تمرکز حواس راننده در مدت زمان رانندگی است. این مقاله یک الگوریتم هوشمند کنترلی جهت تشخیص حالت راننده براساس پردازش تصویر ارائه می‌دهد. این الگوریتم هوشمند کنترلی براساس حالت چشم راننده طراحی شده و دارای سه فاز، تشخیص اجزایی صورت، شناسایی حالت راننده و هشدار به راننده است. جهت صحت‌سنجی این الگوریتم پایگاه داده‌ای بسیار متنوع و کامل طراحی و تهیه شده است. با انجام آزمایش‌های عملی نشان داده شده است که الگوریتم هوشمند پیشنهادی دارای ۹۶ درصد صحت در تشخیص عدم تمرکز حواس راننده می‌باشد. همچنین یک سامانه تشخیص عدم تمرکز حواس راننده بر مبنای الگوریتم ارائه شده، بر روی خودرو واقعی طراحی و پیاده‌سازی شده است. نشان داده شده است که این الگوریتم می‌تواند در راستای هوشمندسازی خودرو و جلوگیری از تصادفات رانندگی مورد استفاده قرار گیرد.

۱- مقدمه

در زندگی امروزی استفاده از خودرو امری اجتناب‌ناپذیر است. در این زمینه امنیت خودرو و راننده یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها در صنعت خودرو می‌باشد. در سال‌های اخیر، برای پیشگیری از خسارات مالی و جانی قابل توجه ناشی از تصادفات رانندگی سامانه‌های هوشمند خودرو برای کمک به رانندگان توسعه یافته‌اند. از این سامانه‌ها با استفاده از تحلیل حالات مختلف راننده برای هوشمندسازی سامانه‌های کنترلی خودرو استفاده می‌شود.

یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر تصادفات رانندگی عدم تمرکز حواس راننده است [۱ و ۲]. عدم تمرکز حواس راننده ممکن است بر اثر کمبود هوشیاری ناشی از خواب‌آلودگی و یا عدم تمرکز حواس آبی رخ دهد. عدم تمرکز حواس آبی راننده هنگامی است که شی یا اتفاقی توجه راننده را از رانندگی پرت کند. برخلاف خواب‌آلودگی که در آن حواس راننده به مرور زمان بر اثر خستگی و یا کم‌خوابی از رانندگی گرفته می‌شود، عدم تمرکز حواس آبی در طول زمان رخ نمی‌دهد. تحقیقات نشان می‌دهد به طور طبیعی، معمولاً پس از ۱ ساعت رانندگی، راننده دچار خستگی می‌شود؛ اما در ساعات ابتدایی بعد از ظهر و همچنین نیمه‌شب، راننده در مدت زمان بسیار کمتر از ۱ ساعت احساس خواب‌آلودگی می‌کند. البته علاوه بر دلایل طبیعی، مصرف الکل، مواد مخدر و داروهایی که منجر به کاهش هوشیاری می‌شوند،

نیز در خواب‌آلودگی و عدم تمرکز حواس راننده تأثیرگذار است. یکی از مهم‌ترین مشکلات در این زمینه عدم وجود یک تعریف دقیق برای خستگی و معیار کمی برای اندازه‌گیری آن است. همچنین رانندگی در بزرگراه‌های بدون ترافیک، صحبت با سایر سرنشینان خودرو، صحبت با تلفن همراه و غیره باعث کاهش تمرکز راننده در رانندگی و انحراف تمرکز حواس می‌شود [۳]. با کاهش سطح تمرکز حواس، راننده تسلط کافی به خودرو ندارد و زمان عکس‌العمل‌های ملزوم رانندگی وی بیش‌تر می‌شود. در این شرایط ممکن است خودرو از جاده منحرف شود و یا به مانعی برخورد کند و یا واژگون شود. به همین علت هر ساله در جهان حوادث ناشی از کاهش تمرکز حواس راننده موجب خسارات شدیدی می‌شود [۴].

در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی با هدف بررسی هوشیاری راننده ارائه شده است. عمده این پژوهش‌ها بر مبنای تحت نظر گرفتن علائم بیوالکتریکی، نحوه کنترل خودرو و روش‌های نظارتی راننده می‌باشند. میزان خواب‌آلودگی و عدم تمرکز حواس با دمای سطح بدن، فعالیت و حرکت چشم، نرخ تنفس، نرخ تپش قلب و فعالیت مغزی در ارتباط هستند. بر همین اساس روش‌هایی برای تشخیص خواب‌آلودگی و اندازه‌گیری میزان هوشیاری راننده با استفاده از سیگنال‌های الکتریکی مغز، سیگنال‌های الکتریکی قلب، سیگنال‌های پتانسیل الکتریکی چشم، سیگنال‌های الکتریکی ماهیچه‌ای و ترکیب این روش‌ها ارائه شده است. خوشبختانه [۵]، ماتاسک [۶] و گاپتا [۷]

راننده از نوع سامانه‌های نظارتی، براساس روش ابداعی فواصل هندسی خصوصیات ناحیه چشم طراحی شده است. در این الگوریتم از خصوصیات ظاهری چهره راننده و به خصوص ویژگی‌های ناحیه چشم که از مهم‌ترین نواحی دارای اطلاعات مفید تشخیص حالت راننده در حین رانندگی می‌باشد، بهره گرفته شده است. از ویژگی‌های بارز این الگوریتم دقیق‌سازی ناحیه صورت و در مرحله بعد ناحیه چشم با استفاده از روش‌های جدید ترکیبی می‌باشد که منجر به بهبود محسوس عملکرد سامانه تشخیصی نسبت به دیگر سامانه‌های مشابه شده است. دقت تشخیص صورت این الگوریتم به علت استفاده از چند روش در مرحله تشخیص صورت بسیار بالا بوده و باعث بالا رفتن دقت نتیجه نهایی گشته است. الگوریتم ارائه شده میزان هوشیاری راننده با توجه به تعداد پلک‌زدن و همچنین روابط حاکم بین پلک‌زدن‌های متوالی و طول مدت هر پلک به صورت منحصر به فرد برای هر راننده را مشخص می‌کند؛ از دیگر مزایای الگوریتم نسبت به دیگر روش‌های مشابه منحصر به فرد بودن آن با توجه به چهره خود شخص و نور محیط همان زمان است. سامانه طراحی شده در ابتدایی رانندگی هر فرد با توجه به ساختار صورت همان شخص و زاویه فیلم برداری محدوده صورت شخص را براساس رنگ پوست وی که برای هر فرد به صورت منحصر به فرد و مختص به خودش است با توجه به نور همان زمان محیط مشخص می‌کند و همچنین برای مرحله تشخیص چشم فرد با توجه به ویژگی‌های چشم از نظر سایز، رنگ، حالت و غیره برای هر شخص با توجه به چشم همان شخص ویژگی‌ها استخراج شده و چشم مشخص می‌شود، با استفاده از تشخیص حالت چشم از طریق ترکیب دو روش مجزا یکی برای تشخیص بهینه ابرو و دیگری برای بهترین حالت تشخیص مژه بوده و این تشخیص دو مرحله‌ای باعث بهبود کارایی سامانه نسبت به دیگر الگوریتم‌های به‌طوری که در ادامه به آن پرداخته می‌شود، شده است.

۲- ارائه الگوریتم جدید تشخیص عدم تمرکز حواس با استفاده از فواصل هندسی خصوصیات ناحیه چشم

الگوریتم پیشنهادی برای تشخیص عدم تمرکز حواس راننده شامل مراحل پیش‌پردازش و تشخیص صورت، مکان‌یابی چشم‌ها و تعیین حالت چشم در عدم تمرکز حواس راننده می‌باشد. در ادامه به بررسی مرحله به مرحله الگوریتم ارائه شده پرداخته می‌شود. دیاگرام مراحل مختلف این الگوریتم در شکل ۱ نشان داده شده است. در این الگوریتم ابتدا با استفاده از پیش‌پردازش‌های اولیه تصویر گرفته شده توسط دوربین فیلم‌برداری، به صورت فریم به فریم حاصل می‌شود. دستیابی به اطلاعات مربوط به ظاهر راننده به ویژه محدوده چهره وی و جداسازی آن از دیگر اجزا داخل ماشین همانند صندلی و... ضروری می‌باشد. تشخیص چهره راننده با استفاده از الگوریتم معروف و متداول ویولا-جونز [۱۰] صورت می‌گیرد و جهت دقیق‌تر شدن این تشخیص با استفاده از رنگ چهره که یک خصوصیت بارز چهره می‌باشد محدوده چهره تشخیص داده می‌شود. محل کلی قرارگیری دو چشم

مطالعات مؤثری در این زمینه انجام داده‌اند. ویلیامسون و همکار او مروری کلی بر روش‌های شناسایی و هشدار خواب‌آلودگی راننده انجام داده‌اند. ایشان روش‌های تغییرات حرکت چشم، معیارهای فیزیولوژیک، معیارهای جاده و عملکرد راننده، معیارهای مختلف (چندگانه) برای نمایش خستگی راننده تقسیم‌بندی و ارائه کرده‌اند. این روش‌ها در آزمایشگاه و با شبیه‌سازی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و در حالت عملی، دارای محدودیت‌هایی هستند [۸]. هر یک از این روش‌ها مزایا و معایبی دارند که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود.

نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که با وجود این که روش‌های فیزیولوژی دارای دقت بالایی می‌باشند؛ اما برای به دست آوردن این علائم باید الکترودهایی به بدن شخص وصل شود که این امر برای راننده ناخوشایند و یا آزاردهنده است. با توجه به این نکته، نمی‌توان از این روش‌ها به صورت عملی در خودرو استفاده نمود. در مقابل آن روش‌های براساس نحوه کنترل خودرو کارایی راننده در طول زمان را مورد بررسی قرار می‌دهند. این روش‌ها می‌توانند با در نظر گرفتن سرعت رانندگی، نحوه هدایت فرمان، شتاب و یا نحوه ترمز گرفتن و غیره مشخص‌کننده میزان تمرکز حواس راننده باشند. مونتگیلیو و همکاران برای خودروهای سنگین شرکت فیات، سامانه‌ای طراحی کرده‌اند که براساس پردازش تصاویر به دست آمده از یک دوربین که در جلوی خودرو نصب شده است، خطوط خیابان را تشخیص می‌دهد [۸]. این سامانه در صورتی که خودرو از خط مسیر حرکت خارج شود، از طریق لرزش فرمان به راننده اعلام هشدار می‌کند. در صورت عدم توجه راننده به این اعلام هشدار، سامانه الکتروهیدرولیکی نصب شده بر روی فرمان عمل کرده و با اعمال نیرو به فرمان، خودرو را به مرکز خطوط جاده برمی‌گرداند. سرعت تشخیص در این روش‌ها نسبتاً پایین می‌باشد. روش‌های نظارتی مبتنی بر چهره راننده جزء سامانه‌های دستیار راننده محسوب می‌شوند. در این سامانه‌ها با دریافت تصویر از دوربین و پردازش آن نشانه‌های عدم تمرکز حواس، خستگی و ویژگی‌های تعیین‌کننده، معمولاً شامل درصد بسته بودن چشم، میزان نزدیک بودن پلک‌ها، نرخ پلک‌زدن، مدت زمان پلک‌زدن، جهت نگاه چشم، حرکت پرشی چشم است. بخش پردازش تصویر در هر سامانه نظارتی چهره راننده با آشکارسازی چهره راننده آغاز می‌شود و پس از آشکارسازی چشم ویژگی‌های مفید از آن استخراج می‌شود. سپس با استفاده از الگوریتم‌های تصمیم‌گیری و دسته‌بندی میزان هوشیاری راننده تخمین زده شده و در صورت لزوم هشدار داده می‌شود.

در مقاله سیگاری و همکاران [۹] نشانه‌های خستگی و عدم تمرکز حواس از دو ویژگی درصد بسته بودن چشم و نرخ پلک زدن استخراج شده است. نتایج حاصل شده خوب می‌باشد؛ اما مهم‌ترین عیب و یکی از دلایل اصلی بروز خطا این سامانه الگوریتم ردیابی چهره آن است. با تشخیص اشتباه چهره ناحیه و وضعیت چشم قابل شناسایی نخواهند بود و در نتیجه سامانه کارایی نخواهد داشت.

الگوریتم پیشنهادی ارائه شده در این مقاله جهت کنترل رفتار ظاهری

می‌باشد. رتینکس یک پارامتر را به عنوان مقیاس از ورودی دریافت می‌کند و براساس آن محدوده مقادیر روشنایی را به مقیاس کم و حفظ رنگ را به مقدار زیاد فراهم می‌کند رابطه این الگوریتم در حالت تک مقیاس به صورت رابطه (۱) بیان شده است.

$$Ri(x, y) = \log Li(x, y) - \log [F(x, y) \times Li(x, y)] \quad (1)$$

که در آن $Li(x, y)$ نشاندهنده توزیع تصویر در λ امین محدوده رنگ و $F(x, y)$ تابع محیطی نرمال شده است.

۲-۲- تشخیص صورت

در مرحله بعد محدوده چهره راننده تشخیص داده می‌شود. تشخیص چهره یک فناوری پردازش تصویر است که هدف آن تعیین موقعیت و اندازه چهره‌های انسانی در تصاویر دیجیتال می‌باشد. این فناوری صورت انسان را از دیگر اجزاء تصویر تشخیص می‌دهد. در این پژوهش از بین روش‌های تشخیص صورت روش ویولا جونز به تنهایی و با روش ترکیب آن با ردیابی صورت با استفاده از استخراج ویژگی کی ال تی^۱، روش دوم به علت دقت و عملکرد بیش تر مورد استفاده قرار گرفته است [۱۲ و ۱۳].

۲-۲-۱- تشخیص صورت با استفاده از ردیابی کننده کی ال تی

در بینایی ماشین دنبال کننده ویژگی کی ال تی، یکی از روش‌های استخراج ویژگی می‌باشد. این روش برای حل مشکل پرهزینه بودن روش‌های قدیمی عرضه شده و با استفاده از اطلاعات شدت فضا برای رسیدن به مناسب ترین حالت با سرعت بالاتر همچنین بررسی کم تر تفاوت‌های بلاقوه بین دو تصویر است. دنبال کننده ویژگی کی ال تی براساس دو پژوهش انجام شده، می‌باشد. در یکی آن‌ها ایده لوکاس کندل^۲ بر پایه جستجو محلی با استفاده از وزن دهی گرادیان با تقریب مناسب برای مشتق دوم تصویر است و در دیگری توماس و کانادا^۳ با بهبود ویژگی‌های دنبال شونده مناسب برای الگوریتم دنبال کننده با انتخاب ویژگی‌هایی که در آن‌ها مقادیر ویژه ماتریس گرادیان بزرگتر از آستانه مورد نظر باشد روش را بنا نهاده‌اند [۴ و ۱۵]. از آنجایی که این روش مخصوصاً برای نمایش بافت بصری و اشیایی که از نظر شکل ظاهر تغییر نمی‌کنند، مناسب است، مورد استفاده قرار گرفته شده است (شکل ۲). ممکن است نقاطی که توسط این تعقیب کننده نقاط دنبال می‌شود، بعد از مدتی بر اثر تفاوت‌های نوری یا حرکتی متمادی از بین بروند. از این رو برای دنبال کردن شی در طول مدت زمان طولانی، ممکن است نیاز به تعیین دوره‌ای نقاط باشد.

۲-۲-۲- محدودسازی ناحیه عمودی صورت با استفاده از رنگ پوست

در قسمت قبل محدوده صورت از دیگر نواحی تصویر با دقت و سرعت

(که در محدوده بالای چهره است) با استفاده از استخراج ویژگی‌ها متناسب در روابط ریاضی مشخص می‌شود. ناحیه تک تک چشم‌ها با استفاده از دیگر ویژگی‌های مفید چهره، از ناحیه کلی دو چشم استخراج می‌شوند. در این مرحله ابتدا در محدوده به دست آمده برای چشم چپ و راست، با توجه به شرایط نوری خود تصویر، نرمال سازی‌هایی در راستای بهبود نتیجه گیری انجام می‌شود و بعد از آن با استخراج ویژگی‌ها مربوط به چشم و ابرو و تفاوت فاصله هندسی آن‌ها در حالت چشم باز و بسته، میزان باز و بسته بودن پلک تعیین می‌شود. در نهایت با در نظر گرفتن آستانه هوشمند برای هر تصویر به صورت جداگانه (با شرط پلک زدن در ابتدای عملیات)، میزان نسبی هوشیاری راننده با استفاده از روابط محاسباتی برای هر راننده به صورت منحصر به فرد مشخص می‌شود.

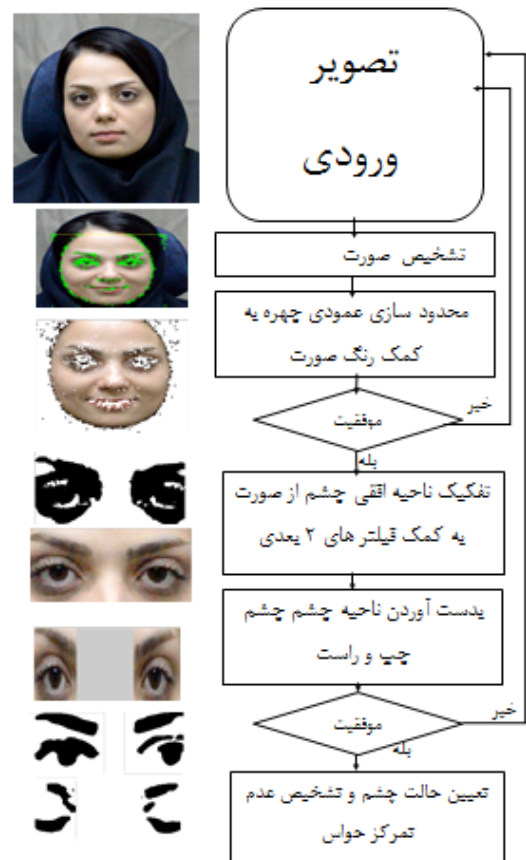


Fig. 1. Intelligent systems detect the driver's lack of concentration algorithm

شکل ۱: الگوریتم سامانه هوشمند تشخیص عدم تمرکز حواس

۲-۱- پیش پردازش

در الگوریتم ارائه شده در مرحله پیش پردازش از روش بهبود تصویر رتینکس استفاده می‌شود. این شیوه در سال ۱۹۷۱ برای اولین بار توسط ادوین لند [۱۱] برای محاسبه شدت نور بازتابی سطح اشیاء مطرح شد و طی سال‌ها توسعه یافت. در لاتین کلمه رتینکس ادغام دو کلمه با معنای چشم و مغز است که بیان کننده درگیری چشم و مغز در فرایند تشخیص رنگ

1 KLT

2 Lucas and Kanade

3 Tomasi and Kanade

انسان است که بنا بر آن در نظر گرفتن محدوده رنگ باعث به وجود آمدن خطا در جداسازی آن رنگ از تصویر می‌شود. همچنین در بسیاری از موارد ممکن است محدوده رنگ ثابت در تصویر وجود نداشته باشد و یا مربوط به پوست صورت نباشد. دیگری وجود نورهای متفاوت در هنگام تصویربرداری می‌باشد که این نورها در زمان‌ها و مکان‌های متفاوت، باعث ایجاد اختلاف مابین محدوده ثابت در نظر گرفته شده و بروز خطا در تشخیص الگوریتم می‌شود.

دو راه حل برای مشکلات مطرح شده در زمینه تشخیص رنگ ناحیه صورت وجود دارد. راه اول گرفتن محدوده بزرگتری از رنگ‌ها شامل رنگ پوست (انسان‌های سفید پوست، زرد پوست، سرخ پوست و سیاه پوست) به عنوان ناحیه پوست است که این راه‌حل، به شدت دقت الگوریتم را به صورت نزولی تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث افت کارایی سامانه پیشنهادی و در برخی موارد بروز خطا و تشخیص اشتباه مو به جای پوست و یا مو و پوست به عنوان پوست می‌شود. راه دوم، استخراج هوشمند ناحیه دارای پوست صورت از کل ناحیه صورت است. این راه‌حل با توجه به بازه رنگی غالب در چهره هر شخص عمل می‌کند که با وجود پیچیدگی‌های زیاد، راه‌حلی بسیار مناسب و دقیق می‌باشد.



Fig. 3 The result of the face area using face color

شکل ۳: نتایج دقیق سازی ناحیه چهره با استفاده از رنگ

۲-۳- تفکیک ناحیه افقی چشم از صورت و جداسازی چشم چپ و راست در این مرحله از الگوریتم همانگونه که در تصاویر به دست آمده صورت مشخص است، ناحیه چشم در نیمه بالایی ناحیه شناخته شده، به عنوان ناحیه مطلوب قرار دارد. همچنین بنا بر بررسی‌های انجام شده و مشاهدات عینی ناحیه از صورت که چشم در آن قرار دارد، جز یک دهم بالایی صورت نیز قرار نخواهد گرفت. از این‌رو ناحیه به دست آمده به عنوان ناحیه مطلوب صورت نصف شده و یک دهم بالایی کل تصویر نیز حذف می‌شود. با انجام

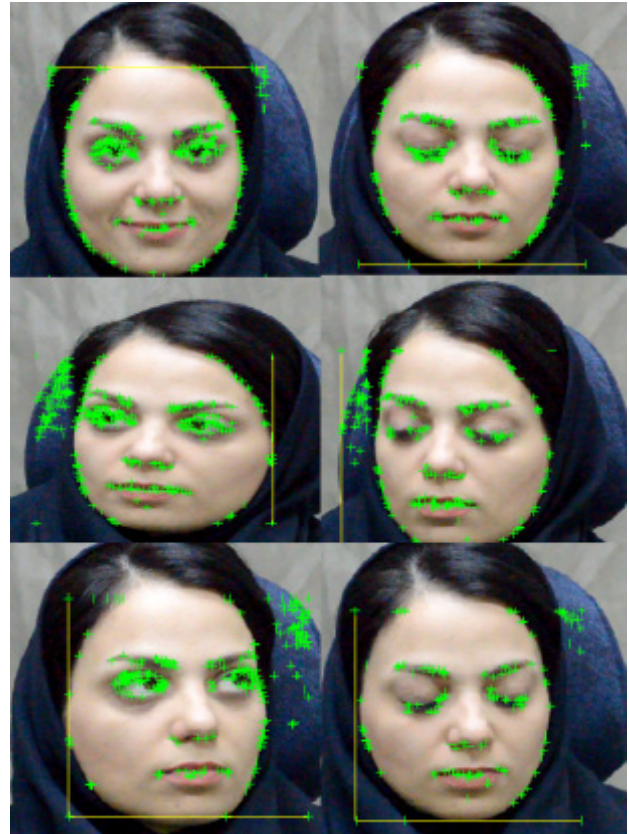


Fig. 2 Face Detection with klt at different angles

شکل ۲: تشخیص صورت با klt در زوایای مختلف

مناسب استخراج شد. با کمی دقت در این تصاویر مشهود است که در نواحی به دست آمده علاوه بر تصویر صورت، قسمت‌های غیرضروری دیگری از صورت شخص مثل مو یا اشکالی از پشت سر شخص در ادامه فرآیند تشخیصی مشکل ایجاد می‌کند. از این‌رو در این مرحله جهت بهبود دقت استخراج صورت، از ناحیه صورت استخراج شده محدوده دارای پوست، جداسازی می‌شود. پوست صورت با استفاده از ویژگی رنگ صورت مورد بررسی قرار گرفته و استخراج می‌شود. به این صورت که محدوده رنگی به عنوان محدوده رنگ پوست در نظر گرفته می‌شود و بنا به آن رنگ پوست، جداسازی پیکسل‌هایی از تصویر که دارای آن محدوده رنگ باشند، انجام می‌شود.

در این روش ابتدا تصویر از محدوده فضای رنگی ر جی بی ۱ به اچ اس وی ۲ برده شده و جزء اول محدوده رنگ اچ اس وی با محدوده رنگ اچ اس وی به دست آمده از یک تصویر پایه به صورت تجربی، تطبیق داده می‌شوند و محدوده‌ای از تصویر که پیکسل‌های دارای رنگ یکسان با رنگ پایه اولیه بوده‌اند، به عنوان محدوده صورت که دارای رنگ پوست است، شناخته می‌شوند (شکل ۳).

دو مشکل مهم در روش استخراج ویژگی از محدوده رنگ ثابت در نظر گرفته شده، وجود دارد. یکی آن که تفاوت در رنگ پوست گونه‌های متفاوت

- 1 Rgb
- 2 Hsv



Fig. 5 Features available in eye

شکل ۵: ویژگی‌های موجود در ناحیه چشم



Fig. 6 Separation of left and right eyes at different angles

شکل ۶: تفکیک چشم چپ و راست در زوایای متفاوت

باشند که با استفاده از میانگین‌گیری، لبه‌یابی و تعیین ایندکس قله‌ها و مقایسه آن‌ها چپ و راست بودن چشم نیز مشخص می‌شود (شکل ۶).

۲-۴- تعیین حالت چشم با استفاده از فواصل هندسی خصوصیات ناحیه چشم در الگوریتم ارائه شده جهت به دست آوردن حالت چشم از ویژگی‌های استخراج شده از ابرو و مژه استفاده شده است. نحوه استخراج این ویژگی‌ها براساس اصل فاصله بین ابرو و مژه، مبتنی بر بیش‌تر بودن فاصله بین ابرو و مژه در زمان بسته بودن چشم و کم‌تر شدن این فاصله در زمان باز بودن آن است. با توجه به این اصل، الگوریتم بنابر به دست آمدن فاصله بین ابرو و مژه طراحی شده تا براساس فواصل به دست آمده، حالت چشم حاصل شود. در ابتدا با اعمال فیلتر موشن^۲ که در شکل ۷ آورده شده است، جزئیات اضافی که حاوی اطلاعات سودمندی نیستند، از تصویر حذف شده و ویژگی‌های افقی مورد نظر تقویت می‌شوند و روند فرایند با زمان کمتر و دقت بیشتر، پیش خواهد رفت.

تبدیل تصاویر رنگی به تصاویر خاکستری در این مرحله اجرایی می‌شود و بعد از آن متوسط پیکسل‌های تصویر به جز نقاط پرت (نقاط پرت شامل



Fig. 7. Image of eye motion

شکل ۷: تصویر حاصل از موشن چشم

این عملیات ناحیه محدودتری برای انجام ادامه عملیات وجود خواهد داشت و حجم پردازش و زمان مورد نیاز برای مراحل بعدی کاهش خواهد یافت. در ادامه ابتدا تصویر به حالت خاکستری برده می‌شود و بعد از آن عملگر سوبل^۱ یکی برای لبه‌های عمودی و دیگری برای لبه‌های افقی بر روی تصویر خاکستری اعمال شده، سپس تصویر را به چند زیرقسمت جدا و عملیات جمع به صورت تجمعی افقی صورت می‌گیرد و آستانه‌ای که به صورت میانگین جمع نقاط هر قسمت حاصل شده است، بر روی کل نمودار حاصله اعمال می‌شود. در صورت بیشتر بودن مقدار نمودار از آن آستانه، به صورت افقی ناحیه به عنوان محدوده قرار گرفتن چشم از تصویر استخراج می‌شود (شکل ۴).

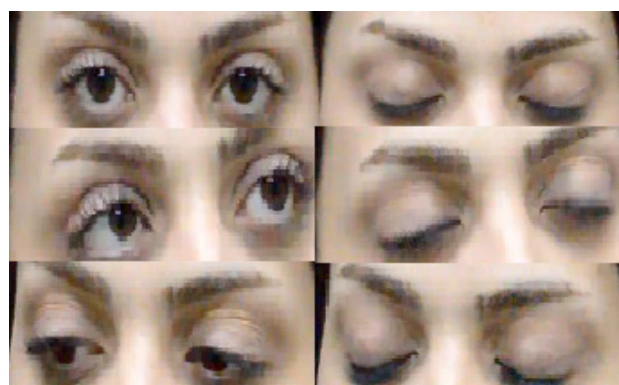


Fig. 4 Eyes extracted region from different angles

شکل ۴: ناحیه استخراج شده دو چشم از صورت در زوایای مختلف

در این پژوهش برای دقیق‌تر شدن تشخیص حالت رانندگان از وضعیت هر دو چشم کمک گرفته شده است. در این قسمت از پژوهش با داشتن ناحیه شامل هر دو چشم (در یک قسمت)، هدف جداسازی دو ناحیه به عنوان ناحیه‌های نهایی مربوط به دو چشم به صورت مجزا می‌باشد. پس از تبدیل تصویر به تصویر خاکستری ابتدا پیکسل‌های تصویر به صورت عمودی با یکدیگر جمع و میانگین آن‌ها محاسبه می‌شود. در این مرحله برای مشهود شدن هر پیکسل از رابطه (۲) استفاده می‌شود که بیانگر بزرگنمایی تابع تجمعی ستون‌های عمودی تصویر است.

$$Y = X + n(X - \text{mean}(X)) \quad (2)$$

در رابطه (۲)، Y واضح‌سازی پیکسل‌های مدنظر می‌باشد، X نشاندهنده هر پیکسل و n ضریب تقسیم تجمعی است. از آنجایی که ویژگی‌ها در محل قرار گرفتن چشم همان‌گونه که در شکل ۵ مشخص است، به علت وجود چشم و ابرو بیشتر می‌باشند؛ در نتیجه نمودار حاصل از میانگین‌گیری در این نقاط، دارای بیشترین مقدار خواهد بود. در نتیجه به دست آوردن دو قله نمودار حاصل شده و در نظر گرفتن ابعادی متناسب برای هر چشم، محدوده دو قله از روی تصویر اصلی جداسازی و به عنوان چشم‌ها استخراج می‌شوند. در این مرحله ممکن است چشم چپ و راست به ترتیب استخراج نشده

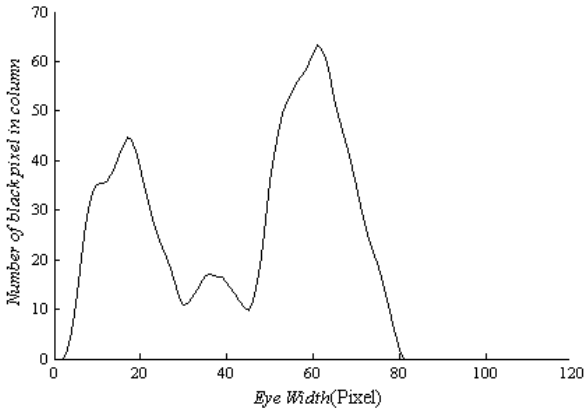


Fig. 11. Cumulative parameter open eyes

شکل ۱۱: پارامترهای تجمعی چشم باز

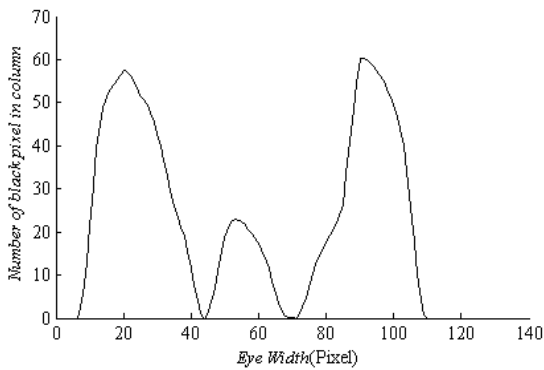


Fig. 12. Cumulative parameter close eyes

شکل ۱۲: پارامترهای تجمعی چشم بسته

باز و بسته به صورت هوشمند، در صورت بیشتر شدن فاصله بین این دو قله از حد آستانه چشم بسته در نظر گرفته شود. نمونه نتیجه این فرایند در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ قابل مشاهده است.

نتایج حاصل از آزمایش‌های علمی نشان می‌دهد این آستانه برای افراد مختلف، تحت شرایط نوری متفاوت، یکسان نخواهد بود. برای هر فرد و حتی هر چشم تفاوت‌هایی از لحاظ نور و شکل وجود دارد. در تعداد فریم‌های در نظر گرفته شده اولیه، با فرض پلک‌زدن مابین این فریم‌ها، حذف موارد خطا، نرمال‌سازی در مورد خطاهای ممکن و حذف داده‌های بسیار پرت به کمک روش‌های آماری رابطه (۳) حاصل می‌شود. جهت بالا رفتن دقت الگوریتم طول حاصل از تفاضل بیش‌ترین و کم‌ترین نقطه، نمودار را در عدد تجربی 0.66 حاصل شده از روش‌های آماری ضرب کرده تا آستانه مورد نیاز مطابق رابطه (۴) حاصل می‌شود. (شکل ۱۳)

$$Plot = plot - 0.1(TopPlot \& BottomPlot) \quad (3)$$

$$Thr(plot) = [Max(Plot) - Min(Plot)] \times 2/3 \quad (4)$$

بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر داده‌ای غیرمرتبط است) محاسبه می‌شوند و تصویر نهایی به شکل باینری (سیاه و سفید) تبدیل می‌شود. یکی دیگر از نکات بسیار مفید و کاربردی استفاده شده در این بخش از الگوریتم تبدیل تصویر به تصویر باینری به صورت هوشمند با بهره‌گیری از تشخیص نور خود تصویر و در نظر گرفتن آستانه مربوطه به همان نسبت نوری تصویر به صورت منحصر به فرد، برای هر فریم می‌باشد. (شکل ۸)

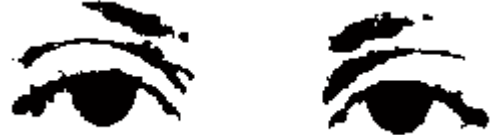


Fig. 8. Smart binary image of the eye

شکل ۸: تصویر حاصل از باینری‌سازی هوشمند چشم

در روندی دیگر ماتریس فیلتر سوبل بر روی تصویر به همراه نرمال‌سازی‌های دیگر اعمال می‌شود. (شکل ۹)



Fig. 9. Sobel filter image of the eye

شکل ۹: تصویر حاصل از فیلتر سوبل چشم

با توجه به نتایج حاصل از مراحل الگوریتم توضیح داده شده و شواهد تجربی اعمال آن‌ها با هدف افزایش دقت و کاهش خطا، از ترکیب هر دو الگوریتم به صورت هم‌زمان و هریک مخصوص یکی از اجزا، استفاده می‌شود. روش باینری‌سازی هوشمند مشخص‌کننده بهتری برای مژه بوده و روش سوبل نیز جواب دقیق‌تری در مشخص کردن ناحیه ابرو می‌دهد، از این‌رو از ترکیب این دو روش با یکدیگر بعد از یک مرحله حذف ویژگی‌های غیرضروری و مات کردن تصویر با استفاده از فیلتر میانگین‌گیری مدور (مطابق شکل ۱۰)، نتیجه دقیق و مطلوب حاصل می‌شود.



Fig. 10. The proposed system algorithm

شکل ۱۰: تصویر حاصل از ترکیب باینری‌سازی هوشمند و سوبل

با محاسبه نمودار تجمعی هر سطر، به دست آوردن فاصله بین دو بیش‌ترین قله نمودارها (که بیانگر ابرو و مژه هستند) و تعیین آستانه چشم

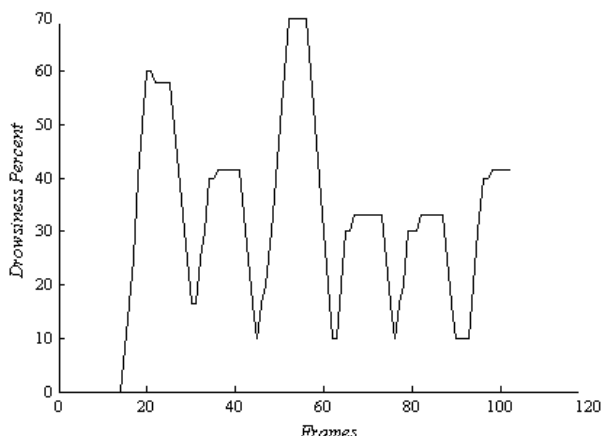


Fig. 14. Parameter specifies the percentage of driver drowsiness
 شکل ۱۴: پارامترهای مشخص کننده درصد خواب‌آلودگی راننده

می‌شود، از این‌رو رابطه (۵) به صورت رابطه (۶) بازنویسی می‌شود.

$$Dp = bc \left(1 + nb^{\frac{1}{2}} \right)^{-1} \quad (6)$$

با توجه به مطالب بیان شده در شکل ۱۴ میزان خواب‌آلودگی حاصل از میانگین بسته بودن چشم راست و چپ نشان داده شده است.

۳- آزمایش‌ها و نتایج علمی

جهت بررسی دقیق کاربرد الگوریتم ارائه شده در این پژوهش، نیاز به مجموعه داده‌ای متناسب، جامع و متنوع از تمامی لحاظ به شدت حس می‌شد، از این‌رو پس از بررسی و تحقیق در مورد تمامی شرایط ممکن، اقدام به گردآوری پایگاه داده‌ای دقیق و مناسب گردید.

در مرحله اول یک آتلیه پردازش تصویر با استفاده از امکانات آزمایشگاه سامانه‌های پیشرفته کنترلی خودرو در دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی طراحی و پیاده‌سازی گردید. در این آتلیه فضای خودرو طراحی و پیاده‌سازی گردید. در این راستا شبیه‌سازی محیطی با استفاده از صندلی خودرو ۲۰۶ انجام شد. مطابق شکل ۱۵ جهت گردآوری این پایگاه داده در ابتدا نرمال‌سازی شرایط نوری غیرمتعارف و آماده‌سازی شرایط نوری متناسب و قابل تنظیم صورت گرفت.

سپس عملیات تراز کردن محل قرارگیری نمونه‌ها و مشخص کردن نقطه مرجع اجرا شد. درجه‌بندی فضای موجود براساس ۱۱ درجه افقی از ۱۵ درجه تا ۱۶۵ درجه، با فاصله ۱۵ درجه و همچنین ۸ درجه عمودی از ۴۰ تا ۱۶۰ درجه، با فاصله ۱۰ درجه و در کل ۸۸ نقطه با زوایای افقی و عمودی متفاوت شامل تمامی حالات سر راننده انجام شد (شکل ۱۶).



Fig. 15. laboratory simulation of ambient light settings

شکل ۱۵: تنظیمات نور محیط آزمایشگاهی شبیه‌سازی شده

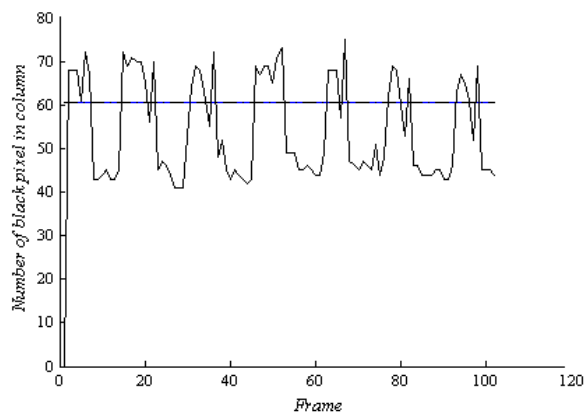


Fig.13. The resulting threshold

شکل ۱۳: آستانه حاصل شده برای چشم

۲-۵- تشخیص عدم تمرکز حواس و خواب‌آلودگی

پس از مشخص شدن حالت هر فریم و میزان باز و بسته بودن چشم در هر فریم مطابق بخش قبل مقاله، با داشتن این اطلاعات در پی راهی جهت بررسی وضعیت هوشیاری راننده، انتخاب تعدادی فریم و بررسی حالات آن‌ها در کنار یکدیگر روش مؤثری خواهد بود. از این‌رو پارامتری براساس تعداد فریم‌های مورد نیاز جهت بررسی گرفته می‌شود، بنا بر شرایط طول این پارامتر (طول به معنای تعداد فریم‌های موجود است)، بیان‌کننده تعداد فریم‌های مورد نیاز جهت تصمیم‌گیری در مورد وضعیت هوشیاری راننده می‌باشد.

پارامتر bc بیانگر تعداد فریم‌های چشم بسته در محدوده فریم‌های در نظر گرفته شده است. پارامتر تعداد فریم‌های چشم بسته در محدوده مورد نظر در اصل نشان‌دهنده درصد بسته بودن چشم‌ها در یک دوره زمانی مشخص متناسب با تعداد فریم‌ها است. به این ترتیب به هر میزان تعداد فریم‌های چشم بسته راننده بیشتر باشد، هوشیاری راننده کمتر است. با در نظر گرفتن معیار dp به عنوان معیار مشخص‌کننده میزان هوشیاری راننده، bc که بیانگر تعداد فریم‌های چشم بسته است با dp که معیار عدم تمرکز حواس راننده می‌باشد، نسبت مستقیم خواهند داشت. پارامتر استخراج شده دیگر مؤثر در میزان خواب‌آلودگی راننده، تعداد متغیر حالت چشم از باز به بسته و یا از بسته به باز، در اصطلاح همان پلک‌زدن است و با nb نشان داده خواهد شد. nb با عدم هوشیاری رابطه معکوس دارد. با توجه به توضیحات رابطه (۵) حاصل شده از روش‌های آماری را خواهیم داشت:

$$Dp = \frac{bc}{nb} \quad (5)$$

به علت اهمیت بیشتر بسته بودن چشم نسبت به تعداد پلک‌زدن در یک بازه زمانی و آزمایش‌های عملی، رابطه تجربی با بررسی روش‌های آماری براساس نسبت جذر معکوس این پارامتر به معیار خواب‌آلودگی افزوده

- 1 Blink Counter
- 2 Drowsiness Parameter
- 3 Number of blink

تشخیص صحیح پلک‌زدن در کل فریم‌های پلک‌زدن واقعی تحت عنوان فراخوان^۲ رابطه (۸)، و تعداد تشخیص صحیح پلک‌زدن در کل با عنوان دقت^۳ رابطه (۹) مورد بررسی قرار گرفته‌اند، این پارامترها براساس جدول ۱ شکل گرفته، در جدول ۲ نتایج حاصل از اعمال آنها آورده شده است. سپس نتایج با مقالات پیشین مقایسه شده‌اند [۱۶]. در شکل ۱۷ کل فرایند اجرایی قابل ملاحظه می‌باشد.

$$Precision = \frac{Tp}{Tp + Fp} \quad (7)$$

$$Recall = \frac{Tp}{Tp + Fn} \quad (8)$$

$$Accuracy = \frac{Tp}{Tp + Fp + Fn} \quad (9)$$

جدول ۱: تعیین پارامترهای مورد استفاده در نتیجه‌گیری

Table 1. Determine the parameters used in the conclusion

حالات	پلک زدن در واقعیت	عدم پلک زدن در واقعیت
تشخیص پلک زدن توسط سامانه	Tp	Fp
تشخیص عدم پلک	Fn	-

جدول ۲: نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی [۱۶]

Table 2. The results of the proposed algorithm

نتایج	صحت	فراخوان	دقت
مقاله کرولاک [۱۵]	۹۴۱۲۳/۹۶	۳۱/۹۸	۳۵/۹۵
الگوریتم پیشنهادی	۵۷/۹۶	۵/۹۹	۱/۹۶

جدول ۳: میانگین دقت سامانه

Table 3. An average accuracy of the system

نتایج	$[\%] Fn$	$[\%] Fp$	$[\%] Tp$
مقاله سیگانک [۱۷]	۹۷/۲	۱۳/۰	۳۵/۹۵
الگوریتم پیشنهادی	۱۵/۰	۷/۰	۱/۹۸



Fig. 16. Grading and Marking points of horizontal and vertical level

شکل ۱۶: درجه‌بندی افقی و عمودی سطح و شماره‌گذاری نقاط حاصل

عکس فرد مورد نمونه‌گیری در دو حالت چشم باز و بسته گرفته و فیلم‌هایی با فاصله زمانی مشخص (تخمین زده شده با استفاده از صدای از پیش ضبط شده)، گرفته شد. جهت یکسان بودن تمامی نمونه‌ها باز و بستن کردن چشم و پلک‌زدن به تعداد معلوم و با فاصله زمانی مشخص از نمونه انسانی خواسته شد. همچنین تهیه فیلم سریع در ۱۵ نقطه ترکیبی از جهت نگاه مستقیم، راست، چپ به همراه دید روبرو، بالا و پایین که شامل زوایای (۳۰ افق-۶۰ عمود)، (۳۰ افق-۹۰ عمود)، (۳۰ افق-۱۱۰ عمود)، (۶۰ افق-۶۰ عمود)، (۶۰ افق-۹۰ عمود)، (۶۰ افق-۱۱۰ عمود)، (۹۰ افق-۶۰ عمود)، (۹۰ افق-۹۰ عمود)، (۹۰ افق-۱۱۰ عمود)، (۱۲۰ افق-۶۰ عمود)، (۱۲۰ افق-۹۰ عمود)، (۱۲۰ افق-۱۱۰ عمود)، (۱۵۰ افق-۶۰ عمود)، (۱۵۰ افق-۹۰ عمود)، (۱۵۰ افق-۱۱۰ عمود)، (۱۵۰ افق-۹۰ عمود)، (۱۵۰ افق-۱۱۰ عمود) با زدن ۱۰ تا ۱۵ پلک سریع می‌باشد.

در مرحله بعدی فیلم شبیه‌ساز رفتار راننده در مدت ۷ دقیقه با توجه به تجربیات رانندگی شخصی فرد شامل: نگاه کردن به آینه‌ها، موانع، عکس‌العمل در هنگام خطر، خستگی از رانندگی و خواب‌آلودگی گرفته شد. این پایگاه داده شامل ۱۹۳۰ عکس و ۳۰۰ دقیقه ویدئو از ۱۰ نفر با کیفیت ۲۴ mpix می‌باشد.

با اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی ۱۰ نمونه مجموعه داده ساخته شده، با در نظر گرفتن پارامترهای تشخیصی، به صورت تعداد تشخیص صحیح پلک‌زدن در کل فریم‌ها، تحت عنوان صحت^۱ رابطه (۷)، تعداد

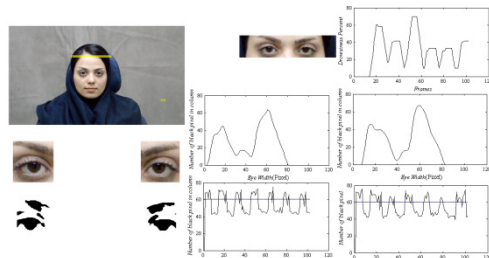


Fig. 17. Implementation of intelligent systems detects the driver lack of concentration

شکل ۱۷: اجرای الگوریتم سامانه هوشمند تشخیص عدم تمرکز حواس راننده

- 2 Recall
- 3 Accuracy

- 1 Precision

تقریباً ۹۶ درصدی است که نسبت به دیگر متدها از دقت مناسب‌تری در شرایط متغیر برخوردار است. با عملیاتی کردن این الگوریتم بسیاری از اهداف این پژوهش در راستای سنجش میزان هوشیاری رانندگان در زمان رانندگی و اعلام هشدارهای مناسب در زمان‌های مورد نیاز و در نتیجه کاهش خطر تصادفات رانندگی و کاهش مرگ و میر ناشی از این تصادفات که سهم عمده‌ای از خسارات جانی را به خود اختصاص می‌دهد، خواهیم داشت. با توجه به این‌که ارزیابی دقیق و بهینه‌سازی در شرایط تجربی نیازمند امکانات دقیق‌تر و پیشرفته‌تر می‌باشد؛ لذا در نظر است در فعالیت‌های آتی، روش پیشنهاد شده با تجهیزات کامل‌تر و پیشرفته‌تر بهبود بخشیده شوند و عوامل و ضرایب خطا تا حد امکان کاهش پیدا کنند.

مراجع

- [1] K. Hayashi, K. Ishihara, H. Hashimoto, K. Oguri, Individualized drowsiness detection during driving by pulse wave analysis with neural network, in: *Intelligent Transportation Systems*, 2005. Proceedings. 2005 IEEE, IEEE, 2005, pp. 901-906.
- [2] P. Smith, M. Shah, N.J.I.t.o.i.t.s. da Vitoria Lobo, *Determining driver visual attention with one camera*, 4(4) (2003) 205-218.
- [3] C.-T. Lin, L.-W. Ko, I.-F. Chung, T.-Y. Huang, Y.-C. Chen, T.-P. Jung, S.-F.J.I.T.o.C. Liang, S.I.R. Papers, *Adaptive EEG-based alertness estimation system by using ICA-based fuzzy neural networks*, 53(11) (2006) 2469-2476.
- [4] A. Dasgupta, A. George, S. Happy, A.J.I.T.o.I.T.S. Routray, *A vision-based system for monitoring the loss of attention in automotive drivers*, 14(4) (2013) 1825-1838.
- [5] R.N. Khushaba, S. Kodagoda, S. Lal, G.J.I.T.o.B.E. Dissanayake, *Driver drowsiness classification using fuzzy wavelet-packet-based feature-extraction algorithm*, 58(1) (2011) 121-131.
- [6] M. Matousek, I.J.C.N. Petersén, *A method for assessing alertness fluctuations from EEG spectra*, 55(1) (1983) 108-113.
- [7] S. Gupta, S. Kar, S. Gupta, A. Routray, *Fatigue in human drivers: A study using ocular, Psychometric, physiological signals*, in: *Students' Technology Symposium (TechSym)*, 2010 IEEE, IEEE, 2010, pp. 234-240.
- [8] M. Sigari, Fathi, M., *Designing and testing a system to monitor the driver's face In order to detect fatigue and lack of concentration*, Iran, *The first national conference On Traffic Safety And Promoting Solutions.*, (2010).
- [9] M. Sigari, M. Fathi, M. Soryani, *Designing A Driver's Face Monitoring System For Driver's Fatigue And Distraction Detection*, (2012).



Fig. 18. Road tests of intelligent systems detects the driver lack of concentration

شکل ۱۸: تست جاده سامانه هوشمند تشخیص عدم تمرکز حواس راننده

با اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی ۱۰ نمونه دیگر از مجموعه داده بیان شده، نتایج حاصل برای پارامترهای F_n و F_p ، T_p به صورت جدول ۳ خواهد بود.

همچنین برای صحت‌سنجی الگوریتم ارائه شده، نرم افزار طراحی شده بر روی خودرو واقعی پیاده‌سازی گردید. سامانه تشخیص عدم تمرکز حواس راننده از طریق اخطارهای صوتی و یا بصری نمایش اطلاعات هوشیاری راننده بر روی رابط کاربری، راننده را از خطرهای پیش‌رو آگاه می‌کند. لازم به ذکر است کاربرد چنین سامانه‌هایی به عنوان یک سامانه کمک راننده می‌باشد. شکل ۱۸ نشان‌دهنده آزمون جاده‌ای این الگوریتم است.

۴- جمع‌بندی

در این مقاله یک الگوریتم جدید با استفاده از فواصل هندسی خصوصیات ناحیه چشم، شامل ابرو و مژه طی مراحل نرمال‌سازی‌های متناسب اولیه، اعمال فیلترها و ترکیب لبه‌یابی‌های مؤثر و هوشمندسازی روش به صورت اختصاصی بودن الگوریتم برای هر شخص با توجه به ویژگی‌های خود آن شخص جهت تشخیص هوشیاری راننده و اعلام هشدارهای بصری و صوتی به وی ارائه شده است. جهت آزمون این روش، محیطی همانند محیط رانندگی فراهم شد. این محیط به زوایای افقی و عمودی برای مشخص کردن جهت دید راننده درجه‌بندی شده و شرایط نوری قابل تنظیم برای فیلم‌برداری و عکس‌برداری در آن در نظر گرفته شده است. با اعمال الگوریتم‌های مذکور بر روی پایگاه داده شبیه‌سازی شده، میزان صحت الگوریتم دارای نتیجه

- [14] B.D. Lucas, T. Kanade, *An iterative image registration technique with an application to stereo vision*, (1981).
- [15] C. Tomasi, T. Kanade, *Detection and Tracking of Point Features. Carnegie Mellon University Technical Report CMU-CS-91-132*, (1991).
- [16] A. Królak, P.J.U.A.i.t.I.S. Strumiłło, *Eye-blink detection system for human-computer interaction*, 11(4) (2012) 409-419.
- [17] B. Cyganek, S.J.N. Gruszczyński, *Hybrid computer vision system for drivers' eye recognition and fatigue monitoring*, 126 (2014) 78-94.
- [10] P. Viola, M.J.J.I.j.o.c.v. Jones, *Robust real-time face detection*, 57(2) (2004) 137-154.
- [11] Z. Bian, Y.J.F.p.r.f.E.i.p. Zhang, *reconstruction, Retinex image enhancement techniques: algorithm, application and advantages*, (2002).
- [12] R.O. Mbouna, S.G. Kong, M.-G.J.I.t.o.i.t.s. Chun, *Visual analysis of eye state and head pose for driver alertness monitoring*, 14(3) (2013) 1462-1469.
- [13] T. Nguyen, M.-T. Chew, S. Demidenko, *Eye tracking system to detect driver drowsiness*, in: *Automation, Robotics and Applications (ICARA), 2015 6th International Conference on*, IEEE, 2015, pp. 472-477.

برای ارجاع به این مقاله از عبارت زیر استفاده کنید:

Please cite this article using:

A. Ghaffari, A. Kodayari, S. Abediny, *Design and Implementation of Intelligent Systems Detect the Driver's Lack of Concentration*, *Amirkabir J. Mech. Eng.*, 50(5) (2018) 1145-1154.
DOI: 10.22060/mej.2017.12098.5257

