



تشخیص چشم و حالت آن با استفاده از کلاسه‌بند چندگانه جهت تشخیص خواب - آلودگی راننده

محسن سرداری زارچی^۱ و سید امیرحسین منجمی^۲

^۱ گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، sardari@eng.ui.ac.ir

^۲ گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، monadjemi@eng.ui.ac.ir

چکیده - خواب آلودگی راننده یک از عوامل اصلی تصادفات مرگبار رانندگی می‌باشد که تاکنون برای تشخیص آن روش‌های گوناگونی ارائه شده است. هر کدام از این روش‌ها بر اساس پارامترهای خاصی، سعی در تشخیص میزان خواب آلودگی را دارند که یکی از موثرترین و دقیق‌ترین آن‌ها، بررسی تغییرات چشم می‌باشد. در این پژوهش، روش‌های مبتنی بر تغییرات چشم، ارائه شده است که دارای قابلیت بالایی برای پیاده سازی در خودرو می‌باشد. در این روش از نوع خاصی از تصویر برداری مادون قرمز که توانایی تصویر برداری در شب را نیز دارد استفاده می‌شود. به منظور بررسی چشم، بایستی مکان و وضعیت چشم در تصاویر مشخص شود به همین دلیل با استفاده از ویژگی‌های منحصر به فرد تصاویر مادون قرمز بدست آمده و تکنیک‌های پردازش تصویر، نواحی‌ای که کاندید مناسبی از چشم می‌باشند را انتخاب نموده و سه دسته ویژگی متفاوت را از آن‌ها استخراج می‌نماییم. سپس از شبکه‌های عصبی در قالب کلاسه‌بند چندگانه برای تشخیص چشم و وضعیت آن استفاده می‌شود. کلاسه‌بند استفاده شده توانست بخوبی از این ویژگی‌ها استفاده کرده و با دقت ۹۵/۱۴ درصد مکان چشم و حالت آن را از بین کاندیدها تشخیص دهد و به طبع آن ما توانستیم با بررسی وضعیت چشم میزان خواب آلودگی راننده را در حد بسیار مطلوبی تشخیص دهیم.

کلید واژه - خواب آلودگی راننده، شبکه‌های عصبی مصنوعی، کلاسه بند چندگانه، مادون قرمز

حرکات چشم تمرکز می‌شود [۴].

در پژوهش انجام گرفته ما سعی نموده‌ایم روشی موثر و عملی که مبتنی بر تغییرات چشم است؛ را ارائه نماییم. روش ارائه شده در مقایسه با روش‌های دیگر برای پیاده سازی در خودرو بسیار مناسب است زیرا برخلاف بسیاری از روش‌های معمول هیچ گونه مزاحمتی را برای راننده ایجاد نمی‌کند و همچنین توانایی بررسی خواب آلودگی، در محیط کاملاً تاریک (مانند شب هنگام که داخل خودرو کاملاً تاریک است) را دارد.

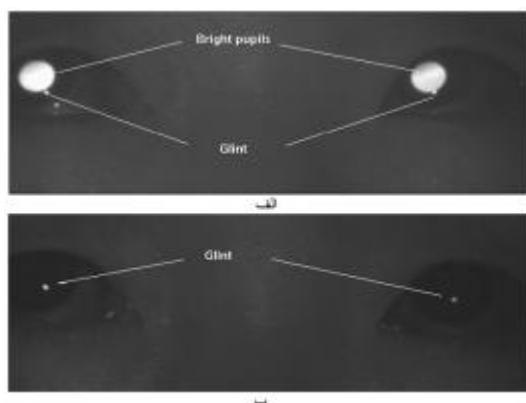
۲- روش پیشنهادی

با کنترل عملکرد و رفتار چشم، می‌توان اطلاعات مهمی را درباره میزان خستگی و هوشیاری راننده بدست آورد که در این صورت احتیاج به تشخیص و مکان یابی چشم خواهد بود. عموماً اینکار به دو روش غیر فعال مبتنی بر تصویر ظاهری و فعال مبتنی بر مادون قرمز انجام می‌گیرد [۵]. در روش غیر فعال، تشخیص چشم بر اساس تفاوت‌هایی که با سایر اجزا صورت دارد، انجام می‌شود. به عنوان نمونه، این تفاوت‌ها می‌تواند در بافت،

۱- مقدمه

خواب آلودگی راننده، کابوسی است که همواره بر روح و جان مسافران سایه انداخته است. بنابر اعلام موسسه NHTSA آمریکا، هر ساله صد هزار تصادف به علت خواب رفتن راننده رخ می‌دهد که به‌طور میانگین باعث آسیب شدید به ۷۰,۰۰۰ نفر و مرگ ۱,۵۵۰ نفر می‌شود [۱]. به‌طور کلی خستگی راننده عامل اصلی ۲۵ درصد تصادفات و به‌طور خاص ۶۰ درصد تصادفات جاده‌ای منجر به مرگ و یا آسیب‌های جدی می‌باشد [۲].

در هنگام خواب آلودگی، ظاهر و چهره فرد دچار تغییرات محسوسی می‌شود که مهمترین این تغییرات در چشم، سر، دهان و وضعیت نشستن می‌باشد. به همین دلیل می‌توان با تصویر برداری از راننده و کمک گرفتن از روش‌های پردازش تصویر، نشانه‌های بصری خواب آلودگی را استخراج نمود [۳]. بیشترین تحقیقات این گروه از روش‌ها، در مورد بررسی چشم و استخراج نشانه‌ها از آن می‌باشد. بررسی چشم جزء موفق‌ترین روش‌ها برای تشخیص خواب آلودگی است که در آن بر روی تغییرات و



شکل ۲: الف) مردمک براق بر اثر روشن بودن حلقه داخلی ب) مردمک تاریک بر اثر روشن بودن حلقه خارجی

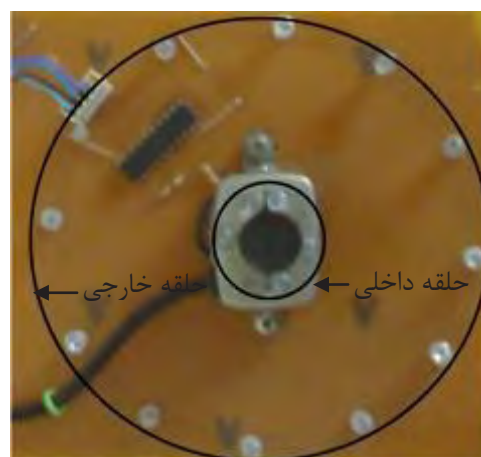
۳- استخراج کاندیدهای چشم

در تصویر مردمک براق که حلقه داخلی لامپها روشن و حلقه خارجی خاموش است؛ مردمک چشم راننده به صورت دایره براق و روشن ظاهر می‌گردد. این پدیده راهنمای خوبی برای تشخیص مردمک و چشم می‌باشد اما در صورتیکه نورهای دیگری به غیر از نور مادون قرمز دستگاه، در تصویر وجود داشته باشد تشخیص مردمک با مشکل مواجه می‌شود زیرا نواحی روشن دیگری در تصویر وجود خواهد داشت (شکل ۳-الف). برای حل این مشکل، تصویر مردمک براق را از تصویر مردمک تاریک کم کرده و تصویر تفاضلی‌ای تولید می‌کنیم که در آن فقط محل مردمک روشن می‌باشد و تاثیرات نورهای محیطی حذف شده است (شکل ۳-ج).

نقاط براق داخل تصویر تفاضلی کاندیدهای مناسبی برای مردمک هستند. برای آنکه بتوانیم این نقاط را استخراج کنیم بایستی ابتدا عمل آستانه گذاری را بر روی تصویر تفاضلی انجام دهیم تا نقاط براق از نقاط تاریک کاملاً جدا شوند. با این کار مقادیر پیکسل‌های تصویر به صورت دودویی یا سیاه و سفید تبدیل می‌شوند و در نتیجه آن می‌توان نواحی براق را استخراج نمود که نتیجه آن در شکل ۳-د نمایش داده شده است.

نواحی روشن داخل تصویر می‌توانند ناشی از انعکاس نور توسط مردمک باشند. بنابر این می‌توان آنها را به‌عنوان گزینه‌های مناسبی جهت مشخص کردن موقعیت مردمک در نظر گرفت. اما گاهی ممکن است در تصویر تفاضلی، نقاط نویزی خیلی روشن دیگری وجود داشته باشد که بر اثر انعکاس شدید نور مادون قرمز توسط شی‌ای مانند عینک ایجاد شده و به‌صورت کاندیدای مردمک مطرح شوند. روشنایی نقاط نویزی که از بازتابش نور مادون قرمز بدست می‌آیند خیلی بیشتر از روشنایی مردمک

شکل و رنگ باشد [۶-۹]. در این روش تغییرات نور محیط، استفاده از عینک طبی یا آفتابی، زاویه صورت در برابر دوربین، و غیره می‌توانند تاثیر نامطلوبی بر دقت تشخیص بگذارند و یا حتی آن را ناممکن سازند. برای غلبه بر این مشکلات می‌توان از روش فعال که مبتنی بر مادون قرمز است؛ استفاده نمود. در این راستا ما سخت افزار خاصی را برای تصویر برداری طراحی نموده‌ایم که شامل پروژکتور مادون قرمز، دوربین حساس به مادون قرمز، فیلتر میان‌گذر و مدار الکترونیکی جانبی می‌باشد. برطبق نظریه Hutchinson می‌توان از این سخت افزار جهت به دست آوردن مردمک براق در تصویر استفاده کرد [۱۰]. در ساخت این پروژکتور از دو مجموعه LED مادون قرمز استفاده شده است که در دو حلقه گرفته‌اند. مرکز دو حلقه، محور نوری دوربین می‌باشد در شکل ۱ نمونه ساخته شده آن، نشان داده شده است. دو حلقه مادون قرمز با تابیدن به چشم دو نوع تصویر متفاوت را از مردمک تولید می‌کنند که یکی دارای مردمک روشن و دیگری تاریک می‌باشد (شکل ۲). تصویر مردمک براق و روشن وقتی ظاهر می‌گردد که حلقه داخلی LEDها روشن و حلقه خارجی خاموش باشد و تصویر مردمک عادی یا تاریک وقتی بدست می‌آید که حلقه داخلی خاموش و حلقه خارجی روشن باشد. باید توجه داشت که برق چشم یا گلینت در هر دو تصویر ظاهر می‌گردد. در ادامه با استفاده از تفاوتی که مردمک در این دو نوع تصویر دارد؛ نواحی که کاندید چشم می‌باشند را استخراج کرده و با استفاده از تکنیک‌های کلاسه بندی، سعی داریم چشم و حالت آن را تشخیص دهیم.



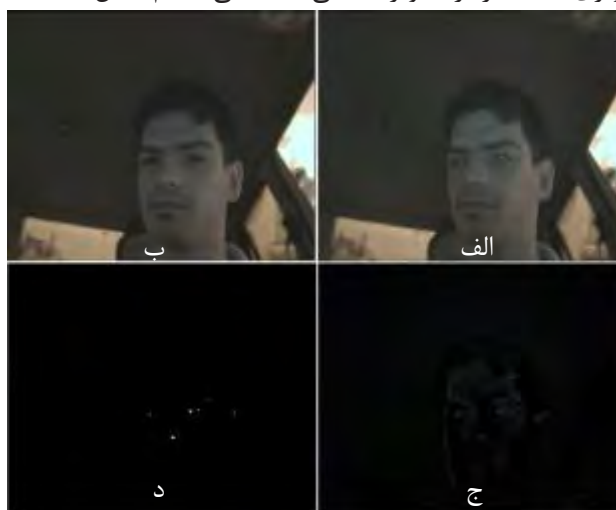
شکل ۱: چگونگی قرار گرفتن LEDهای مادون قرمز بر روی برد دستگاه ساخته شده

همچون: تعداد پیکسل های ناحیه براق، میزان شباهت به دایره، بزرگترین قطر ناحیه کاندید و نسبت تعداد پیکسل های کاندید به پیکسل های دایره محیطی آن است



شکل ۵: استخراج کاندیدهای چشم (الف) تصویر راننده (ب) تصویر تفاضلی (ج) تصویر آستانه گذاری شده (د) کاندیدهای حذف شده و کاندیدهای چشم

چشم است به همین دلیل ابتدا با استفاده از روش آنالیز مولفه-های بهم پیوسته یا CCA نواحی ای که دارای پیکسل های روشن هستند را استخراج می نمایم [۱۱]. سپس از بین این نواحی آنهایی که شامل پیکسل های خیلی روشن یا به عبارتی نویزی هستند را از تصویر تفاضلی حذف می نمایم (شکل ۴).



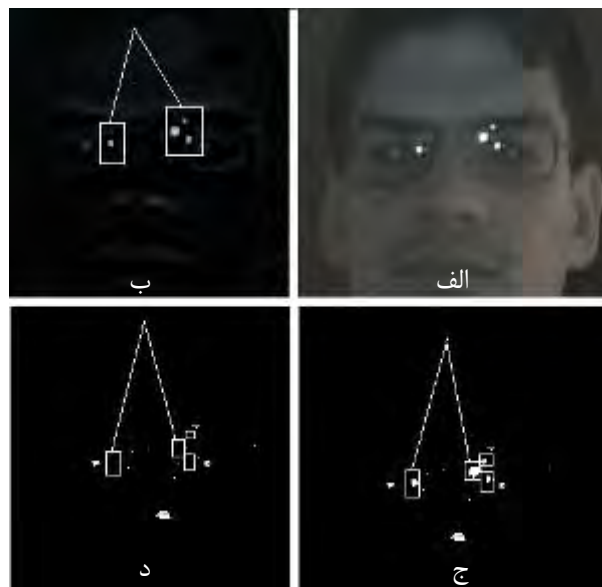
شکل ۳: الف) تصویر مردمک براق (ب) تصویر مردمک تاریک (ج) تصویر تفاضلی (د) تصویر آستانه گذاری شده

۴ - تشخیص چشم و حالت آن

برای اینکه بتوانیم از میان کاندیدها، چشم را از غیر چشم تشخیص بدهیم به یک کلاسه بند نیاز داریم. منظور از چشم، چشم باز می باشد و تصاویری غیر از آن را با نام غیر چشم می شناسیم. با توجه به اینکه شبکه عصبی مصنوعی می تواند به خوبی الگوها را از هم تشخیص بدهد سعی در استفاده از آن را داریم اما می دانیم که اعمال مستقیم پیکسل های تصاویر کاندید به شبکه عصبی کارآمد نیست بنابر این بایستی یکسری ویژگی های مهم را از تصویر کاندید استخراج نماییم و از آنها به عنوان ورودی شبکه عصبی استفاده کنیم. برای این منظور ما از سه دسته ویژگی عمده استفاده نمودیم تا قدرت تشخیص را تا حد امکان بالا ببریم. این سه دسته شامل ویژگی های محلی پیکسل ها، ویژگی های بافتی و ویژگی های بدست آمده از روش آنالیز مولفه های اصلی است. در ادامه در مورد هر کدام توضیح مختصر بیان می شود.

۴ - ۱ - بافت

با بررسی بافت اجزای صورت می توان دریافت که بافت چشم کاملا از بافت سایر نقاط صورت متمایز است بنابراین در این مرحله سعی نموده ایم از روش های مبتنی بر بافت جهت استخراج ویژگی ها استفاده کنیم. استفاده از بانک فیلتر لاوز یکی از ابزارهای مناسب در جهت تشخیص بافت می باشد که شامل ۹



شکل ۴: نحوه حذف نقاط نویزی خیلی براق (الف) راننده با مردمک براق (ب) تصویر تفاضلی (ج) تصویر آستانه گذاری شده (د) تصویر حذف نویز شده

در گام بعدی نواحی روشن که می توانند کاندیدی برای مردمک باشند را استخراج می کنیم. سپس با استفاده از یکسری مشخصات هندسی کاندیدهای نامناسب را حذف می نمایم. نواحی روشن که بر اثر تکان یا حرکت راننده بوجود می آیند جزء مهمترین نواحی ای هستند که در این قسمت حذف می شوند. مشخصاتی که برای این منظور در نظر گرفته ایم شامل مواردی

لایه پنهان در شبکه بستگی به میزان پیچیدگی مسئله دارد که برای بدست آوردن بهترین تعداد، ویژگی‌ها را بر روی ساختارهای گوناگون اعمال کرده و با مقایسه نتایج حاصله، بهترین ساختار را انتخاب می‌نماییم. در این راستا ما ۴ ساختار که فقط در تعداد نرون‌های لایه پنهان متفاوت هستند را برای بررسی انتخاب کرده ایم، که در لایه پنهان ۵، ۱۰، ۲۰ یا ۵۰ نرون داشته باشند. برای تشخیص کارایی ویژگی‌ها در برابر شبکه عصبی هر یک از این شبکه‌ها را با یک دسته از ویژگی‌ها آموزش داده و تست می‌نماییم و درصد تشخیص صحیح را به عنوان میزان کارایی در نظر می‌گیریم.

مجموعه تصاویری که برای تعلیم و تست فراهم شده، شامل تصاویر چشم و غیرچشم از افراد مختلف است که در شرایط متفاوتی از لحاظ نوری و مکانی گرفته شده است. از این مجموعه به روش K-folding جهت تعلیم و تست شبکه استفاده می‌شود. تعداد کل تصاویر چشم و غیر چشم ۱۱۱۸ تصویر می‌باشد که با توجه به اینکه ما از ۵-folding استفاده کرده ایم در هر مرحله ۸۹۵ نمونه برای آموزش و ۲۲۳ نمونه جهت تست انتخاب می‌شد. نتایج تست شبکه بازای متفاوت در نمودار شکل ۶ نشان داده شده است. بیشترین درصد تشخیص صحیح با استفاده از ویژگی‌های مکانی، بافتی و PCA به ترتیب برابر با ۹۱/۰۳، ۹۱/۳۶ و ۹۰/۳۷ می‌باشد.

در ادامه، ما به دنبال راه حلی هستیم تا از توان تمام ویژگی‌ها در قالب یک کلاسه بند استفاده کرده و میزان درصد تشخیص صحیح را افزایش دهیم. به عنوان ساده‌ترین راه حل می‌توانیم تمام ویژگی‌های به دست آمده از ۳ روش را با هم ترکیب کرده، به صورت یک بردار واحد به شبکه عصبی اعمال کنیم. سپس همانند مرحله قبل این ویژگی‌های ترکیبی را بر روی شبکه تست می‌نماییم. اما بر خلاف انتظار درصد تشخیص صحیح بهبود خاصی پیدا نکرد و بالاترین مقدار ۹۰/۰۳ بود. دلیل این رخداد را می‌توان اینگونه توجیه نمود که هر چند ویژگی‌های بدست آمده دارای ماهیت‌های متفاوتی هستند، ولی به دلیل افزونگی زیاد ما بین این ویژگی‌ها شبکه عصبی نمی‌تواند با این ترکیب ساده، از مجموع این اطلاعات استفاده مفیدی ببرد. اصولاً افزایش تعداد ورودی‌ها از یک آستانه به بعد، روی عملکرد شبکه عصبی تاثیر منفی دارد [۱۵].

در حین آزمایشات بر روی کلاسه‌بندهایی که با ۳ دسته ویژگی بطور جداگانه آموزش داده شده بودند اینطور مشاهده گردید که در هنگامی که یک کلاسه‌بند در تشخیص اشتباه می‌کند ممکن است کلاسه‌بندهای دیگر اشتباه نکنند. بنابراین به نظر

فیلتر می‌باشد [۱۲]. با اعمال فیلترهای لوز بر روی تصویر کاندید، ۹ تصویر فیلتر شده بدست می‌آید که هر کدام مشخصات خاصی از بافت اصلی تصویر را در خود نگه داشته اند. تصاویر بدست آمده را می‌توان بعنوان ویژگی‌های بافتی در نظر گرفت.

۴-۴ - مشخصات محلی پیکسل‌ها

قسمت‌های مختلف چشم دارای روشنایی‌های متفاوتی هستند به عنوان نمونه، قسمت مردمک خیلی روشن، کناره‌های چشم تاریک و اطراف چشم دارای روشنای متوسطی است با در نظر گرفتن این خصوصیات که با اجزای دیگر صورت متمایز است از مشخصات محلی پیکسل‌ها استفاده کرده، ویژگی‌های تصاویر کاندید چشم را استخراج می‌نماییم.

برای اجرای این روش یک ماسک $n \times m$ را بروی تصویر اعمال می‌کنیم که با این کار هر کدام از تصاویر کاندید به $n \times m$ قسمت مجزا تبدیل می‌شود؛ سپس میانگین روشنایی هریک از قسمت‌ها را محاسبه کرده و به عنوان یک ویژگی در نظر می‌گیریم.

۴-۴ - استخراج ویژگی‌ها با استفاده از روش PCA

آنالیز مولفه‌های اصلی یا PCA یک تکنیک مفید آماری است که در زمینه‌هایی که نمونه دارای بعد بالایی است کاربرد فراوان دارد. در این روش برداری‌های ویژه ماتریس کواریانس تصویر را بدست آورده و از n برداری که دارای بالاترین مقادیر ویژه هستند، جهت بدست آوردن n ویژگی استفاده می‌کنیم بدین صورت که با ضرب هر تصویر در n برداری اصلی می‌توان مهمترین ویژگی‌ها را استخراج نمود [۱۳].

۵ - کلاسه بندی با استفاده از شبکه عصبی

در این مرحله به کلاسه بندی نیاز داریم که بتواند با استفاده از ویژگی‌های استخراج شده مشخص نماید که تصویر ورودی جزء کدام یک از دو کلاس چشم و غیر چشم است. از بین کلاسه‌بندهای موجود، شبکه عصبی در حوزه مسائل تشخیص الگو بسیار توانمند و کارآمد می‌باشد که ما قصد داریم از آن در این مرحله استفاده نماییم. برای این منظور از شبکه ۳ لایه پرسپترون استفاده کرده‌ایم که شامل یک لایه ورودی، یک لایه میانی یا پنهان و یک لایه خروجی است. هر چند می‌توان تعداد لایه‌ها را به هر تعداد دلخواه در نظر گرفت اما بر طبق قضیه کولموگروف، یک شبکه پرسپترون سه لایه با ساختار مناسب می‌تواند فضاهای غیر خطی را تفکیک نماید [۱۴]. تعداد نرون

۶- تشخیص راننده خواب آلوده

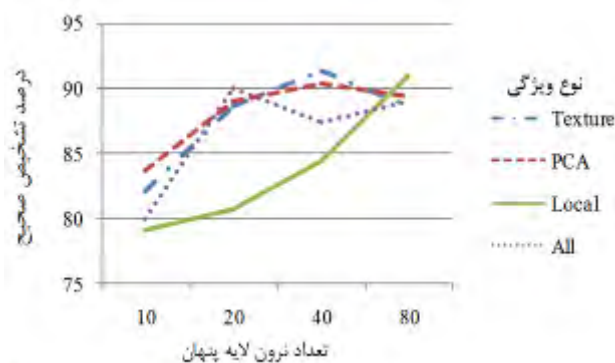
برای تشخیص خواب آلودگی ابتدا باید وضعیت چشم راننده را بررسی نماییم بنابراین تمام کاندیدهای چشم باز که از تصویر استخراج شده‌اند، بایستی بررسی گردند. در این راستا شبکه عصبی را بر روی کاندیدها اعمال کرده، در صورتیکه کلاسه‌بند هیچ کدام از کاندیدها را به عنوان چشم باز تشخیص ندهد می‌توانیم اینطور استنباط کنیم که چشم راننده در تصویر بسته بوده است [۱۶]. اما اگر کلاسه‌بند، چند کاندید را به عنوان چشم باز تشخیص داد از بین آنها، کاندیدی که دارای بالاترین درجه اطمینان در خروجی شبکه عصبی است را به عنوان چشم راننده انتخاب می‌کنیم و در صورت لزوم از آن در پردازش یا کنترل‌های دیگر استفاده می‌کنیم. به محض اینکه چشم راننده بسته تشخیص داده شد نمی‌توان اعلام کرد که راننده خواب است چون هر شخص به‌طور تقریبی در هر ۶ ثانیه، یکبار پلک می‌زند و ممکن است بسته بودن چشم ناشی از پلک زدن باشد یا ممکن است صورت راننده برای مدتی از جلو دوربین کنار رود. برای تشخیص خواب آلودگی می‌توان از پارامتر PERCLOS استفاده کرد. PERCLOS درصد بسته بودن چشم در بازه زمانی خاص است که یکی از معتبرترین پارامترها در تشخیص خواب آلودگی می‌باشد [۱۷].

۷- نتیجه گیری

در این تحقیق ما روشی پایدار و دقیق را برای تشخیص خواب آلودگی راننده ارائه نمودیم. در این روش از اشعه مادون قرمز برای تصویر برداری استفاده می‌شود که امکان تصویر برداری بدون مزاحمت برای راننده را در شب فراهم می‌کند. سپس ما سعی نمودیم با استفاده از یکسری تکنیک‌های پردازش تصویر و کلاسه‌بندهای خاص وضعیت چشم راننده را جهت خواب آلودگی به میزان بالایی تشخیص دهیم. به‌طور کلی روش ارائه شده در مقایسه با روش‌های دیگر دارای ویژگی‌های متمایزی می‌باشد که از بین آنها می‌توان به دقت بالای ۹۵/۱۴ درصد در تشخیص صحیح وضعیت چشم، بلادرنگ بودن، عدم مزاحمت برای راننده و امکان پیاده سازی تقریباً آسان بر روی خودرو اشاره نمود.

مراجع

می‌رسد که هر دسته ویژگی به تنهایی با کلاسه‌بند خود منطبق و سازگار است و وابستگی به کلاسه‌بندهای دیگر ندارد. با توجه به این نکته، ما سعی نموده‌ایم از مفهوم کلاسه‌بند چندگانه به عنوان راه حل دیگری جهت ترکیب تمام ویژگی‌ها استفاده نماییم.



شکل ۶: نمودار عملکرد ساختارهای متفاوت شبکه عصبی به ازای نرون‌ها در لایه پنهان در برابر ویژگی‌های متفاوت

۵- ۴ - کلاسه‌بند چندگانه

برای ایجاد یک کلاسه‌بند چندگانه ما از ۳ شبکه عصبی به طور موازی استفاده کرده‌ایم که هر یک، دسته‌ای از ویژگی‌ها را به عنوان ورودی می‌پذیرد. ساختار هر یک از شبکه‌های عصبی با توجه به نوع ویژگی‌های مرتبط با آن انتخاب می‌شود به نحوی که هر شبکه عصبی با ورودی خاص خود بالاترین درصد تشخیص را داشته باشد. به همین علت ما از مشخصات شبکه‌های عصبی که در مراحل قبل بالاترین درصد تشخیص صحیح را داشته‌اند استفاده می‌کنیم. بنابراین از شبکه‌های عصبی‌ای با ۴۰ نرون در لایه پنهان برای ویژگی‌های بافتی، ۸۰ نرون در لایه پنهان برای ویژگی‌های محلی و ۴۰ نرون در لایه پنهان برای ویژگی‌های استخراج شده از روش PCA، استفاده می‌کنیم.

ما در ساختار کلاسه‌بند چندگانه، از روش رای گیری وزن دار استفاده کرده، تا بتوانیم از درجه اطمینان کلاس‌بند در مراحل بعد استفاده کنیم. بعد از ساخت کلاسه‌بند چندگانه با استفاده از داده‌های تست کارایی آن را آزمایش نمودیم که در نتایج حاصله درصد تشخیص صحیح چشم ۹۳/۴۰، غیرچشم ۹۶/۳۱ و تشخیص کلی یا مجموع ۹۵/۱۴ بوده است و نشان دهنده این است که درصد تشخیص کلاسه‌بند چندگانه به‌نحو مطلوبی افزایش یافته است. در مقایسه با بهترین دسته ویژگی تکی این روش دارای افزایش ۳/۲۴ درصدی می‌باشد

[۱] P. Rau, "Drowsy driver detection and warning system for commercial vehicle drivers," *NHTSA*, ۲۰۰۵.

[۲] L. M. Bergasa, J. u. Nuevo, M. A. Sotelo, R. Barea, and E. Lopez,



- "Visual Monitoring of Driver Inattention," *Studies in Computational Intelligence (SCI)*, ۲۰۰۸.
- [۳] M. I. Khan and A. B. Mansoor, "Real Time Eyes Tracking and Classification for Driver Fatigue Detection," *ICIAIAR ۲۰۰۸, LNCS ۵۱۱۲, Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, pp. ۷۲۹-۷۳۸, ۲۰۰۸.
- [۴] W. Dong and X. Wu, "DRIVER FATIGUE DETECTION BASED ON THE DISTANCE OF EYELID," *IEEE Int. Workshop VLSI Design & Video Tech. Suzhou, China*, ۲۰۰۵.
- [۵] Q. Wang, J. Yang, M. Ren, and Y. Zheng, "Driver Fatigue Detection A Survey," *the ۶th World Congress on Intelligent Control and Automation*, ۲۰۰۶.
- [۶] M. Eriksson and N. P. Papanikotopoulos, "Eye-tracking for detection of driver fatigue," in *Proc. Int. Conf. Intelligent Transportation Systems, Boston*, pp. ۳۱۴-۳۱۹, ۱۹۹۷.
- [۷] S. Singh and N. P. Papanikolopoulos, "Monitoring driver fatigue using facial analysis techniques," in *Proc. Int. Conf. Intelligent Transportation Systems, Tokyo, Japan*, pp. ۳۱۴-۳۱۸, ۱۹۹۹.
- [۸] پونه روشنی تبریزی، رضا آقایی زاده ظروفی، "مکان یابی مردمک و تعیین باز و بسته بودن چشم جهت تشخیص خواب آلودگی"، پنجمین کنفرانس بینایی ماشین و پردازش تصویر، دانشگاه تبریز، ۱۳۸۷
- [۹] E. Wahlstrom, O. Masoud, and N. P. Papanikotopoulos, "Vision-based methods for driver monitoring," in *Proc. Int. Conf. Intelligent Transportation Systems*, vol. ۲, pp. ۹۰۳-۹۰۸, ۲۰۰۳.
- [۱۰] Z. Zhu, K. Fujimura, and Q. Ji, "Real-time eye detection and tracking under various light conditions," *Symp. Eye Tracking Research Applications, New Orleans, LA*, ۲۰۰۲.
- [۱۱] K. Wu, E. Otoo, and A. Shoshani, "Optimizing connected component labelling algorithms," *Medical Imaging ۲۰۰۵: Image Processing, SPIE ۵۷۴۷*, April ۲۰۰۵.
- [۱۲] k. Laws, "Rapid Texture Identification," *Image Processing for Missile Guidance*, vol. ۲۳۸, pp. ۳۶۷-۳۸۰, ۱۹۸۰.
- [۱۳] I. T. Jolliffe, "Principal Component Analysis," ۲nd ed: Springer, ۲۰۰۲.
- [۱۴] R. Beal and T. Jackson, "Nural Computing: An Introduction," Institute Of Physics PUBLISHING, ۱۹۹۰.
- [۱۵] R. J. Schalkoff, "Artificial Neural Networks," McGraw-Hill, ۱۹۹۷.
- [۱۶] Q. Ji, Z. W. Zhu, and P. L. Lan, "Real-time nonintrusive monitoring and prediction of driver fatigue," *Ieee Transactions on Vehicular Technology*, vol. ۵۳, ۲۰۰۴.
- [۱۷] D. F. Dinges, M. Maillis, G. Maislin, and J. W. Powell, "Evaluation of techniques for ocular measurement as an index of fatigue and the basis for alertness management," *Department of Transportation Highway Safety Publication*, ۱۹۹۸.