

شناسایی خودکار چراغ های راهنمایی و رانندگی به کمک پردازش تصویر در سطح شهر

یاور صفایی مهربانی^۱، زهرا سبزی^۲، هادی ساجدی نیا^۳

^۱ گروه کامپیوتر، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

^۲ اداره راه و شهرسازی کامیاران کردستان ایران.

^۳ سایت اداری (توس نوذر) شرکت توزیع نیروی برق، سنندج، کردستان، ایران.

نام نویسنده مسئول:

زهرا سبزی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲

چکیده

امروزه افزایش تصادفات، افزایش هزینه‌های جانی و مالی و ایمنی جاده‌ها و ترافیک عامل مهمی در استفاده از سیستم‌های کمک راننده می باشد. سیستم‌های کمک راننده می‌تواند شامل، کنترل کننده سرعت، تشخیص علائم ترافیکی، تشخیص ماشین‌ها و نوع خودروها باشد. یکی از مهم ترین سیستم‌های کمک راننده، سیستم تشخیص چراغ راهنمایی و رانندگی است. در سال‌های اخیر تشخیص خودکار چراغ راهنمایی و رانندگی مورد توجه محققان قرار گرفته است. بر همین اساس در این پژوهش حاضر روشی برای تشخیص چراغ راهنمایی و رانندگی با تمرکز روی چراغ قرمز ارائه شده است. در این روش از ابزارهای پردازش تصویر و یادگیری ماشین استفاده شده است. برای استخراج ویژگی از تصویر، از تبدیلات رنگی و ویژگی‌های آماری مانند میانگین، میانه بهره برده شده است. نتایج حاصله نتایج نشان داد روش پیشنهادی می‌تواند کارایی قابل قبولی در تشخیص چراغ راهنمایی و رانندگی ارائه دهد. بر همین اساس در کارایی روش پیشنهادی بر اساس معیارهای دقت، فراخوانی و صحت مورد ارزیابی قرار گرفت که به ترتیب برابر ۹۴،۶۵، ۹۶،۳۷ و ۹۲،۱۵ بر حسب درصد به دست آمده است.

واژگان کلیدی: چراغ راهنمایی و رانندگی، یادگیری ماشین، پردازش تصویر.

مقدمه

امروزه ایمنی خودروها و ترافیک رانندگی به یک امر مهم و در حال رشد در زمینه صنعت خودرو تبدیل شده است و توجه محققان زیادی به این حوزه جلب شده است. توانایی تجزیه و تحلیل رفتار رانندگی و جمع آوری داده‌ها، برای شناخت خطرات بالقوه‌ای که بر ایمنی ترافیک تاثیر می‌گذارد، امری کلیدی است. یکی از موارد مهم و تاثیرگذار در ایمنی ترافیک، چراغ راهنمایی و رانندگی است. به نحوی که بخش عمده‌ای از کنترل ترافیک در سطح معابر شهری توسط چراغ راهنمایی و رانندگی صورت می‌گیرد. لذا، چراغ راهنمایی و رانندگی از نظر ایمنی ترافیک بسیار مهم است. بنابراین شناسایی آنها بدون نیاز به به صورت خودکار از اهمیت بالایی برخوردار است.

با توجه به اینکه تحقیقات در زمینه ایمنی ترافیک به صورت گسترده‌ای افزایش یافته است، در سال‌های اخیر درخواست‌ها نیز برای شناسایی^۱ خودکار چراغ‌های راهنمایی و رانندگی^۲ افزایش یافته است.

در حالی که در حال حاضر چندین سیستم مبتنی بر بینایی ماشین^۳ تجاری در این زمینه وجود دارند، اما تحقیق و مطالعات همچنان در این زمینه ادامه دارد. مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفته است، اکثراً از ویژگی‌های^۴ مبتنی بر رنگ برای تشخیص چراغ راهنمایی و رانندگی استفاده کردند. هر کدام از این مطالعات نتایج خاصی به همراه داشته است. نتایج حاصله از کارهایی که در این زمینه صورت گرفت، نشان داد که محیط پیرامونی تاثیر بسزایی در تشخیص چراغ راهنمایی و رانندگی دارد. در این پژوهش سعی می‌شود با استفاده از پردازش تصویر روشی برای تشخیص چراغ راهنمایی و رانندگی ارائه گردد. تمرکز این پژوهش روی تشخیص چراغ قرمز می‌باشد که البته روش پیشنهادی قابلیت تعمیم روی سایر رنگ‌ها را نیز دارد. تحلیل محتوایی ویدئو زمینه‌ای در حال رشد، در بینایی ماشین است. چالش‌های موجود در این زمینه به مقدار زیادی اطلاعات که درون تصویر وجود دارد، مرتبط است. چرا که باید اطلاعات درست از میان سایر اطلاعات استخراج گردد و برای تشخیص درست مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این صرف پردازش تصویر در این زمینه کافی نیست. بلکه باید از تکنیک‌های پیشرفته برای طبقه‌بندی، یادگیری، ساختار بندی و تحلیل داده‌های ویدئویی استفاده کرد. بر اساس «چالش اصلی کشف و تفسیر بخش کوچکی از اطلاعات مفید در گردبادی از اطلاعات بی معنی است».

بر اساس آنچه که گفته شد، تشخیص چراغ راهنمایی و رانندگی زیر مجموعه تشخیص اشیا در ویدئو است، که شی مورد نظر چراغ راهنمایی و رانندگی است. تشخیص اشیا یک زمینه مهم در تحقیقات مرتبط با بینایی ماشین است (D. Houcque, (version 1.2), (2005), Vol.13, No.1: (D. Manolakis., D. Marden., G. A. Shaw, (2003), Vol. 19, No. 1, (1970), E. A. Mueller, (1970), Vol. 14, pp- 64-75: No.1, 1970 (F. J. Seinstra, J. M. Geusebroek, D. Koelma, C. G. M. Snoek, , vol. 62, (2014), F. Zaklouta and B. Stanciulescu, (2014), , vol. 16-24 (pp-16-24). یکی دیگر از چالش‌های موجود در زمینه تشخیص اشیا، بکارگیری روش مناسب برای اندازه‌گیری کارایی مدل تشخیص دهنده است. روش‌های مختلفی برای این کار وجود دارند، اما اکثر این روش‌ها از معیارهای فراخوانی^۵ و صحت^۶ استفاده می‌کنند (Symon. 1994)

¹ Detection

² Traffic Light

³ Machine Vision

⁴ Features

⁵ Recall

⁶ Precision

روش‌های متنوعی برای تشخیص اشیا بر اساس ویژگی وجود دارند. ویژگی‌ها بر اساس خصوصیات تصویر (J. C. Kwak, 2013), , (2013), T. R. Park, Y. S. Koo, and K. Y. Lee, pp- 2000–2004) برای تشخیص چراغ راهنمایی و رانندگی، باید ویژگی‌های مناسب از تصویر استخراج گردد. روش‌های متنوعی برای استخراج ویژگی وجود دارد. هر کدام از این روش‌ها مناسب زمینه‌ای خاص هستند. یکی از روش‌های استخراج ویژگی از تصاویر رنگی، ویژگی‌های مرتبط با رنگ است. با توجه با اینکه یدئوهای مورد استفاده در این پژوهش، ویدئوهای رنگی هستند، لذا در این پژوهش از ویژگی‌های مرتبط به رنگ و آستانه گذاری روی مقادیر این ویژگی‌ها، استفاده خواهد شد. پس از اینکه ویژگی‌های مناسب از تصاویر استخراج گردید باید این ویژگی‌ها را به کار برد تا هر نمونه در فضای مساله به دسته‌ای خاص تعلق گیرد. در زمینه پژوهش باید چراغ راهنمایی و رانندگی شناسایی گردد. این مرحله شامل روش‌هایی برای متناظر ساختن هر یک از الگوهای بدست آمده از مرحله استخراج ویژگی‌ها، با یکی از طبقات فضای الگوی مورد بحث است که از طریق کمینه ساختن فاصله بردار ویژگی‌های هر الگوی ورودی نسبت به یکی از بردارهای مرجع انجام می‌گیرد. در این پژوهش از KNN به عنوان مدل طبقه‌بند استفاده می‌گردد.

ایده پیشنهادی

روند کلی روش پیشنهادی به صورت زیر است. این مراحل باید به صورت ترتیبی و دقیق صورت گیرند تا نتایج قابل قبولی حاصل گردد.

- ۱- دریافت داده‌ها از منبع تصاویر
 - ۲- مشخص کردن تصاویر آموزشی و آزمون
 - ۳- پیش‌پردازش تصاویر و آماده‌سازی جهت استخراج ویژگی
 - ۴- استخراج ویژگی
 - ۵- ساخت مدل طبقه‌بند
 - ۶- ارزیابی مدل طبقه‌بند
- در این پژوهش مراحل ۳، ۴ و ۵ مراحل اساسی هستند.

پیش پردازش تصاویر

یکی از اقدامات اساسی در پردازش تصویر مهیا کردن تصویر می‌باشد. این اقدام با پیش‌پردازش تصویر صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه تصاویر به دست آمده از پایگاه داده تصاویر واقعی در شهر می‌باشند به دلیل اینکه ترکیب رنگ از چندین منبع مختلف می‌باشد که دارای نویز و داده‌های ناسازگار هستند استفاده مستقیم از تصاویر جهت استخراج ویژگی دقت سیستم را کاهش می‌دهد. برای مثال اگر تصاویر پزشکی همراه با نویز باشند و عملیات پیش‌پردازشی بر روی این تصاویر صورت نگیرد، نتایج حاصل از این گونه سیستم‌ها قابل اعتماد نمی‌باشد و مشکلات جدی به همراه خواهد داشت. روش‌های مختلفی برای پیش‌پردازش داده‌ها ارائه شده‌است. که در زیر تعدادی از این روش‌ها بیان گردیده است:

پاکسازی داده‌ها^۷: هدف از این بخش حذف نویزهای موجود و برطرف کردن ناسازگاری موجود بین داده‌هاست. کاهش داده‌ها^۸: بدلیل استفاده از پایگاه داده‌های مختلف، ممکن است اطلاعات اضافی و گاهی تکراری در میان داده‌ها وجود آید. در این مرحله با استفاده از معیارهای چون همبستگی^۹ و خوشه‌بندی^{۱۰} می‌توان این نوع از افزونگی^{۱۱} را از بین برد. تغییر داده‌ها^{۱۲}: در هنگام استفاده از ویژگی‌های مختلف ممکن است که بازه‌ی برخی از ویژگی‌ها زیاد و بازه‌ی برخی دیگر کم باشد. برای مثال بازه‌ی ویژگی A بین صد تا هزار و بازه‌ی ویژگی B بین صفر تا یک باشد. اگر بر روی ویژگی‌های فوق تغییر

⁷ Data Cleansing

⁸ Data Reduction

⁹ Correlation

¹⁰ Clustering

¹¹ Redundancy

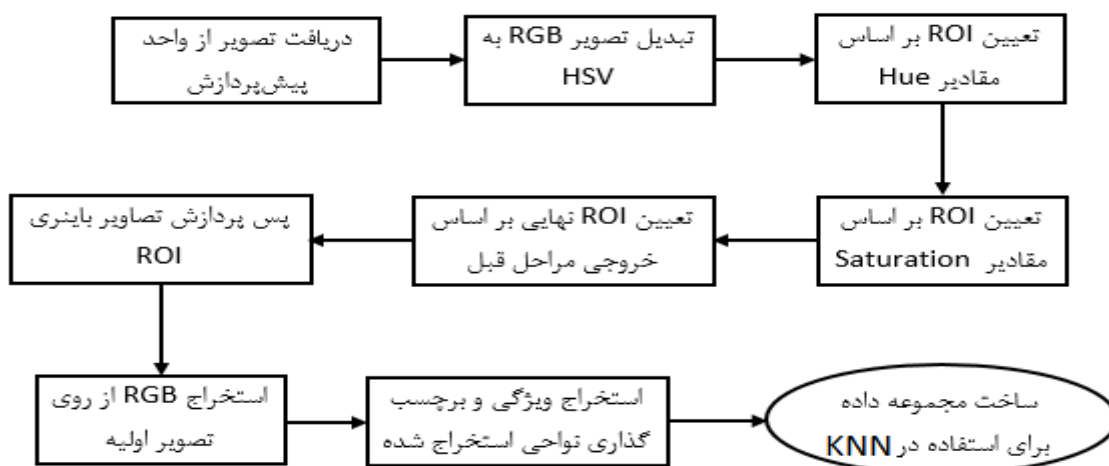
¹² Change Data

داده یا به عبارت دیگر نرمال‌سازی صورت نگیرد، در هنگام استفاده از طبقه‌بندهایی چون نزدیک‌ترین همسایه که معیار تفکیک داده‌ها فاصله می‌باشد، با مشکل مواجه خواهد شد و در نتیجه کارایی سیستم نیز کاهش پیدا خواهد کرد.

در این پژوهش جهت اینکه نویزهای تصویر کمتر شود و از تیزی تصویر کاشته شود از فیلتر میانگین استفاده شد. این فیلتر سراسر تصویر اعمال می‌شود. در ادامه کار با توجه به دودویی کردن تصاویر از فیلتر میانه جهت حذف نویزهای فلفل و نمک استفاده شد. پس از اینکه پیش پردازش صورت گرفت جهت استخراج ویژگی‌های مناسب تصاویر به واحد استخراج ویژگی فرستاده می‌شود. در ادامه این واحد توضیح داده می‌شود.

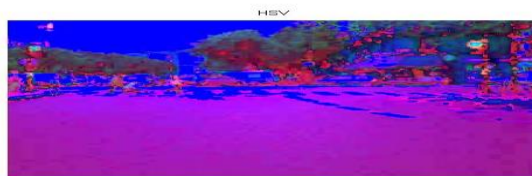
استخراج ویژگی

مهم‌ترین بخش کار با تصاویر و طبقه‌بندی تصاویر استخراج ویژگی‌های مناسب از تصاویر می‌باشد. استخراج ویژگی‌های مناسب سبب می‌شود دقت و کارایی سیستم مورد بررسی افزایش یابد. در پژوهش حاضر جهت استخراج ویژگی‌های مناسب ابتدا ناحیه‌های مورد انتظار^{۱۳}، شناسایی شدند. این ناحیه‌ها، ناحیه‌ی کاندید برای چراغ قرمز در چراغ‌های راهنمایی و رانندگی می‌باشند. پس از معین کردن ROI، ویژگی‌های هر کدام از این نواحی استخراج شده و برچسب گذاری نیز صورت گرفت. لازم به ذکر است برای چراغ‌های قرمز برچسب یک و برای سایر نواحی برچسب صفر داده شد. نحوه‌ی استخراج ویژگی به صورت شکل ۳-۳ می‌باشد.



مراحل استخراج ویژگی از تصاویر در روش پیشنهادی

با توجه به شکل فوق، برای استخراج ویژگی مناسب از تصاویر ابتدا تصاویر رنگی (RGB)، به تصاویر HSV تبدیل می‌شود. پس از تبدیل هر کدام از مقادیر Hue، Saturation و Value تصویر در دست خواهد بود. پس از آزمایشات متنوع و مشاهدات گسترده، مشخص شد رنگ قرمز مربوط به چراغ راهنمایی در مقادیر Hue و Saturation دارای مقادیر خاص می‌باشد که می‌توان ناحیه مورد انتظار را از آن استخراج کرد. شکل زیر چپ، یک نمونه تصویر RGB مورد استفاده در این پژوهش می‌باشد که تصویر تبدیل به HSV شده‌ی آن در شکل راست آمده است.

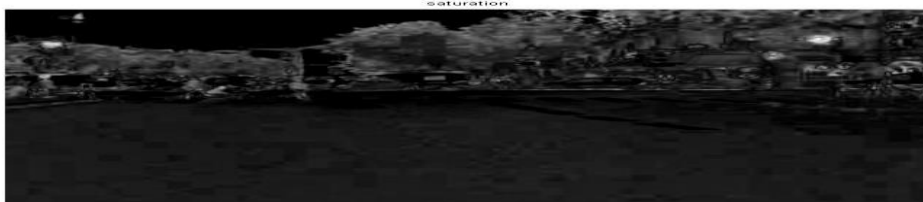


نمونه‌ای از تصویر مورد استفاده (الف) RGB (ب) HSV

همچنین هر کدام از مقادیر H، S و V نیز در شکل‌های زیر به نمایش در آمده است.



مقدار Hue در تصویر HSV



مقدار Saturation در تصویر HSV



مقدار Value در تصویر HSV

با آزمایشات مختلف مشخص شد رنگ قرمز در چراغ راهنمایی دارای مقادیر H کمتر از ۰/۱۸ می‌باشد. لذا تمام نواحی که مقدار H آن‌ها کمتر از ۰/۱۸ بود انتخاب شد. نقاط سفید در شکل ۳-۸، که یک تصویر دودویی می‌باشد نشان‌دهنده نواحی معین شده بر اساس مقدار H می‌باشد.

همچنین رنگ قرمز چراغ راهنمایی و رانندگی دارای مقادیر S بیش‌تر از ۰/۸ می‌باشد. لذا نواحی مشخص شده توسط مقدار Saturation دارای مقدار S بالاتر از ۰/۸ می‌باشند. نواحی سفید در شکل زیر، بیانگر نقاط معین شده بر اساس مقدار Saturation می‌باشد.



نواحی استخراج شده توسط مقدار $S > 0.8$

پس از اینکه نواحی مورد انتظار بر اساس مقادیر H و S معین شدند، نواحی مورد انتظار نهایی بر اساس «^{۱۴}» منطقی تصاویر ۳-۸ و ۳-۹ به دست آمده است. شکل زیر خروجی AND منطقی حاصل از دو تصویر بالا را نشان می‌دهد.



تصویر باینری ROI

پس از استخراج ROI، روی تصویر حاصله، که یک تصویر دودویی می‌باشد عمل پس‌پردازش صورت گرفت تا نقاط ناخواسته حذف گردند و اگر درون نواحی، کاملاً سفید نبود، ناحیه به یک ناحیه محدب تبدیل گردد. لذا از عملگر مورفولوژیکی «باز کردن»^{۱۵} استفاده شد. ساختار پنجره مورد استفاده برای عمل باز کردن مورفولوژیکی به صورت شکل زیر بوده است.

۰	۰	۱	۰	۰
۰	۱	۰	۱	۰
۱	۰	۰	۰	۱
۰	۱	۰	۱	۰
۰	۰	۱	۰	۰

ساختار پنجره مورد استفاده در عملگر باز کردن

نواحی سفید در شکل بعدی نشان‌دهنده‌ی نواحی قرمز برای چراغ قرمز، در چراغ‌های ترافیکی می‌باشد.



نواحی قرمز برای ROI

حال با توجه به اینکه در تصاویر مورد استفاده چراغ قرمز در قسمت بالای چراغ‌های ترافیکی قرار دارند جهت اینکه محدوده چراغ راهنمایی و رانندگی معین گردد مستطیلی به عرض شعاع ناحیه قرمز معرفی شده، و با طول ۳/۵ برابر شعاع ناحیه قرمز معرفی شده به صورت عمودی مطابق شکل زیر روی تصویر قرار می‌گیرد.

¹⁴ And

¹⁵ Opening



ROI استخراج شده و مشخص شده با مستطیل در تصویر RGB

ویژگی‌های نهایی که به واحد طبقه‌بند فرستاده می‌شود از هر کدام از مستطیل‌های معرفی شده استخراج می‌گردند. تا وجه تمایزی بین چراغ‌های راهنمایی و رانندگی و سایر نواحی معرفی شده باشند. ویژگی‌های استخراج شده از نواحی مورد انتظار در هر تصویر ویژگی‌های آماری میانگین، انحراف معیار، حداکثر مقدار، حداقل مقدار، کشیدگی، چولگی و میانه می‌باشند. لازم به ذکر است این ۷ ویژگی برای مقادیر R, G, B و سطح خاکستری هر ناحیه استخراج شدند. لذا به طور کلی ۲۸ ویژگی از نواحی ROI استخراج شدند.

ساخت مدل طبقه‌بند

در مراحل قبلی ویژگی‌های مناسب استخراج شدند. در این مرحله از این ویژگی‌ها استفاده شده و مدل طبقه‌بند مناسب ساخته می‌شود. در این پژوهش از طبقه‌بند KNN که یک ابزار طبقه‌بندی قوی در یادگیری ماشین است استفاده شد. برای این کار ابتدا بر اساس مجموعه داده ساخته شده، ۷۰ درصد نمونه‌ها جهت ساخت مدل (داده‌های آموزش) و ۳۰ درصد باقی‌مانده جهت آزمایش روش پیشنهادی استفاده شده است.

در فصل دوم به صورت دقیق الگوریتم KNN توضیح داده شد. بر همین اساس پارامترهای KNN به صورت زیر مقدار دهی شده است.

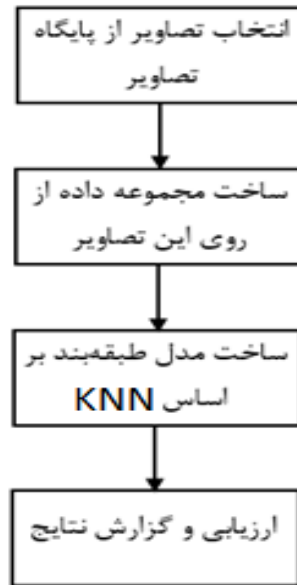
تعداد همسایه‌ها یا K برابر ۵
معیار فاصله اقلیدوسی

ارزیابی روش پیشنهادی

روش پیشنهادی به دو روش مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش اول ارزیابی

در این روش ابتدا بخشی از تصویر انتخاب شده و ویژگی‌های مناسب و نواحی مورد انتظار از این تصاویر استخراج شد. سپس مجموعه داده‌ای برای کارهای بعدی ساخته شد. در این روش ارزیابی بر اساس ۷۰ درصد نمونه‌ها مدل ساخته شد و با ۳۰ درصد باقی‌مانده معیارهای ارزیابی محاسبه شدند. لازم به ذکر است برای ساخت مجموعه داده به تعداد ۱۵۱ تصویر انتخاب شدند که از این تعداد تصویر ۶۸۲ ناحیه ROI استخراج شد که ۳۲۱ تعداد از این نواحی چراغ قرمز بوده (برچسب ۱) و باقی نواحی چراغ راهنمایی نبودند. شکل ۳-۱۴ نحوه ارزیابی را نشان می‌دهد.



نحوه ارزیابی روش پیشنهادی به صورت اول

روش دوم ارزیابی

در روش دوم ابتدا از روی مجموعه داده ساخته شده در مرحله قبل مدلی ساخته می‌شود. سپس تصاویر جدیدی را انتخاب کرده و روند روش پیشنهادی از پیش‌پردازش تا استخراج ویژگی را روی این تصاویر اجرا کرده و تعداد چراغ‌های قرمز که در این تصاویر شناسایی شدند را معین می‌نماییم و بر اساس همین روند معیارهای ارزیابی محاسبه می‌گردند. شکل زیر روند این روش ارزیابی را نشان می‌دهد.



نحوه ارزیابی روش پیشنهادی به صورت اول

معیارهای ارزیابی

با توجه به اینکه روش پیشنهادی روشی بر اساس طبقه‌بندی می‌باشد بنابراین جهت ارزیابی روش پیشنهادی از ماتریس اغتشاش استفاده کرده، و از روی این ماتریس معیارهای دقت^{۱۶}، فراخوانی^{۱۷} و درستی^{۱۸} به عنوان معیارهای ارزیابی محاسبه می‌گردند.

		کلاس پیش بینی شده	
		Yes	No
کلاس واقعی	Yes	a (TP)	b (FN)
	No	c (FP)	d (TN)

(۳-۱)

$$\text{Accuracy} = \frac{a+b}{a+b+c+d}$$

(۳-۲)

$$\text{Recall}(r) = \frac{a}{a+b}$$

(۳-۳)

$$\text{Precision}(p) = \frac{a}{a+c}$$

مجموعه داده مورد استفاده

تنها یک مجموعه داده در دسترس عموم، که توسط Charette و همکاران پیشنهاد شده وجود دارد. در (INRIA) به نام LARA و متشکل از یک دنباله شهری کوتاه در پاریس است. این مجموعه داده که از ۳۵۶۳۳ فریم تشکیل شده است، شامل ۵۱۱۳ چراغ ترافیک قرمز، ۵۶ چراغ ترافیک زرد و ۱۵۵۹ چراغ ترافیک سبز، تجزیه و تحلیل و برچسب لارا در نظر گرفته شده است برچسب گذاری دوباره ی لازم برای بخشی از این مجموعه داده ها، با توجه به برخی اشتباهات تولید شده توسط برچسب زدن بدون دست است پس از تجزیه و تحلیل جامع و خواندن مشخصات برچسب مجموعه داده می توان نتیجه گرفت که پایگاه داده محدودیت های بسیار زیادی برای یک سیستم شناخت چراغ ترافیک است. مجموعه داده LARA محدود شده است، اندازه چراغ ترافیک را تنها در نظر گرفته اند، حداقل اندازه یک لامپ نور ترافیک برچسب در این مجموعه داده ۵ پیکسل است.

ارزیابی ایده پیشنهادی:

ابزار مورد استفاده

جهت پیاده سازی روش پیشنهادی از نرم افزار متلب استفاده شد. نام این نرم افزار برگرفته از سرنام کلمه های انگلیسی آزمایشگاه ماتریسی^{۱۹} (MATLAB) می باشد. متلب برای اولین بار جهت دستیابی آسان به نرم افزار ماتریسی طراحی شده توسط پروژه های^{۲۰} LINPACK و^{۲۱} EICPACK نوشته شده است. متلب یک زبان سطح بالاست که در ابتدا بر اساس زبان C توسعه داده شده است. این زبان دارای قابلیت بالا برای محاسبات فنی می باشد که محیط های برنامه نویسی، محاسباتی و بصری سازی را در خود فراهم کرده است. بنابراین متلب یک محیط برنامه نویسی مدرن می باشد که شامل ساختمان داده های سطح بالا، ابزارهای خطایابی، پشتیبانی از برنامه نویسی شی گرا و . . . می باشد. که این عوامل متلب را ابزاری مناسب جهت یادگیری و تحقیق کرده است. این زبان برنامه نویسی برتری های زیادی نسبت به زبان های برنامه نویسی متداول نظیر C و

¹⁶ Accuracy

¹⁷ Recall

¹⁸ Precision

¹⁹ MATrix LABORatory

²⁰ LINear system PACKage

²¹ EIgn System PACKage

FORTEAN برای حل مسائل فنی را دارا می‌باشد. متلب یک زبان تعاملی است که داده‌های اولیه در آن به صورت آرایه است که نیاز به بعد ندارد و بسته‌ی نرم‌افزاری آن از سال ۱۹۸۴ میلادی بصورت تجاری در دسترس قرار گرفت و اکنون به عنوان یک ابزار استاندارد در بسیاری از دانشگاه‌ها و صنایع در سراسر جهان در نظر گرفته می‌شود. این نرم‌افزار هم‌چنین امکان آسان عملیات ماتریسی، محاسباتی و توابعی، استفاده از الگوریتم‌های مختلف و هم‌چنین امکان ارتباط آسان آن با زبان‌های برنامه نویسی را به کاربر می‌دهد. نرم‌افزار متلب دارای طیف کاربری گسترده است که از جمله آن‌ها می‌توان به پردازش تصویر، شبکه‌های عصبی، طراحی کنترلر، هوش مصنوعی و ... اشاره کرد. همانگونه که بیان شده هسته‌ی متلب برای سرعت و کارایی بالا به زبان C نوشته شده است ولی رابط گرافیکی آن با زبان جاوا پیاده‌سازی شده است. یکی از مزیت‌های اصلی متلب یادگیری آسان و اسناد فراوان و قابل دسترس آن جهت یادگیری و استفاده از آن است.

نتایج آزمایشات

در این قسمت نتایج آزمایش‌های بیان شده در بخش پیشین آورده می‌شود. همانگونه که بیان شد، دو روش جهت آزمایش روش پیشنهادی شد. در ادامه‌ی این قسمت با استفاده از نمودارها و جداول مناسب نتایج آورده می‌شود. هم‌چنین نتایج روش پیشنهادی (طبقه‌بند KNN) با طبقه‌های ماشین بردار پشتیبان و درخت تصادفی مورد مقایسه قرار خواهد گرفت.

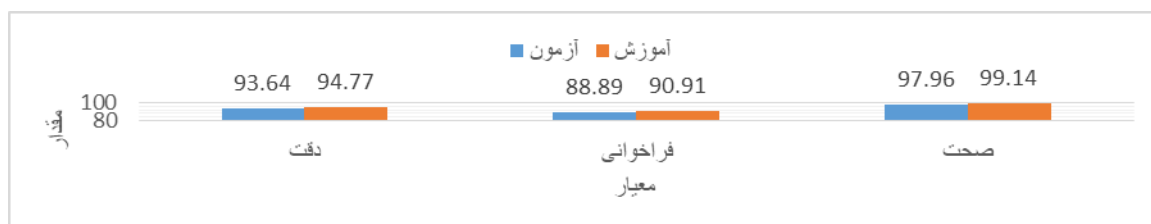
نتایج آزمایش اول

در این قسمت بخش نتایج برای آزمایش اول آورده می‌شود. برای آزمایش اول مجموعه داده حاصله را به روش Hold out به دو قسمت آموزش و آزمون تقسیم بندی می‌کنیم. برای این کار ابتدا ۷۰ درصد نمونه‌ها برای آموزش و ساخت مدل طبقه بند استفاده شده است سپس برای آزمون مدل از ۳۰ باقی مانده نمونه‌ها بهره می‌برند. هم‌چنین با توجه به اینکه تعداد نمونه‌ها در مجموعه داده برابر نیستند، لذا تقسیم بندی داده‌ها در دو دسته آزمون و آموزش به صورتی بوده است که نسبت نمونه‌های چراغ و غیرچراغ در این زیر مجموعه‌ها برابر باشد. این روش به Stratified Hold out معروف است. در ادامه نتایج آزمایشات برای هر دو مجموعه آزمون و آموزش آورده می‌شود. بر همین اساس در جدول ۴-۱ نتایج روش پیشنهادی روی داده‌های آزمون و آموزش آورده شده است. در این حالت مقدار K برای KNN برابر ۵ در نظر گرفته شده است.

جدول (۱): نتایج روش پیشنهادی روی داده‌های آزمون و آموزش (آزمایش اول)

معیار	داده‌های آموزش	داده‌های آزمون
دقت	۹۴,۷۷	۹۳,۶۴
صحت	۹۰,۹۱	۸۸,۸۹
فراخوانی	۹۹,۱۴	۹۷,۹۶

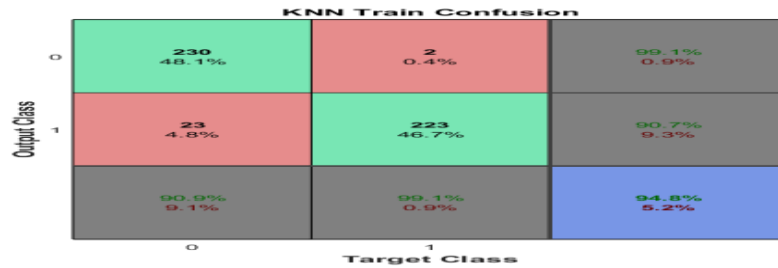
در نمودار شکل ۱ نتایج جدول بالا مورد مقایسه قرار گرفت.



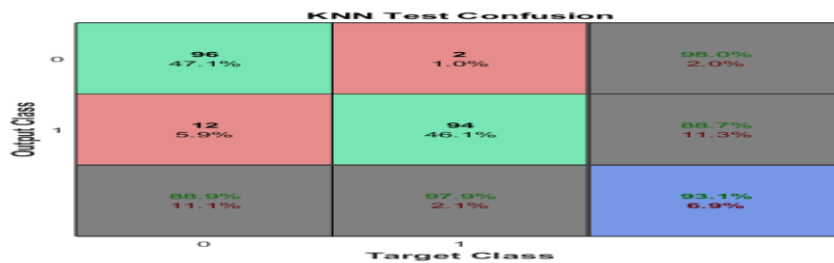
شکل (۱): مقایسه روش پیشنهادی روی داده‌های آزمون و آموزش (K=5 با KNN)

با مقایسه شکل و جدول ۱ می توان گفت:

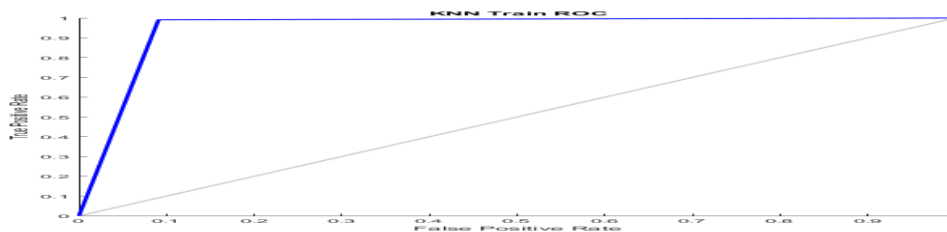
روش پیشنهادی روی داده‌های آموزش کارایی بهتری داشته است. هر چند این کارایی چندان متفاوت نبوده است. بنا براین در این حالت مدل دارای بیش برآزش نیست. در شکل‌های ۲ الی ۵ نمودارهای ROC و ماتریس اغتشاش برای داده‌های آزمون و آموزش آورده شده است:



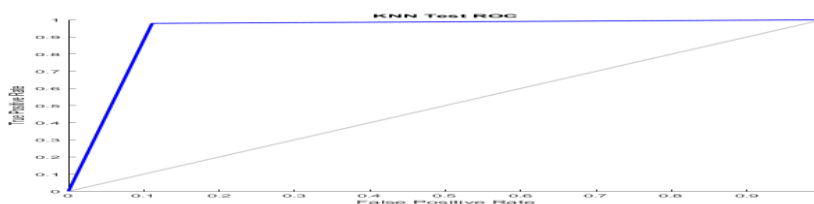
شکل (۲): ماتریس اغتشاش برای KNN در داده‌های آموزش



شکل (۳): ماتریس اغتشاش برای KNN در داده‌های آزمون

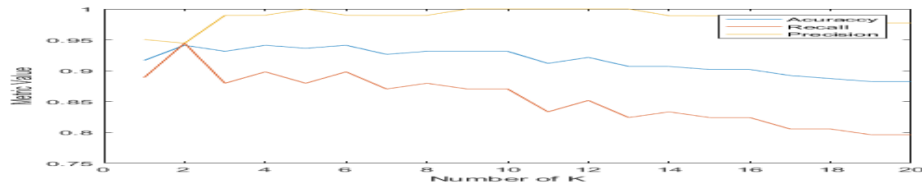
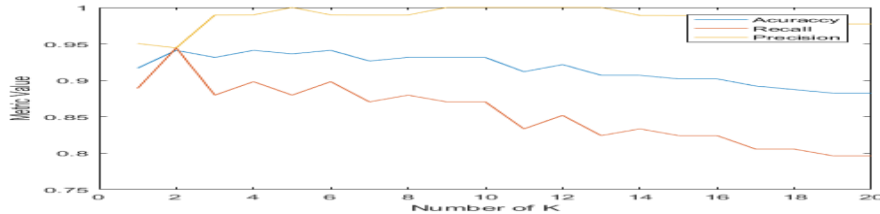


شکل (۴): نمودار ROC برای KNN در داده‌های آموزش



شکل (۵): نمودار ROC برای KNN در داده‌های آزمون

هر چه سطح زیر نمودار برای ROC بیشتر باشد، کارایی مدل بالاتر خواهد بود. یکی دیگر از آزمایشاتی که در این پژوهش صورت گرفت، بررسی تعداد همسایگان در کارایی KNN بوده است. در نمودار ۶ نتایج برای این حالت آورده شده است.

شکل (۶): نتایج مدل برای K های مختلف در داده‌های آموزششکل (۷): نتایج مدل برای K های مختلف در داده‌های آزمون

این نتایج نشان می‌دهد که KNN به شدت وابسته به تعداد K ها است. از این رو تعیین K مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است. این نتایج و نمودارهای نشان می‌دهند که KNN در این پژوهش دارای بیش برآزش کمی است چر که نتایج برای داده‌های آزمون و آموزش تقریباً به یک شکل است.

نتایج آزمایش دوم

در این قسمت نتایج آزمایش دوم که در قسمت مرتبط با بحث پیشنهادی بیان شد، آورده می‌شود. در این روش آزمایش ابتدا بر اساس تصاویر آزمون مجموعه داده‌ای ساخته می‌شود سپس از روی این مجموعه داده مدلی ساخته می‌شود. تا این قسمت کار روند شبیه آزمایش اول می‌باشد. اما پس از ساخت مدل، تعداد ۳۰ تصویر را انتخاب کرده، و نتایج حاصل از اجرای روش را روی این تصاویر بررسی می‌نماییم، این مرحله به کمک کاربر انجام می‌شود. نتایج حاصل یادداشت شده و معیارهای ارزیابی معرفی محاسبه می‌شوند. در شکل ۸ نمونه‌ای از تشخیص اشتباه چراغ قرمز راهنمایی آورده شده است (ناحیه مشخص شده با مستطیل سیاه).



شکل (۸): نمونه‌ای از تشخیص غلط چراغ قرمز در چراغ راهنمایی و رانندگی

در شکل ۹ نمونه‌ای از عدم تشخیص چراغ قرمز راهنمایی آورده شده است (ناحیه مشخص شده با مستطیل سیاه چراغ قرمز بوده، و محدوده مشخص شده با مستطیل زرد چراغ قرمز تشخیص داده نشده می‌باشد).



شکل (۹): نمونه‌ای از عدم تشخیص چراغ قرمز در چراغ راهنمایی و رانندگی

در شکل ۱۰ نمونه‌ای از تشخیص درست چراغ‌های قرمز راهنمایی آورده شده است (ناحیه مشخص شده با مستطیل سیاه).

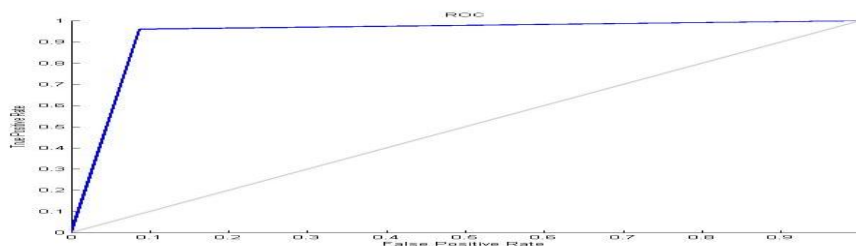


شکل (۱۰): نمونه‌ای از تشخیص درست چراغ‌های قرمز در چراغ راهنمایی و رانندگی

در جدول زیر نتایج حاصل از این آزمایش دوم آورده شده است.

معیار	دقت	فراخوانی	صحت
مقدار	۹۳,۳	۹۶,۰۸	۸۹,۰۹

نمودار ROC این آزمایش به صورت شکل ۱۱ است:



شکل (۱۱): نمودار ROC برای آزمایش دوم

مقایسه مدل پیشنهادی با سایر مدل‌ها

در این قسمت نتایج روش پیشنهادی با سایر مدل‌های طبقه‌بند مانند SVM و درخت تصمیم^{۲۲} بر اساس معیارهای نام‌برده شده در این پژوهش مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

جدول: مقایسه مدل پیشنهادی با سایر طبقه‌بندها در داده آموزش

معیار/مدل	دقت	فراخوانی	صحت
KNN (K=3)	۹۷,۲۸	۱۰۰	۹۵,۱۱
SVM	۹۶,۸۶	۹۵,۶۵	۹۸,۲۲
DT	۹۸,۵۴	۹۸,۰۲	۹۹,۲

جدول: مقایسه مدل پیشنهادی با سایر طبقه‌بندها در داده آزمون

معیار/مدل	دقت	فراخوانی	صحت
KNN (K=3)	۹۴,۶۵	۹۶,۳۷	۹۲,۱۵
SVM	۹۴,۱۲	۹۰,۷۴	۹۸,۰۰
DT	۹۱,۶۷	۹۵,۳۷	۸۹,۵۷

بر اساس جداول فوق می‌توان، مقادیری که به صورت پررنگ نشان داده شده‌اند، بیانگر کارایی بهتر بوده است. بر اساس این دو جدول می‌توان گفت KNN با مقدار $k=3$ کارایی خوبی داشته است. مقدار $k=3$ در این حالت بر اساس نمودارهای موجود در اشکال ۴-۶ و ۴-۷ به دست آمده است. در بین مدل‌های بالا، مدل DT بیشترین پیش‌پردازش را دارد. لذا این مدل نمی‌تواند مورد اعتماد باشد.

نتیجه‌گیری

تشخیص خودکار چراغ‌های ترافیک باید از ویژگی‌های ضروری سیستم‌های کمک راننده پیشرفته و وسایل نقلیه راننده خودکار در آینده باشد، که امروز آن را به یک مسئله مهم ایمنی جاده مبدل کرده است، که بسیاری از تصادفات در تقاطع توسط رانندگان رخ می‌دهد و در زمانی که چراغ قرمز می‌شود. از آنجا که تصاویر جاده‌ها معمولاً حاوی پس‌زمینه‌های پیچیده و بسیاری از اشیاء در آن است، آن را به یک چالش به‌منظور توسعه یک الگوریتم، که بتواند چراغ‌های ترافیک را دقیقاً تشخیص دهد مبدل کرده است. بسیاری از الگوریتم‌ها موجود بر اساس رنگ، شکل و اطلاعات گرادیان است، اما تشخیص بسیار قابل اعتماد نیست. در این پژوهش سعی کردیم با استفاده از ویژگی‌های آماری استخراج شده از تصاویر، چراغ‌های ترافیک را به درستی تشخیص داده‌شوند در این پژوهش نتایج حاصل از روش پیشنهادی در نمودارها و جداول آورده شد، و نتایج نشان دادند روش مذکور توانسته کاربرد خوبی در تشخیص چراغ‌های راهنمایی داشته باشد. تشخیص چراغ‌های راهنمایی می‌تواند کمک شایانی در کاهش تصادفات جاده‌ای نماید. از این روی، نتایج نشان می‌دهد روش پیشنهادی می‌تواند تا حد بالایی چراغ‌های قرمز، راهنمایی و رانندگی را تشخیص دهد. بر اساس نتایج به دست آمده ابزارهای پردازش تصویر، شناسایی آماری الگو و یادگیری ماشین می‌توانند به خوبی در تشخیص چراغ‌های راهنمایی و رانندگی مورد استفاده قرار گیرند. از طرفی با توجه به کارایی متفاوت الگوریتم‌ها می‌توان گفت، در این کاربردها نمی‌توان گفت کدام روش الزاماً از بقیه روش‌ها کارایی بهتری دارد

منابع و مراجع

- [۱] اسماعیلی، مهدی، مفاهیم و تکنیک‌های داده‌کاوی، انتشارات نیاز دانش، ۱۳۹۱
- [۲] فنی، الهام،، خدایاری، علی، ارائه یک الگوریتم پردازش تصویر هوشمند جدید برای تشخیص و شناسایی علائم راهنمایی و رانندگی مبتنی بر منطق فازی، نشریه مهندسی مکانیک، ۱۳۹۷: دوره ۵، شماره ۱، ۲۰۷-۲۱۸
- [۳] فرامرزی اسماعیل، بازشناسی نوری حروف: مروری بر مباحث نظری و ملاحظات کاربردی با تاکید بر مسائل خاص زبان فارسی، مجله علوم اطلاع‌رسانی، ۱۳۸۴: دوره ۲۰، شماره ۳ و ۴
- [۴] عمرانی، احسان،، محتسبی، سید.سارا، رفیعی، شهرام،، حسین پور، سهیل،، عقیلی، نیما، تشخیص بیماریهای برگ‌ی درخت سیب با استفاده از تکنیک آنالیز تصویر، بی‌جا، بی‌نا، ۱۳۹۲
- [5] D. Hue., S. Jio., G. Qin (2010).; A Fruit Size Detecting and Grading System Based on Image Processing; International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, pp. 83-86
- [6] D. G. Lowe, (2004), Distinctive image features from scale-invariant keypoints, Int. J. Comput. Vision, vol. 60, pp- 91-110
- [7] D. Houcque, (2005), (version 1.2): D. Manolakis., D. Marden., G. A. Shaw, (2003), , Vol.13, No.1
- [8] E. A. Mueller, (1970), Vol 19, No.1, 1970 :F. J. Seinstra, J. M. Geusebroek, D. Koelma, C. G. M. Snoek, , vol. 14, pp- 64-75
- [9] F. Zaklouta and B. Stanculescu, (2014), , vol. 62, pp-16-24
- [10] H. Symon. (1994). Neural networks: a comprehensive foundation. New York, USA: Macmillan Publishing.
- [11] J. C. Kwak, T. R. Park, Y. S. Koo, and K. Y. Lee, (2013), , 2013 IEEE, pp- 2000-2004
- [12] J.P. Mercol., J. Gambini., J. M. Santos, (2007), Automatic classification of oranges using image processing and data mining techniques
- [13] J. Verne, (2005), Image Pre-Processing
- [14] L. He, H. Wang, and H. Zhang, (2011), Object detection by parts using appearance, structural and shape features, in2011 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, pp- 489-494
- [15] M. Abualkibash, A. Mahmood, and S. Moslehpour, (2015), A near real-time, parallel and distributed adaptive object detection and retraining framework based on adaboost algorithm, in High Performance Extreme Computing Conference (HPEC), IEEE, pp-1-8
- [16] M. Diaz-Cabrera, P. Cerri, and P. Medici, (2015), Robust real-time traffic light detection and distance estimation using a single camera, Expert Syst. Appl., vol. 42, pp- 3911-3923
- [17] M. Nabeel, D. Ustarowski,(2016), Evaluation of traffic light detection algorithms for automated video analysis, Master's thesis in Software Engineering, Chalmers University of Technology
- [18] M. Mohammad, A. Srujana, A. Jyothi, P. Sundari, (2016); Disease Identification in Plants Using K-means Clustering and Gray Scale Matrices with SVM Classifier; nternational Journal of Applied Sciences, Engineering and Management, Vol. 5, no. 2, pp- 84-88
- [19] M. Simic and R. Krenngkamjornkit, (2014), Multi object detection and tracking from video file, in Modern Tendencies in Engineering Sciences, vol. 533 of Applied Mechanics and Materials, pp- 218-225, Trans Tech Publications