

استفاده از ویژگی‌های بافتی در تکنیک تفاضل فریم جهت حذف سایه در تصاویر اخذ شده از خودروها

علی کرمی^{۱*}، مسعود ورشوساز^۲، محسن سریانی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
ali.karami.surveying@gmail.com

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
varshosazm@kntu.ac.ir

^۳ دانشیار دانشکده کامپیوتر - دانشگاه علم و صنعت ایران
soryani@iust.ac.ir

(تاریخ دریافت اردیبهشت ۱۳۹۶، تاریخ تصویب تیر ۱۳۹۶)

چکیده

تاکنون روش‌های زیادی جهت تشخیص خودروها توسط محققین ارائه شده است. به عنوان مثال تکنیک تفاضل فریم یکی از روش‌های ارائه شده برای شناسایی خودروها می‌باشد. در این روش هر تغییری در فریم جاری نسبت به تصویر پس‌زمینه نشان‌دهنده خودروهای متحرک می‌باشد. در این روش‌ها به‌طور کلی سایه خودروها به عنوان عارضه متحرک شناسایی می‌شوند و این زمانی که سایه خودروها با هم همپوشانی داشته باشند، باعث تلفیق چندین خودرو شده و دقت شناسایی خودروها به شدت کاهش پیدا می‌کند. برای حل این مشکل برخی روش‌های مبتنی بر گسترش ناحیه ارائه شده است که بعضاً به دلیل پایین بودن دقت به صورت موفقیت آمیز عمل نمی‌کنند. بنابراین هدف اصلی در این تحقیق بهبود روش تفاضل فریم از طریق وزن‌دهی به پیکسل‌های تصویر با استفاده ترکیب چندین ویژگی بافتی جهت حذف سایه خودروها می‌باشد. برای این کار، بعد از استخراج تصویر پس‌زمینه و قبل از عمل تفاضل به هر کدام از پیکسل‌های تصویر پس‌زمینه و پیش‌زمینه وزنی اختصاص داده می‌شود. طبیعتاً، پیکسل‌های وزن دهی شده مربوط به قسمت سایه و محدوده متناظر در تصویر پس‌زمینه (سطح آسفالت) مقدار کمی وزن خیلی نزدیک به هم می‌شوند. در نتیجه، با عمل تفاضل فریم‌های وزن‌دهی شده پس‌زمینه و جاری علاوه بر اینکه خودروها حذف می‌شوند، سایه خودروها هم به همراه آنها حذف می‌شوند. در این تحقیق از چهار پایگاه داده جهت پیاده‌سازی و ارزیابی استفاده شده است. معیارهای مورد استفاده برای نشان دادن دقت در شناسایی خودروها OA، HR، FAR، MODP و MOTP می‌باشند. با استفاده از این معیارها روش پیشنهادی با دو روش که توسط محققین دیگر برای حذف سایه مورد استفاده قرار گرفته‌اند مقایسه و ارزیابی شد. در این آزمون‌ها، بهبود دقت روش پیشنهادی، به صورت نسبی نسبت به دیگر روش‌ها و بسته به معیار مورد استفاده، در بازه بین ۲ تا ۱۵ درصد متغیر می‌باشد.

واژگان کلیدی: تشخیص خودرو، سایه، وزن‌دهی، ویژگی بافت

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

شناسایی خودروها یک گام اساسی برای بسیاری از کاربردها مانند نظارت خودکار خودروها، کنترل ترافیک، حمل و نقل و غیره می باشد [۱]. در این سیستمها معمولاً یک دوربین ثابت در جایی مثل اتوبان، خیابان، پارکینگ نصب می شود. تصاویر گرفته شده توسط دوربین پردازش شده و خودروهای موردنظر شناسایی خواهند شد [۲].



شکل ۱- تشخیص خودرو. تصویر سمت چپ شناسایی با سایه و تصویر سمت راست شناسایی بدون سایه [۳]

می شود، به عنوان وزن پیکسل های تصویر جهت حذف سایه خودرو در نظر گرفته است. به این صورت که بعد از انتقال تصاویر پس زمینه و پیش زمینه به فضای HSV^۱ روی تصویر پس زمینه الگوریتم K-میانگین دو کلاسه را اعمال و مرکز بزرگترین کلاس را به عنوان نقطه مرجع یا جستجو انتخاب می شود. فاصله اقلیدسی تمام نقاط تا نقطه مرجع در فضای ویژگی را به عنوان وزن به پیکسل های هر فریم معرفی می کنند. تکنیک فوق، علاوه بر پیچیدگی و سرعت پایین محاسبات از دقت پایینی در وزن دهی و همچنین شناسایی خودروها برخوردار است [۱].

به منظور بهبود دقت و افزایش سرعت روش ارائه شده گسترش ناحیه، در این مقاله روشی مبتنی بر تفاضل پس زمینه ارائه شده است که همان گونه که در بخش های بعدی گفته خواهد شد، به جای استفاده از فاصله اقلیدسی از ترکیب چندین ویژگی بافتی برای وزن دهی فریم ها استفاده می کند. در ادامه در بخش دوم به تحقیقات پیشین پرداخته شده است. بخش سوم مبانی و تئوریک روش پیشنهادی ارائه شده است. در بخش چهارم مراحل پیاده سازی و ارزیابی الگوریتم پیشنهادی انجام شده است. نهایتاً در بخش پنجم یک جمع بندی کلی و همچنین پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی صورت گرفته است.

همانگونه که در این شکل دیده می شود، می توان فهمید که بین سایه یک خودرو با خود خودرو اتصال و پیوستگی وجود دارد که این حالت خود باعث دو مشکل می شود. اول اینکه قیافه و ظاهر واقعی خودرو به دلیل این پیوستگی از بین می رود و تمام خصوصیات هندسی خودرو را تحت تأثیر قرار می دهد. در نتیجه تشخیص محل خودرو و بخش بندی تصویر بر اساس خودروها دچار مشکل می شود. دوم اینکه ممکن است سایه یک یا چند خودرو در هم تداخل نموده و همه آنها به عنوان یک خودرو تشخیص داده شوند [۴]. این موارد منجر به مشکلات زیادی در سیستم های نظارتی و سیستم های کنترل ترافیک مانند شمارش خودروها، یا تخمین مکان خودروها و تحلیل رفتار آنها می شود. بنابراین لازم است تا سایه ها شناسایی شوند.

روش های زیادی جهت حذف سایه خودروها توسط محققین ارائه شده است. تحقیقات ارائه شده عموماً مبتنی بر استفاده از ویژگی هایی همچون بافت [۵]، رنگ [۶]، تناظر بین نقاط [۷] و امثال آن می باشند که بعضاً به دلیل پیچیدگی محاسبات و پایین بودن دقت [۷، ۸] به صورت موفقیت آمیز عمل نمی کنند.

به عنوان یکی از روش های مبتنی بر تفاضل فریم، روش گسترش ناحیه [۱] جهت وزن دهی فریم ها در روش تفاضل فریم ارائه کرده است که در آن از فاصله اقلیدسی تا یک نقطه که بر اساس الگوریتم K-میانگین تعیین

^۱ Hue, Saturation, Value

۲- مروری بر روش‌های پیشین

تکنیک‌ها و روش‌های متعددی در خصوص تشخیص سایه اشیاء متحرک به خصوص خودروها در سال‌های اخیر صورت گرفته است به‌عنوان نمونه هایی از این روش‌ها می‌توان به مواردی نظیر: تکنیک رشد ناحیه [۸]، تفریق پس‌زمینه [۹]، روش مبتنی بر منطق فازی [۱۰]، الگوریتم هریس [۱۱]، تکنیک مبتنی بر اطلاعات رنگی [۱۲]، تعیین سایه مبتنی بر هندسه، تعیین سایه مبتنی بر بافت [۱۳] و تکنیک اطلاعات آماری [۸] اشاره نمود. در ادامه به تشریح برخی از این تحقیقات پرداخته خواهد شد.

[۱۴]، تشخیص سایه و غیر آن را با استفاده از مدل ترقیق سه رنگ مورد بررسی قرار داده است. در این رویکرد سایه‌ها به‌عنوان موانعی در تجزیه و تحلیل از راه دور تصاویر در نظر گرفته شده‌اند. اما به‌طور کلی مشکل این روش پیچیدگی محاسباتی می‌باشد که باعث کاهش دقت و سرعت هم خواهد شد [۱۵].

[۱۶] از روشی براساس رویکرد تشخیص چرخ‌های خودرو استفاده کرده است. این روش فرضیات زیادی را در نظر می‌گیرد و این امر باعث پایین آمدن انعطاف‌پذیری جهت تشخیص خودرو شده است. این فرض باعث بروز خطا و اشتباهات زیادی می‌باشد.

پراتی و میکیک [۳] از الگوریتم یادگیرنده‌ای استفاده کرده‌اند که می‌تواند سایه‌ها را با اندازه‌گیری تأثیر سایه بر صحنه مشخص تشخیص دهد. آنها فرض کرده‌اند که نقطه سایه مقدار تاریکتری نسبت به نقطه معمول (وقتی نور مستقیم به آن می‌تابد) را داراست و تاریکی آن با استفاده از یک ماتریس قطری می‌تواند حساب شود.

[۴] از الگوریتمی به نام SF^۱ استفاده کرده است. این روش مناطق سایه را در شرایطی که تأثیر هر منبع نوری به الگوریتم داده شده باشد، تشخیص دهد.

در [۱۷] یک ابزار تعاملی برای تعیین و حذف سایه‌ها از تصاویر رنگی ارائه شده است. روش ارائه شده، یک GrRFMN^۲ را به‌عنوان یک کلاسه‌بندی کننده سایه مورد استفاده قرار می‌دهد. GrRFMN قادر است تا داده‌های ریز را پردازش نماید.

در [۱۸] هم از محیط رنگی و یک دوربین برای تصویر برداری استفاده شده‌است. در این روش ابتدا حضور سایه در پیش‌زمینه تصویر بررسی شده‌است. در صورت وجود سایه، جهت سایه تشخیص داده شده و یکسری از پیکسل‌ها به‌عنوان کاندید برای سایه انتخاب می‌شوند. از آنجایی که سایه در لبه خودرو با آن اتصال دارد، جهتی که در لبه‌های خودرو بیشترین اتصال وجود دارد به‌عنوان جهت سایه انتخاب می‌شوند. این روش علاوه بر این که دقت پایینی دارند، انعطاف پذیری پایینی دارند.

برخی دیگر از روش‌های ارائه شده در زمینه شناسایی سایه [۶، ۱۹-۲۴] از تصاویر ویدیویی رنگی استفاده کرده‌اند. تصاویر رنگی اطلاعات بیشتری در ارتباط به سایه در اختیار قرار می‌دهد ولی در عین حال پیچیدگی محاسباتی زیادی دارند.

لوین و پاتوچریا [۲۵] از SVM^۳ برای مشخص کردن محدوده سایه استفاده کرده‌اند. در مقایسه با دیگر روش‌های شرح داده شده، این روش به هیچ دانشی در مورد صحنه، نورپردازی و اشیاء احتیاج ندارد. همچنین علاوه بر این، از تشخیص الگو برای دسته‌بندی محدوده‌های سایه استفاده کرده‌اند. مشابه این روش، گوا و همکاران^۴ [۲۶] و همچنین لیو و همکاران^۵ [۲۷] در سال ۲۰۱۱ روشی مبتنی بر SVM ارائه کردند. که با استفاده از یک طبقه بندی مناطق سایه و غیر سایه را از هم متمایز می‌کرد. اگرچه مشکلات روش‌های قبلی را برطرف کرده‌است اما مشکل اصلی این روش‌ها طبقه‌بندی اشتباه در برخی مواقع و برای برخی خودروها جوابگو نمی‌باشد. [۲۸].

روش دیگر استفاده از مدل گاوس برای حذف سایه [۲۲] می‌باشد. در این روش ابتدا جهت سایه براساس خصوصیات گشتاور خودرو مشخص می‌شود. سپس با در نظر گرفتن برخی فرضیات مرز بین خودرو با سایه مربوطه‌اش پیدا شده و با استفاده از یک خط عمودی از هم جدا می‌شوند. مشابه این روش روش‌های دیگری برای تشخیص سایه در حال حرکت [۲۹-۳۱] ارائه شده است. این روش‌ها به‌طور کلی دقت و سرعت پایین‌تری نسبت به سایر روش‌ها دارند.

چی و همکاران^۶ [۳۲] در سال ۲۰۱۴ یک روش موثر به اسم Cascade برای حذف سایه‌ها ارائه کرده‌اند. در این روش برای استخراج سایه‌ها ابتدا باید با استفاده از روش

^۳ Support vector machine

^۴ Guo et al.

^۵ Liu et al.

^۶ Qi et al

^۱ Shadow Flash

^۲ Granular Reflex Fuzzy Min-Max Neural Network

GMM^۱ یک مدل پس زمینه استخراج شود. سپس نسبت شدت بهبود یافته^۲ حساب می شود و از طریق آن هم می توان پیکسل های اشتباه را شناسایی کرد. این روش - علارغم اینکه دقت نسبتا خوبی دارد اما برای محیط های بیرونی با کاهش دقت مواجه خواهد شد [۳۳].

خان و همکاران^۳ [۳۴] در سال ۲۰۱۶ روشی خودکار برای استخراج و حذف سایه خودروها با استفاده از روش شبکه عصبی ارائه کرده اند. در این روش ویژگی ها با استفاده از روش آموزش داده می شود، و از الگوریتم بیزین^۴ برای حذف سایه استفاده شده است. مشابه روش فوق هم در سال ۲۰۱۵ توسط شن و همکاران^۵ [۳۵] روش مبتنی بر CNN^۶ ارائه گردید. در این روش با استفاده از CNN لبه های سایه استخراج و سایه ها حذف می گردد. به طور کلی دقت روش های مبتنی شبکه عصبی نسبت به سایر روش ها بالا می باشد اما به دلیل اینکه نیاز به آموزش داده ها و همچنین تخمین برخی پارامترهای اولیه دارد، برای پردازش آنی داده ها تا حدودی با مشکل مواجه خواهد شد.

در [۳۶، ۱۹] روش های برای تشخیص و حذف سایه خودروها ارائه شده است که مبتنی بر تکنیک NCC^۷ به طور کلی در این روش ها برای تشخیص سایه از میزان شباهت درجه خاکستری استفاده شده است. با استفاده از معیار نزدیک ترین شباهت به شناسایی سایه پرداخته خواهد شد. خیلی از مناطق در تصویر وجود دارند که شباهت زیادی از لحاظ درجه خاکستری به سایه ها دارند. مشکل اصلی روش های مبتنی بر NCC این است که اگر قسمت های از تصویر شباهت زیادی به سایه داشته باشند. در آن صورت دقت روش ها کاهش پیدا می کند.

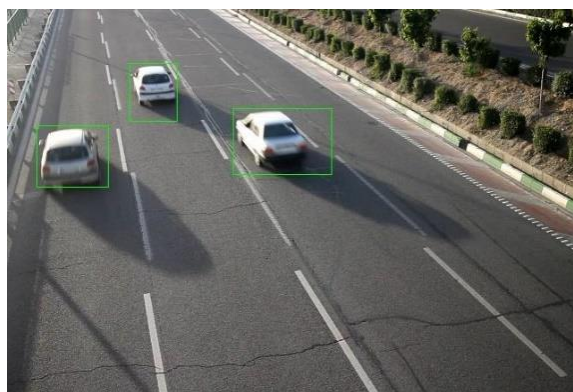
اخیرا، کرمی [۱] روشی مبتنی بر روش گسترش ناحیه برای وزن دهی و حذف سایه خودروها ارائه کرده است. به این صورت که ابتدا نقطه جستجو را پیدا کرده و بعد براساس فاصله اقلیدسی نقطه جستجو تا هر پیکسل از تصویر در فضای ویژگی را به عنوان وزن در نظر گرفته است. از این وزن ها برای جدا کردن خودروها از سایه ها استفاده شده است. مشکل اصلی این کار علاوه بر پیچیدگی و سرعت محاسباتی، دقت پایین همچنین وابستگی شدید به تغییرات درجه

خاکستری می باشد. دلیل این موضوع آن است که وزن دهی به پیکسل های تصویر کاملا وابسته به نقطه جستجو می باشد به عبارتی درجه خاکستری هر نقطه از تصویر اگر نزدیک به نقطه جستجو باشد در آن صورت این نقطه بعد از عمل تفاضل حذف خواهد شد. بنابراین این امر باعث کاهش دقت در وزن دهی و در نهایت حذف سایه ها می شود.

به منظور برطرف کردن این مشکلات، در این مقاله روشی مبتنی بر تکنیک تفاضل پس زمینه جهت حذف سایه خودرو توسعه داده شده است که در آن برخلاف روش گسترش ناحیه، ترکیب چندین ویژگی بافتی ملاک وزن دهی قرار خواهد گرفت. هدف این کار، افزایش دقت تشخیص خودروی عاری از سایه می باشد.

۳- مبانی و تئوری روش پیشنهادی

به طور کلی، در یک تصویر، ویژگی بافت عارضه نشان دهنده شدت تغییرات درجات خاکستری آن می باشد. از خواص مهم ویژگی بافت این است که نسبت به ویژگی رنگ حساسیت کمتری به تغییرات روشنایی دارد. تصاویری که در این تحقیق و حالت کلی برای شناسایی خودروها مورداستفاده قرار می گیرند، به طور کلی از لحاظ ویژگی بافت (همانند آنتروپی و ضریب وابستگی و...) نسبت به پدیده های موجود دیگر در تصویر همانند سایه متفاوت می باشند. در شکل ۲ یک نمونه از این تصاویر نشان داده شده است. با توجه به اینکه در هر فریم ویدیویی سایه ها از لحاظ بافتی سطح کاملا یکنواختی نسبت به خودروها دارند، در نتیجه ویژگی بافتی مربوط به ناحیه سایه از لحاظ کمی هم انداز پس زمینه یا کمتر می باشد. بنابراین می توان از این شرایط برای شناسایی خودروها و همچنین حذف سایه ها، استفاده کرد.



شکل ۲- تفاوت بافتی خودروها نسبت به عوارض اطراف

^۱ Gaussian Mixture model

^۲ improvement intensity ratio

^۳ Khan et al.

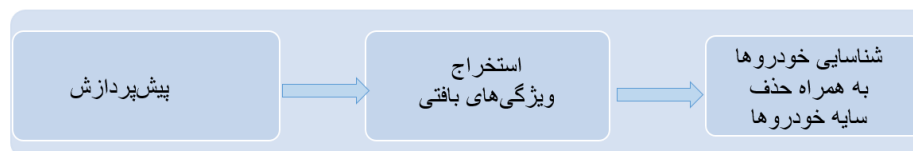
^۴ Bayesian

^۵ Shen et al

^۶ Convolutional Neural Network

^۷ Normalized Cross Correlation

که از عمل تفاضل پس‌زمینه استفاده شود، سایه‌ها به همراه پس‌زمینه که شامل سطح آسفالت و غیره می‌باشند حذف و خودروها استخراج می‌شوند. دیاگرام مراحل کلی بکار گرفته‌شده طی انجام این تحقیق در شکل ۳ نشان داده شده است. در ادامه هریک از مراحل ذکر شده، به تفصیل شرح داده خواهند شد.



شکل ۳- دیاگرام کلی روش پیشنهادی جهت حذف سایه خودروها

۳-۱- پیش پردازش

پیکسلی تصویر با کمترین مقدار ارزش پیکسلی در آن تصویر می‌باشد $P_{\max} - P_{\min}$ تفاضل میان بیشترین و کمترین مقدار درجه خاکستری در تصویر می‌باشد [۳۷].

۳-۱-۲- فیلتر میانه

در کاربردهای عملی مهندسی، تصاویر رنگی تهیه شده به‌طورکلی دارای نویزهایی ضربه‌ای می‌باشند. علت ایجاد این نویزها تداخل به وجود آمده به‌وسیله‌ی عوامل خاص می‌باشند. رفع این مشکل به‌طورمعمول با فیلتر پایین گذر قابل انجام است. مقدار هر پیکسل را با مقادیر میانگین یا میانه پیکسل‌های اطراف آن جایگزین می‌کند. فیلتر استفاده‌کننده از میانه برای نویزهای ضربه‌ای مناسب‌تر است زیرا مقدار به‌دست آمده به پیکسل مخلوط شده با نویز بستگی ندارد [۳۸]. در این تحقیق از فیلتر میانه به‌منظور نرم کردن تصاویر ورودی استفاده شده است

۳-۲- استخراج ویژگی‌های بافتی

استخراج ویژگی‌های مختلف بافتی از تصاویر گامی مهم در جهت تحلیل و آماده‌سازی برای کاربردهای مختلفی ازجمله تشخیص و ردیابی عوارض است [۳۹]. در این تحقیق برای استخراج ویژگی بافتی یا به عبارتی وزن-دهی به تصاویر از ویژگی‌های مختلفی همانند آنتروپی و ضریب وابستگی و... استفاده شده است. بنابراین در ادامه به‌طورمفصل به تشریح الگوریتم‌های مورد استفاده در استخراج ویژگی بافتی پرداخته شده است.

برای این منظور می‌توان با استفاده از ترکیب چندین ویژگی مهم بافتی، برای تصاویر پیش‌زمینه و پس‌زمینه مقدار کمی ویژگی بافتی را استخراج کرد. این مقدار کمی ویژگی بافتی در ادامه به‌عنوان وزن جهت حذف سایه و استخراج خودروها استفاده می‌شود. وزنی که به سطح خودروها اختصاص داده می‌شود از لحاظ کمی بیشتر از همان محدوده در تصویر پس‌زمینه می‌باشد. بنابراین زمانی

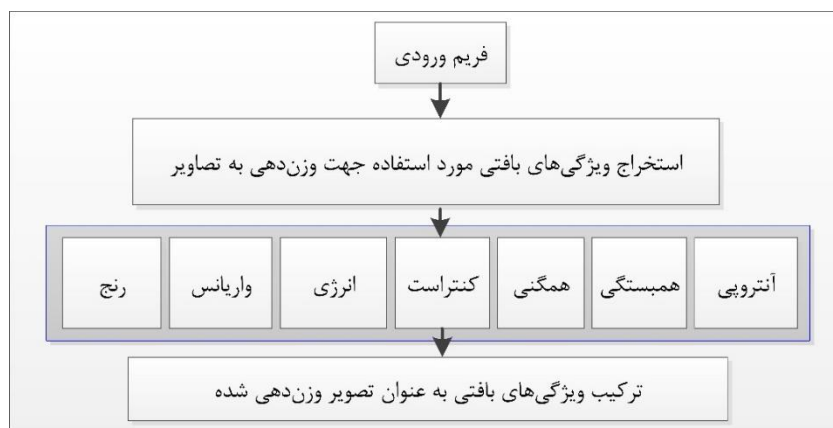
تصاویری که با یک دوربین دیجیتال اخذ گردیده، ممکن است مقادیر درجه خاکستری آنها نرمال نشده باشد. همچنین کانتراست و فوکوس مناسب را هم نداشته باشند. بنابراین، لازم است تا طی عملیات پیش پردازش که گاهی بازایی یا اصلاح تصویر نیز نامیده می‌شود. اعوجاج‌های رادیومتریکی یا ژئومتریکی مربوط برطرف گردند. ممکن است تصاویر با نویز مخلوط شده باشد و نیاز به حذف کردن داشته باشد. برای این منظور و همچنین افزایش کیفیت خروجی تصاویر، انجام پیش‌پردازش تصاویر موردنظر امری ضروری است. کارهایی که می‌توان در این زمینه انجام داد در ادامه اشاره خواهد شد.

۳-۱-۱- نرمال کردن تصویر

یکی از مشکلات اصلی برای وزن‌دهی در این تحقیق آن است که درجه خاکستری تصاویر در یک دامنه نیستند. به‌بیان‌دیگر ممکن است یک تصویر با موقعیت‌هایی مواجه گردد که ویژگی‌های در تصویر شامل مقادیری باشند که در محدوده یا دامنه متفاوتی قرار داشته باشند. این ویژگی‌ها با مقادیر بزرگ ممکن است اثر بسیار زیادتری نسبت به ویژگی‌های با مقادیر کم داشته بر روی خروجی داشته باشند. این مشکل با نرمالیزه نمودن ویژگی‌ها طوری که مقادیرشان در دامنه‌های مشابه قرار گیرند برطرف خواهد شد [۳۷]. در ادامه برای نرمال کردن باندهای تصویر براساس فاصله آماری (میانگین) مطابق رابطه (۱) به‌دست می‌آید.

$$P_{norm} = \frac{|P_{(i,j)} - P_{min}|}{P_{max} - P_{min}} \quad (1)$$

شکل ۴ دیاگرام پیشنهادی برای استخراج ویژگی‌های بافتی



شکل ۴- دیاگرام پیشنهادی برای استخراج ویژگی‌های جهت وزن‌دهی به فریم‌ها

بزرگ‌تر باشد، توزیع درجات خاکستری تصادفی‌تر یا همگن‌تر می‌باشد. بنابراین آنتروپی بالا نشان‌دهنده بافت ناهمگن تصویر و آنتروپی پایین نشان‌دهنده بافت همگن است [۴۱]. آنتروپی به صورت زیر بدست می‌آید:

$$H(X) = - \sum_{i=0}^{A-1} p_i \cdot \log_2(p_i) \quad (2)$$

در نظر گرفتن ابعاد ماسک برای تعیین مقدار خروجی در آنتروپی، در هر پیکسل از تصویر تأثیرگذار می‌باشد. هرچقدر ابعاد ماسک را بزرگ‌تر در نظر بگیریم باعث می‌شود که مقدار آنتروپی بدست آمده برای پیکسل (i,j) در تصویر به مقدار آنتروپی میانگین تصویر نزدیک می‌شود. این کار باعث می‌شود که ویژگی مربوط به بافت در وزن‌دهی به پیکسل‌های تصویر تأثیر کمتری داشته باشند. همچنین درجهایی که لبه وجود دارد، باعث می‌شود که مقدار آنتروپی خروجی مربوط به پیکسل‌های همسایگی لبه‌ها تحت تأثیر قرار گیرد. در نتیجه مقدار آن زیاد و کم شود چون از همسایگی بیشتری برای تعیین مقدار آنتروپی استفاده می‌کنند.

۳-۲-۲- واریانس^۲

واریانس میزان پراکندگی درجات خاکستری تصویر نسبت به میانگین را نشان می‌دهد. واریانس بزرگ‌تر نشان‌دهنده اطلاعات بیشتر است [۳].

$$\text{Std} = \frac{1}{MN} \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [g_{i,j} - \bar{g}]^2 \quad (3)$$

^۲ Variance

به طور کلی روش‌های تحلیل بافت را بر اساس [۴۰] می‌توان به چهار دسته‌ی زیر تقسیم کرد:

۱- روش‌های آماری: اطلاعات مربوط به بافت از خصوصیات آماری پیکسل‌ها استخراج می‌شود.

۲- روش‌های ساختاری یا هندسی: بافت بر اساس ترکیبی از ساختارهای اولیه بافت شامل اپراتور مورفولوژیک و گراف هم‌جواری، که بر اساس قوانینی تعریف شده‌اند شناخته می‌شود.

۳- روش‌های تبدیلی و پردازشی: در این روش‌ها تصویر به فرم جدید تبدیل می‌شود به طوری که بافت در این فضای جدید راحت‌تر قابل تشخیص باشد.

۴- روش‌های مبتنی بر مدل، به مدل‌سازی بافت می‌پردازند.

در این تحقیق از روش‌های آماری برای وزن‌دهی به تصاویر ویدیویی استفاده شده است. روش‌های آماری اطلاعاتی در مورد تنوع محلی مقدار شدت پیکسل‌ها در یک تصویر ارائه می‌کنند. به عنوان مثال، در مناطق با بافت صاف، بازه مقدار پیکسل‌ها در همسایگی اطراف یک پیکسل، مقدار کوچکی دارد؛ در نواحی با بافت خشن، محدوده بازه بزرگ‌تر خواهد بود. در ادامه به توابع بافت مورد استفاده در این تحقیق پرداخته شده است.

۳-۲-۱- اطلاعات آنتروپی^۱

آنتروپی میزان تصادفی بودن توزیع درجات خاکستری پیکسل‌ها را در تصویر نشان می‌دهد. هر اندازه آنتروپی

^۱ Entropy

۳-۲-۷- همگنی^۵

همگنی در تصویر نشان دهنده میزان یکسان بودن درجات خاکستری در همسایگی موردنظر است و از رابطه (۸) قابل محاسبه است [۴۰].

$$H = 1 - \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{p(i, j)}{1 + (i - j)^2} \quad (8)$$

در نظر گرفتن ابعاد ماسک برای تعیین مقدار خروجی هر یک از روابط بالا برای در هر پیکسل از تصویر تأثیرگذار می باشد. هرچقدر ابعاد ماسک را بزرگ تر در نظر بگیریم باعث می شود که عدد به دست آمده تحت تأثیر همسایگی بیشتری قرار بگیرد. به عبارت دیگر اگر ابعاد ماسک کمتر در نظر گرفته شود به نوعی تأثیر ناهمواری های بافتی کوچک در تصویر بیشتر در نظر گرفته شده است. عکس این قضیه هم صادق می باشد.

در نهایت با ترکیب کردن کل این ویژگی های یاد شده به صورت فراوانی تجمعی، یک تصویر وزن دهی شده ایجاد خواهد شد که به هر کدام از پیکسل های تصویر یک مقدار کمی از مجموع این بافت ها را نشان می دهد.

$$WF(i, j) = \sum_{l=1}^N P_l \quad (9)$$

که در آن N تعداد ویژگی های مورد استفاده و P_l ویژگی مورد استفاده می باشد. WF تصویر نهایی وزن دهی شده می باشد.

در ادامه برای استخراج خودروها و حذف سایه، از این تصاویر وزن دهی شده با استفاده از روش تفاضل گیری که در ادامه توضیح داده می شود، استفاده خواهد شد.

۳-۳- استخراج پس زمینه

روش های زیادی برای ایجاد یک مدل پس زمینه خوب جهت بخش بندی نواحی متحرک وجود دارد. در یک بررسی جدید توسط Wang و همکارانش این روش ها به سه قسمت تقسیم شده اند که عبارت اند از: روش های تفاضل پس زمینه، روش های آماری و روش های جریان نوری و با توجه به اینکه روش تفاضل پس زمینه یکی از روش های ساده و متداول می باشد، بنابراین در این تحقیق از این

^۵ homogeneity

که g_{ij} درجه خاکستری پیکسل (i, j) از تصویر g و $\bar{g}$ مقدار میانگین تصویر می باشد.

۳-۲-۳- انرژی^۱

انرژی برای محاسبه میزان اطلاعات موجود مرکزی در پنجره موردنظر استفاده می شود [۴۱].

$$E = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [g_{ij}(X)]^2 \quad (4)$$

g_{ij} درجه خاکستری پیکسل (i, j) و X هم پنجره مورد مطالعه می باشد

۳-۲-۴- بازه^۲

بازه اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار درجه خاکستری در یک همسایگی است.

$$Std = range = (\max(g_{ij}) - \min(g_{ij})) \quad (5)$$

, for $i = 1: M$ & $j = 1: N$

۳-۲-۵- کنتراست^۳

کنتراست، نشان دهنده تغییرات شدت در یک همسایگی در تصویر است [۴۱].

$$Contrast = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (i - j)^2 P_{(ij)} \quad (6)$$

که $P_{(ij)}$ همان پنجره مورد بررسی خواهد بود.

۳-۲-۶- همبستگی^۴

همبستگی یک معیار برای تحلیل تصویر براساس درجات خاکستری در یک همسایگی است و از رابطه زیر بدست می آید [۴۰].

$$Correlation = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{ijp(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (7)$$

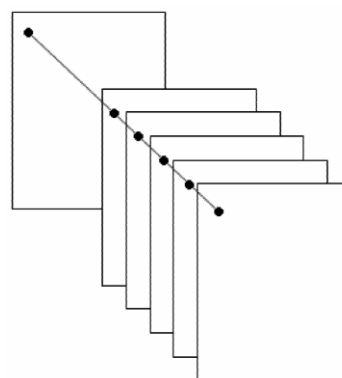
که $\mu_x \mu_y$ و $\sigma_x \sigma_y$ به ترتیب نشان دهنده انحراف معیار و میانگین در سطر و ستون همسایگی موردنظر است [۴۰].

^۱ Energy
^۲ range
^۳ Contrast
^۴ Correlation

روش برای استخراج پس زمینه استفاده خواهد شد. روش میانه یکی از روش های استخراج پس زمینه می باشد که جز روش تفاضل پس زمینه قرار گرفته است.

مشکل ناشی از تغییر شدت روشنایی در برخی از روش های استخراج پس زمینه همانند میانگین گیری را می توان با توسعه دادن یک مدل پس زمینه به منظور به روزرسانی مدل پس زمینه را کاهش داد. اگرچه آسان ترین مدل پس زمینه متوسط گیری موقتی است، یک تخمین از پس زمینه که مشابه منظره ساکن کنونی است، مدل میانه است.

تصویر پس زمینه به روز شده $B_m(x,y)$ توسط میانه گرفتن یک بعدی در جهت موقتی از هر پیکسل بر روی N فریم قبلی است. در شکل ۵ نحوه استخراج پس زمینه با استفاده روش میانه نشان داده شده است.



شکل ۵- کل فریم های یک فیلم ویدئویی و نحوه انتخاب پیکسل میانی از مجموع تمامی پیکسل های اول از تمامی فریم ها

۴-۳- استخراج خودرو به همراه حذف سایه

به طور معمول برای اینکه بخواهند عوارض متحرک همانند خودروها را در تصاویر ویدئویی از پس زمینه جدا کنند باید ابتدا یک پس زمینه تعریف کرد. بعد فریم های

جدید که شامل خودروها هستند از پس زمینه کم می شوند. با این کار چیزی که باقی می ماند عوارض متحرک یا به عبارت بهتر خودروها در تصاویر می باشند.

بعد از اینکه فریم ها استخراج و عملیات وزن دهی صورت گرفت، کل تصاویر ورودی از پس زمینه کم می شوند تا خودروها از تصویر استخراج شوند. در فیلم های ویدئویی موجود هیچ فریمی موجود نمی باشد که بدون عارضه متحرک باشند. بنابراین یا باید از قبل تصویر پس زمینه معلوم باشد و یا اینکه با استفاده از روش های موجود تصویر پس زمینه را ایجاد کرد. برای این کار در این تحقیق از روش میانه که در [۴۲] ارائه شده، برای استخراج پس زمینه استفاده شده است.

نکته دیگری که باید به آن توجه کرد این است که تصاویر پس زمینه باید به صورت مکرر به هنگام سازی شود تا برای شرایط آب و هوایی متفاوت جوابگو باشند. رابطه (۱۰) نحوه استخراج خودروها با استفاده از روش تفاضل را نشان می دهد.

$$Dif = |\text{updated background}_p - WF_{np}| \quad (10)$$

که $\text{updated background}_p$ تصویر پس زمینه مرحله p م، و WF_{np} تصویر وزن دهی شده n م در مرحله p م می باشد.

۴- نتایج و بحث

در این تحقیق برای پیاده سازی و ارزیابی روش پیشنهادی حذف سایه خودروها از چندین داده مختلف که در مکان و زمان های مختلف با شرایط متفاوت اخذ شده، استفاده شده است. داده های مورد استفاده به همراه ویژگی های خاصی که دارند در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- داده های مورد استفاده در این تحقیق

نام داده	مکان	تراکم خودرو	طول سایه	زمان فیلم (ثانیه)	اندازه (پیکسل)	فریم بر ثانیه
Vision Traffic	جعبه ابزار متلب	کم	کم	۲۰	۶۴۰*۳۶۰	۲۵
MVI_0361	بزرگراه امام علی	زیاد	متوسط	۱۰۰۰	۷۲۰*۱۲۸۰	۲۵
MVI_0372	بزرگراه بابایی	متوسط	زیاد	۵۰۰۰	۷۲۰*۱۲۸۰	۲۵
ResalatData	بزرگراه رسالت	زیاد	ندارد	۲۵۰	۶۴۰*۴۸۰	۲۵

داده خیلی پایین می باشند. به نحوی که زمانی که یک خودرو وارد محدوده دید می شود تا زمانی که از محدوده دید خارج می شود خودرو دیگری وارد نمی شود.

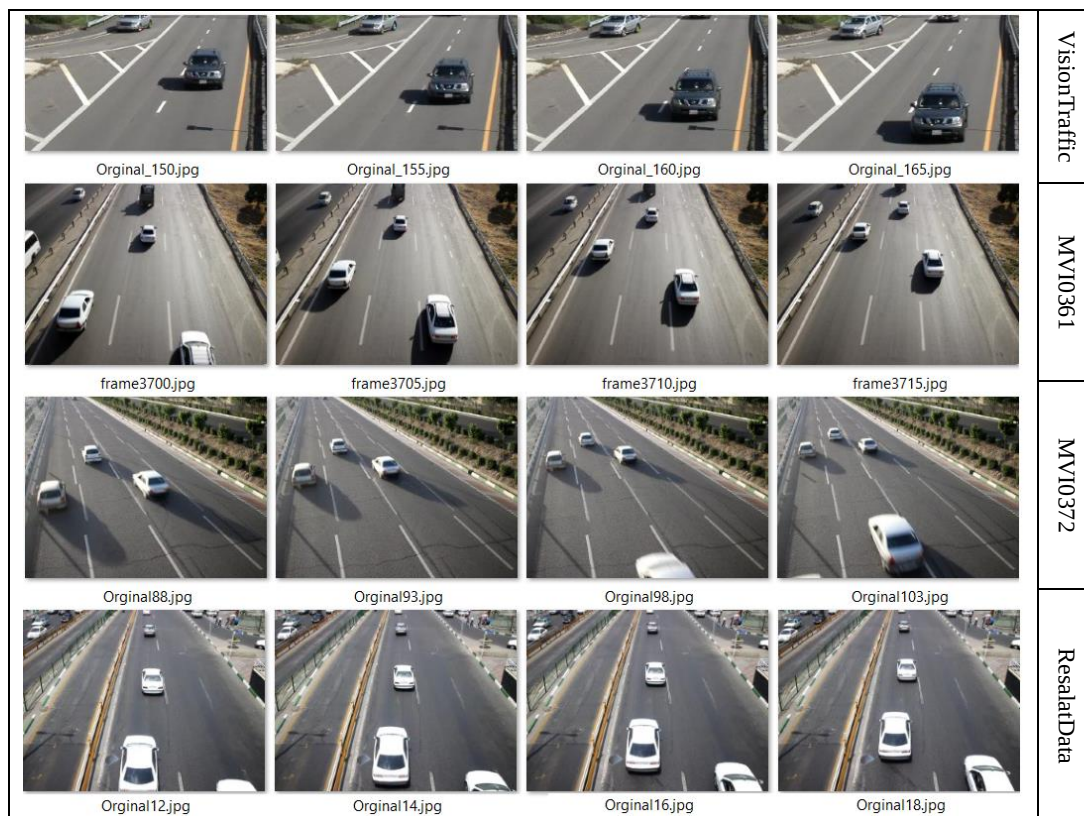
داده دوم MVI0361 مربوط به بزرگراه امام علی (ع) می باشد که در فصل تابستان و در ساعات ۱۷ تا ۱۸ اخذ

هر کدام از داده ها دارای ویژگی ها و شرایط خاصی می باشند. داده VisionTraffic یکی از داده های آماده موجود در جعبه ابزار متلب می باشد.

زمان اخذ داده در ساعاتی از روز بوده، که سایه ماشین ها خیلی کم و همچنین تراکم خودروها در این نوع

نسبت به داده‌های قبلی خیلی بیشتر بوده است. تراکم خودروها هم در این داده‌ها بیشتر از دو داده قبلی می‌باشند. آخرین داده ResalatData که مربوط به بزرگراه رسالت در تهران می‌باشد. این داده در ساعاتی از روز تهیه شده که خودروها بدون سایه می‌باشند. علت استفاده از این داده به منظور ارزیابی روش پیشنهادی در زمانی که خودروها سایه نداشته باشند. در ادامه نمونه‌ای از این نوع داده‌ها در شکل ۶ نشان داده شده است.

گردیده است. شدت تابش آفتاب، طول سایه و تراکم خودروها در این داده نسبت به داده قبلی بیشتر بوده است. داده سوم MVI0372 برای اتوبان بابایی در شهر تهران می‌باشد. این داده در یک روز پاییزی بین ساعات ۱۶ تا ۱۷ اخذ گردیده است. شدت آفتاب در این داده خیلی کم می‌باشد به نحوی که روی سطح آسفالت جایی که سایه قرار دارد با جایی که سایه ندارد، تفاوت چندانی ندارند. طول سایه این داده به دلیل زیاد بودن میل خورشید در این فصل،



شکل ۶- نمونه‌ای از فریم‌های ورودی برای سه نوع داده

پردازش‌های لازم همانند نرمال‌سازی جهت حذف نویز روی فریم‌ها صورت گرفته است. نمونه‌ای از فریم‌های استخراج شده برای هر چهار نوع در نشان شکل ۷ داده شده است.

۴-۱- پیش پردازش

تمام فریم‌های مربوط به داده‌های موجود را با استفاده از ابزارهای تعریف شده در متلب استخراج، و برخی پیش-



شکل ۷- نمونه‌ای از فریم‌های ورودی برای چهار نوع داده بعد از اعمال پیش پردازش

می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تصاویر نسبت به حالت قبل از پیش پردازش تغییر چشم‌گیری نکرده است.

تصاویر نشان داده شده در شکل ۷، بعد از نرمال کردن تصاویر و همچنین اعمال فیلتر میانه جهت حذف نویزها

دلیل این موضوع آن است که در تصاویر موجود نویز زیادی وجود ندارد و تصاویر ویدیویی در یک شرایط خاص و مناسب اخذ گردیده است. دلیل اصلی انجام پیش پردازش بالا بردن درصد اعتمادپذیری داده ها برای ادامه کار می باشد.

۴-۲- استخراج ویژگی

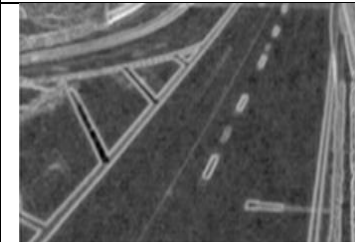
بعد از این که فریم ها از روی فیلم ویدیویی استخراج شود، باید تصویر پس زمینه را استخراج کرد. برای این کار از بین تمام فریم های استخراج شده، با استفاده از روش میانه به استخراج پس زمینه پرداخت. برای به هنگام سازی پس زمینه باید در هر مرحله یک پس زمینه جدید پیدا کرد. با این کار می توان یک مدل پس زمینه ای داشت که قابلیت به هنگام شدن در برابر تغییر شرایط نوری را دارا باشد. براساس تئوری یاد شده در بخش ۳ ویژگی های بافتی را از تصویر استخراج و به همه پیکسل های مربوط به فریم های پیش زمینه و پس زمینه وزنی اختصاص داده شود.

به طور کلی در این تحقیق از ترکیب چندین ویژگی بافتی برای وزن دهی استفاده شده است. ویژگی های بافتی شامل آنتروپی، واریانس، انرژی، بازه، کنتراست، همبستگی و همگنی می باشند.

نتایج وزن دهی به فریم های پیش زمینه و پس زمینه براساس ترکیبی از ویژگی های بافتی در شکل ۸ نشان داده شده است.

همان طور که در شکل ۸ نشان داده شده است، وزن یا درجه خاکستری که به محدوده مربوط به خودروها داده می شود کاملاً متفاوت از پس زمینه می باشد. اما وزنی که به سایه ها اختصاص داده می شود با سطح آسفالت یا به عبارت بهتر با تصویر پس زمینه تقریباً یکسان است.

نتایج به دست آمده از این شکل، نشان بر تائید این موضوع از لحاظ بصری می باشد. اهمیت این موضوع زمانی مشخص می شود که با استفاده از عمل تفاضل پس زمینه خودروها را استخراج کرد. چون در آن صورت به راحتی با یک تفاضل ساده می توان خودروها را استخراج و سایه ها را حذف کرد. در ادامه کار به نحوه استخراج خودروها پرداخته خواهد شد.

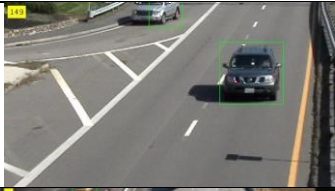
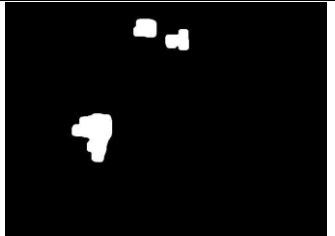
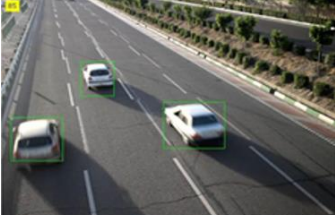
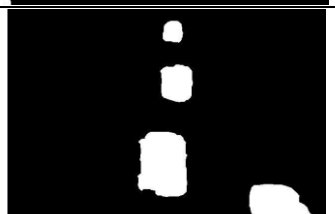
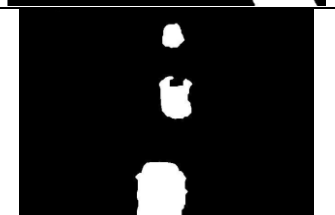
پس زمینه	پیش زمینه	داده
		
		
		

شکل ۸- نتایج استخراج ویژگی های بافتی و وزن دهی به فریم های پس زمینه و پیش زمینه

مربوط به خودروهای متحرک هستند شناسایی می شوند و سایه خودروها هم از خود خودروها حذف می شوند. در شکل ۹ نتایج مربوط به عمل تفاضل با پس زمینه در هر سه حالت برای چهار نوع داده نشان داده شده است.

۴-۳- استخراج خودرو

برای تشخیص خودروها از روش تفاضل فریم ورودی با پس زمینه استفاده می شود. در نهایت براساس استدلالی که برای وزن دهی به فریم ها وجود دارد، پیکسل های که

داده	تصویر خاکستری	تصویر باینری	خودروی استخراج شده
VisionTraffic			
			
MV10361			
			
MV10372			
			
ResalatiData			
			

شکل ۹- نتایج مربوط به تفاضل پس زمینه

همان طور که از شکل ۹ ستون اول مشاهده می شود، جاهایی که وزن های اعمال شده به تصویر جاری نسبت به تصویر پس زمینه مربوطه به میزان کمی متفاوت باشند، بعد از عمل تفاضل به وضوح دیده می شود (موقعیت خودروها یا لبه سایه ها و ...). همان گونه که قبلا بیان شد، محدوده خودروها از لحاظ بافتی خیلی متفاوت تر از محیط اطراف یا به عبارتی دیگر نسبت به همان محدوده خودرو در تصویر پس زمینه کاملاً متفاوت می باشد. از طرف دیگر وزن مربوط به محدوده سایه نسبت به پس زمینه تفاوت چندانی ندارند. این امر باعث شده است که وقتی عمل تفاضل صورت می گیرد خودروها چون متفاوت از پس زمینه می باشند استخراج و سایه خودروها به دلیل تفاوت ناچیز با پس زمینه حذف می شوند.

در بعضی از نقاط برخی از پیکسل های تصویر به خصوص لبه های بیرونی مربوط به سایه ها به دلیل ضعف الگوریتم در وزن دهی، به صورت اشتباه به عنوان خودرو شناسایی شده است. همچنین ممکن است دو خودرو به یکدیگر متصل شده باشند و یا قسمت های مختلف یک خودرو از آن خودرو جدا شده باشد. این کار منجر به ایجاد خطاهایی در مراحل بعدی پردازش به خصوص در مرحله تشخیص خودروها می شود. بنابراین در این بخش از روش های ریخت شناسی موجود در حوزه پردازش تصویر جهت برطرف کردن این نواقص استفاده خواهد شد. مراحل بکار گرفته شده برای بهبود گام تشخیص خودروها به ترتیب در ادامه شرح داده خواهند شد.

ابتدا جهت ساده شدن پردازش های بعدی، آستانه ای بر روی تصویر تفاضل برای تبدیل این تصویر سطح خاکستری به تصویری دوسطحی، اعمال خواهد شد. برای اعمال این آستانه از روش رایج اتسو استفاده شده است. این روش با توجه به توزیع شدت رنگ های موجود در تصویر، به شیوه ای خودکار آستانه ای را جهت دوسطحی کردن تصویر انتخاب می کند. مقدار درصد خروجی روش اتسو برای هر فریم با فریم دیگر متفاوت می باشد به عنوان مثال در یکی از فریم ها ۸,۶ درصد بوده است. این مقدار بدین معنی است که ۸,۶ درصد از پیکسل های تصویر برابر ۱ و ۹۱,۴ درصد از پیکسل های تصویر برابر صفر در نظر گرفته می شوند.

اولین عملگر ریخت شناسی که می توان استفاده کرد، عملگر بستن^۱ می باشد. این عملگر از یک مؤلفه ساختاری^۲

استفاده کرده و به تدریج این مؤلفه ساختاری را بر روی قسمت های مختلف تصویر حرکت داده و باعث کوچک تر شدن و جمع شدن خودروهای موجود در تصویر می شود. همچنین این عملگر منجر به پر شدن فضای خالی ایجاد شده در محدوده خودروهای استخراج شده می شود. برای مؤلفه ساختاری در بخش بستن، از سه بردار با اندازه $۱*۲۰$ در سه زاویه ۰ درجه، ۴۵ درجه و ۹۰ درجه استفاده شده است. دلیل انتخاب این مؤلفه ساختاری این است که اکثر نویزهای موجود در تصویر مربوط به لبه سایه ها می باشد که به صورت خطی و باریک ولی پیوسته می باشند. با اعمال این مؤلفه ساختاری علاوه بر حذف نویزهای نقطه ای، نویزهای خطی هم به راحتی حذف می شوند. همچنین باعث می شود که حفره های مربوط به محدوده خودروها هم پر می شوند.

شکل ۹ ستون دوم نتیجه حاصل از اعمال عملگر ریخت شناسی بستن بر روی فریم های هر مجموعه داده نشان داده است.

پس از اعمال عملگر بستن و استخراج مناسب خودروها، مؤلفه های همبند از درون تصاویر با استفاده از امکانات موجود در نرم افزار متلب، استخراج می شوند. درواقع مؤلفه های همبند، توصیفی از ناحیه اشغال شده توسط خودرو در تصویر می باشند که این ناحیه یک همسایگی را در فضای تصویر تعریف می کند. با استخراج مراکز مؤلفه های همبند به دست آمده در مرحله قبل، مراکز تقریبی خودروها به دست می آیند. برای به دست آوردن دقیق تر مراکز خودروها، بر روی هریک از خودروهای استخراج شده، مستطیلی محاطی رسم می شود. مرکز این مستطیل محاطی به عنوان مرکز ثقل یا موقعیت خودرو استخراج می شود.

شکل ۹ ستون سوم نتایج مستطیل های محاطی رسم شده بر روی هریک از خودروها را نشان می دهد.

۴-۴- معیارهای ارزیابی

نتایج هیچ پژوهشی قابل اعتماد نیست، مگر زمانی که صحتش ارزیابی شده باشد. صحت، یعنی سطح تطابق بین برچسب های پیکسل های خروجی از روش پیشنهادی و برچسب های مبتنی بر داده های مرجع، که بانام داده صحیح مرجع شناخته می شود [۴۳، ۴۴].

^۲ Structure Element

^۱ Closing

می‌شود. نرخ تشخیص درست، در حقیقت، معیاری از شاخص جامع بودن^۶ (کامل بودن) است. این شاخص در واقع نشان‌دهنده‌ی کسری از پیکسل‌های واقعی کلاس موردنظر (کلاس مربوط به خودروها) است که در روش پیشنهادی به‌درستی در کلاس خود قرار گرفتند. به بیان دیگر کامل بودن، بیانگر درصدی از پیکسل‌های کلاس مرجع است که به‌درستی در کلاس استخراج‌شده وجود دارد [۴۵].

$$HR = \frac{TP}{TP + FN} \quad (11)$$

HR نشان‌دهنده درصدی از پیکسل‌های خودرو است که به‌درستی تشخیص داده‌شده است. هرچقدر به یک نزدیک‌تر باشد یعنی درصد بیشتری از پیکسل‌های خودرو را تشخیص داده است. این معیار به‌تنهایی نشان‌دهنده دقت بالا در تشخیص خودروها نیست و کاملاً وابسته به معیار دیگری به اسم FAR می‌باشد.

۴-۴-۲- نرخ تشخیص اشتباه^۷

نرخ تشخیص اشتباه تقسیم مجموع تعداد پیکسل‌های شناسایی‌شده توسط الگوریتم پیشنهادی که به‌اشتباهی طبقه‌بندی‌شده است بر کل پیکسل‌ها را نشان می‌دهد [۴۳].

$$FAR = \frac{FP + FN}{TP + FN + TN + FP} \quad (12)$$

FAR درصدی از پیکسل‌ها را نشان می‌دهد که به‌اشتباه به‌عنوان خودرو شناسایی‌شده است. میزان FAR هرچقدر به صفر نزدیک‌تر باشد، یعنی درصد کمتری از پیکسل‌ها به‌اشتباه به‌عنوان خودرو شناسایی‌شده است. برعکس این قضیه هرچقدر به یک نزدیک‌تر باشد ضعف روش مربوطه را نشان می‌دهد.

۴-۴-۳- شاخص دقت کلی^۸

صحت کل (OA) از نسبت تعداد پیکسل‌های خودروهایی که به‌درستی به کلاس خود ربط گرفته‌اند به تعداد کل پیکسل‌ها یا خودروها محاسبه می‌شود [۴۴، ۴۳].

$$OA = \frac{(TP + TN)}{(TP + FN + TN + FP)} \quad (13)$$

در حقیقت برابر با تقسیم مجموع درایه‌های قطر اصلی ماتریس ابهام به تعداد کل نمونه‌ها می‌باشد. OA به‌طور کلی

معیارهای مناسب برای صحت استخراج خودرو را می‌توان با معیارهای عملکرد طبقه‌بندها فراهم ساخت چون تصاویر خروجی شناسایی خودرو در واقع به دو کلاس صفر و یک تقسیم‌بندی می‌شوند. کلاس یک مربوط به خودرو و کلاس صفر مربوط به غیر خودرو می‌باشد. ابزار معمولی که برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی استفاده می‌شود برحسب یک ماتریس ابهام (یا خطا) می‌باشد [۴۵]. یک ماتریس ابهام، یک آرایه مربع با ابعاد $n \times n$ است، که n تعداد کلاس‌ها را نشان می‌دهد. در این تحقیق فقط دو کلاس داریم. این ماتریس، رابطه بین دو نمونه از اندازه‌گیری‌ها از منطقه‌ای که برچسب دهی شده است را نشان می‌دهد. مجموعه اول داده مرجع را نشان می‌دهد که به‌صورت دستی خودروها استخراج شده‌اند. مجموعه دوم، از برچسب پیکسل‌هایی تشکیل‌شده است که به‌وسیله روش پیشنهادی استخراج‌شده‌اند.

جدول ۲- ماتریس ابهام

ماتریس ابهام		نقشه مرجع (واقعیت مرجع)	
		شناسایی شده	شناسایی نشده
نتایج حاصل از روش پیشنهادی	شناسایی شده	TP	FP
	شناسایی نشده	FN	TN
	مجموع	TP+FN	FP+TN
		FP+TP+TN+FN	FP+TN

ستون‌های ماتریس ابهام داده مرجع را نشان می‌دهند و سطرهای آن، برچسب‌های اختصاص داده‌شده توسط روش پیشنهادی را نشان می‌دهند. در این ماتریس TP^۱ تعداد نقاطی است که در هر دو مجموعه داده‌ها برچسب توصیفی برای آن شناسایی‌شده است، درحالی‌که TN^۲ تعداد نقاطی را مشخص می‌کند که در هر دو داده مورد شناسایی واقع نشده باشد. همچنین FP^۳ تعداد نقاطی هستند که توسط روش پیشنهادی به‌اشتباه شناسایی‌شده‌اند. درنهایت FN^۴ تعداد نقاطی است که توسط روش پیشنهادی به‌اشتباه مورد شناسایی واقع نشده است.

۴-۴-۱- نرخ تشخیص درست^۵

برای هر کلاس اطلاعاتی در ماتریس ابهام، نرخ تشخیص درست به‌وسیله تقسیم درایه (i,j) به مجموع ستون i محاسبه

^۱ True Positive

^۲ True Negative

^۳ False Positive

^۴ False Negative

^۵ Hit Rate

^۶ Completeness

^۷ False Alarm Rate

^۸ Overall accuracy

برآیند دو معیار HR و FAR می باشد، که به عنوان OA شناخته شده است می تواند نشان دهنده دقت در تشخیص دقیق خودروها باشد. در اینجا چون مسئله سایه مطرح است بنابراین سایه ها به عنوان پیکسل های اشتباه طبقه بندی می شوند. در نتیجه مقدار FAR در هر روش پیشنهادی هرچه کمتر و معیار OA بیشتر باشد یعنی آن روش بهتر توانسته خودروها را شناسایی و سایه ها را حذف کند.

۴-۴-۴-۴ معیار MODP^۱

معیار دیگری برای ارزیابی روش پیشنهادی در شناسایی خودرو MODP [۴۶] می باشد. در این معیار از رابطه هم پوشانی خاصی بین داده های مرجع و روش پیشنهادی، مطابق رابطه زیر استفاده شده است.

$$\text{Overlap Ratio} = \sum_{i=1}^{N_{\text{mapped}}^t} \left| \frac{G_i^{(t)} \cap D_i^{(t)}}{G_i^{(t)} \cup D_i^{(t)}} \right| \quad (14)$$

$$\text{MODP} = \frac{\text{Overlap Ratio}}{N_{\text{mapped}}^t}$$

در این رابطه، $G_i^{(t)}$ و $D_i^{(t)}$ بیانگر عارضه واقعی و استخراج شده t ام در فریم t ام می باشند. همچنین N_{mapped}^t مشخص کننده تعداد عارضه تصویر شده در فریم t ام می باشد. MODP میزان هم پوشانی تمام خودروهای شناسایی شده در یک فریم نسبت به فریم مرجع را نشان می دهد. هرچقدر بیشتر باشد نشان دهنده هم پوشانی و انطباق بهتر خودروهای شناسایی شده با داده های مرجع می باشد.

۴-۴-۵-۴ معیار MOTP^۲

در اینجا هم برای ارزیابی و سنجش توانایی روش پیشنهادی برای ردیابی خودروها در چندین فریم متوالی، از معیار دیگری به نام MOTP [۴۶] استفاده شده است. این روش مبتنی بر رابطه هم پوشانی بین مراکز داده های مرجع و روش پیشنهادی می باشد.

$$\text{MOTP} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{mapped}}} \sum_{t=1}^{N_{\text{frames}}} \left| \frac{G_i^{(t)} \cap D_i^{(t)}}{G_i^{(t)} \cup D_i^{(t)}} \right|}{\sum_{j=1}^{N_{\text{frames}}} N_{\text{mapped}}^j} \quad (15)$$

در رابطه بالا N_{mapped} مشخص کننده تعداد عارضه تصویر شده در فریم t ام می باشد. N_{frames} تعداد فریم های

متوالی که مورد ارزیابی واقع شده است. $G_i^{(t)}$ و $D_i^{(t)}$ به ترتیب بیانگر عارضه واقعی و استخراج شده t ام در فریم t ام می باشد. MOTP هم معیار دیگری برای ردیابی خودروها در چندین فریم متوالی می باشد. هرچه بیشتر باشد نشان دهنده این است که آن روش با دقت بالاتری توانسته خودروها را در چندین فریم متوالی ردیابی کند.

۴-۵- نتایج ارزیابی

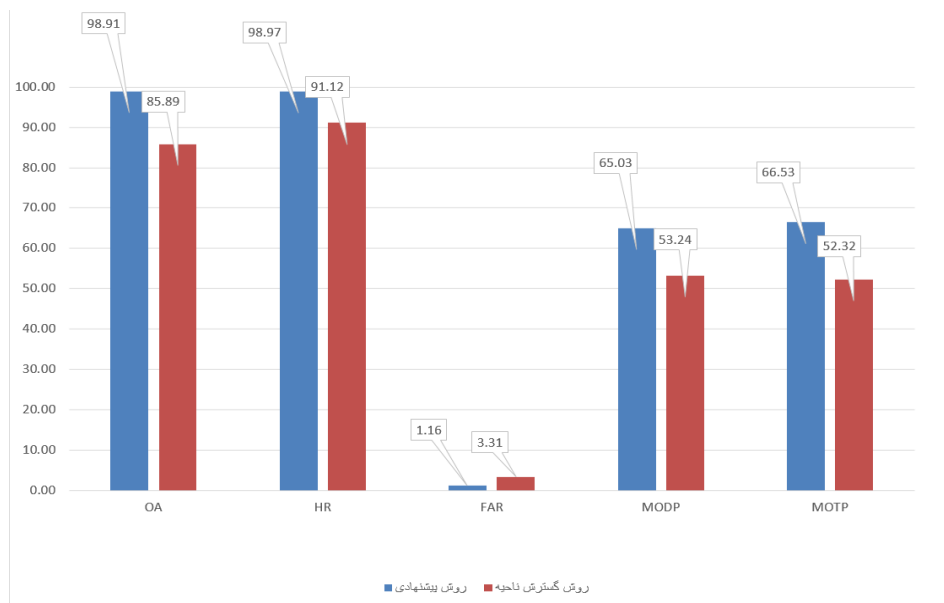
در ادامه برای به دست آوردن میزان دقت و قابلیت اعتماد روش پیشنهادی در تشخیص خودروها براساس معیارهای یاد شده به طور اتفاقی ۱۰ فریم از هر مجموعه داده انتخاب می شوند. به صورت دستی روی این فریم های انتخابی موقعیت دقیق خودروها مشخص می شود. از این داده ها به عنوان داده مرجع (GroundTruth) در ارزیابی استفاده می شود. در این تحقیق سه حالت جهت وزن دهی برای تشخیص و حذف سایه خودروها ارائه شده است.

در مرحله اول ارزیابی، باید مقایسه ای بین روش پیشنهادی و روش ارائه شده در [۱] که به روش گسترش ناحیه معروف می باشد، صورت بگیرد. روش ارائه شده برای وزن دهی و حذف سایه خودروها مبتنی بر تکنیک گسترش ناحیه می باشد. بعد از این ارزیابی مقایسه دیگری بین دو روش یاد شده و دو روش معمول و ساده مد و میانه صورت می گیرد. دلیل این امر نشان دادن درصد توانایی یا عدم توانایی روش پیشنهادی برای زمانی که خودروها سایه ندارند، می باشد. در نهایت روش پیشنهادی با چندین روش متفاوت دیگر جهت حذف سایه خودروها مقایسه خواهد شد. شکل ۱۰ نشان داده شده است.

همان طور که در نمودارهای شکل ۱۰ نشان داده شده است، میانگین مقادیر HR در روش پیشنهادی بیشترین مقدار و در روش گسترش ناحیه کمترین مقدار را دارند. این مقادیر برای روش پیشنهادی و روش گسترش ناحیه به ترتیب برابر با ۹۸،۹۷ و ۹۱،۱۲ می باشند. میزان FAR که نشان دهنده درصد تشخیص اشتباه می باشد و هرچه کمتر باشد بهتر است. میزان FAR در روش گسترش ناحیه ۳،۳۱ و در روش پیشنهادی ۱،۱۶ می باشد. معیار OA برآیند دو معیار HR و FAR می باشد که نشان دهنده دقت کلی شناسایی خودرو را نشان می دهد. میزان OA هم برای روش پیشنهادی ۹۸،۹۱ و برای روش گسترش ناحیه برابر ۸۵،۸۹ می باشد. مقادیر MODP و MOTP در روش پیشنهادی به ترتیب بیشترین مقدار ۶۵،۰۳ و ۶۶،۵۳ و در روش گسترش ناحیه هم کمترین مقدار ۵۳،۲۴ و ۵۲،۳۲ را دارند.

^۱ Multi Object Detection Precision

^۲ Multi Object Tracing Precision



شکل ۱۰- نتایج به دست آمده برای سه روش پیشنهادی جهت حذف سایه خودروها

ورودی نیز سطح خاکستری بوده وزن دهی شده نیستند. داده‌های که مورد استفاده قرار گرفته به ترتیب ResalatData که در آن خودروها بدون سایه می‌باشند. داده‌های VisionTraffic، MVI0361 و MVI0372 که طول سایه‌های آنها به ترتیب از کم به زیاد می‌باشند. یعنی داده VisionTraffic کمترین طول سایه و MVI0361 بیشترین طول سایه را دارد. طول سایه خودروها بر روی نتایج نهایی شناسایی خودروها تأثیر دارد. در ادامه میزان این اثر به صورت کمی نشان داده شده است. نتایج مربوط به ارزیابی صورت گرفته روش پیشنهادی با روش‌های میانه و میانگین‌گیری در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان به این نتیجه رسید که روش پیشنهادی نسبت به روش گسترش ناحیه، دارای دقت بالاتری می‌باشد و در شناسایی و ردیابی خودروها بهتر عمل کرده است. همچنین روش گسترش ناحیه به دلیل اینکه نیاز به نقطه جستجو دارد بنابراین سرعت محاسبه کمتری هم نسبت به روش پیشنهادی دارند. در مرحله بعدی برای ارزیابی، روش پیشنهادی را با روش‌های معمول میانه و میانگین‌گیری که مبتنی بر عمل تفاضل پس‌زمینه می‌باشند، مقایسه شده است. در روش‌های میانه و میانگین‌گیری تصویر پس‌زمینه از میانه یا میانگین چند فریم ورودی و بدون وزن‌دهی تولید می‌شود. فریم‌های



شکل ۱۱- نتایج ارزیابی مربوط به مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های میانه و میانگین‌گیری

همان طور که در شکل ۱۱ نشان داده شده، رنگ آبی نشان دهنده روش پیشنهادی می باشد. رنگ قرمز مربوط به روش میانه و همچنین رنگ سبز برای روش میانگین می باشد. در شکل ۱۱ ستون هر کدام از نمودارها درصد معیار و سطر آنها نوع مورد استفاده را نشان می دهد.

طول سایه خودروها در این مجموعه داده ها از چپ به راست به ترتیب از کم به زیاد افزایش پیدا می کنند. با توجه به نتایج جدول متوجه این موضوع خواهیم شد که داده ResalatData چون خودروها سایه ندارند، مقادیر مربوط به معیارهای HR، OA، FAR و MODP در روش های میانه و میانگین نسبت به روش پیشنهادی یا بیشتر بوده و یا اینکه تقریباً برابر می باشند. این نتایج نشان بر این است زمانی که خودروها بدون سایه می باشند روش های متداول و معمول میانه و میانگین گیری تفاوت چندانی با روش پیشنهادی ندارند و در بعضی مواقع هم تا حدودی دو روش مد و میانه بهتر عمل می کنند. در روش پیشنهادی از ویژگی بافت برای وزن دهی و شناسایی خودروها استفاده می شود. این امر باعث می شود که به اشتباه قسمت های از خودرو همانند قسمت های از شیشه خودرو و غیره را به عنوان سایه شناسایی می کند. بنابراین در حالتی که خودروها سایه نداشته باشند دقت روش پیشنهادی نسبت به روش های میانه و میانگین گیری بسته به نوع شاخص ارزیابی حدود ۱ تا ۲ درصد کمتر یا نهایتاً برابر می شود. در ادامه با توجه به نتایج داده های دیگری که بدست آمده است، می توان به این نتیجه رسید که

هرچقدر طول سایه ها بیشتر می شود توانایی روش پیشنهادی نسبت به روش های میانه و میانگین بیشتر و بیشتر می شود. برای داده VisionTraffic مقادیر HR، OA، FAR و MODP در روش پیشنهادی تفاوت زیادی با دو روش دیگر ندارد چون طول سایه در این داده ها کمتر می باشد. بنابراین این نتایج نشان بر این است که در شناسایی و ردیابی خودروها در چند فریم متوالی تا حدودی اختلال ایجاد نخواهد شد. برای داده MVI0372 و MVI0361 چون طول سایه ها خیلی زیاد می باشد، مقادیر معیارهای HR، OA، FAR و MODP در روش پیشنهادی زیاد و در روش های میانه و میانگین به شدت کاهش پیدا کرده است. برعکس میزان FAR در روش پیشنهادی کمتر و در دو روش دیگر به شدت افزایش پیدا کرده و از ۱ درصد به ۶۸ درصد رسیده است. با توجه به این مقادیر می توان فهمید که در روش های میانه و میانگین ۶۸ درصد از پیکسل های مربوط به خودروهای که شناسایی شده اند، سایه بوده است. در روش پیشنهادی فقط یک درصد از پیکسل ها را به اشتباه به عنوان خودرو شناسایی کرده است. در حالت بعدی برای ارزیابی، روش پیشنهادی با دو روش دیگر در زمینه حذف سایه مقایسه شده است. مقایسه روش پیشنهادی برای حذف سایه با این دو روش براساس معیارهای یادشده در قسمت فوق صورت می گیرد. در جدول ۳ مقایسه چندین روش دیگر با روش پیشنهادی در میزان توانایی حذف سایه خودروها را نشان می دهد.

جدول ۳- مقایسه چندین روش دیگر با روش پیشنهادی در میزان توانایی حذف سایه خودروها

روش	معیار	OA (درصد)	HR (درصد)	FAR (درصد)	MODP (درصد)	MOTP (درصد)	مرجع
روش اول		۹۱,۳۸	۹۴,۴۵	۳,۱۲۷	۴۹,۱۱	۶۰,۶۵	[۳۶]
روش دوم		۹۳,۲۹	۹۷,۲۳	۴,۹۲	۵۱,۶۴	۶۱,۳۲	[۶]
روش پیشنهادی		۹۸,۹۲	۹۸,۹۷	۱,۱۶	۶۵,۰۳	۶۶,۷۸	

جدول ۳ نتایج مربوط به مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش های حذف سایه می باشد. همان طور که مشاهده می شود میزان OA در روش پیشنهادی بیشترین مقدار و برابر ۹۸,۹۲ و در روش اول کمترین مقدار ۹۱,۳۸ را دارند. میزان HR در روش اول کمترین مقدار ۹۴,۴۵ و در دو روش پیشنهادی و روش دوم تقریباً برابر بوده است و به عبارتی در هر دو روش به یک درصد برابری پیکسل های

مربوط به خودروها را شناسایی کرده اند. تنها تفاوت آنها در میزان FAR می باشد که در روش پیشنهادی ۱,۱۶ و در روش دوم برابر با ۴,۹۲ می باشد. این نتایج نشان می دهد روش پیشنهادی حدود ۴ درصد بهتر از روش دوم سایه خودروها را از خود خودروها تشخیص و حذف کرده است. همچنین نتایج بدست آمده در جدول ۳ ستون پنجم و ششم نشان بر این است که معیار MODP در روش

پایاده سازی و ارزیابی مورد استفاده قرار گرفته است. معیارهای مورد استفاده برای نشان دادن دقت و قابلیت اعتماد سیستم در شناسایی خودروها OA, HR, FAR, MODP و MOTP می باشند. با استفاده از این معیارها روش پیشنهادی با روش گسترش ناحیه [1] و نیز دو روش رایج دیگر میانه و میانگین گیری مقایسه و ارزیابی شده است. در حالتی که خودروها سایه نداشته باشند دقت روش پیشنهادی نسبت به روش های میانه و میانگین گیری بسته به نوع شاخص ارزیابی حدود ۱ تا ۲ درصد کمتر یا نهایتاً برابر می شود. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده در جدول ۳ دقت کلی روش پیشنهادی در شناسایی خودروها نسبت به چندین روش ارائه شده در حذف سایه ها بسته به معیار مورد ارزیابی از ۲ درصد تا ۱۵ درصد بهتر و متغیر خواهد بود. همچنین بهبود نسبی دقت روش پیشنهادی نسبت به روش گسترش ناحیه بسته به شاخص ارزیابی از ۲ درصد تا ۱۴ درصد متغیر خواهد بود. به منظور ادامه و تکمیل تحقیقات صورت گرفته در زمینه شناسایی خودروها و حذف سایه خودروها پیشنهاد می گردد:

- ۱- از چندین داده مختلف دیگر که در شرایط مختلف و زمان های مختلفی اخذ شده، استفاده شود.
- ۲- استفاده از سایر ویژگی های رنگی و بافتی غیر آماری.
- ۳- شناسایی خودروها براساس ساختار هندسی

پیشنهادی حدود ۶۵,۰۳ درصد می باشد که در مقایسه با دو روش دیگر حدود ۱۵ درصد بیشتر با داده های مرجع انطباق یا هم پوشانی داشته باشد. بنابراین روش پیشنهادی در شناسایی خودروها در فریم ها نسبت به دو روش دیگر تا حدودی عملکرد بهتری داشته است. مقدار کمی MOTP در روش پیشنهادی برابر ۶۶,۷۸ و در دو روش دیگر تقریباً برابر ۶۰,۵ درصد می باشد. بنابراین برای ردیابی خودروها در چندین فریم متوالی روش پیشنهادی نسبت به دو روش دیگر در این معیار هم عملکرد خوبی داشته است و حدود ۶ درصد نسبت به دو روش دیگر بهتر عمل کرده است.

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

هدف اصلی در این تحقیق، بهبود روش گسترش ناحیه [۱] می باشد. در روش پیشنهادی، تفاضل فریم مبتنی بر ترکیبی از ویژگی های بافت برای حذف سایه خودروها با هدف و افزایش دقت در استخراج خودروها می باشد. برای این منظور، قبل از عمل تفاضل تصاویر پس زمینه و پیش زمینه براساس ترکیبی از انواع ویژگی های بافتی وزن دهی می شوند. وزنی که به تصاویر پس زمینه (آسفالت) و همچنین سایه ها اختصاص داده می شود از لحاظ کمی خیلی نزدیک به هم خواهند بود. بنابراین، به راحتی با عمل تفاضل می توان سایه ها را حذف و خودروها را هم دقیق شناسایی کرد. در این تحقیق چهار پایگاه داده جهت

مراجع

- [1] A.karami, M.varshosaz, M.soryani, " Provide a new method for detecting vehicles using the region growing method ", Master thesis Department of Remote Sensing and Photogrammetry, K.N.Toosi University of Technology, Faculty of geomatics in 2017.
- [2] J. K. Aggarwal and Q. Cai, "Human motion analysis: A review," in Nonrigid and Articulated Motion Workshop, 1997. Proceedings., IEEE, 1997, pp. 90-102.
- [3] A. Prati, I. Mikic, C. Grana, and M. M. Trivedi, "Shadow detection algorithms for traffic flow analysis: a comparative study," in Intelligent Transportation Systems, 2001. Proceedings. 2001 IEEE, 2001, pp. 340-345.
- [4] J. Yoon, C. Koch, and T. J. Ellis, "ShadowFlash: an approach for shadow removal in an active illumination environment," in BMVC, 2002, pp. 1-10.
- [5] A. Leone and C. Distanto, "Shadow detection for moving objects based on texture analysis," Pattern Recognition, vol. 40, pp. 1222-1233, 2007.
- [6] A. Kar and K. Deb, "Moving cast shadow detection and removal from Video based on HSV color space," in Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT), 2015 International Conference on, 2015, pp. 1-6.
- [7] J. S. Kulchandani and K. J. Dangarwala, "Moving object detection: Review of recent research trends," in Pervasive Computing (ICPC), 2015 International Conference on, 2015, pp. 1-5.

- [8] R. Guo, Q. Dai, and D. Hoiem, "Paired regions for shadow detection and removal," *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 35, pp. 2956-2967, 2013.
- [9] J.-H. Shim and Y.-I. Cho, "A Shadow Removal Method for a Mobile Robot Localization Using External Surveillance Cameras," *Procedia Computer Science*, vol. 56, pp. 150-155, 2015.
- [10] R. K. Sasi and V. Govindan, "Fuzzy split and merge for shadow detection," *Egyptian Informatics Journal*, vol. 16, pp. 29-35, 2015.
- [11] M. C. K. M. R. Ramachandran, "A Comparison of Shadow Detection Removal and Reconstruction Methods".
- [12] W. Yang, W. Guo, K. Peng, and L. Liu, "Research on removing shadow in workpiece image based on homomorphic filtering," *Procedia Engineering*, vol. 29, pp. 2360-2364, 2012.
- [13] A. Russell and J. J. Zou, "Moving shadow detection based on spatial-temporal constancy," in *Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS)*, 2013 7th International Conference on, 2013, pp. 1-6.
- [14] V. Jyothisree and S. Dharan, "Shadow detection using tricolor attenuation model enhanced with adaptive histogram equalization," *International Journal of Computer Science & Information Technology*, vol. 5, p. 147, 2013.
- [15] V. Chondagar, H. Pandya, M. Panchal, R. Patel, D. Sevak, and K. Jani, "A Review: Shadow Detection and Removal".
- [16] R. Zabihollahi and M. Soryani, "Vehicle Shadow Exclusion for a Vehicle Velocity Detection System," in *IMECS*, 2007, pp. 492-496.
- [17] A. V. Nandedkar, "An interactive shadow detection and removal tool using granular reflex fuzzy min-max neural network," *Proc. World Congr. Eng.*, vol. 2, pp. 4-7, 2012.
- [18] J.-M. Wang, Y.-C. Chung, C. Chang, and S.-W. Chen, "Shadow detection and removal for traffic images," in *Networking, Sensing and Control*, 2004 IEEE International Conference on, 2004, pp. 649-654.
- [19] J. C. S. Jacques, C. R. Jung, and S. R. Musse, "Background subtraction and shadow detection in grayscale video sequences," in *XVIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI'05)*, 2005, pp. 189-196.
- [20] O. Tuzel, F. Porikli, and P. Meer, "A bayesian approach to background modeling," in *2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)-Workshops*, 2005, pp. 58-58.
- [21] B. Chen, Y. Lei, and W. Li, "A novel background model for real-time vehicle detection," in *Signal Processing*, 2004. *Proceedings. ICSP'04. 2004 7th International Conference on*, 2004, pp. 1276-1279.
- [22] J.-W. Hsieh, W.-F. Hu, C.-J. Chang, and Y.-S. Chen, "Shadow elimination for effective moving object detection by Gaussian shadow modeling," *Image and Vision Computing*, vol. 21, pp. 505-516, 2003.
- [23] W. Zhang, X. Z. Fang, and Y. Xu, "Detection of moving cast shadows using image orthogonal transform ", in *18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'06)*, 2006, pp. 626-629.
- [24] Y. Lu, H. Xin, J. Kong, B. Li, and Y. Wang, "Shadow removal based on shadow direction and shadow attributes," in *2006 International Conference on Computational Intelligence for Modelling Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents Web Technologies and International Commerce (CIMCA'06)*, 2006, pp. 37-37.
- [25] T. Matsuyama, T. Wada, H. Habe, and K. Tanahashi, "Background subtraction under varying illumination," *Systems and Computers in Japan*, vol. 37, pp. 77-88, 2006.
- [26] R. Guo, Q. Dai, and D. Hoiem, "Single-image shadow detection and removal using paired regions," in *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2011 IEEE Conference on , 2011, pp. 2033-2040.
- [27] X. Liu, B. Dai, and H. He, "Real-time on-road vehicle detection combining specific shadow segmentation and SVM classification," in *Digital Manufacturing and Automation (ICDMA)*, 2011 Second International Conference on, 2011, pp. 888-890 .
- [28] N. Singh and A. Maxton, "A Survey on Shadow Detection Methods," *IJARCET*, Volume3, 2014.
- [29] S. Nadimi and B. Bhanu, "Moving shadow detection using a physics-based approach," in *Pattern Recognition*, 2002. *Proceedings. 16th International Conference on*, 2002, pp. 701-704.

- [30] K. Onoguchi, "Shadow elimination method for moving object detection," in Pattern Recognition, 1998. Proceedings. Fourteenth International Conference on, 1998, pp. 583-587.
- [31] J. Stander, R. Mech, and J. Ostermann, "Detection of moving cast shadows for object segmentation," IEEE Transactions on multimedia, vol. 1, pp. 65-76, 1999.
- [32] M. Qi, J. Dai, Q. Zhang, and J. Kong, "Cascaded cast shadow detection method in surveillance scenes," Optik-International Journal for Light and Electron Optics, vol. 125, pp. 1396-1400, 2014.
- [33] A. Tiwari, P. K. Singh, and S. Amin, "A survey on Shadow Detection and Removal in images and video sequences," in Cloud System and Big Data Engineering (Confluence), 2016 6th International Conference, 2016, pp. 518-523.
- [34] S. H. Khan, M. Bennamoun, F. Sohel, and R. Togneri, "Automatic shadow detection and removal from a single image," IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 38, pp. 431-446, 2016.
- [35] L. Shen, T. Wee Chua, and K. Leman, "Shadow optimization from structured deep edge detection," in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2015, pp. 2067-2074.
- [36] J. Dai and D. Han, "Region-based moving shadow detection using affinity propagation," Int. J. Signal Process. Image Process. Pattern Recogn, vol. 8, pp. 65-74, 2015.
- [37] R. C. Gonzales and P. Wintz, Digital image processing (2nd ed.): Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1987.
- [38] W. jian, "Study on Segmentation of Color Remote Sensing Image," Procedia Engineering, vol. 29, pp. 3312-3316, 2012.
- [39] J. Kim, J. W. Fisher III, A. Yezzi, M. Çetin, and A. S. Willsky, "A nonparametric statistical method for image segmentation using information theory and curve evolution," Image Processing, IEEE Transactions on, vol. 14, pp. 1486-1502, 2005.
- [40] A. Materka and M. Strzelecki, "Texture analysis methods—a review," Technical university of lodz, institute of electronics, COST B11 report, Brussels, pp. 9-11, 1998.
- [41] Y. Li, X. Xu, B.-D. Bai, and Y.-N. Zhang, "Remote sensing image fusion based on fast discrete curvelet transform," in 2008 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2008, pp. 106-109.
- [42] Y.-H. Yang and M. D. Levine, "The background primal sketch: an approach for tracking moving objects," Machine Vision and applications, vol. 5, pp. 17-34, 1992.
- [43] A. Hakeem, K. Shafique, and M. Shah, "An object-based video coding framework for video sequences obtained from static cameras," in Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia, 2005, pp. 608-617.
- [44] K. Gupta and A. V. Kulkarni, "Implementation of an automated single camera object tracking system using frame differencing and dynamic template matching," in Advances in Computer and Information Sciences and Engineering, ed: Springer, 2008, pp. 245-250.
- [45] X. Deng, Q. Liu, Y. Deng, and S. Mahadevan, "An improved method to construct basic probability assignment based on the confusion matrix for classification problem," Information Sciences, vol. 340, pp. 250-261, 2016.
- [46] R. Kasturi, D. Goldgof, P. Soundararajan, V. Manohar, M. Boonstra, and V. Korzhova, "Performance evaluation protocol for face, person and vehicle detection & tracking in video analysis and content extraction (VACE-II)," Computer Science & Engineering University of South Florida, Tampa, 2006.