

حذف سایه خودروها در تصاویر ویدئویی با استفاده از ویژگی آنروپی و فاصله اقلیدسی

علی کریمی^{۱*}، مسعود ورشوساز^۲، محسن سریانی^۲، محمد شکری^۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۲- دانشیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۳- دانشیار گروه هوش مصنوعی، دانشکده کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران
- ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۴/۰۳

چکیده

تشخیص حرکت خودرو در تصاویر ویدئویی به‌عنوان یک موضوع کلیدی در مباحث بینایی کامپیوتر محسوب می‌گردد. در سال‌های اخیر، روش‌های گوناگونی به‌منظور استخراج خودروها پیشنهاد شده است. یکی از مشکلات اصلی تشخیص خودروها در سیستم‌های پردازش تصویر، سایه خودروها است. سایه خودروها به‌دلیل پیوستگی که با خود خودرو دارند، باعث تغییر ظاهر واقعی خودرو و همچنین اتصال خودروهای اطراف به یکدیگر می‌شوند. هدف اصلی در این تحقیق ارائه یک روش بهینه در زمینه حذف سایه خودروها با استفاده از ویژگی آنروپی و فاصله اقلیدسی می‌باشد. با استفاده از ویژگی‌های یاد شده، به هرکدام از پیکسل‌های تصویر یک وزن اختصاص داده می‌شود. وزنی که به پیکسل‌های مربوط به قسمت سایه و سطح آسفالت (پس‌زمینه) اختصاص داده می‌شوند خیلی نزدیک به هم هستند. زمانی که از عمل تفاضل پس‌زمینه استفاده می‌شود، سایه‌ها به همراه پس‌زمینه استخراج و حذف خواهد شد. در این تحقیق از سه پایگاه داده جهت پیاده‌سازی و ارزیابی استفاده شده است. از شاخص‌های دقت کلی، نرخ تشخیص درست و اشتباه، و همچنین دقت تشخیص و ردیابی چند عارضه‌ای برای نشان دادن دقت و صحت در شناسایی خودروها، استفاده شده است. با استفاده از این معیارها روش پیشنهادی با دو روش دیگر که در زمینه حذف سایه خودروها می‌باشند، مورد مقایسه قرار گرفته شد. نتایج نشان داد که روش پیشنهادی بسته به نوع شاخص بین ۳ تا ۱۲ درصد دقت نتایج متغیر می‌باشد.

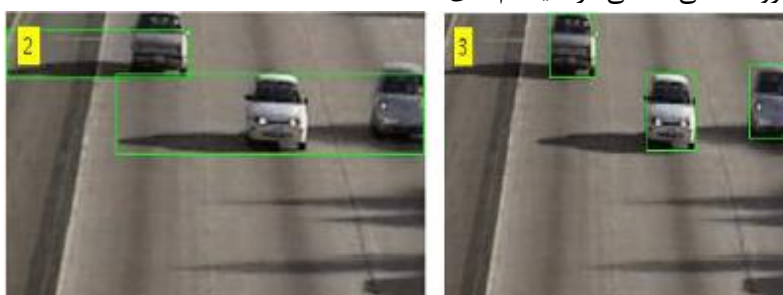
کلیدواژه‌ها: شناسایی خودرو، سایه، آنروپی، فاصله اقلیدسی.

* نویسنده مکاتبه کننده: تهران - دانشکده نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تلفن: ۰۹۱۸۷۸۳۹۰۸۶

۱- مقدمه

سطح بالای بینایی ماشین مانند سیستم‌های نظارتی، کنترل ترافیک، کنترل صنعتی و غیره دارند. لذا ارائه روش‌هایی که کشف و ردیابی خودروها را با دقت و سرعت مطلوبی انجام دهند از اهمیت بالایی برخوردار بوده و باعث افزایش کارایی این سیستم‌ها خواهد شد [۲]. یکی از مشکلات تشخیص خودروها در سیستم‌های پردازش تصویر، سایه خودروها است. در شکل (۱) نمونه‌ای از این مشکلات سایه در شناسایی خودروها نمایش داده شده است.



شکل ۱: تشخیص خودرو. تصویر سمت چپ با سایه (تشخیص دو خودرو به جای سه خودرو) و تصویر سمت راست بدون سایه (تشخیص صحیح خودروها)

روش‌های مختلفی تاکنون جهت حذف سایه ارائه شده است. به عنوان مثال دو روش NCC [۴] و $HSVC$ [۵] که به ترتیب با استفاده از نزدیکترین شباهت و اطلاعات رنگی در فضای رنگی HSV به دست می‌آید.

هدف اصلی در این تحقیق ارائه یک روش نوین در زمینه حذف سایه خودروها می باشد که همان گونه که در بخش‌های بعدی گفته خواهد شد با استفاده از ویژگی آنروپی و فاصله اقلیدسی صورت می‌گیرد.

ساختار کلی مقاله در ادامه به این صورت است که در بخش دوم به تحقیقات پیشین پرداخته شده است. بخش سوم مبانی و تئوریک روش پیشنهادی ارائه شده است. در بخش چهارم مراحل پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی انجام شده است. در بخش پنجم

همانگونه که در شکل (۱) نشان داده شده است، می‌توان فهمید که بین سایه یک خودرو با خود خودرو اتصال و پیوستگی دارد که این حالت باعث ایجاد دو نوع مشکل می‌شود. اول اینکه قیافه و ظاهر واقعی خودرو به دلیل این پیوستگی از بین می‌رود و تمام خصوصیات هندسی خودرو را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در نتیجه تشخیص محل خودرو و بخش‌بندی تصویر براساس خودروها را دچار مشکل می‌کند. دوم اینکه سایه یک یا چند خودرو در تصویر ممکن است باعث اتصال خودروها به یکدیگر شده و آنها به عنوان یک خودرو تشخیص داده شوند [۳]. این موارد باعث ایجاد مشکلات زیادی در سیستم‌های نظارتی و سیستم‌های کنترل ترافیک مانند شمارش خودروها، تخمین مکان خودروها و تحلیل رفتار و تفکیک شود که کار را سخت و گاهی غیر ممکن می‌کند. بنابراین با شناخت سایه‌ها و همچنین براساس خصوصیات و ویژگی‌های که سایه‌ها دارند، می‌توان سایه را شناسایی و حذف کرد.

1. Normalized Cross Correlation
2. HSV color

طبقه‌بندی اشتباه در برخی مواقع و برای برخی خودروها جوابگو نمی‌باشد. [۱۰].

چی و همکاران^۳ [۱۱] در سال ۲۰۱۴ یک روش موثر برای حذف سایه‌ها ارائه کرده‌اند. در این روش برای استخراج سایه‌ها ابتدا باید با استفاده از روش GMM ^۴ یک مدل پس‌زمینه استخراج شود. سپس نسبت شدت بهبود یافته^۵ حساب می‌شود و از طریق آن هم می‌توان پیکسل‌های اشتباه را شناسایی کرد. این روش علی‌رغم اینکه دقت نسبتاً خوبی دارد اما برای محیط‌های بیرونی با کاهش دقت مواجه خواهد شد [۱۲]. روش دیگری مبتنی بر مدل گاوس برای حذف سایه [۱۳] 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 [۱۴-۱۶] ارائه شده است. این روش‌ها به‌طور کلی دقت و سرعت پایین‌تری نسبت به سایر روش‌ها دارند.

خان و همکاران^۶ [۱۷] در سال ۲۰۱۶ روشی اتوماتیک برای استخراج و حذف سایه خودروها با استفاده از روش شبکه عصبی ارائه کرده‌اند. در این روش ویژگی‌ها با استفاده از روش آموزش داده می‌شود، و از الگوریتم بیزین^۷ برای حذف سایه استفاده شده است. مشابه روش فوق هم در سال ۲۰۱۵ توسط شن و همکاران^۸ [۱۸] روش مبتنی بر CNN ^۹ ارائه گردید. در این روش با استفاده از CNN لبه‌های سایه استخراج و سایه‌ها حذف می‌گردد. به‌طور کلی دقت روش‌های مبتنی شبکه عصبی نسبت به سایر روش‌ها بالا می‌باشد

نتایج ارزیابی و مقایسات ارائه شده است. نهایتاً در بخش ششم یک جمع‌بندی کلی صورت گرفته است.

۲- پیشینه تحقیق

روش‌های گوناگونی تاکنون برای تشخیص صحیح خودروها و حذف سایه خودروها توسط محققین ارائه شده است. به‌عنوان مثال [۶] 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 [۲] از الگوریتم یادگیرنده‌ای استفاده کرده‌اند که می‌تواند سایه‌ها را با اندازه‌گیری تأثیر سایه بر صحنه مشخص تشخیص دهد. 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. مشکل این این است که در بعضی مواقع که شدت منبع نوری ضعیف باشد درصد تاریکی سایه‌ها هم کمتر می‌شود که در این صورت دقت روش ارائه شده به‌شدت کاهش پیدا می‌کند.

لوین و پاتوچریا [۷] از SVM برای مشخص کردن محدوده سایه استفاده کرده‌ند. در مقایسه با دیگر روش‌های شرح داده شده، روش آنها به هیچ دانشی در مورد صحنه، نورپردازی و اشیاء احتیاج ندارد. همچنین غیر از این، از تشخیص الگو برای دسته‌بندی محدوده‌های سایه استفاده کرده‌اند. مشابه این روش، گوا و همکاران^۱ [۸] و همچنین لیو و همکاران^۲ [۹] در سال ۲۰۱۱ روشی مبتنی بر SVM ارائه کردند. که با استفاده از یک طبقه‌بندی مناطق سایه و غیر سایه را از هم متمایز می‌کرد. اگرچه مشکلات روش‌های قبلی را برطرف کرده‌است اما مشکل اصلی این روش‌ها

³. Qi et al

⁴. Gaussian Mixture model

⁵. improvement intensity ratio

⁶. Khan et al.

⁷. Bayesian

⁸. Shen et al

⁹. Convolutional Neural Network

¹. Guo et al.

². Liu et al.

وجود سایه، جهت سایه تشخیص داده شده و یکسری از پیکسل‌ها به عنوان 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.

برخی دیگر از روش‌های ارائه شده در زمینه شناسایی سایه [۱۲، ۱۳، ۲۲، ۲۵-۲۹] که 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 [۱۰].

همان‌گونه که دیده می‌شود تاکنون روش‌های زیادی برای کشف سایه به‌منظور تشخیص صحیح خود رو ارائه شده است که غالباً مبتنی بر استفاده از تکنیک‌های طبقه‌بندی، تناظریابی و تفاضل فریم می‌باشند. ضمناً با نگاهی به تحقیقات انجام شده دیده می‌شود که تاکنون هیچ روشی به میزان شباهت سایه و آسفالت و نقش آن در تشخیص صحیح خودرو توجه ننموده است. در این مقاله با هدف افزایش دقت و سرعت محاسبات روشی ارائه شده است که مبنای آن تشخیص سایه با توجه به شباهت فوق می‌باشد. همان‌گونه که در بخش بعدی گفته خواهد شد، در این روش از معیارهای آنتروپی و فاصله اقلیدوسی استفاده می‌شود.

۳- مبانی و تئوری روش پیشنهادی

به‌طور کلی در یک فریم ویدیویی خودروها به‌عنوان یک عارضه متحرک در نظر گرفته می‌شود. همانطور که از شکل (۲) پیدا می‌باشد، خودروها از لحاظ رنگی و بافتی نسبت به عوارض اطراف خود همانند سایه‌ها سطح آسفالت یا به عبارت کامل‌تر نسبت به پس زمینه کاملاً متفاوت می‌باشند.

اما به‌دلیل اینکه نیاز به آموزش داده‌ها و همچنین تخمین برخی پارامترهای اولیه دارد، برای پردازش آنی داده‌ها تا حدودی با مشکل مواجه خواهد شد.

در [۱۰، ۱۹-۲۱] روش‌های مبتنی بر حدآستانه جهت مشخص کردن سایه و غیر سایه ارائه شده است. به‌طورکل روش‌های مبتنی بر حدآستانه روشی ساده و دارای سرعت محاسباتی بالای می‌باشند. مشکل اصلی این روش‌ها علاوه بر نویزی بودن نتایج و وابستگی به تعیین حدآستانه، دقت نهایی نتایج در شرایط مختلف محیطی به‌شدت کاهش پیدا کرده است [۱۰].

[۴، ۲۲] از NCC ^۱ برای تشخیص و حذف سایه استفاده کرده است. به‌طور کلی در این روش‌ها برای تشخیص سایه از میزان شباهت درجه خاکستری استفاده شده است. به عبارت بهتر در هر کدام از روش‌ها به‌صورت تجربی درجه خاکستری مربوط به سایه‌ها مشخص می‌باشد. با استفاده از معیار نزدیکترین شباهت به شناسایی سایه پرداخته خواهد شد. به‌طور کلی خیلی از مناطق در تصویر وجود دارند که شباهت زیادی از لحاظ درجه خاکستری به سایه‌ها دارند. مشکل اصلی این روش‌ها علاوه بر اینکه روشی پیچیده و سرعت محاسباتی پایینی دارند، دقت روش‌ها هم پایین می‌باشد [۲۳].

در [۵] برای شناسایی سایه‌ها بر روی تصاویر ویدیویی از اطلاعات رنگی در فضای HSV استفاده می‌کند. بعد از استخراج تصویر پس‌زمینه و پیش‌زمینه، با عمل تفاضل خودروهای متحرک استخراج خواهد شد. از طرف دیگر با استخراج ویژگی واریانس و شدت در فضای HSV برای تصاویر پس‌زمینه و پیش‌زمینه و مقایسه اطلاعات استخراج شده در هر دو حالت به شناسایی سایه‌ها پرداخته می‌شود. روش ارائه شده [۲۴، ۲۵] هم از محیط رنگی و یک دوربین برای تصویر برداری استفاده می‌کند. در این روش ابتدا حضور سایه در روزمینه تصویر بررسی شده است. در صورت

^۱. Normalized Cross Correlation



شکل ۲: تفاوت رنگی و بافتی خودروها نسبت به عوارض اطراف

می‌باشد. همچنین محدوده سایه‌ها از لحاظ ویژگی بافتی و رنگی یا تقریباً برابر و یا کمتر از سطح پس‌زمینه خواهد بود. بنابراین زمانی 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 به‌کارگرفته شده طی انجام این تحقیق در شکل (۳) نشان داده شده است. در ادامه هریک از مراحل ذکر شده، به تفصیل شرح داده خواهند شد.

از طرف دیگر سایه‌ها از لحاظ بافتی چون سطح کاملاً یک نواختی دارند، در نتیجه مقدار کمی ویژگی آنتروپی مربوط به این ناحیه یا کاملاً صفر و یا نزدیک به صفر می‌باشد. همچنین از لحاظ رنگی هم مقادیر کمی فاصله اقلیدسی سایه‌ها نزدیک به صفر است. بنابراین می‌توان از این شرایط برای شناسایی خودروها و همچنین حذف سایه‌ها، استفاده کرد. برای این منظور می‌توان با استفاده از ویژگی آنتروپی و فاصله اقلیدسی، تصاویر پیش‌زمینه و پس‌زمینه را وزن‌دهی کرد. وزنی که به سطح خودروها اختصاص داده می‌شود از لحاظ کمی بیشتر از همان محدوده در تصویر پس‌زمینه



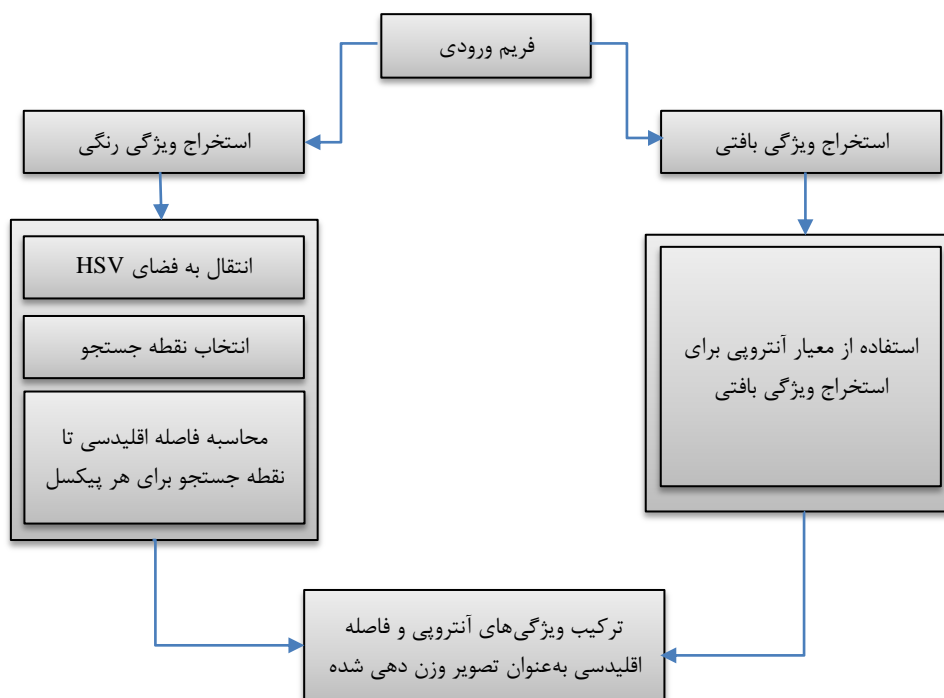
شکل ۳: دیاگرام مراحل کلی به‌کارگرفته شده طی انجام این تحقیق

۳-۱-۱- استخراج ویژگی فاصله اقلیدسی

انتخاب ویژگی‌های مناسب نقش اساسی در ردیابی کارایی خودروها بازی می‌کنند. به‌طورکلی بهترین ویژگی آن است که یکتا و متمایزکننده باشد به‌طوری که خودرو در فضای ویژگی از پس‌زمینه متمایز گردد. از میان ویژگی‌های به‌کار رفته برای ردیابی، ویژگی رنگ پراستفاده‌ترین مورد بوده است. زیرا با دیگر ویژگی‌ها نیز به‌صورت ترکیبی استفاده می‌شود. برای استخراج ویژگی رنگ باید به‌صورت زیر عمل کرد.

۳-۱- استخراج ویژگی

انتخاب ویژگی‌های مناسب نقش اساسی در ردیابی کارایی خودروها بازی می‌کنند. به‌طورکلی بهترین ویژگی آن است که یکتا و متمایزکننده باشد به‌طوری که خودرو در فضای ویژگی از پس‌زمینه متمایز گردد. در ادامه در شکل (۴) دیاگرام پیشنهادی برای استخراج ویژگی جهت وزن‌دهی به فریم‌ها براساس ویژگی آنتروپی و فاصله اقلیدسی نشان داده شده است.



شکل ۴: دیاگرام پیشنهادی برای استخراج ویژگی جهت وزن دهی به فریم‌ها

۳-۱-۱-۱- انتخاب فضای رنگی

فضای رنگ RGB و HSV به صورت معمول در پردازش تصویر استفاده می‌شود. مدل RGB از سه مولفه‌ی R (رنگ قرمز)، G (سبز)، B (آبی) برای نمایش ویژگی‌های فیزیکی رنگ‌ها استفاده می‌شود اما تطابق مطلوبی با سیستم بینایی انسان ندارد [۳۰]. فضای رنگ HSV بسیار بیشتر به سیستم بینایی انسان نزدیک است، که H ، S و V به ترتیب میزان اشباع، خلوص و مقدار رنگ را به ترتیب نشان می‌دهند [۳۱]. بنابراین به همین دلیل برای وزن دهی و استخراج ویژگی رنگ در این تحقیق از فضای رنگ HSV استفاده شده است. تصاویر ورودی به فضای HSV انتقال داده شده است و عملیات وزن دهی در این فضای صورت گرفته است.

۳-۱-۱-۲- انتخاب نقطه مرجع

اولین مرحله برای شروع الگوریتم پیشنهادی وزن دهی،

انتخاب نقاط مرجع می‌باشد. روش‌های مختلفی برای انتخاب اتوماتیک و دستی نقطه مرجع که در مقالات [۳۲-۳۴] بیان شده است، وجود دارد. هدف اصلی در این تحقیق وزن دادن به تک تک پیکسل‌های تصویر از یک نقطه ثابت (نقطه مرجع) می‌باشد. بنابراین بهترین موقعیت برای انتخاب نقطه مرجع مرکز تصویر پس زمینه می‌باشد که هیچ خودرویی وجود نخواهد داشت و همچنین نقطه انتخابی از پیکسل‌های مربوط به سطح آسفالت خواهد بود. این نقطه انتخابی برای کل فریم‌های مربوط به هر داده یکسان خواهد بود.

۳-۱-۱-۳- محاسبه فاصله اقلیدسی

بعد از این که فرآیند پروسه انتخاب نقطه مرجع و انتقال فضای رنگی به پایان رسید می‌توان براساس مقایسه فاصله‌ی پیکسل (i, j) تا مقدار متوسط رنگ در یک ناحیه‌ی خاص، که از رابطه (۱) به دست می‌آید، به یک معیار مناسب برای وزن دهی دست یافت.

$$D_{Col}(i, j) = \sqrt{[H(i, j) - H]^2 + [S(i, j) - S]^2 + [V(i, j) - V]^2} \quad (۱)$$

رابطه (۲) در هر پیکسل از تصویر تاثیرگذار می‌باشد. هرچقدر ابعاد ماسک بزرگ‌تر در نظر گرفته شود، باعث می‌شود که عدد به‌دست‌آمده تحت تأثیر همسایگی بیشتری قرار بگیرد. به عبارت بهتر با تغییر هیستوگرام پنجره (ابعاد پنجره) احتمال رخداد یک درجه خاکستری و ارایش مکانی درجه خاکستری در آن پنجره تغییر می‌کند. همین تغییر باعث تغییر در نتیجه عملیات همسایگی (مقدار کمی بافت) بافت می‌شود.

۳-۲- ترکیب ویژگی آنترپی و فاصله اقلیدسی

همانطور که در بخش‌های قبلی بیان شد، برای استخراج ویژگی بافتی از آنترپی و برای استخراج ویژگی رنگی از معیار فاصله اقلیدسی استفاده شد. برای وزن‌دهی به تصاویر باید این دو ویژگی استخراج شده با هم ترکیب شوند. برای ترکیب کردن دو ویژگی متفاوت باید هر دو ویژگی یک واحد و در یک بازه یکسان باشند. برای این کار در ادامه به نحوه نرمال‌سازی تصاویر و همچنین ترکیب کردن این تصاویر اشاره خواهد شد.

۳-۲-۱- نرمال کردن تصویر

ساده‌ترین کاربرد نرمال‌سازی تصاویر زمانی است که درجه خاکستری تصاویر در یک دامنه نیستند، و آن را در دامنه مشابه قرار دهند. به بیان دیگر 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 [۳۹ و ۴۰]. نرمال کردن تصویر مطابق رابطه (۳) به‌دست می‌آید.

$$P_{norm} = \frac{P_{(i,j)} - P_{min}}{P_{max} - P_{min}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

مقدار مطلق تفاضل میانگین ارزش‌های

که $H(i,j)$ ، $S(i,j)$ و $V(i,j)$ به‌صورت جداگانه عناصر H ، S و V نقطه‌ی (i,j) بعد از نرمال شدن هستند. H ، S و V مقادیر H ، S ، V نقطه مرجع می‌باشند [۳۵]. بنابراین بر اساس رابطه (۱) برای هر نقطه از تصویر یک فاصله رنگی محاسبه شده و به‌عنوان وزن به هر پیکسل اختصاص داده شده است.

به‌طور کلی ویژگی رنگی به‌تنهایی برای وزن‌دهی به تصویر به‌دلیل حساسیت شدید به تغییرات روشنایی، مناسب نمی‌باشد. به‌همین دلیل باید با ویژگی‌های بافتی که حساسیت کمتری به تغییرات شدت دارند، ترکیب شوند. برای این کار در ادامه به استخراج ویژگی بافتی پرداخته شده است.

۳-۱-۲- استخراج ویژگی آنترپی

بافت اندازه‌گیری تغییرات شدت سطح است که برای خواصی مانند همواری، نظم و ترتیب سطح کمیت تعیین می‌کند. یک خاصیت مهم ویژگی بافت این است که نسبت به ویژگی رنگ حساسیت کمتری به تغییرات روشنایی دارد [۳۶].

در این تحقیق از روش‌های آماری برای استخراج ویژگی و وزن‌دهی به تصاویر ویدئویی استفاده شده است. روش‌های آماری اطلاعاتی در مورد تنوع محلی مقدار شدت پیکسل‌ها در یک تصویر ارائه می‌کنند. به‌عنوان 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. محققین زیادی [۳۷، ۳۸] برای استخراج ویژگی بافتی از الگوریتم آنترپی استفاده کرده‌اند، بنابراین استفاده از آنترپی یک روش قابل قبول و معقول برای استخراج ویژگی بافتی از تصاویر می‌باشد که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. آنترپی با استفاده از رابطه (۲) به‌دست می‌آید.

$$H(X) = - \sum_{i=0}^{A-1} p_i \cdot \log_2(p_i) \quad \text{رابطه (۲)}$$

در نظر گرفتن ابعاد ماسک برای تعیین مقدار خروجی از

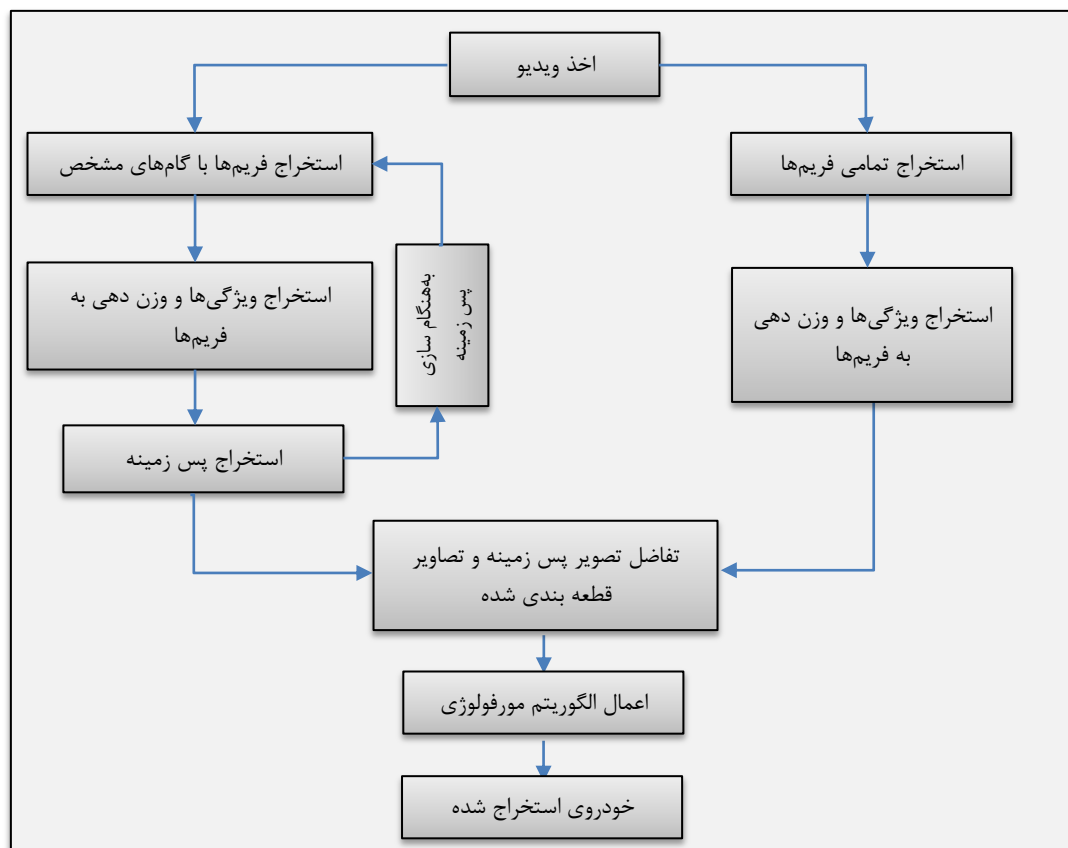
۳-۳- تشخیص خودروها جهت حذف سایه
 به طور معمول برای اینکه بخواهند عوارض متحرک همانند خودروها را در تصاویر ویدئویی از پس زمینه جدا کنند، باید یک پس زمینه تعریف کرد. فریم‌های جدید که شامل خودروها هستند از پس زمینه کم می‌شوند. با این کار چیزی که باقی می‌ماند عوارض متحرک یا به عبارت بهتر خودروها در تصاویر می‌باشند. در شکل (۵) الگوریتم پیشنهادی برای شناسایی خودروها نشان شده است که همزمان با شناسایی خودروها، سایه خودروها هم حذف شده است.

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.

۳-۲-۲ ترکیب ویژگی

در نهایت با ترکیب کردن ویژگی‌های رنگی و بافتی که از تصویر استخراج شده است، می‌توان یک تصویر قطعه‌بندی شده (وزن دهی شده) داشت که به هر کدام از پیکسل‌های تصویر یک وزن اختصاص داده شده است. رابطه (۴)

$$DF(i, j) = \sum_{l=1}^N P_l$$
 که در آن N تعداد ویژگی‌های مورد استفاده می‌باشد. P_l ویژگی‌های مورد استفاده می‌باشد. DF تصویر نهایی وزن دهی شده می‌باشد.



شکل ۵: الگوریتم پیشنهادی برای شناسایی خودروها جهت حذف سایه خودروها

پس زمینه کم می‌شوند تا خودروها از تصویر استخراج شوند. در فیلم‌های ویدئویی هیچ فریمی موجود نمی‌باشد که بدون عارضه متحرک باشد.

برای استخراج خودروها، همان‌طور که در شکل (۵) نشان داده شده است، بعد از اینکه فریم‌ها استخراج و عملیات وزن دهی صورت گرفت، کل تصاویر ورودی از

۴- پیاده‌سازی

برای پیاده‌سازی روش پیشنهادی در این تحقیق ابتدا داده‌های مورد استفاده معرفی شده است. سپس در ادامه با استفاده نرم‌افزار متلب تمام مراحل روش پیشنهادی گام به گام پیاده‌سازی خواهد شد.

۴-۱- داده‌های مورد استفاده

به منظور پیاده‌سازی و ارزیابی روش پیشنهادی حذف سایه خودروها از سه داده مختلف که در مکان و زمان‌های مختلف با شرایط متفاوت اخذ شده، استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده به همراه ویژگی‌های خاصی که دارند در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: داده‌های مورد استفاده در این تحقیق

نام داده	مکان	تراکم خودرو	طول سایه	زمان فیلم (ثانیه)	سایز (پیکسل)	فریم بر ثانیه
VT	جعبه‌ابزار متلب	کم	کم	۲۰	۶۴۰*۳۶۰	۲۵
MVI0361	بزرگراه امام علی (ع)	زیاد	متوسط	۱۰۰۰	۷۲۰*۱۲۸۰	۲۵
MVI0372	بزرگراه بابایی	متوسط	زیاد	۵۰۰۰	۷۲۰*۱۲۸۰	۲۵

سایه ندارد، تفاوت چندان‌ی ندارند. طول سایه این داده به دلیل زیاد بودن میل خورشید در این فصل، نسبت به داده‌های قبلی خیلی بیشتر بوده است. تراکم خودروها هم در این داده‌ها بیشتر از دو داده قبلی می‌باشند. در ادامه نمونه‌ای از این نوع داده‌ها در شکل (۶) نشان داده شده است.

۴-۲- استخراج ویژگی‌های آنروپی و فاصله اقلیدسی

بعدازاین که فریم‌ها از روی فیلم ویدئویی استخراج شد، باید همه پیکسل‌های مربوط به فریم ورودی براساس تئوری یادشده در بخش ۳ وزنی اختصاص داده شود. برای استخراج ویژگی بافتی از آنروپی و برای استخراج ویژگی رنگی از فاصله اقلیدسی استفاده شده است. جاهایی از تصویر که از لحاظ رنگی و

پس بنابراین باید از قبل تصویر پس‌زمینه معلوم باشد. در غیر این صورت باید با استفاده از روش‌های موجود تصویر پس‌زمینه را پیدا کرد. در این تحقیق از روش میانه [۴۱] برای استخراج پس‌زمینه استفاده شده است. نکته دیگری که باید به آن توجه کرد این است که تصاویر پس‌زمینه باید بصورت مکرر و همیشه به‌هنگام سازی شود تا برای شرایط آب‌وهوایی متفاوت جواب‌گو باشند. در رابطه (۵) نحوه استخراج خودروها با استفاده از روش تفاضل نشان داده شده است.

$$\text{رابطه (۵)} \quad Dif = |UB_p - DF_{np}|$$

که UB_p تصویر پس‌زمینه مرحله p ام، و DF_{np} تصویر وزن‌دهی شده n ام در مرحله p ام می‌باشد.

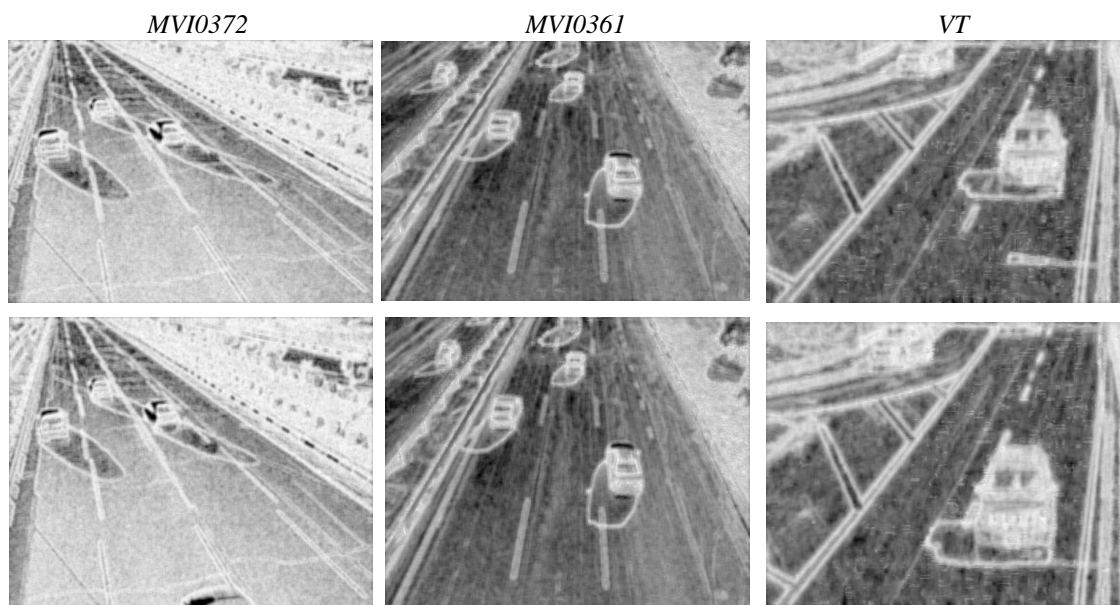
اولین داده مربوط به یک فیلم ویدئویی آماده شده در جعبه ابزار متلب می‌باشد که تعداد فریم‌های این داده ۵۳۱ است. ویژگی این داده، کوتاه بودن طول سایه خودروها است. داده دوم *MVI0361* مربوط به بزرگراه امام علی (ع) در شهر تهران می‌باشد. در ساعات ۵ بعدازظهر زمانی که زاویه میل خورشید زیاد است، به مدت ۱۵ دقیقه فیلم‌برداری شده است. هرچه زاویه میل خورشید زیادتر باشد، باعث ایجاد سایه بزرگتر برای خودروها شده است. این عامل منجر به تلفیق خودروهای نزدیک به هم و همچنین تشخیص اشتباه خودروها می‌شود. 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 به‌نحوی که روی سطح آسفالت جایی که سایه قرار دارد با جایی که

می‌باشند. در نتیجه خودروها وزن بیشتری نسبت به عوارض اطراف خواهند داشت. نتایج وزن‌دهی به فریم‌های ورودی براساس ویژگی‌های آنتروپی و فاصله اقلیدسی در شکل (۷) نشان داده شده است

بافتی نسبت به محیط اطراف متفاوت‌تر می‌باشند، وزن بیشتری را به خود اختصاص دهند. مکان خودروها در فریم‌ها که از لحاظ رنگی و بافتی نسبت به محیط اطراف (سطح آسفالت) دارای اختلاف و تفاوت بیشتری



شکل ۶: نمونه‌ای از فریم‌های ورودی برای سه نوع داده



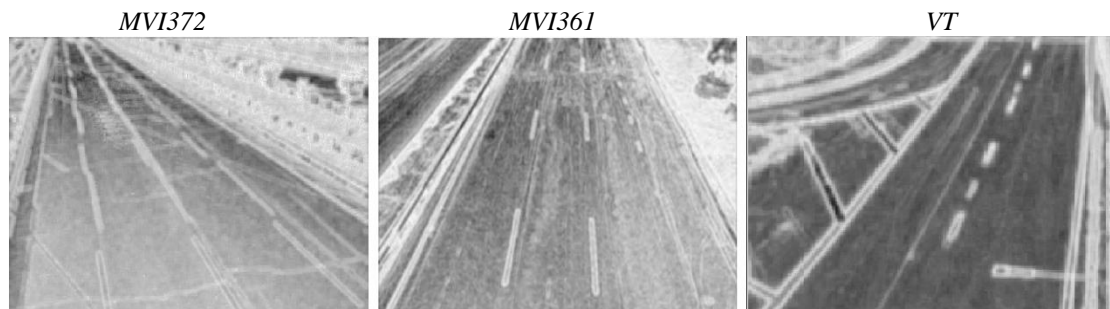
شکل ۷: نتایج وزن‌دهی به فریم‌های ورودی براساس ویژگی‌های آنتروپی و فاصله اقلیدسی در تصاویر

در آن صورت به راحتی با یک تفاضل ساده می‌توان خودروها را استخراج و سایه‌ها را حذف کرد. در ادامه کار به نحوه استخراج پس‌زمینه و همچنین استخراج خودروها پرداخته خواهد شد.

۳-۳- استخراج پس‌زمینه

برای استخراج پس‌زمینه از بین تمام فریم‌های وزن‌دهی شده، با استفاده از روش میانه به استخراج پس‌زمینه پرداخته خواهد شد. در شکل (۸) سه نمونه پس‌زمینه استخراج شده برای سه نوع داده نشان داده شده است.

براساس ویژگی آنتروپی و فاصله اقلیدسی وزن‌دهی شده است. وزن یا درجه خاکستری که به محدوده مربوط به خودروها داده شده است، کاملاً متفاوت از عوارض محیط اطراف یا به عبارت بهتر متفاوت‌تر از پس‌زمینه می‌باشند. همچنین وزنی که به سایه‌ها اختصاص داده شده، با سطح آسفالت یا به عبارت بهتر با تصویر پس‌زمینه تقریباً یکسان و یا کمتر شده است. اهمیت این موضوع زمانی مشخص می‌شود که با استفاده از عمل تفاضل خودروها استخراج شوند.

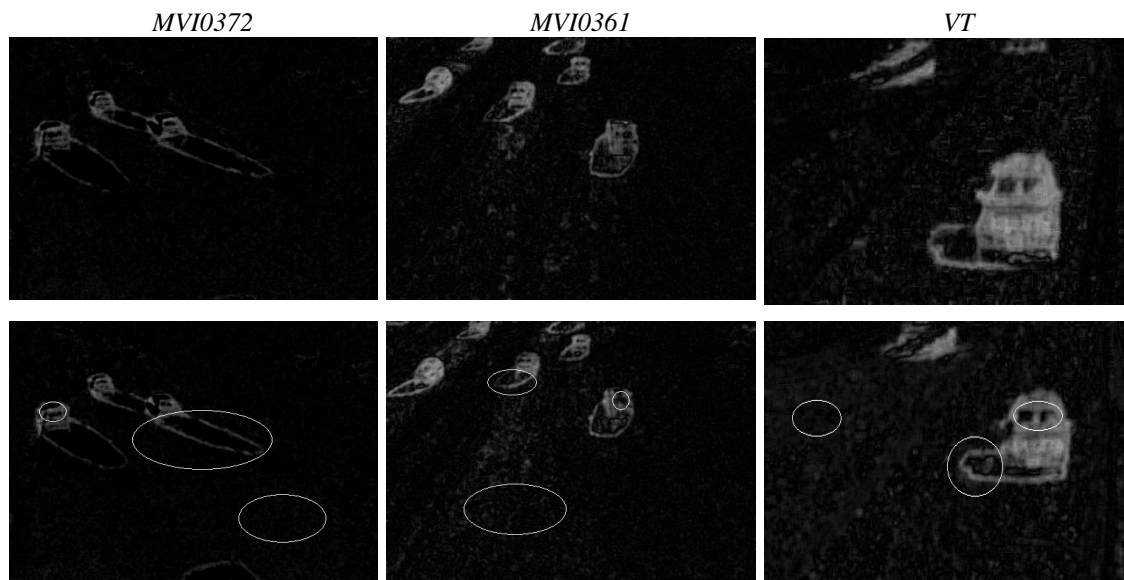


شکل ۸: تصاویر پس‌زمینه

خودروهای متحرک شناسایی، و سایه خودروها هم از خود خودروها حذف می‌شوند. در شکل (۹) نتایج مربوط به تفاضل پس‌زمینه براساس استدلال وزن‌دهی نشان داده شده است.

۳-۴- استخراج خودرو

بعد از تشکیل مدل پس‌زمینه، برای تشخیص خودروها از روش تفاضل فریم ورودی با پس‌زمینه استفاده می‌شود. در نهایت براساس استدلالی که برای وزن‌دهی به فریم‌ها وجود دارد، پیکسل‌های مربوط به



شکل ۹: نتایج مربوط به تفاضل پس‌زمینه

روش‌های ریخت‌شناسی موجود در حوزه پردازش تصویر جهت بر طرف کردن این نواقص استفاده خواهد شد. عملگر ریخت‌شناسی که در این تحقیق استفاده شده، عملگر بستن^۱ می‌باشد. در این عملگر از یک مؤلفه ساختاری^۲ استفاده شده و به تدریج این مؤلفه ساختاری

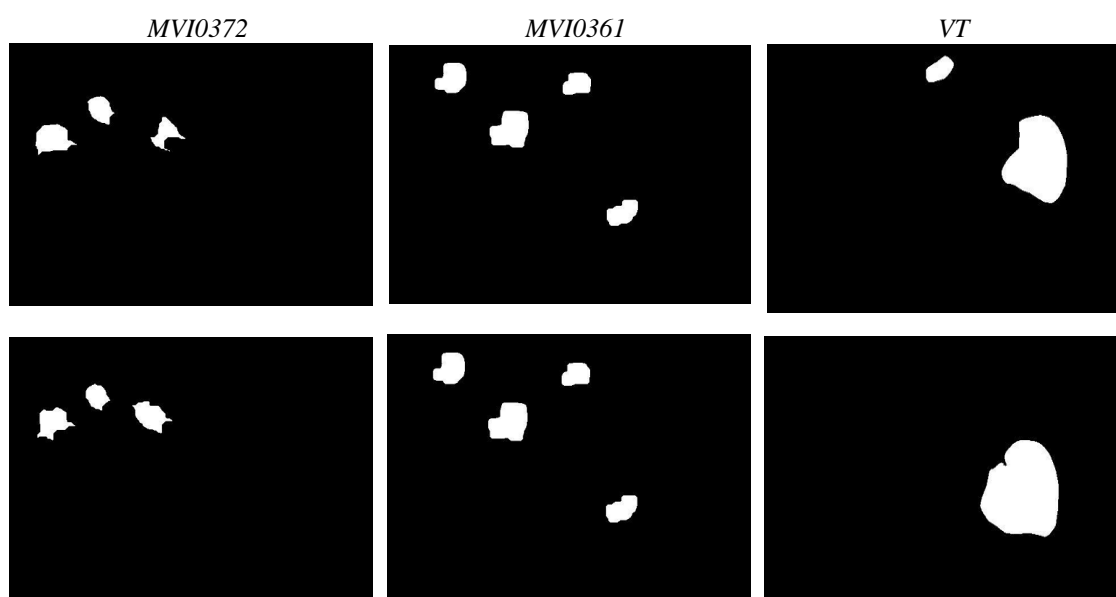
همان‌طور که مشاهده می‌شود، در اطراف خودروها برخی از پیکسل‌های تصویر به‌خصوص لبه‌های بیرونی مربوط به سایه‌ها به دلیل ضعف الگوریتم در وزن‌دهی به تصویر، به صورت اشتباه و به‌عنوان نویز شناسایی شده است. این نویزها به‌خصوص نویزهای خطی که در لبه سایه‌ها ایجاد شده است، ممکن است باعث اتصال دو خودرو به یکدیگر شوند. این کارها منجر به ایجاد خطاهایی در مراحل بعدی پردازش به‌خصوص در مرحله تشخیص خودروها می‌شوند. بنابراین در ادامه از

^۱. Closing

^۲. Structure Element

مربوط به لبه سایه‌ها می‌باشد که به صورت خطی و باریک ولی پیوسته می‌باشند. با اعمال این مؤلفه ساختاری علاوه بر حذف نویزهای نقطه‌ای، نویزهای خطی هم به راحتی حذف می‌شوند. همچنین باعث می‌شود که حفره‌های مربوط به محدوده خودروها هم پر می‌شوند. نتایج حاصل از اعمال عملگر ریخت‌شناسی برای سه نوع داده در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

بر روی قسمت‌های مختلف تصویر حرکت داده می‌شوند. همچنین این عملگر منجر به پرشدن فضای خالی ایجادشده در محدوده خودروهای استخراج‌شده می‌شود. برای مؤلفه ساختاری در بخش بستن، از سه بردار با اندازه 1×20 در سه زاویه 0° درجه، 45° درجه و 90° درجه استفاده شده است. دلیل انتخاب این مؤلفه ساختاری این است که اکثر نویزهای موجود در تصویر

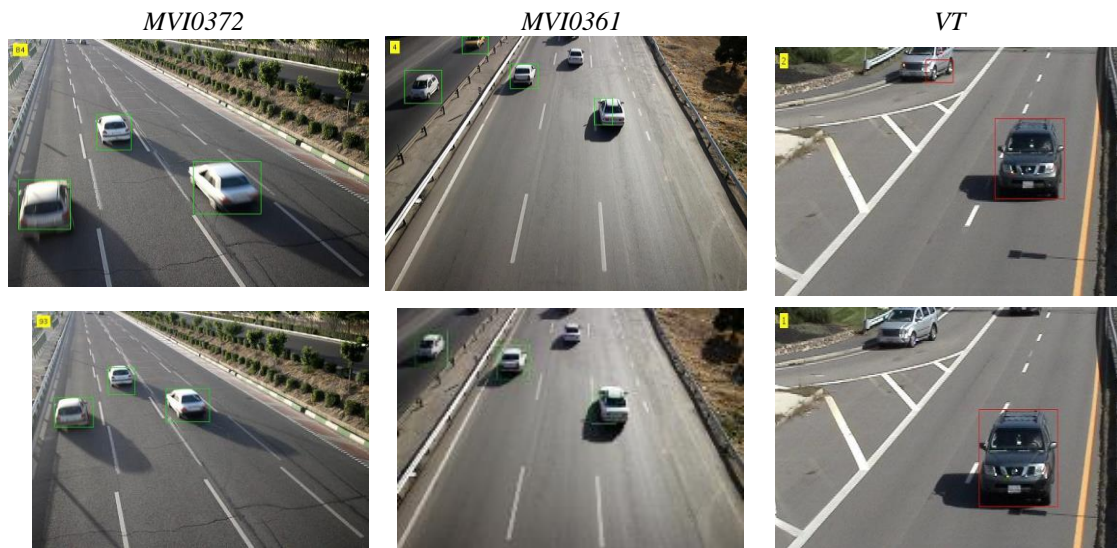


شکل ۱۰: نتیجه حاصل از اعمال عملگر ریخت‌شناسی برای سه نوع داده

در شکل (۱۱) سایه دوتا از خودروها بر روی هم قرار گرفته‌اند که در این صورت اگر از الگوریتم‌های شناسایی خودرو استفاده شود که توانایی حذف سایه را نداشته باشند، این دو خودرو با هم تلفیق می‌شوند. با این حال همان‌گونه که دیده می‌شود الگوریتم پیشنهادی قادر بوده است که خودروها را بدون توجه به همپوشانی سایه‌ها به خوبی تشخیص دهد.

در نهایت برای نشان دادن خودرو شناسایی شده بر روی تصویر اصلی، یک مستطیل محاطی دور خودرو شناسایی شده قرار خواهد گرفت. در شکل (۱۱) نتایج مستطیل‌های محاطی رسم شده بر روی هر یک از خودروها نشان داده شده است.

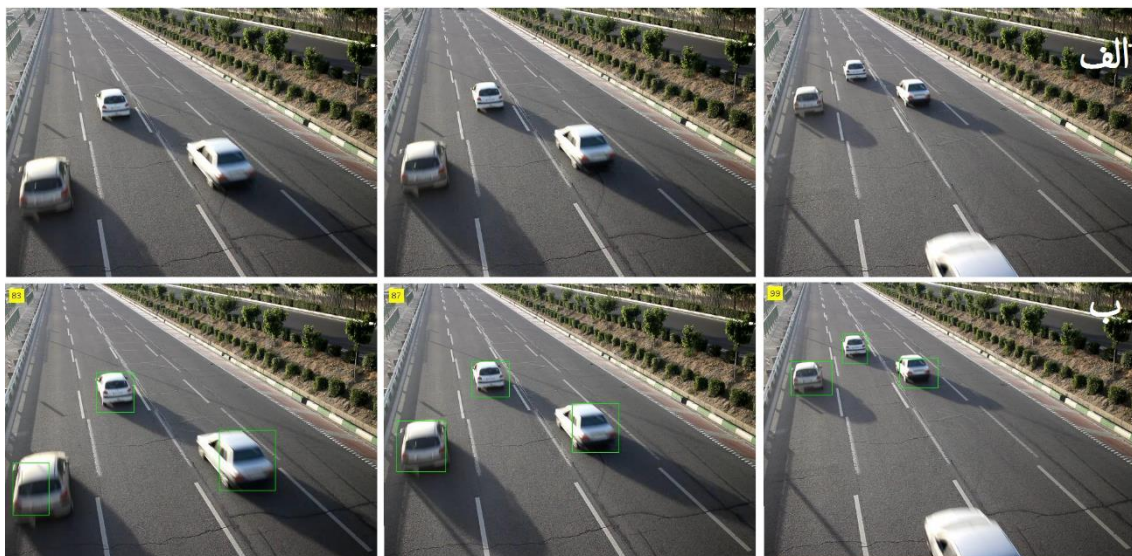
همانطور که در شکل (۱۱) از لحاظ بصری مشاهده می‌شود در هر کدام از داده‌ها یک مربع بر روی محدوده خودروها قرار گرفته است که سایه‌ها در داخل این کادر قرار نگرفته‌اند. علاوه بر این همان‌طور که گفته شد لازم است تا الگوریتم خودروهای که سایه آنها با خودروهای اطراف همپوشانی دارند را بتواند درست تشخیص دهد. در داده MVI0372



شکل ۱۱: نتایج مستطیل‌های محاطی رسم شده بر روی هریک از خودروهای استخراج شده

خوبی از هم جدا شده، و سایه‌ها منجر به تشخیص نادرست خودرو نشده است. در شکل (۱۲) نمونه‌های از فریم‌های که سایه خودروها با خودروهای اطراف همپوشانی دارد، نشان داده شده است.

به‌منظور بررسی دقیق‌تر این موضوع تمامی فریم‌های مربوط به داده MVI0372 که این وضعیت را داشته‌اند (تعداد ۳۰ فریم) مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی نشان داد که از بین این فریم‌ها در ۲۹ فریم خودروها به



شکل ۱۲: الف) سه نمونه از خودروهایی که به علت وجود سایه با خودروهای اطراف همپوشانی دارند. ب) نتایج حاصل از حل مشکل همپوشانی سایه با خودروهای مجاور با استفاده از روش پیشنهادی

کلاس صفر و یک تقسیم‌بندی می‌شوند. کلاس یک مربوط به خودرو و کلاس صفر مربوط به غیر خودرو می‌شود. ابزار معمولی که برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی استفاده می‌شود بر حسب یک ماتریس ابهام (یا خطا)

۴- ارزیابی نتایج

معیارهای مناسب برای صحت استخراج خودرو را می‌توان با معیارهای عملکرد طبقه‌بندها فراهم ساخت چون تصاویر خروجی شناسایی خودرو در واقع به دو

داده مرجع را نشان می‌دهد که به صورت دستی خودروها استخراج شده‌اند. مجموعه دوم، از برچسب پیکسل‌هایی تشکیل شده است که به وسیله روش پیشنهادی استخراج شده‌اند جدول (۲).

می‌باشد [۴۲]. یک ماتریس ابهام، یک آرایه مربع با ابعاد $m \times m$ می‌باشد، که m تعداد کلاس‌ها را نشان می‌دهد. مقدار n در این تحقیق دو می‌باشد. ماتریس ابهام، رابطه بین دو نمونه از اندازه‌گیری‌ها از منطقه‌ای که برچسب‌دهی شده است را نشان می‌دهد. مجموعه اول

جدول ۲: ماتریس ابهام

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

واقعی کلاس مورد نظر (کلاس مربوط به خودروها) است که در روش پیشنهادی به درستی در کلاس خود قرار گرفتند. به بیان دیگر کامل بودن، بیانگر درصدی از پیکسل‌های کلاس مرجع است که به درستی در کلاس استخراج شده وجود دارد [۴۲، ۴۳].

$$HR = \frac{TP}{TP+FN} \quad \text{رابطه (۶)}$$

۴-۱-۲- نرخ تشخیص اشتباه

نرخ تشخیص اشتباه^۷ تقسیم مجموع تعداد پیکسل‌های شناسایی شده توسط الگوریتم پیشنهادی که به اشتباهی طبقه‌بندی شده است بر کل پیکسل‌ها را نشان می‌دهد [۴۳].

$$AR = \frac{FP+FN}{TP+FN+TN+FP} \quad \text{رابطه (۷)}$$

۴-۱-۳- شاخص دقت کلی

می‌توان چندین شاخص برای صحت شناسایی خودرو را از ماتریس ابهام به دست آورد. صحت کل^۸ (OA) از نسبت تعداد پیکسل‌های خودروهایی که به درستی به کلاس خودرو تعلق گرفته‌اند به تعداد کل پیکسل‌ها یا خودروها محاسبه می‌شود [۴۳، ۴۴].

رابطه (۸)

$$OA = (TP + TN) / (TP + FN + TN + FP)$$

^۷ False Alarm Rate

^۸ Overall accuracy

ستون‌های ماتریس ابهام داده مرجع را نشان می‌دهند، سطرهای آن، برچسب‌های اختصاص داده شده توسط روش پیشنهادی را نشان می‌دهند. در این ماتریس TP ^۱ تعداد نقاطی است که در هر دو مجموعه داده‌ها برچسب توصیفی برای آن شناسایی شده است. 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 به اشتباه شناسایی شده‌اند. در نهایت FN ^۴ تعداد نقاطی است که توسط روش پیشنهادی به اشتباه مورد شناسایی واقع نشده است.

۴-۱-۱- نرخ تشخیص درست

برای هر کلاس اطلاعاتی در ماتریس ابهام، نرخ تشخیص درست^۵ به وسیله تقسیم درایه (i, j) به مجموع ستون i ، محاسبه می‌شود. نرخ تشخیص درست، در حقیقت، معیاری از شاخص جامع بودن^۶ (کامل بودن) است که نشان‌دهنده کسری از پیکسل‌های

^۱ True Positive

^۲ True Negative

^۳ False Positive

^۴ False Negative

^۵ Hit Rate

^۶ Completeness

برای تعیین این معیار استفاده خواهد شد.

$$MOTP = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mapped}} \sum_{t=1}^{N_{frames}} \left| \frac{G_i^{(t)} \cap D_i^{(t)}}{G_i^{(t)} \cup D_i^{(t)}} \right|}{\sum_{t=1}^{N_{frames}} N_{mapped}^j} \quad (11)$$

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.

۴-۲- مراحل ارزیابی

در این تحقیق به منظور ارزیابی و توانایی روش پیشنهادی در شناسایی خودروها از داده های موجود در جدول (۱) استفاده شده است. متریک های مختلفی شامل $MODP$ ، FAR ، HR ، OA و $MOTP$ در تشخیص خودروها و حذف سایه خودروها، مورد استفاده قرار گرفته است و با دو روش دیگر مقایسه صورت گرفته است.

به طور کلی روند ارزیابی دقت به این صورت خواهد بود که از بین فریم های موجود در هر داده ۱۰ فریم به صورت اتفاقی انتخاب و ارزیابی صورت گرفته است. از طرف دیگر برای هر فریم انتخابی یک تصویر مرجع^۳ انتخاب می شود که فقط شامل موقعیت دقیق مربوط به خودروهای موجود می باشد. سپس برای هر فریم انتخابی با فریم متناظر (مرجع) یک ماتریس ابهام تشکیل شده که درصد پیکسل های غلط و صحیح را نشان می دهد.

در این تحقیق برای هر فریم در هر داده و هر روش (۱۰ فریم * ۳ داده * ۳ روش) یک ماتریس ابهام تشکیل شده است که به عبارتی شامل ۹۰ ماتریس ابهام می باشد. بنابراین براساس این نتایج می توان به یک دقت نسبی برای روش پیشنهادی دست یافت. در ادامه نتایج به صورت نمودار، جدول و توضیحات برای هر کدام از داده ها نشان داده شده است.

در حقیقت رابطه (۵) برابر با تقسیم مجموع درایه های قطر اصلی ماتریس ابهام به تعداد کل نمونه ها می باشد.

۴-۱-۴- معیار MODP

معیار دیگری برای ارزیابی روش پیشنهادی در شناسایی خودرو $MODP$ [۴۵] می باشد. در این معیار از رابطه هم پوشانی خاصی بین داده های مرجع و روش پیشنهادی، مطابق روابط (۹، ۱۰) استفاده شده است. این معیار درصدی از کل پیکسل های درست خودروها در فریم ها را نشان می دهد.

رابطه (۹)

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

$$MODP = \frac{Overlap Ratio}{N_{mapped}^t} \quad (10)$$

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.

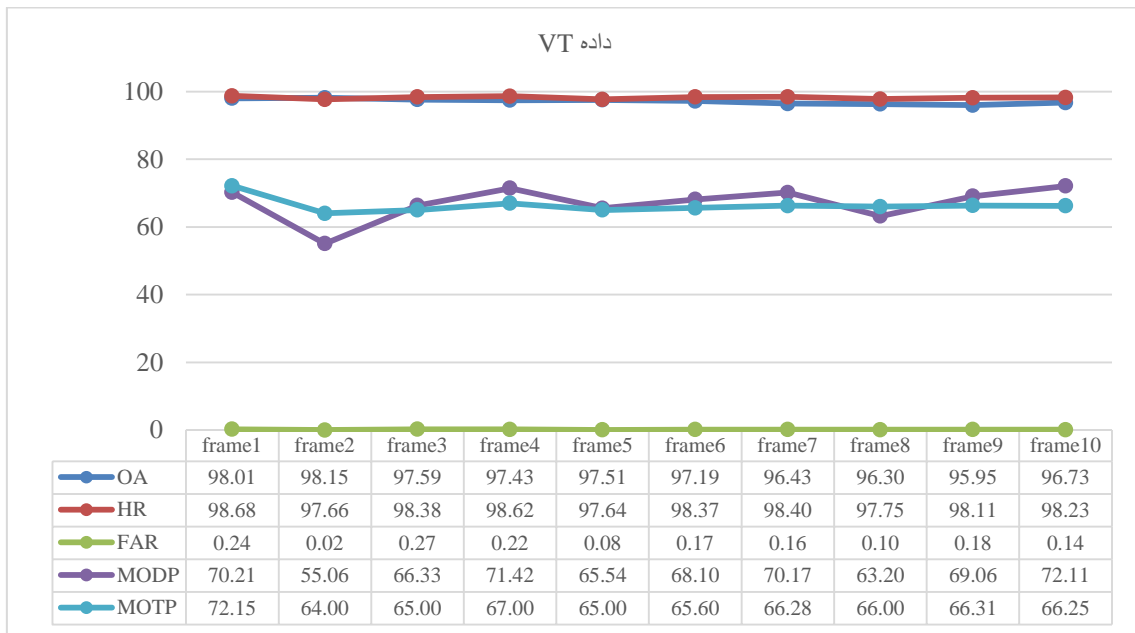
۴-۱-۵- معیار MOTP

در اینجا هم برای ارزیابی و سنجش توانایی روش پیشنهادی برای ردیابی خودروها در چندین فریم متوالی، از معیار دیگری به نام $MOTP$ [۴۵]^۲ استفاده شده است که مبتنی بر رابطه هم پوشانی بین مراکز داده های مرجع و روش پیشنهادی می باشد. به عبارتی بهتر $MOTP$ بر اساس هم راستا بودن مرکز ثقل خودروها تغییر خواهند کرد. این معیار دقت ردیابی خودروها را در چندین فریم متوالی نشان می دهد و کاملاً وابسته به مرکز ثقل خودرو خواهد بود. مرکز ثقل هم وابسته به موقعیت پیکسل های تشخیص داده شده می باشد. به عبارتی بهتر ساختار و شکل کلی شناسایی خودروها در تعیین مرکز ثقل خودروها بسیار اهمیت خواهد داشت. از رابطه (۱۱)

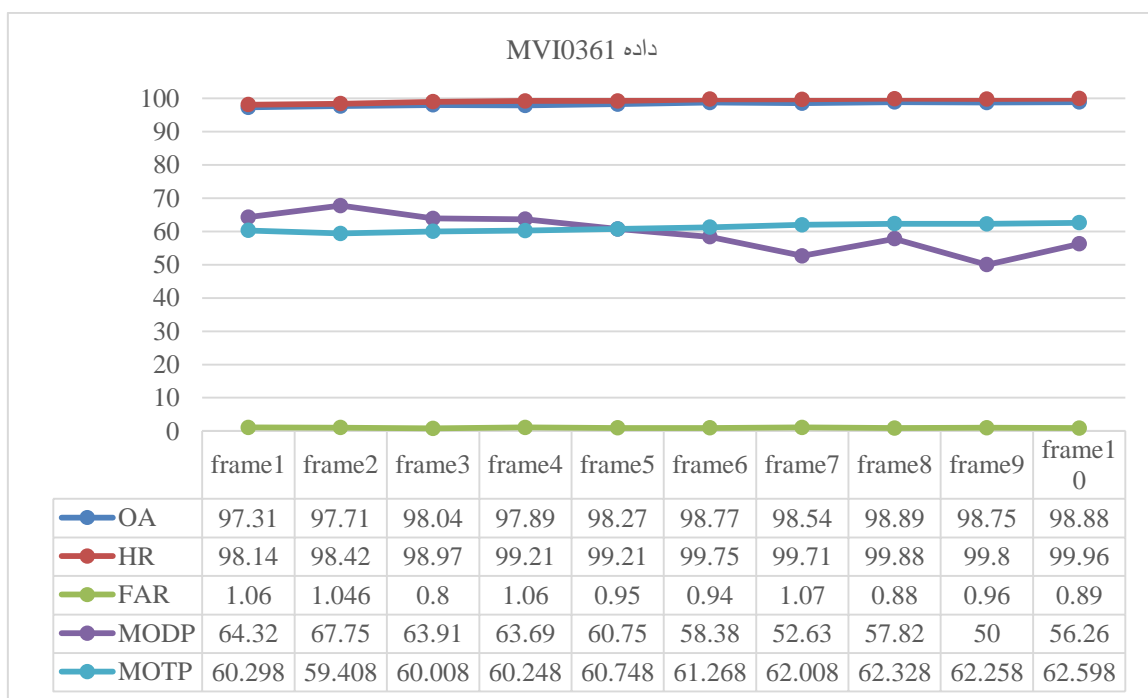
^۱ . Multi Object Detection Precision

^۲ . Multi Object Tracing Precision

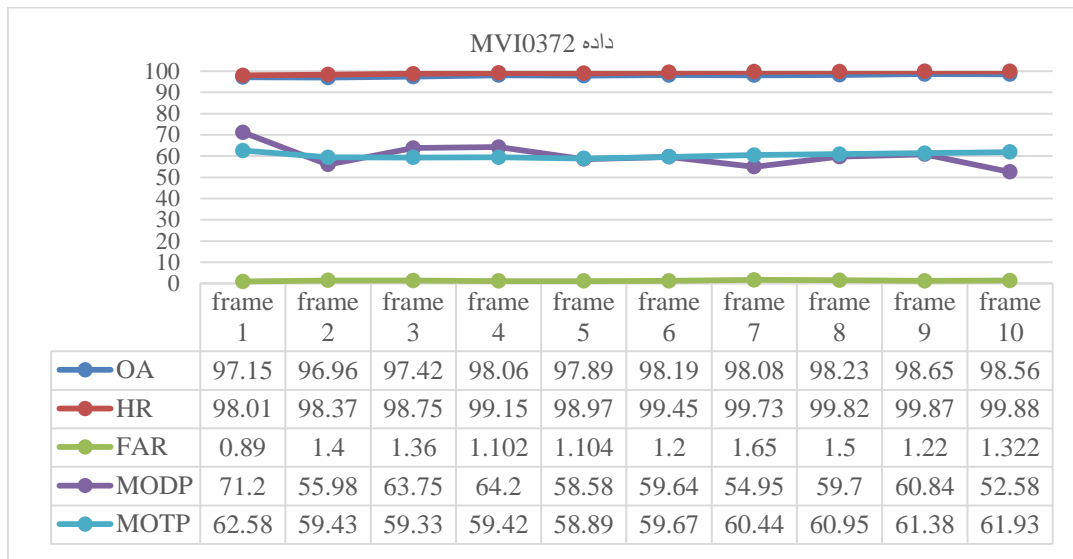
^۳ . TrueData



شکل ۱۳: نتایج به دست آمده از روش ارائه شده بر روی داده VT



شکل ۱۴: نتایج به دست آمده از روش ارائه شده بر روی داده MVI361



شکل ۱۵: نتایج به دست آمده از روش ارائه شده بر روی داده MVI372

می باشد که برآیند دو معیار HR و FAR می باشد. این معیار می تواند نشان دهنده دقت کلی در تشخیص خودروها باشد. به طور کلی هرچه میزان HR بیشتر و مقدار FAR کمتر باشد، میزان OA بیشتر خواهد شد. رنگ بنفش و فیروزه ای به ترتیب نشان دهنده $MODP$ و $MOTP$ می باشند. میزان هم پوشانی و $MOTP$ دقت ردیابی در چندین فریم متوالی را نشان می دهند. در ادامه برای تحلیل راحت تر و بهتر این نتایج از یک جدول استفاده شده است. در جدول (۳) نتایج نمودارها یا به عبارتی هر معیار در هر داده به صورت کمی و با یک عدد میانگین نشان داده شده است.

در شکل (۱۳، ۱۴ و ۱۵) به صورت نمودار و جدول نتایج ارزیابی روش پیشنهادی برای سه داده نشان داده شده است. نمودار مربوط به هر معیار با رنگ متفاوتی مشخص شده است. رنگ قرمز مربوط به معیار HR است که درصدی از تشخیص پیکسل های درست را نشان می دهد. میزان HR هرچه به صد نزدیک تر باشد نشان دهنده دقت بهتر در شناسایی خواهد شد. رنگ سبز نشان دهنده معیار FAR می باشد که درصدی از تشخیص اشتباه را نشان می دهد. میزان FAR هرچه قدر به صفر نزدیک تر باشد، یعنی درصد کمتری از پیکسل ها به اشتباه به عنوان خودرو شناسایی شده است. نمودار آبی رنگ مربوط به معیار OA

جدول ۳: میانگین نتایج برای هر معیار در هر داده

میانگین	MVI0372	MVI0361	VT	داده	متریک
۹۸٫۸۷	۹۸٫۳۶	۹۸٫۱۸	۹۷٫۱۳	OA	
۹۸٫۷۵	۹۸٫۵۶	۹۹٫۳۶	۹۸٫۳۵	HR	
۰٫۸۸۳	۰٫۲	۱٫۱۹	۱٫۲۶	FAR	
۶۲٫۴	۶۰٫۱۰	۶۰٫۰۵	۶۷٫۰۷	MODP	
۶۲٫۶	۶۰٫۴۰	۶۱٫۱۲	۶۶٫۳۶	MOTP	

می باشد. به طور میانگین میزان HR ۹۸٫۷۵ می باشد که نزدیک به ۱۰۰ می باشد. به عبارت بهتر یعنی روش پیشنهادی تقریباً تمام پیکسل های مربوط به

با توجه به نمودار مربوطه میانگین میزان HR در هر ۱۰ فریم برای سه داده که در جدول (۳) نشان داده شده، به ترتیب ۹۸٫۳۵، ۹۹٫۳۶ و ۹۸٫۵۶

میانگین این مقادیر برای ۱۰ فریم در هر داده به ترتیب برابر $۶۷/۰۷$ ، $۶۰/۰۵$ و $۶۰/۱۰$ می‌باشد. بیشترین مقدار میانگین متعلق به داده VT و کمترین مقدار مربوط به داده $MVI361$ می‌باشد. بنابراین به‌طور کلی میزان همپوشانی تمام خودروها در همه فریم‌ها و برای هر سه داده حدوداً $۶۲/۵$ درصد می‌باشد.

همچنین $MOTP$ معیار دیگری برای ردیابی خودروها در چندین فریم متوالی می‌باشد. هرچه مقدار کمی معیار بیشتر و نمودارهای مربوطه در همه فریم‌ها منظم و یکنواخت باشند، نشان‌دهنده این است که آن روش خودروها با دقت بالاتری در چندین فریم متوالی ردیابی شده است. همان‌طور که از نمودارهای مربوطه پیداست، در هر سه داده نمودارهای مربوط به معیار $MOTP$ در طول ۱۰ فریم به‌صورت منظم و یکنواخت می‌باشند. مطابق جدول (۳)، مقدار میانگین کمی معیار $MOTP$ در داده VT برابر $۶۶/۳۶$ در داده $MVI361$ برابر $۶۱/۱۲$ و نهایتاً در داده $MVI372$ برابر $۶۲/۶۲$ درصد است. تنها تفاوتی که در نتایج دیده شده، آن است که میزان میانگین کمی معیار $MOTP$ در داده VT حدود ۵ درصد بیشتر از دو داده دیگر می‌باشد. دلیل این موضوع هم این است که در داده اول طول سایه‌ها کوتاه می‌باشند و خودروهای مجاور به‌صورت اشتباه تلفیق نمی‌شوند و همچنین مرکز ثقل کمتر جایجا شده است.

در حالت بعدی برای ارزیابی جهت تشخیص سایه خودروها، روش پیشنهادی با چندین روش دیگر در زمینه حذف سایه خودروها مقایسه شده است. روش اول NCC می‌باشد که در واقع براساس معیار نزدیکترین شباهت به شناسایی سایه و خودروها پرداخته است. روش دوم $HSVC$ می‌باشد که از ویژگی‌های رنگی در فضای HSV استفاده کرده است. مقایسه روش پیشنهادی برای حذف سایه با دو روش یاد شده براساس معیارهای یادشده در قسمت فوق صورت می‌گیرد. در جدول (۴) نتایج حاصل از

خودرو واقعی را تشخیص داده است. از آنجایی که در اینجا مسئله سایه مطرح است، بنابراین سایه‌ها هم به‌عنوان پیکسل‌های اشتباه طبقه‌بندی می‌شوند. احتمال اینکه در روش پیشنهادی پیکسل‌های سایه به‌عنوان خودرو شناسایی شده باشند، بنابراین این معیار به‌تنهایی نمی‌تواند نشان‌دهنده دقت در تشخیص خودروها باشد و کاملاً وابسته به معیار دیگری به اسم FAR می‌باشد. مقادیر میانگین کمی FAR در هر ۱۰ فریم برای سه نوع داده به ترتیب برابر $۱/۲۶$ و $۱/۱۹$ و $۰/۲$ درصد است که بیشترین مقدار مربوط به داده VT و کمترین مقدار متعلق به $MVI0372$ می‌باشد. به‌طور کلی با توجه به نمودارهای FAR میانگین کمی در هر سه داده کمتر از ۱ درصد می‌باشد. به‌دلیل اینکه مقادیر کمی نمودارهای مربوطه نزدیک به صفر می‌باشند، می‌توان فهمید که روش پیشنهادی در حذف سایه عملکرد خیلی خوبی داشته است.

با توجه به نمودارهای OA میزان میانگین کمی که در جدول (۳) نشان داده شده، در هر ۱۰ فریم برای سه داده به ترتیب برابر $۹۷/۱۳$ ، $۹۸/۱۸$ و $۹۸/۳۶$ می‌باشند. بیشترین مقدار مربوط به داده $MVI372$ و کمترین مقدار هم برای VT می‌باشد. درنهایت اگر با یک عدد میزان دقت کلی شناسایی خودرو و حذف سایه خودروها را نشان داد، می‌توان گفت که روش پیشنهادی به‌طور خاص در این مجموعه داده تا $۹۷/۸۹$ درصد عملکرد و کارایی خوبی داشته است.

$MODP$ میزان هم‌پوشانی تمام خودروهای شناسایی شده در یک فریم نسبت به فریم مرجع را نشان می‌دهد. هرچقدر بیشتر و همچنین نمودار یکنواختی داشته باشد، نشان‌دهنده هم‌پوشانی و انطباق بهتر خودروهای شناسایی شده با داده‌های مرجع می‌باشد. همان‌طور که در نمودارهای مربوط به $MODP$ نشان داده شده، نمودار در فریم‌های متوالی روند یکنواختی نداشته و اگر از لحاظ کمی این شاخص عدد بزرگتری را نشان دهد باز هم نشان بر پایین بودن دقت و همپوشانی خودروها با داده مرجع می‌باشد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان OA در روش پیشنهادی بیشترین مقدار و برابر 97.89 و در روش NCC کمترین مقدار 91.38 را دارند. میزان HR در روش NCC کمترین مقدار را دارند و در روش پیشنهادی و $HSVC$ تقریباً برابر بوده است و به عبارتی در هر دو روش به یک درصد برابری پیکسل‌های مربوط به خودروها را شناسایی کرده‌اند. تنها تفاوت آنها در میزان FAR می‌باشد که در روش پیشنهادی 0.88 و در روش $HSVC$ برابر با 4.92 می‌باشد.

در ادامه به مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش‌ها بر اساس دو معیار دیگری با اسم‌های $MOTP$ و $MOTP$ پرداخته شده است که در جدول (۵) نتایج این دو معیار برای هر سه داده نشان داده شده است.

مقایسه دو روش دیگر با روش پیشنهادی بر اساس معیار HR ، FAR و OA نشان داده شده است.

جدول ۴: مقایسه چندین روش دیگر با روش پیشنهادی در میزان توانایی حذف سایه خودروها

معیار روش	OA (درصد)	HR (درصد)	FAR (درصد)	مرجع
روش NCC	91.38	94.45	3.13	[۴]
روش $HSVC$	93.29	98.23	4.92	[۵]
روش پیشنهادی	97.89	98.75	0.88	

جدول (۴) نتایج مربوط به مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش‌های حذف سایه می‌باشد. ستون اول روش‌های پیشنهادی برای مقایسه نشان داده شده است. در ستون دوم تا ششم نتایج مربوط به معیارهای ارزیابی برای هر روش نشان داده شده است.

جدول ۵: نتایج مقایسه مقادیر عددی معیار $MOTP$ و $MODP$ برای هر سه داده در هر سه روش تشخیص سایه

داده	معیار	روش NCC	روش $HSVC$	روش پیشنهادی
VT	$MOTP$	63.15	62.32	66.36
	$MODP$	50.36	52.32	67.07
MVI0361	$MOTP$	70.01	68.56	61.12
	$MODP$	48.78	49.78	60.05
MVI0372	$MOTP$	66.64	66.55	62.62
	$MODP$	48.18	52.56	60.10
میانگین	$MOTP$	66.6	66.5	62.6
	$MODP$	49.11	51.64	62.4

استفاده، مرکز ثقل می‌تواند از یک داده به داده‌ای دیگر تغییر کند. اما این تغییرات در بازه محدودی قرار دارد. همان‌طور که در جدول (۵) مشاهده شده است، اختلاف معیار $MOTP$ برای روش پیشنهادی با روش‌های دیگر در هر داده بسیار کم و در حد ۱ تا ۴ درصد می‌باشد اما همان‌طور که بیان شد عامل اصلی این اختلاف به ماهیت داده، شکل و موقعیت پیکسل‌های شناسایی شده وابسته می‌باشد. همین امر باعث شده در یک روش مرکز ثقل جابجا و در

همان‌طور که قبلاً بیان شده است، معیار $MODP$ درصدی از پیکسل‌های درست خودروها در فریم‌ها را نشان می‌دهد اما معیار $MOTP$ دقت ردیابی خودروها را در چندین فریم متوالی نشان می‌دهد و کاملاً وابسته به مرکز ثقل خودرو شناسایی شده خواهد بود. مرکز ثقل هم وابسته به موقعیت پیکسل‌های تشخیص داده شده می‌باشد. به عبارتی بهتر ساختار و شکل کلی شناسایی خودروها در تعیین مرکز ثقل خودروها بسیار اهمیت خواهد داشت. بنابراین بسته به روش و نوع داده مورد

به راحتی با تفاضل پس زمینه می توان به شناسایی خودروها پرداخت بدون اینکه سایه خودروها تشخیص و ردیابی شوند. در این تحقیق سه پایگاه داده جهت پیاده سازی و ارزیابی مورد استفاده قرار گرفته است. معیارهای مورد استفاده برای نشان دادن دقت و قابلیت اعتماد سیستم در شناسایی خودروها *OA*، *FAR*، *HR* و *MODP* می باشند. با استفاده از این معیارها روش پیشنهادی با چندین روش دیگر در زمینه شناسایی سایه مقایسه و ارزیابی شده است. دقت نتایج به دست آمده تا حدودی به تعداد داده های مورد استفاده و شرایط و نحوه اخذ داده وابسته می باشد اما به صورت نسبی دقت روش پیشنهادی براساس شاخص های مورد استفاده، بین ۳ درصد تا ۱۲ درصد متفاوت خواهد بود.

۶- پیشنهادات

به منظور ادامه و تکمیل تحقیقات صورت گرفته در زمینه شناسایی خودروها و حذف سایه خودروها پیشنهاد می گردد:

- ۱- با استفاده از چندین داده مختلف دیگر که در شرایط مختلف و زمان های مختلفی اخذ شده است استفاده شود. همچنین از معیارهای دیگری همانند شاخص کاپا و یا تست فیشر برای ارزیابی روش پیشنهادی استفاده شود که نتایج حاصل شده با اطمینان بالاتری قابل استدلال باشد.
- ۲- وزن دهی به تمام فریم های تصویر براساس تمام ویژگی های بافتی و انتخاب بهترین ویژگی ها برای وزن دهی و حذف سایه خودروها می باشد.

روش دیگر این مقدار جابجایی کمتر باشد. بنابراین به طور کلی از این خطا می توان به عنوان یک خطای رندم نام برد که می تواند در یک بازه مشخصی متغیر باشد. اما آن چیزی که خیلی اهمیت دارد این است که اگر در روشی میزان عددی *MOTP* و *MODP* به هم نزدیک باشند نشان بر این است که آن روش دارای قابلیت اعتماد بیشتری خواهد بود. همان طور که مشاهده می شود، مقدار میانگین *MODP* و *MOTP* برای هر سه داده به ترتیب برابر 62.4 و 62.6 درصد می باشد. بنابراین این مقادیر برای روش پیشنهادی تقریباً برابر می باشد اما در روش دیگر این دو مقادیر اختلافی در حدود ۱۵ تا ۱۸ درصد را دارند.

در نهایت لازم به ذکر می باشد که دقت نتایج به دست آمده به صورت نسبی می باشد و تا حدودی وابسته به شرایط و نحوه اخذ داده و تعداد فریم های مورد ارزیابی و همچنین تنوع در داده ها می باشد که مورد استفاده قرار گرفته است. اما به صورت نسبی دقت روش پیشنهادی نسبت به دو روش دیگر و همچنین براساس شاخص های مورد استفاده، مطابق جدول (۴ و ۵)، بین ۳ درصد تا ۱۲ درصد متفاوت خواهد بود.

۵- جمع بندی

هدف اصلی در این تحقیق، ارائه الگوریتمی مبتنی بر آنتروپی و فاصله اقلیدسی برای تشخیص و حذف سایه خودروها و افزایش دقت در استخراج خودروها می باشد. برای این منظور، هر کدام از فریم های ورودی براساس این دو ویژگی وزن دهی می شوند. سپس براساس وزن دهی که به فریم ورودی و پس زمینه داده شده،

مراجع

- [1] J. K. Aggarwal and Q. Cai, "Human motion analysis: A review," in Nonrigid and Articulated Motion Workshop, 1997. Proceedings., IEEE, 1997, pp. 90-102.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] R. Zabihollahi and M. Soryani, "Vehicle Shadow Exclusion for a Vehicle Velocity Detection System," in *IMECS*, 2007, pp. 492-496.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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. 885-888.
- [10] N. Singh and A. Maxton, "A Survey on Shadow Detection Methods," *IJARCET*, Volume3, 2014.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] K. Onoguchi, "Shadow elimination method for moving object detection," in *Pattern Recognition, 1998. Proceedings. Fourteenth International Conference on*, 1998, pp. 583-587.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] H. Song, B. Huang, and K. Zhang, "Shadow detection and reconstruction in high-resolution satellite images via morphological filtering and example-based learning," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 52, pp. 2545-2554, 2014.
- [20] K.-L. Chung, Y.-R. Lin, and Y.-H. Huang, "Efficient shadow detection of color aerial images based on successive thresholding scheme," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing*, vol. 47, pp. 671-682,

- 2009.
- [21] F. P. Luus, F. van den Bergh, and B. Maharaj, "Adaptive threshold-based shadow masking for across-date settlement classification of panchromatic QuickBird images," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 11, pp. 1153-1157, 2014.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] M. Golchin, F. Khalid, L. N. Abdullah, and S. H. Davarpanah, "Shadow detection using color and edge information," *Journal of Computer Science*, vol. 9, p. 1575, 2013.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] D.-m. Li, Y.-z. Wang, and B. Du, "Research on Segmentation Methods of Weed and Soil Background Under HSI Color Model," in *Knowledge Discovery and Data Mining*, 2009. *WKDD 2009. Second International Workshop on*, 2009, pp. 628-631.
- [31] T. Acharya and A. K. Ray, *Image processing: principles and applications*: John Wiley & Sons, 2005.
- [32] Y. G. Byun, Y. K. Han, and T. B. Chae, "A multispectral image segmentation approach for object-based image classification of high resolution satellite imagery," *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 17, pp. 486-497, 2013.
- [33] K.-L. Chung, W.-J. Yang, and W.-M. Yan, "Efficient edge-preserving algorithm for color contrast enhancement with application to color image segmentation," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 19, pp. 299-310, 2008.
- [34] J. Fan, G. Zeng, M. Body, and M.-S. Hacid, "Seeded region growing: an extensive and comparative study," *Pattern recognition letters*, vol. 26, pp. 1139-1156, 2005.
- [35] W. jian, "Study on Segmentation of Color Remote Sensing Image," *Procedia Engineering*, vol. 29, pp. 3312-3316, 2012.
- [36] K. López-de-Ipiña, J. Solé-Casals, M. Faundez-Zanuy, P. M. Calvo, E. Sesa, U. Martinez de Lizarduy, et al., "Selection of entropy based features for automatic analysis of essential tremor," *Entropy*, vol. 18, p. 184, 2016.

- [37] R. M. Haralick and K. Shanmugam, "Textural features for image classification," *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, vol. 3, pp. 610-621, 1973.
- [38] M. Janalipour and M. Taleai, "Building change detection after earthquake using multi-criteria decision analysis based on extracted information from high spatial resolution satellite images," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 38, pp. 82-99, 2017.
- [39] J. Han, J. Pei, and M. Kamber, *Data mining: concepts and techniques*: Elsevier, 2011.
- [40] R. C. Gonzales and P. Wintz, *Digital image processing (2nd ed.)*: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1987.
- [41] 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.
- [42] 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.
- [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] 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.



Removing car shadows in video images using entropy and Euclidean distance features

Ali Karami¹, Masoud Varshosaz², Mohsen Soryani³, Mohammad shokri⁴

- 1- M.Sc. of photogrammetry, Faculty of geodesy and geomatic, K.N.Toosi University of technology
2- Associate Professor at photogrammetry and remote sensing department, K.N.Toosi University of technology
3- Associate Professor at artificial intelligence department, Iran University of science and technology
4- M.Sc. of Remote Sensing, Faculty of geodesy and geomatic, K.N.Toosi University of technology

Abstract

Detecting car motion in video frames is one of the key subjects in computer vision society. In recent years, different approaches have been proposed to address this issue. One of the main challenges of developed image processing systems for car detection is their shadows. Car shadows change the appearance of them in a way that they might seem stitched to other neighboring cars. This study aims to propose an optimized method for removing car shadows using entropy and Euclidean distance features. For each pixel, a weight is assigned according to the mentioned features. The weights assigned to shadows and background (asphalt) pixels are very close to each other which enable the background subtraction to remove both of them. The proposed method was evaluated on three datasets based on OA, HR, FAR, MODP and MOTP measures. The method was also compared with both NCC and HSV color methods which are well-known in removing car shadows. The results showed that the proposed methods depending on the type of the index is variable between 3 to 12 percent accurate results.

Key words: car detection, entropy, shadow, Euclidean distance