

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

علی کرمی<sup>۱\*</sup>، مسعود ورشوساز<sup>۲</sup>، محسن سریانی<sup>۳</sup>

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

<sup>۲</sup> دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی  
varshosazm@kntu.ac.ir

<sup>۳</sup> 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. به‌عنوان 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 به‌عنوان 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 به‌صورت 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 FAR، HR، 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، به‌صورت 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

به طور کلی در این سیستمها خودروها عموماً تنها قسمت‌های مورد علاقه در یک فریم ویدئو هستند. لذا ارائه روش‌هایی که شناسایی خودروها را با دقت و سرعت مطلوبی انجام دهند از اهمیت بالایی برخوردار بوده و باعث افزایش کارایی این سیستمها خواهد شد [۳]. یکی از مشکلات تشخیص خودروها، سایه خودروها است. در شکل ۱ نمونه‌ای از این مشکلات نمایش داده شده است.

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



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

می‌شود، به عنوان وزن پیکسل‌های تصویر جهت حذف سایه خودرو در نظر گرفته است. به این صورت که بعد از انتقال تصاویر پس‌زمینه و پیش‌زمینه به فضای HSV<sup>۱</sup> روی تصویر پس‌زمینه الگوریتم K-میانگین دو کلاس را اعمال و مرکز بزرگترین کلاس را به عنوان نقطه مرجع یا جستجو انتخاب می‌شود. فاصله اقلیدسی تمام نقاط تا نقطه مرجع در فضای ویژگی را به عنوان وزن به پیکسل‌های هر فریم معرفی می‌کنند. تکنیک فوق، علاوه بر پیچیدگی و سرعت پایین محاسبات از دقت پایینی در وزن‌دهی 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 پس‌زمینه ارائه شده است که همان گونه که در بخش‌های بعدی گفته خواهد شد، به جای استفاده از فاصله اقلیدسی از ترکیب چندین ویژگی بافتی برای وزن‌دهی فریم‌ها استفاده می‌کند. 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 پیاده‌سازی و ارزیابی الگوریتم پیشنهادی انجام شده است. نهایتاً در بخش پنجم یک جمع‌بندی کلی و همچنین پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی صورت گرفته است.

همانگونه که در این شکل دیده می‌شود، می‌توان فهمید که بین سایه یک خودرو با خود خودرو اتصال و پیوستگی وجود دارد که این حالت خود باعث دو 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 بر اساس خودروها دچار مشکل می‌شود. 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 سیستم‌های نظارتی و سیستم‌های کنترل ترافیک مانند شمارش خودروها، یا تخمین مکان خودروها و تحلیل رفتار آنها می‌شود. بنابراین لازم است تا سایه‌ها شناسایی شوند.

روش‌های زیادی جهت حذف سایه خودروها توسط محققین ارائه شده است. تحقیقات ارائه شده عموماً مبتنی بر استفاده از ویژگی‌هایی همچون بافت [۵]، رنگ [۶]، تناظر بین نقاط [۷] و امثال آن می‌باشند که بعضاً به دلیل پیچیدگی محاسبات و پایین بودن دقت [۷، ۸] به صورت موفقیت آمیز عمل نمی‌کنند.

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

<sup>۱</sup> Hue, Saturation, Value

## ۲- مروری بر روش‌های پیشین

در [۱۸] هم از محیط رنگی و یک دوربین برای تصویر برداری استفاده شده است. در این روش ابتدا حضور سایه در پیش‌زمینه تصویر بررسی شده است. در صورت 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 به عنوان 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 [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<sup>۳</sup> 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 [۲۶] و همچنین لیو و همکاران<sup>۵</sup> [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 کرده است اما مشکل اصلی این روش‌ها طبقه بندی 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 مربوطه اش 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 به طور کلی دقت و سرعت پایین تری نسبت به سایر روش‌ها دارند.

چی و همکاران<sup>۶</sup> [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

تکنیک‌ها و روش‌های متعددی در خصوص تشخیص سایه اشیاء متحرک به خصوص خودروها در سال‌های اخیر صورت گرفته است به عنوان 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 به عنوان موانعی در تجزیه و تحلیل از راه دور تصاویر در نظر گرفته شده اند. اما به طور 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<sup>۱</sup> 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<sup>۲</sup> را به عنوان یک کلاسه بندی کننده سایه مورد استفاده قرار می‌دهد. GrRFMN قادر است تا داده‌های ریز را پردازش نماید.

<sup>۳</sup> Support vector machine

<sup>۴</sup> Guo et al.

<sup>۵</sup> Liu et al.

<sup>۶</sup> Qi et al

<sup>۱</sup> Shadow Flash

<sup>۲</sup> Granular Reflex Fuzzy Min-Max Neural Network

GMM<sup>۱</sup> یک مدل پس‌زمینه استخراج شود. سپس نسبت شدت بهبودیافته<sup>۲</sup> حساب می‌شود و از طریق آن هم می‌توان پیکسل‌های اشتباه را شناسایی کرد. این روش - علاوه بر این که دقت نسبتاً خوبی دارد اما برای محیط‌های بیرونی با کاهش دقت مواجه خواهد شد [۳۳].

خان و همکاران<sup>۳</sup> [۳۴] در سال ۲۰۱۶ روشی خودکار 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<sup>۴</sup> برای حذف سایه استفاده شده است. مشابه روش فوق هم در سال ۲۰۱۵ توسط شن و همکاران<sup>۵</sup> [۳۵] روش مبتنی بر CNN<sup>۶</sup> 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 اما به دلیل اینکه نیاز به آموزش داده‌ها و همچنین تخمین برخی پارامترهای اولیه دارد، برای پردازش آنی داده‌ها تا حدودی با مشکل مواجه خواهد شد.

در [۳۶، ۱۹] روش‌های برای تشخیص و حذف سایه خودروها ارائه شده است که مبتنی بر تکنیک NCC<sup>۷</sup> به‌طور کلی در این روش‌ها برای تشخیص سایه از میزان شباهت درجه خاکستری استفاده شده است. با استفاده از معیار نزدیک‌ترین شباهت به شناسایی سایه پرداخته خواهد شد. خیلی از مناطق در تصویر وجود دارند که شباهت زیادی از لحاظ درجه خاکستری به سایه‌ها دارند. مشکل اصلی روش‌های مبتنی بر NCC این است که اگر قسمت‌های از تصویر شباهت زیادی به سایه داشته باشند. در آن صورت دقت روش‌ها کاهش پیدا می‌کند.

اخیراً، کرمی [۱] روشی مبتنی بر روش گسترش ناحیه برای وزن‌دهی 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 به‌عنوان وزن در نظر گرفته است. از این وزن‌ها برای جدا کردن خودروها از سایه‌ها استفاده شده است. مشکل اصلی این کار علاوه بر پیچیدگی و سرعت محاسباتی، دقت پایین همچنین وابستگی شدید به تغییرات درجه

خاکستری می‌باشد. دلیل این موضوع آن است که وزن‌دهی به پیکسل‌های تصویر کاملاً وابسته به نقطه جستجو می‌باشد 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 وزن‌دهی و در نهایت حذف سایه‌ها می‌شود.

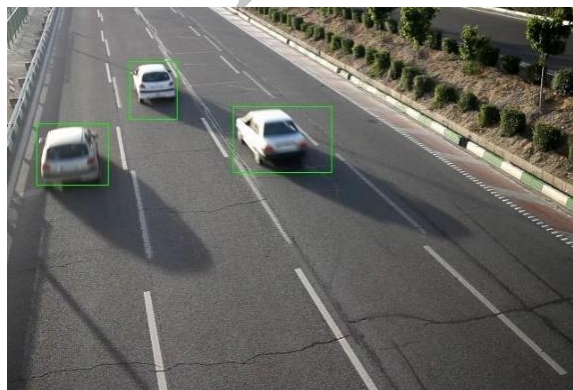
به‌منظور برطرف کردن این مشکلات، در این مقاله روشی مبتنی بر تکنیک تفاضل پس‌زمینه جهت حذف سایه خودرو توسعه داده شده است که در آن برخلاف روش گسترش ناحیه، ترکیب چندین ویژگی بافتی ملاک وزن‌دهی قرار خواهد گرفت. هدف این کار، افزایش دقت تشخیص خودروی عاری از سایه می‌باشد.

### ۳- مبانی و تئوری روش پیشنهادی

به‌طور کلی، در یک تصویر، ویژگی بافت عارضه نشان‌دهنده شدت تغییرات درجات خاکستری آن می‌باشد. 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 می‌گیرند، به‌طور کلی از لحاظ ویژگی بافت (همانند آنتروپی و ضریب وابستگی و...) نسبت به پدیده‌های موجود دیگر در تصویر همانند سایه متفاوت می‌باشند. در شکل ۲ یک نمونه از این تصاویر نشان داده شده است.

با توجه به اینکه در هر فریم ویدیویی سایه‌ها از لحاظ بافتی سطح کاملاً یکنواختی نسبت به خودروها دارند، در نتیجه ویژگی بافتی مربوط به ناحیه سایه از لحاظ کمی هم‌اندازه پس‌زمینه یا کمتر می‌باشد. بنابراین می‌توان از این شرایط برای شناسایی خودروها و همچنین حذف سایه‌ها، استفاده کرد.



شکل ۲- تفاوت بافتی خودروها نسبت به عوارض اطراف

<sup>۱</sup> Gaussian Mixture model

<sup>۲</sup> improvement intensity ratio

<sup>۳</sup> Khan et al.

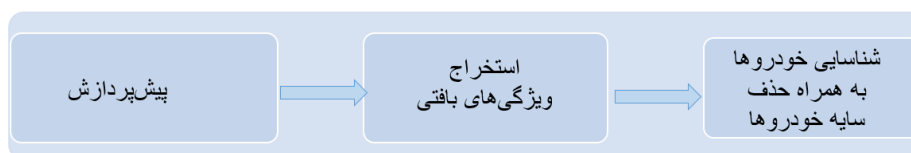
<sup>۴</sup> Bayesian

<sup>۵</sup> Shen et al

<sup>۶</sup> Convolutional Neural Network

<sup>۷</sup> 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 گرفته شده طی انجام این تحقیق در شکل ۳ نشان داده شده است. در ادامه هر یک از مراحل ذکر شده، به تفصیل شرح داده خواهند شد.



شکل ۳- دیاگرام کلی روش پیشنهادی جهت حذف سایه خودروها

۳-۱- پیش پردازش  
 قدر مطلق تفاضل میانگین ارزش‌های 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 به‌طور کلی دارای نویزهایی ضربه‌ای می‌باشند. علت ایجاد این نویزها تداخل به وجود آمده به‌وسیله‌ی عوامل خاص می‌باشند. رفع این مشکل به‌طور معمول با فیلتر پایین‌گذر 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 به‌دست‌آمده 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 از جمله 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 به‌طور مفصل 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

### ۳-۱-۲- پیش پردازش

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 بازاریابی یا اصلاح تصویر نیز نامیده می‌شود. اعوجاج‌های رادیومتریک یا ژئومتریک 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.

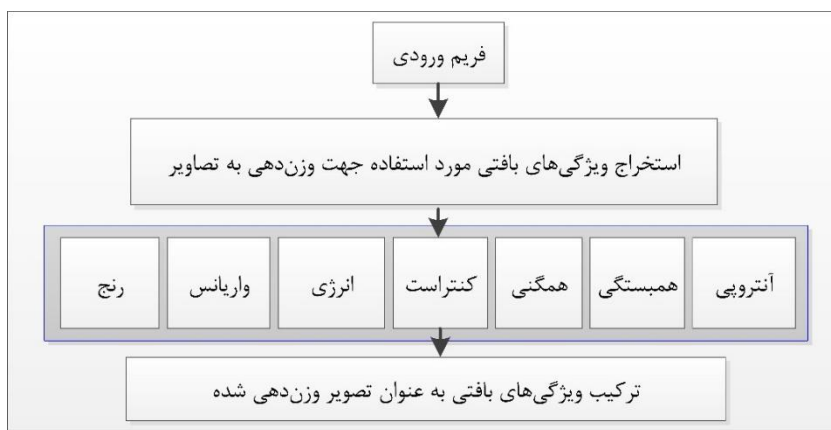
### ۳-۱-۱- نرمال کردن تصویر

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 ویژگی های بافتی

مورد استفاده جهت وزن دهی به فریم ها را نشان می دهد.



شکل ۴- دیاگرام پیشنهادی برای استخراج ویژگی جهت وزن دهی به فریم ها

بزرگ تر باشد، توزیع درجات خاکستری تصادفی تر یا همگن تر می باشد. بنابراین آنتروپی بالا نشان دهنده بافت ناهمگن تصویر و آنتروپی پایین نشان دهنده بافت همگن است [۴۱]. آنتروپی به صورت زیر بدست می آید:

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

در نظر گرفتن ابعاد ماسک برای تعیین مقدار خروجی در آنتروپی، در هر پیکسل از تصویر تأثیر گذار می باشد. هر چقدر ابعاد ماسک را بزرگ تر در نظر بگیریم باعث می شود که مقدار آنتروپی بدست آمده برای پیکسل (i,j) در تصویر به مقدار آنتروپی میانگین تصویر نزدیک می شود. این کار باعث می شود که ویژگی مربوط به بافت در وزن دهی به پیکسل های تصویر تأثیر کمتری داشته باشند. همچنین در جاهایی که لبه وجود دارد، باعث می شود که مقدار آنتروپی خروجی مربوط به پیکسل های همسایگی لبه ها تحت تأثیر قرار گیرد. در نتیجه مقدار آن زیاد و کم شود چون از همسایگی بیشتری برای تعیین مقدار آنتروپی استفاده می کنند.

### ۳-۲-۲- واریانس<sup>۲</sup>

واریانس میزان پراکندگی درجات خاکستری تصویر نسبت به میانگین را نشان می دهد. واریانس بزرگ تر نشان دهنده اطلاعات بیشتر است [۳].

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

<sup>۲</sup> Variance

به طور کلی روش های تحلیل بافت را بر اساس [۴۰] می توان به چهار دسته زیر تقسیم کرد:

- ۱- روش های آماری: اطلاعات مربوط به بافت از خصوصیات آماری پیکسل ها استخراج می شود.
- ۲- روش های ساختاری یا هندسی: بافت بر اساس ترکیبی از ساختارهای اولیه بافت شامل اپراتور مورفولوژیک و گراف هم جوار، که بر اساس قوانینی تعریف شده اند شناخته می شود.
- ۳- روش های تبدیلی و پردازشی: در این روش ها تصویر به فرم جدید تبدیل می شود به طوری که بافت در این فضای جدید راحت تر قابل تشخیص باشد.
- ۴- روش های مبتنی بر مدل، به مدل سازی بافت می پردازند.

در این تحقیق از روش های آماری برای وزن دهی به تصاویر ویدیویی استفاده شده است. روش های آماری اطلاعاتی در مورد تنوع محلی مقدار شدت پیکسل ها در یک تصویر ارائه می کنند. به عنوان مثال، در مناطق با بافت صاف، بازه مقدار پیکسل ها در همسایگی اطراف یک پیکسل، مقدار کوچکی دارد؛ در نواحی با بافت خشن، محدوده بازه بزرگ تر خواهد بود. در ادامه به توابع بافت مورد استفاده در این تحقیق پرداخته شده است.

### ۳-۲-۱- اطلاعات آنتروپی<sup>۱</sup>

آنتروپی میزان تصادفی بودن توزیع درجات خاکستری پیکسل ها را در تصویر نشان می دهد. هر اندازه آنتروپی

<sup>۱</sup> Entropy

### ۳-۲-۷- همگنی<sup>۵</sup>

همگنی در تصویر نشان دهنده میزان یکسان بودن درجات خاکستری در همسایگی مورد نظر 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. هر چقدر 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 عبارتند 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

<sup>۵</sup> homogeneity

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

### ۳-۲-۳- انرژی<sup>۱</sup>

انرژی برای محاسبه میزان اطلاعات موجود مرکزی در پنجره مورد نظر 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<sup>۲</sup>

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

$$\text{Std} = \text{range} = (\max(g_{i,j}) - \min(g_{i,j})) \quad (5)$$

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

### ۳-۲-۵- کنتراست<sup>۳</sup>

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

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

که  $P_{(i,j)}$  همان پنجره مورد بررسی خواهد بود.

### ۳-۲-۶- همبستگی<sup>۴</sup>

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

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

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

<sup>۱</sup> Energy  
<sup>۲</sup> range  
<sup>۳</sup> Contrast  
<sup>۴</sup> Correlation



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 ویدیویی 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 جواب گو 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  $p$ ، و  $WF_{np}$  تصویر وزن دهی شده  $n$ ام در مرحله  $p$ ام 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

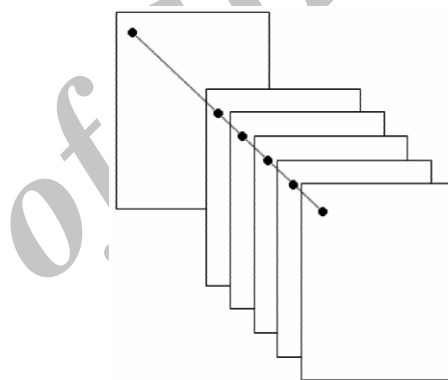
داده خیلی پایین می باشند. به نحوی که زمانی که یک خودرو وارد محدوده دید می شود تا زمانی که از محدوده دید خارج می شود خودرو دیگری وارد نمی شود.

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

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 روز رسانی 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  $Bm(x,y)$  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 ویدیویی و نحوه انتخاب پیکسل میانی از مجموع تمامی پیکسل های اول از تمامی فریم ها

#### ۳-۴- استخراج خودرو به همراه حذف سایه

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

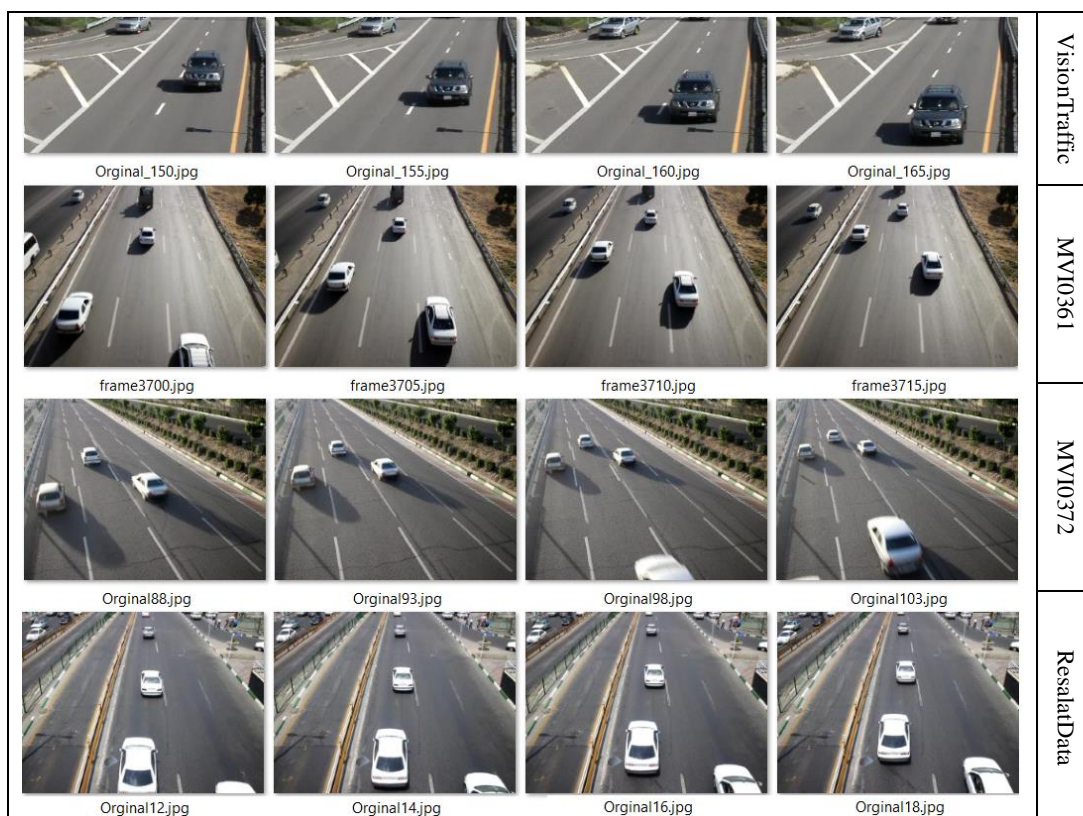
هر کدام از داده ها دارای ویژگی ها و شرایط خاصی می باشند. داده VisionTraffic یکی از داده های آماده موجود در جعبه ابزار متلب می باشد.

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 شکل ۷ داده شده است.

#### ۴-۱- پیش‌پردازش

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 پیش‌پردازش

می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تصاویر نسبت به حالت قبل از پیش‌پردازش 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 داده‌ها برای ادامه کار می‌باشد.

#### ۴-۲- استخراج ویژگی







بعدازاین که فریم‌ها از روی فیلم ویدیویی استخراج شود، باید تصویر پس‌زمینه را استخراج کرد. برای این کار از بین تمام فریم‌های استخراج‌شده، با استفاده از روش میانه به استخراج پس‌زمینه پرداخت. برای به‌هنگام سازی پس‌زمینه باید در هر مرحله یک پس‌زمینه جدید پیدا کرد. با این کار می‌توان یک مدل پس‌زمینه‌ای داشت که قابلیت به‌هنگام شدن در برابر تغییر شرایط نوری را دارا باشد. براساس تئوری یادشده در بخش ۳ ویژگی‌های بافتی را از تصویر استخراج و به همه پیکسل‌های مربوط به فریم‌های پیش‌زمینه و پس‌زمینه وزنی اختصاص داده شود.

به‌طورکلی در این تحقیق از ترکیب چندین ویژگی بافتی برای وزن‌دهی استفاده شده است. ویژگی‌های بافتی شامل آنترویی، واریانس، انرژی، بازه، کنتراست، همبستگی و همگنی می‌باشند.

نتایج وزن‌دهی به فریم‌های پیش‌زمینه و پس‌زمینه براساس ترکیبی از ویژگی‌های بافتی در شکل ۸ نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است، وزن یا درجه خاکستری که به محدوده مربوط به خودروها داده می‌شود کاملاً متفاوت از پس‌زمینه می‌باشد. اما وزنی که به سایه‌ها اختصاص داده می‌شود با سطح آسفالت یا به عبارت بهتر با تصویر پس‌زمینه تقریباً یکسان است.

نتایج به‌دست‌آمده از این شکل، نشان بر تأیید این موضوع از لحاظ بصری می‌باشد. اهمیت این موضوع زمانی مشخص می‌شود که با استفاده از عمل تفاضل پس‌زمینه خودروها را استخراج کرد. چون در آن صورت به‌راحتی با یک تفاضل ساده می‌توان خودروها را استخراج و سایه‌ها را حذف کرد. در ادامه کار به نحوه استخراج خودروها پرداخته خواهد شد.






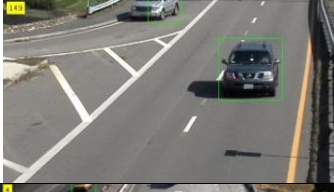

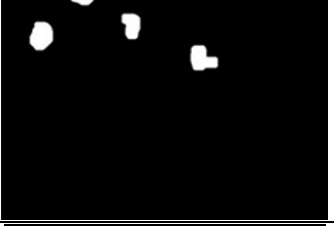






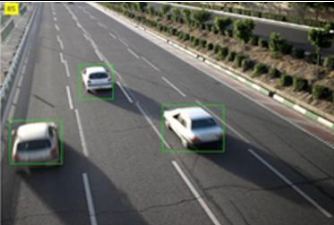
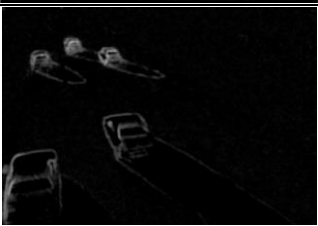

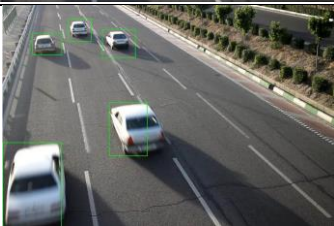

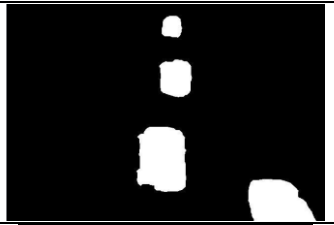
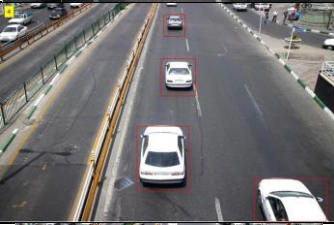



داده	پیش‌زمینه	پس‌زمینه
VisionTraffic		
MVI0361		
MVI0372		

شکل ۸- نتایج استخراج ویژگی‌های بافتی و وزن‌دهی به فریم‌های پس‌زمینه و پیش‌زمینه

#### ۴-۳- استخراج خودرو

برای تشخیص خودروها از روش تفاضل فریم ورودی با پس‌زمینه استفاده می‌شود. درنهایت براساس استدلالی که برای وزن‌دهی به فریم‌ها وجود دارد، پیکسل‌های که

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

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

شکل ۹- نتایج مربوط به تفاضل پس‌زمینه

همان‌طور که از شکل ۹ ستون اول مشاهده می‌شود، جاهایی که وزن‌های اعمال شده به تصویر جاری نسبت به تصویر پس‌زمینه مربوطه به میزان کمی متفاوت باشند، بعد از عمل تفاضل به‌وضوح دیده می‌شود (موقعیت خودروها یا لبه سایه‌ها و ...). همان‌گونه که قبلاً بیان شد، محدوده خودروها از لحاظ بافتی خیلی متفاوت‌تر از محیط اطراف یا به‌عبارتی دیگر نسبت به همان محدوده خودرو در تصویر پس‌زمینه کاملاً متفاوت می‌باشد. از طرف دیگر وزن مربوط به محدوده سایه نسبت به پس‌زمینه تفاوت چندانی ندارند. این امر باعث شده است که وقتی عمل تفاضل صورت می‌گیرد خودروها چون متفاوت از پس‌زمینه می‌باشند استخراج و سایه خودروها به دلیل تفاوت ناچیز با پس‌زمینه حذف می‌شوند.

در بعضی از نقاط برخی از پیکسل‌های تصویر به‌خصوص لبه‌های بیرونی مربوط به سایه‌ها به دلیل ضعف الگوریتم در وزن‌دهی، به‌صورت اشتباه به‌عنوان خودرو شناسایی شده است. همچنین ممکن است دو خودرو به یکدیگر متصل شده باشند و یا قسمت‌های مختلف یک خودرو از آن خودرو جدا شده باشد. این کار منجر به ایجاد خطاهایی در مراحل بعدی پردازش به‌خصوص در مرحله تشخیص خودروها می‌شود. بنابراین در این بخش از روش‌های ریخت‌شناسی 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 پردازش‌های بعدی، آستانه‌ای 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 رنگ‌های موجود در تصویر، به شیوه‌ای خودکار آستانه‌ای را جهت دوسطحی کردن تصویر انتخاب می‌کند. مقدار درصد خروجی روش اتسو برای هر فریم با فریم دیگر متفاوت می‌باشد به‌عنوان مثال در یکی از فریم‌ها ۸٫۶ درصد بوده است. این مقدار بدین معنی است که ۸٫۶ درصد از پیکسل‌های تصویر برابر ۱ و ۹۱٫۴ درصد از پیکسل‌های تصویر برابر صفر در نظر گرفته می‌شوند.

اولین عملگر ریخت‌شناسی که می‌توان استفاده کرد، عملگر بستن<sup>۱</sup> می‌باشد. این عملگر از یک مؤلفه ساختاری<sup>۲</sup>

استفاده کرده و به‌تدریج این مؤلفه ساختاری را بر روی قسمت‌های مختلف تصویر حرکت داده و باعث کوچک‌تر شدن و جمع شدن خودروهای موجود در تصویر می‌شود. همچنین این عملگر منجر به پر شدن فضای خالی ایجاد شده در محدوده خودروهای استخراج شده می‌شود. 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 سایه‌ها می‌باشد که به‌صورت خطی و باریک ولی پیوسته می‌باشند. با اعمال این مؤلفه ساختاری علاوه بر حذف نویزهای نقطه‌ای، نویزهای خطی هم به‌راحتی حذف می‌شوند. همچنین باعث می‌شود که حفره‌های مربوط به محدوده خودروها هم پر می‌شوند.

شکل ۹ ستون دوم نتیجه حاصل از اعمال عملگر ریخت‌شناسی بستن بر روی فریم‌های هر مجموعه داده نشان داده است.

پس از اعمال عملگر بستن و استخراج مناسب خودروها، مؤلفه‌های همبند از درون تصاویر با استفاده از امکانات موجود در نرم‌افزار متلب، استخراج می‌شوند. در واقع مؤلفه‌های همبند، توصیفی از ناحیه اشغال شده توسط خودرو در تصویر می‌باشند که این ناحیه یک همسایگی را در فضای تصویر تعریف می‌کند. با استخراج مراکز مؤلفه‌های همبند به‌دست آمده در مرحله قبل، مراکز تقریبی خودروها به‌دست می‌آیند. برای به‌دست آوردن دقیق‌تر مراکز خودروها، بر روی هریک از خودروهای استخراج شده، مستطیلی محاطی رسم می‌شود. مرکز این مستطیل محاطی به‌عنوان مرکز ثقل یا موقعیت خودرو استخراج می‌شود.

شکل ۹ ستون سوم نتایج مستطیل‌های محاطی رسم شده بر روی هریک از خودروها را نشان می‌دهد.

#### ۴-۴- معیارهای ارزیابی

نتایج هیچ پژوهشی قابل‌اعتماد نیست، مگر زمانی که صحتش ارزیابی شده باشد. صحت، یعنی سطح تطابق بین برچسب‌های پیکسل‌های خروجی از روش پیشنهادی و برچسب‌های مبتنی بر داده‌های مرجع، که بانام داده صحیح مرجع شناخته می‌شود [۴۳، ۴۴].

<sup>۲</sup> Structure Element

<sup>۱</sup> Closing



می‌شود. نرخ تشخیص درست، در حقیقت، معیاری از شاخص جامع بودن<sup>۶</sup> (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<sup>۷</sup>

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<sup>۸</sup>

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

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

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 تشکیل شده است که به‌وسیله روش پیشنهادی استخراج شده‌اند.

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
مجموع		TP+FP	TN+FN
مجموع		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 <sup>۱</sup>TP تعداد نقاطی است که در هر دو مجموعه داده‌ها برچسب توصیفی برای آن شناسایی شده است، در حالی که <sup>۲</sup>TN تعداد نقاطی را مشخص می‌کند که در هر دو داده مورد شناسایی واقع نشده باشد. همچنین <sup>۳</sup>FP تعداد نقاطی هستند که توسط روش پیشنهادی به‌اشتباه شناسایی شده‌اند. در نهایت <sup>۴</sup>FN تعداد نقاطی است که توسط روش پیشنهادی به‌اشتباه مورد شناسایی واقع نشده است.

#### ۴-۴-۱- نرخ تشخیص درست<sup>۵</sup>

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

<sup>۱</sup> True Positive

<sup>۲</sup> True Negative

<sup>۳</sup> False Positive

<sup>۴</sup> False Negative

<sup>۵</sup> Hit Rate

<sup>۶</sup> Completeness

<sup>۷</sup> False Alarm Rate

<sup>۸</sup> Overall accuracy

متوالی که مورد ارزیابی واقع شده است.  $G_i^{(t)}$  و  $D_i^{(t)}$  به ترتیب بیانگر عارضه واقعی و استخراج شده نام 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 (Ground Truth) 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.

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- معیار MODP<sup>۱</sup>

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.

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

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

در این رابطه،  $G_i^{(t)}$  و  $D_i^{(t)}$  بیانگر عارضه واقعی و استخراج شده نام در فریم  $t$ ام می باشند. همچنین  $N_{\text{mapped}}^t$  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.

#### ۴-۵-۴- معیار MOTP<sup>۲</sup>

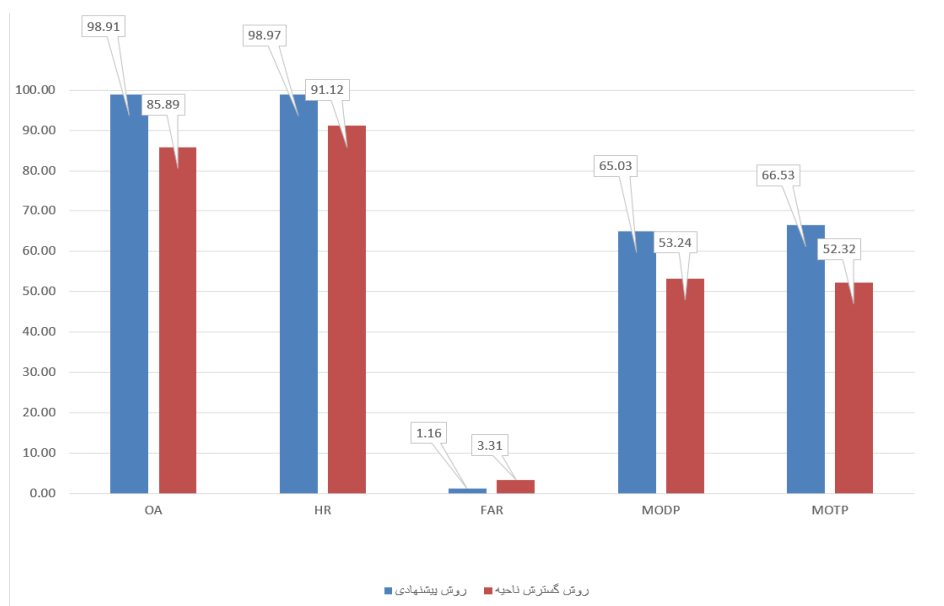
در اینجا هم برای ارزیابی و سنجش توانایی روش پیشنهادی برای ردیابی خودروها در چندین فریم متوالی، از معیار دیگری به نام MOTP [۴۶] استفاده شده است. این روش مبتنی بر رابطه هم پوشانی بین مراکز داده های مرجع و روش پیشنهادی می باشد.

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

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

<sup>۱</sup> Multi Object Detection Precision

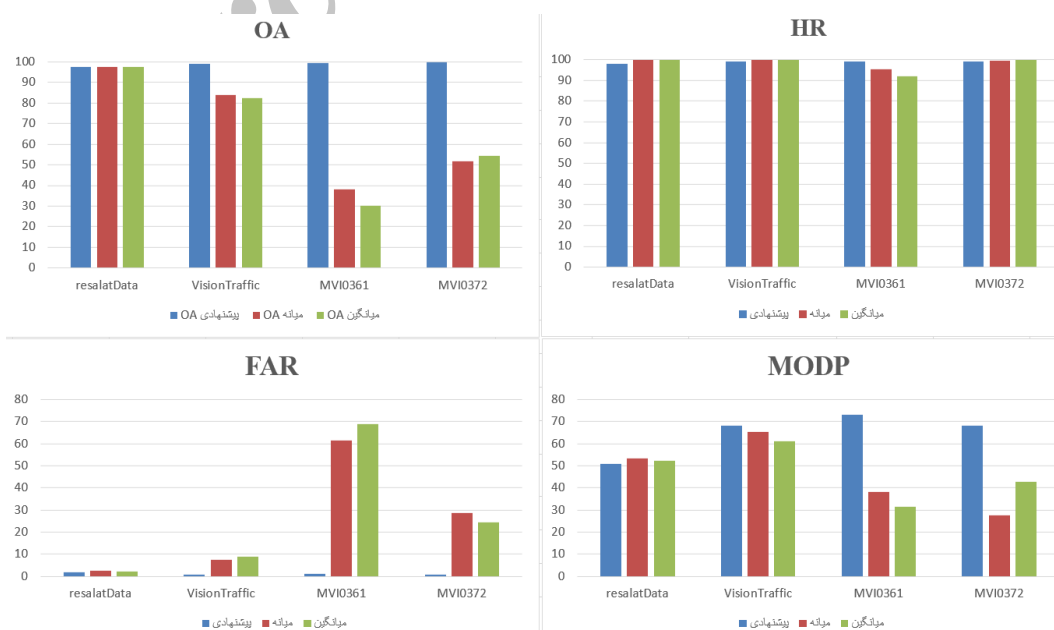
<sup>۲</sup> Multi Object Tracing Precision



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 میانگین گیری 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 میانگین گیری که مبتنی بر عمل تفاضل پس زمینه می‌باشند، مقایسه شده است. در روش‌های میانه و میانگین گیری تصویر پس زمینه از میانه یا میانگین چند فریم ورودی و بدون وزن دهی تولید می‌شود. فریم‌های



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



همان‌طور که در شکل ۱۱ نشان داده شده، رنگ آبی نشان‌دهنده روش پیشنهادی می‌باشد. رنگ قرمز مربوط به روش میانه و همچنین رنگ سبز برای روش میانگین می‌باشد. در شکل ۱۱ ستون هرکدام از نمودارها درصد معیار و سطر آنها نوع مورد استفاده را نشان می‌دهد. طول سایه خودروها در این مجموعه داده‌ها از چپ به راست به ترتیب از کم به زیاد افزایش پیدا می‌کنند. 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 روش‌های میانه و میانگین نسبت به روش پیشنهادی یا بیشتر بوده و یا اینکه تقریباً برابر می‌باشند. این نتایج نشان بر این است زمانی که خودروها بدون سایه می‌باشند روش‌های متداول و معمول میانه و میانگین‌گیری تفاوت چندانی با روش پیشنهادی ندارند و در بعضی مواقع هم تا حدودی دو روش مد و میانه بهتر عمل می‌کنند. در روش پیشنهادی از ویژگی بافت برای وزن‌دهی و شناسایی خودروها استفاده می‌شود. این امر باعث می‌شود که به اشتباه قسمت‌های از خودرو همانند قسمت‌های از شیشه خودرو و غیره را به‌عنوان سایه شناسایی می‌کند. بنابراین در حالتی که خودروها سایه نداشته باشند دقت روش پیشنهادی نسبت به روش‌های میانه و میانگین‌گیری بسته به نوع شاخص ارزیابی حدود ۱ تا ۲ درصد کمتر یا نهایتاً برابر می‌شود. در ادامه با توجه به نتایج داده‌های دیگری که بدست آمده است، می‌توان به این نتیجه رسید که

هرچقدر طول سایه‌ها بیشتر می‌شود توانایی روش پیشنهادی نسبت به روش‌های میانه و میانگین بیشتر و بیشتر می‌شود. برای داده VisionTraffic مقادیر HR، OA، FAR و MODP در روش پیشنهادی تفاوت زیادی با دو روش دیگر ندارد چون طول سایه در این داده‌ها کمتر می‌باشد. 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 سایه‌ها خیلی زیاد می‌باشد، مقادیر معیارهای HR، OA، FAR و MODP در روش پیشنهادی زیاد و در روش‌های 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 می‌توان فهمید که در روش‌های میانه و میانگین ۶۸ درصد از پیکسل‌های مربوط به خودروهای که شناسایی شده‌اند، سایه بوده است. در روش پیشنهادی فقط یک درصد از پیکسل‌ها را به اشتباه به‌عنوان 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 می‌گیرد. در جدول ۳ مقایسه چندین روش دیگر با روش پیشنهادی در میزان توانایی حذف سایه خودروها را نشان می‌دهد.

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 روش‌های حذف سایه می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود 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 پیکسل‌های

مربوط به خودروها را شناسایی کرده‌اند. تنها تفاوت آنها در میزان FAR می‌باشد که در روش پیشنهادی ۱,۱۶ و در روش دوم برابر با ۴,۹۲ می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد 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

پایه‌سازی 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 می‌باشند. با استفاده از این معیارها روش پیشنهادی با روش گسترش ناحیه [1] و نیز دو روش رایج دیگر میانه و میانگین‌گیری مقایسه و ارزیابی شده است. در حالی که خودروها سایه نداشته باشند دقت روش پیشنهادی نسبت به روش‌های میانه و میانگین‌گیری بسته به نوع شاخص ارزیابی حدود ۱ تا ۲ درصد کمتر یا نهایتاً برابر می‌شود. به‌طور کلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۳ دقت کلی روش پیشنهادی در شناسایی خودروها نسبت به چندین روش ارائه‌شده در حذف سایه‌ها 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. به‌منظور ادامه و تکمیل تحقیقات صورت گرفته در زمینه شناسایی خودروها و حذف سایه خودروها پیشنهاد می‌گردد:

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

پیشنهادی حدود ۶۵,۰۳ درصد می‌باشد که در مقایسه با دو روش دیگر حدود ۱۵ درصد بیشتر با داده‌های مرجع انطباق یا هم‌پوشانی داشته باشد. بنابراین روش پیشنهادی در شناسایی خودروها در فریم‌ها 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 ۶۰,۵۰ درصد می‌باشد. 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- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هدف اصلی در این تحقیق، بهبود روش گسترش ناحیه [۱] می‌باشد. در روش پیشنهادی، تفاضل فریم مبتنی بر ترکیبی از ویژگی‌های بافت برای حذف سایه خودروها با هدف و افزایش دقت در استخراج خودروها می‌باشد. برای این منظور، قبل از عمل تفاضل تصاویر پس‌زمینه و پیش-زمینه براساس ترکیبی از انواع ویژگی‌های بافتی وزن‌دهی می‌شوند. وزنی که به تصاویر پس‌زمینه (آسفالت) و همچنین سایه‌ها اختصاص داده می‌شود از لحاظ کمی خیلی نزدیک به هم خواهند بود. بنابراین، به‌راحتی با عمل تفاضل می‌توان سایه‌ها 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. 888-892.
- [28] N. Singh and A. Maxton, "A Survey on Shadow Detection Methods," *IJAR CET, 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.