

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۱۲

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۲۴

## مقایسه روش‌های شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه با رویکرد کلی‌نگر و جزئی‌نگر و ارائه یک رویکرد جدید

محسن بیگلری<sup>۱\*</sup>، علی سلیمانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

biglari@shahroodut.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشیار، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

solimani\_ali@shahroodut.ac.ir

### چکیده

پس از موضوعاتی چون تشخیص مکان خودرو و شناسایی گروه کلی خودرو، شناسایی نوع و مدل دقیق وسیله نقلیه (VMMR) در دهه اخیر در مرکز توجه محققان قرار گرفته است. این مسئله به دلیل وجود تعداد کلاس‌های زیاد و نزدیکی بسیار زیاد این کلاس‌ها به یکدیگر، از مسائل طبقه‌بندی دشوار به حساب می‌آید. در این مقاله، به مقایسه رویکرد کلی‌نگر و جزئی‌نگر پرداخته شده و روش‌های ارائه شده در هر دسته، به طور کامل مرور گردیده‌اند. علاوه بر این، رویکردی در دسته روش‌های جزئی‌نگر برای شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه پیشنهاد شده است که سعی بر برطرف کردن برخی از مشکلات موجود دارد. این رویکرد با تمرکز بر بخش‌های معنی‌دار تشکیل‌دهنده خودرو از قبیل چراغ‌ها، جلوپنجره و نشان‌واره، به طبقه‌بندی کلاس‌های مختلف وسیله نقلیه می‌پردازد. توصیفگر هیستوگرام گرادین‌های جهت‌دار برای استخراج ویژگی و ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی به کار گرفته شده‌اند. برای این منظور، مجموعه داده‌ای متشکل از ۳۵۲ تصویر از نمای جلو و پشت هشت کلاس مختلف از خودروها جمع‌آوری و تمامی بخش‌های آن‌ها علامت‌گذاری شده‌اند. نتایج آزمایش‌های انجام شده روی این تصاویر، برتری رویکرد مبتنی بر بخش را نسبت به رویکردهای پیشین نشان می‌دهد. روش پیشنهادی موفق به کسب دقت ۹۵٫۴ درصد بر روی نمای جلو و دقت ۱۰۰ درصد بر روی نمای پشت شده است.

واژه‌های کلیدی: شناسایی شیء، طبقه‌بندی شیء، شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه، VMMR، رویکرد مبتنی بر بخش.

## مقدمه

سیستم‌های VMMR کاربردهای متنوعی دارند. تشخیص تقلب در سیستم‌های نظارتی، جست‌وجو برای خودرویی با نوع و مدل مشخص در سیستم‌های امنیتی، تنها دو نمونه از این کاربردهاست. آمارگیری از فراوانی انواع و مدل‌های مختلف از خودروها در محدوده‌های مختلف شهری و کشوری می‌تواند کاربردهای مناسبی برای فروشندگان خودرو و لوازم جانبی خودرو و همچنین راهنمایی و رانندگی داشته باشد. در دهه اخیر، مطالعاتی درباره مشخصه‌های رانندگان وسایل نقلیه مختلف نیز صورت گرفته است؛ از قبیل جنسیت، درآمد و علایق. به این وسیله می‌توان تبلیغات هدفمند برای وسایل نقلیه مختلف ارائه کرد.

در این مقاله، علاوه بر مقایسه روش‌های کلی نگر و جزئی نگر، رویکردی نو برای شناسایی نوع و مدل وسایل نقلیه ارائه شده است؛ این رویکرد با تکیه بر بخش‌های تشکیل دهنده خودروها مانند چراغ‌ها، نشان‌واره و جلوپنجره، سعی بر طبقه‌بندی آن‌ها دارد. آزمایش‌های انجام شده نشان از کارایی این روش نسبت به سایر روش‌های ارائه شده دارد.

در ادامه مقاله، در بخش دوم، مروری بر کارهای انجام شده در این حوزه و مزایا و معایب هر یک صورت گرفته است. بخش سوم دربرگیرنده روش پیشنهادی است. نتیجه آزمایش‌ها در بخش چهارم ارائه شده است. نتیجه‌گیری و جمع‌بندی مقاله نیز در بخش پنجم آورده شده است.

### ۱. مقایسه روش‌های کلی نگر و جزئی نگر

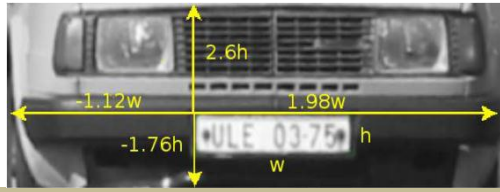
کارهای انجام شده در این حوزه، محدود بوده و هنوز برای کاربردهای واقعی به بلوغ نرسیده‌اند. از زاویه دید رویکرد پیشنهادی به مسئله، روش‌های ارائه شده در این حوزه را می‌توان به دو گروه کلی نگر و جزئی نگر تقسیم کرد. شکل (۱) فلوجارت مراحل کلی کار این روش‌ها را نمایش داده است. البته همه روش‌ها لزوماً همه بخش‌های نشان داده شده را شامل نمی‌شوند. در ادامه، به توضیح روش‌های ارائه شده در هر یک از این دو گروه پرداخته شده است.

شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه<sup>۱</sup> (VMMR) از موضوعات نوپاست که در دهه اخیر، مورد توجه محققان قرار گرفته است. در حال حاضر، اغلب سیستم‌های نظارتی و امنیتی با استفاده از پلاک وسیله نقلیه، اقدام به شناسایی آن می‌کنند. تشخیص پلاک در سال‌های اخیر پیشرفت‌های بسیاری داشته و به دقت قابل قبولی نیز رسیده است. با این حال، جعل پلاک و مسدود کردن پلاک به روش‌های مختلف، از تکنیک‌های بسیار معمول برای منحرف کردن سیستم‌های مبتنی بر پلاک است. در صورتی که بتوان سیستمی طراحی کرد که قادر به شناسایی نوع، مدل و رنگ وسیله نقلیه از روی تصویر آن باشد، می‌توان با تلفیق این دو سیستم، از بسیاری از تخلف‌ها جلوگیری کرد؛ زیرا تغییر کامل مشخصات ظاهری خودرو به سادگی امکان‌پذیر نیست.

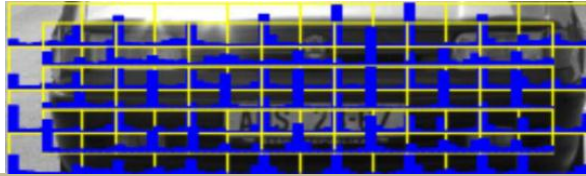
سیستم‌های تشخیص و شناسایی وسیله نقلیه به صورت کلی، به سه دسته تقسیم می‌شوند: ۱. تشخیص وسیله نقلیه؛ ۲. شناسایی دسته کلی وسیله نقلیه؛ ۳. شناسایی نوع و مدل دقیق وسیله نقلیه.

هدف در سیستم‌های دسته اول، تشخیص مکان و محدوده خودرو در تصویر است. روش‌های زیادی در این حوزه ارائه شده و به دقت‌های قابل قبولی نیز دست یافته‌اند [۱ و ۲]. یافتن دسته کلی وسیله نقلیه مانند وسایل نقلیه سنگین، سبک و سواری‌ها، هدف سیستم‌های دسته دوم است؛ روش‌های متعددی برای این منظور نیز ارائه شده است [۳-۷]. سیستم‌های دسته سوم با سخت‌ترین نوع مسئله در این سه دسته مواجه‌اند؛ یعنی یافتن نوع و مدل دقیق خودرو از نشانه‌های بصری موجود در تصویر؛ برای مثال خودروی پراید ۱۳۱ یا پژو ۲۰۶. این مسئله نسبت به شناسایی شیء عمومی چالش برانگیزتر است؛ زیرا علاوه بر زیاد بودن تعداد کلاس‌ها، دارای شباهت درون‌کلاسی اندک و تفاوت برون‌کلاسی بسیار می‌باشد.

1. Vehicle Make and Model Recognition
2. Vehicle Detection
3. Vehicle Type Recognition



شکل (۲): روش تشخیص ناحیه مطلوب در [۸]



شکل (۳): استخراج ویژگی با استفاده از عملگر SIFT به صورت

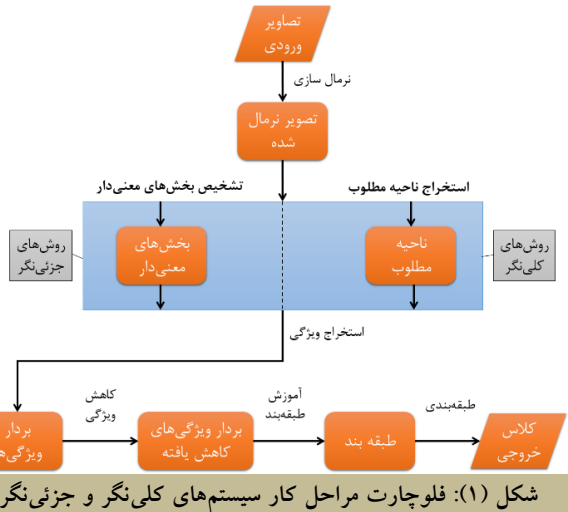
چندبخشی در [۸]

از آنجاکه ساختار روش‌های ارائه‌شده مشابه بوده، برای جلوگیری از توضیحات بیشتر، جدول (۱) عملکرد این روش‌ها را به‌همراه دقت گزارش‌شده برای هر یک، خلاصه کرده است.

### ۱.۲. روش‌های جزئی‌نگر

به نسبت روش‌های کلی‌نگر، روش‌های جزئی‌نگر بسیار کمتری ارائه شده است. هدف این روش‌ها، یافتن بخش یا بخش‌های معنی‌دار در تصویر است که به جداسازی کلاس‌ها کمک می‌کنند. برای مثال مکان‌یابی چراغ‌ها و استفاده از آن‌ها برای جداسازی کلاس‌ها، مهم‌ترین ضعف این روش‌ها در مکان‌یابی بخش‌های معنی‌دار است؛ در صورتی که بخش موردنظر به‌درستی تشخیص داده نشود، عملکرد همه مراحل بعدی زیر سؤال خواهد رفت.

سایلس و همکاران [۱۶] نشان‌واره را بخشی متمایزکننده برای شناسایی مدل خودروها در نظر گرفته‌اند. آن‌ها ابتدا با استفاده از مکان و اندازه پلاک، ناحیه مطلوب را استخراج و سپس به روش نگاهشت و ویژگی تناسب فضا<sup>۳</sup>، نواحی برجسته‌مانند لبه‌ها و گوشه‌ها را استخراج کرده‌اند. آنگاه با نگاهشت خروجی الگوریتم بر روی محور افقی و فیلتر کردن مقادیر کمتر از یک حد آستانه، محل تقریبی نشان‌واره را تشخیص داده‌اند (شکل ۵). از روش SIFT برای استخراج ویژگی از نشان‌واره و از k-NN برای طبقه‌بندی تصاویر



شکل (۱): فلوچارت مراحل کار سیستم‌های کلی‌نگر و جزئی‌نگر

### ۱.۱. روش‌های کلی‌نگر

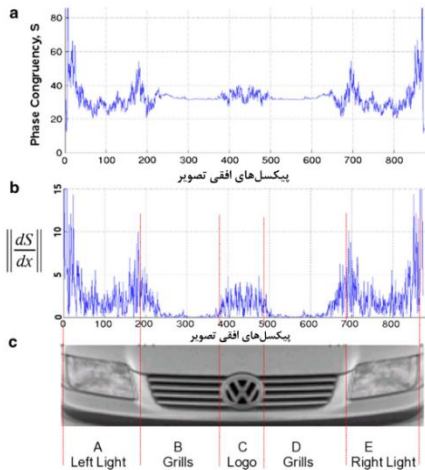
اغلب روش‌های ارائه‌شده، در این گروه قرار می‌گیرند. این روش‌ها با پردازش کل تصویر و یا ناحیه مطلوبی<sup>۱</sup> از آن، به دنبال یافتن یک توصیف کلی از تصویر هستند؛ در نتیجه بسیار حساس به تغییرات اندک زاویه و اشتباه در تشخیص ناحیه مطلوب می‌باشند. از طرفی ناچار به استفاده از فرضیات ناقص برای استخراج ناحیه مطلوب نیز هستند.

کونوس [۸] از مکان و اندازه پلاک برای تشخیص ناحیه مطلوب استفاده کرده است؛ به این صورت که ضرایب خاصی نسبت به ابعاد پلاک در نظر گرفته و محدوده اطراف آن را استخراج نموده است. شکل (۲) ضرایب استفاده‌شده را نشان می‌دهد. این روش توسط اغلب روش‌های دیگر نیز به‌کار گرفته شده است [۹-۱۴]. سپس از نسخه ساده‌شده‌ای از عملگر SIFT<sup>۲</sup> [۱۵] به صورت چندبخشی، برای استخراج ویژگی از ناحیه مطلوب بهره گرفته است (شکل ۳). از فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار شباهت و از k-NN به‌عنوان طبقه‌بند استفاده شده است.

در این مقاله، از دو مجموعه داده بهره گرفته شده است (شکل ۴): یکی برای سواری‌ها که از ۱۰۰ تصویر در ده کلاس و دیگری برای وسایل نقلیه سنگین که از ۵۰۰ تصویر در هفت کلاس تشکیل شده است. بهترین دقت گزارش‌شده برای این دو مجموعه داده، به ترتیب ۹۴ و ۹۲ درصد است.

3. Phase Congruency Feature Map (PCFM)

1. Region of Interest  
2. Scale-Invariant Feature Transform



شکل (۵): تشخیص مکان تقریبی نشان‌واره با استفاده از روش نگاشت ویژگی تناسب فاز در [۱۶]

استفاده شده و دقت ۹۱ درصد برای مجموعه داده‌ای با ۱۲۰۰ نشان‌واره گزارش شده است.

جدول (۲) سایر روش‌های ارائه‌شده در این گروه را دسته‌بندی و عملکرد هر یک را به صورت خلاصه ارائه کرده است.



شکل (۴): مجموعه داده تهیه شده توسط [۸]

جدول (۱): خلاصه نتایج ارائه‌شده توسط روش‌های گذشته کلی نگر

مرجع	استخراج ویژگی از	روش استخراج ویژگی	روش طبقه‌بندی	مجموعه داده	نمای تصاویر	دقت گزارش شده (%)
[۸]	ناحیه مطلوب	SIFT چند بخشی	k-NN و فاصله اقلیدسی	۱۰۰ تصویر از ۱۰ کلاس سواری ۵۰۰ تصویر از ۷ کلاس سنگین	جلو	94 92
[۲۳]	ناحیه مطلوب	گردان‌های نگاشت شده مربعی <sup>۱</sup>	k-NN و فاصله اقلیدسی	۱۱۳۲ تصویر از ۷۲ کلاس	جلو	93
[۱۳]	ناحیه مطلوب	تشخیص گوشه هریس <sup>۲</sup> چند بخشی	بیز ساده	۲۶۲ تصویر از ۷۴ کلاس!	جلو	96
[۲۴]	ناحیه مطلوب چراغ‌ها	تشخیص لبه کنی <sup>۳</sup>	k-NN MLP	۱۸۰ تصویر از ۶ کلاس	جلو	99.99 99.53
[۲۵]	ناحیه مطلوب	تبدیل پیچک <sup>۴</sup>	SVM k-NN	۳۰۰ تصویر از ۵ کلاس	پشت	99 92
[۲۶]	ناحیه مطلوب	تبدیل کنتورلت <sup>۵</sup> و کاهش ویژگی با 2D-LDA	SVM	۳۰۰ تصویر از ۲۰ کلاس	جلو	96
[۲۷]	ناحیه مطلوب	SURF چندبخشی HOG <sup>۶</sup> چندبخشی	SVM چندگانه و رأی‌گیری	۶۹۳۶ تصویر از ۲۹ کلاس	جلو	99
[۲۸]	ناحیه مطلوب	SIFT و کدگذاری ویژگی پراکنده <sup>۷</sup> برای کاهش ویژگی	SVM	۲۵۰۰ تصویر از ۱۰ کلاس	جلو	93.20
[۱۴]	ناحیه مطلوب	هیستوگرام شکل انرژی محلی <sup>۸</sup>	SVM	۱۹۶ تصویر از ۲۲ کلاس (آموزش) ۳ ویدئو به طول ۲-۱ دقیقه (آزمایش)	جلو	95.83
[۲۹]	ناحیه مطلوب	SURF و SIFT هیستوگرام لبه <sup>۹</sup>	k-NN	۳۸۵۹ تصویر از ۱۷ کلاس	جلو	91.7

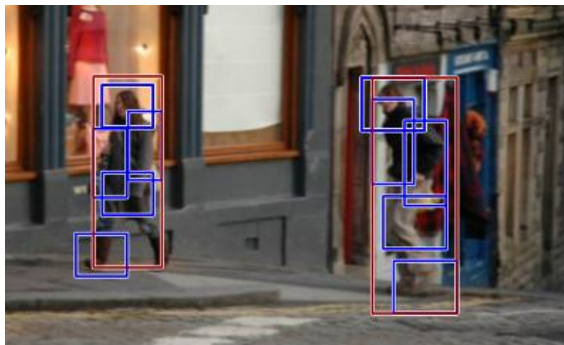
1. Squared Mapped Gradients
2. Harris Corner Strength
3. Canny Edge Detector
4. Curvelet Transform
5. Contourlet Transform
6. Histogram of Oriented Gradients
7. Sparse Feature Coding
8. Local Energy Shape Histogram (LESH)
9. Edge Histogram

جدول (۲): خلاصه نتایج ارائه شده توسط روش‌های گذشته جزئی‌نگر

مرجع	استخراج ویژگی از	روش استخراج ویژگی	روش طبقه‌بندی	مجموعه داده	نمای تصاویر	دقت گزارش شده (%)
[۱۶]	نشان‌واره	SIFT	k-NN	۱۲۰۰ تصویر از ۱۰ کلاس	جلو	91
[۳۰]	نشان‌واره و پنجره‌ای در سمت چپ آن	DCT <sup>۱</sup>	SVM	۱۰۹۶ تصویر از ۱۲ کلاس	جلو	97
[۳۱]	چراغ‌های عقب و ناحیه مطلوب	لبه‌های ناحیه مطلوب، چراغ‌ها و زاویه چراغ‌ها با پلاک	k-NN	۴۰ تصویر از ۱۸ کلاس (آموزش) و ۱۸ ویدئو از ورود ۱۸ خودرو به پارکینگ (آزمایش)	پشت	89
[۳۲]	بخش‌های پویا	LESH	k-NN و معیار شباهت واگرایی K-L	۳۸ کلاس با حداقل ۱۵ نمونه برای هر یک	پشت جلو	62 48
[۳۳]	نشان‌واره	SIFT	شبکه عصبی احتمالی	۱۱۰ تصویر از ۱۱ کلاس	جلو	85 (نوع) 54 (مدل)
[۳۴]	نوشته‌های پشت خودرو	اندازه و مکان نوشته‌ها و HOG	SVM	۱۳۴۲ تصویر از ۵۲ کلاس	پشت	93.75

روش پایه‌گذار بسیاری از روش‌های موفق دیگر شد.

روش پیشنهادی که در دسته روش‌های جزئی‌نگر قرار می‌گیرد، رویکردی جدید برای شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه ارائه می‌دهد که سعی بر برطرف کردن اشکالات روش‌های پیشین دارد. از آنجاکه همه خودروها دارای بخش‌های مشابه و مشخصی هستند، برای تمایز آن‌ها از یکدیگر، یک رویکرد مناسب، تمرکز بر روی بخش‌های تشکیل‌دهنده آن‌هاست (شکل ۷). این رویکرد منطقی است؛ زیرا تفاوت ظاهری مدل‌های مختلف در طراحی و شکل بخش‌ها و ارتباط بین آن‌ها نهفته است. برای مثال با در نظر گرفتن تنها چراغ‌های جلوی خودروها، می‌توان تعداد مدل‌های بسیاری را از هم تشخیص داد.



شکل (۶): یک نمونه روش مبتنی بر بخش برای تشخیص انسان [۲۰ و ۲۲]

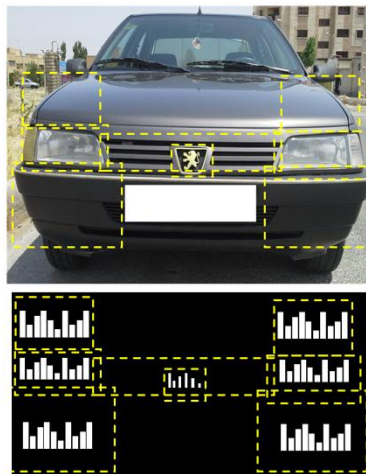
## ۲. رویکرد پیشنهادی

روش‌های تشخیص و شناسایی اشیاء به‌روز<sup>۳</sup> فعلی، گرایش نسبی به سمت روش‌های جزئی‌نگر پیدا کرده‌اند [۱۷-۱۹]. این روش‌ها با استخراج بخش‌های متمایزکننده از تصاویر، به طبقه‌بندی آن‌ها می‌پردازند. این روش‌ها با نام روش‌های مبتنی بر بخش<sup>۴</sup> نیز شناخته می‌شوند [۱۸ و ۲۰]. علت این گرایش، پیچیدگی مسائل مورد اشاره بوده است؛ برای مثال، در تشخیص موفق انسان<sup>۵</sup>، حالت‌های مختلف و چالش‌برانگیزی مانند تغییرات نور، زاویه‌های متفاوت، انسداد بخشی از بدن را باید پوشش داد. روش‌های پیشین که عموماً کلی‌نگر بوده و سعی بر استخراج ویژگی از کل تصویر داشته‌اند، در تصاویر پیچیده دچار مشکل می‌شوند. برای مثال تا چند سال قبل، روش‌های تشخیص شیء ارائه شده در مسابقه شناخته‌شده پاسکال [۲۱] قادر به گذر از دقت مشخصی نبودند [۱۷]. در سال ۲۰۰۸ و پس از ارائه یک روش مبتنی بر بخش [۲۲] (شکل ۶) این مرز شکسته شد و این

1. Discrete Cosine Transform
2. Emblems
3. State of the Art
4. Part-based Methods
5. Human Detection



برای حذف تأثیر عملکرد الگوریتم‌های تشخیص خودرو، تشخیص پلاک و بخش‌بندی<sup>۱</sup> بر روی آزمایش‌ها، بخش‌های مختلف خودروها در تصاویر به صورت دستی علامت‌گذاری شدند. پروسه علامت‌گذاری بخش‌ها توسط نرم‌افزار پیاده‌سازی شده مدیریت شده و در قالب فایل‌های متنی در آورده می‌شود. در نهایت، نرم‌افزار تصاویر را پردازش کرده و پس از حذف حاشیه اضافی دور تصویر و محدوده پلاک (برای حفظ حریم شخصی)، آن‌ها را به ابعاد  $800 \times 600$  تغییر اندازه می‌دهد (شکل ۹).



شکل (۷): رویکرد پیشنهادی از ویژگی‌های ساختاری (لبه‌ها، خم‌ها و ... بخش‌های متمایزکننده خودرو بهره می‌برد. یک نمونه انتخاب بخش (بالا) و بردار ویژگی‌های مربوط به هر یک (پایین)



شکل (۹): یک نمونه تصویر نهایی پس از حذف حاشیه اضافی دور تصویر، محدوده پلاک و تغییر اندازه

## ۲.۱. مجموعه داده

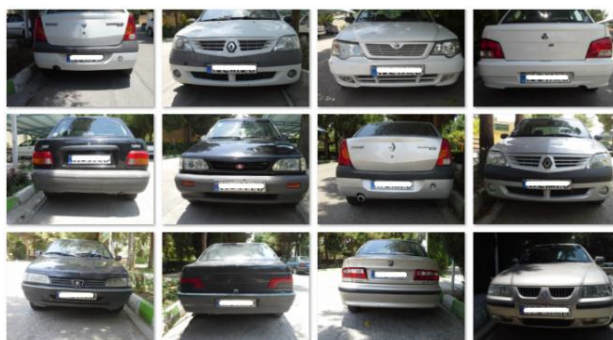
از آنجاکه هنوز مجموعه داده مشترکی در این حوزه ارائه نشده، گام اول برای انجام آزمایش‌ها، تهیه یک مجموعه داده مناسب است. از این رو در ادامه، مشخصات مجموعه داده تهیه شده ارائه گردیده است.

## ۳. نتیجه آزمایش‌ها

برای مقایسه رویکرد کلی‌نگر و رویکرد پیشنهادی، آزمایش‌هایی روی نمای جلو و پشت تصاویر تهیه شده صورت گرفته است. بخش‌های زیر از نمای جلو و عقب خودروها علامت‌گذاری شده است:

- جلو: پلاک، چراغ‌های چپ و راست، جلوپنجره، سپر و کاپوت
- عقب: پلاک، چراغ‌های چپ و راست، صندوق و سپر

تعداد هشت کلاس از تصاویر (پراید ۱۳۱، سمند، تندر ۹۰، پژو ۴۰۵، پژو ۲۰۶، پژو پارس، پیکان ۸۰ و پیکان وانت) که دارای بیش از ۴۴ نمونه بودند، برای انجام آزمایش‌ها جدا شدند. به دلیل کم بودن تعداد نسبی تصاویر (۳۵۲ عدد)، از روش ارزیابی ضربدری به پیمانانه<sup>۲</sup> بهره گرفته شده است؛ انتخاب عدد ۱۱ به دلیل بخش‌پذیر بودن تعداد تصویر بر آن و توزیع



شکل (۸): چند نمونه از تصاویر تهیه شده از نمای جلو و پشت خودروهای مختلف با شرایط نوری متفاوت

1. Segmentation  
2. 11-Fold Cross Validation

جدول (۳): مقایسه رویکرد کلی نگر و رویکرد پیشنهادی بر روی بخش‌های جداشده از نمای جلو از تصاویر تهیه شده	
بخش‌های مورد استفاده	دقت کسب شده (%)
کاپوت	51.5
سپر	80.6
جلوپنجره	84.0
چراغ چپ	86.3
چراغ راست	88.6
چراغ چپ و راست	90.9
چراغ چپ، راست و جلوپنجره	89.7
چراغ چپ، راست و جلوپنجره، سپر	<b>93.1</b>
کل ناحیه مطلوب	81.8
کل تصویر	70.4

جدول (۴): مقایسه رویکرد کلی نگر و رویکرد پیشنهادی بر روی بخش‌های جداشده از نمای پشت از تصاویر تهیه شده	
بخش‌های مورد استفاده	دقت کسب شده (%)
سپر	87.5
چراغ چپ	97.7
چراغ راست	<b>100</b>
چراغ چپ و راست	98.8
چراغ چپ و راست و سپر	96.5
کل ناحیه مطلوب	96.5
کل تصویر	89.7

ناحیه مطلوب در نمای جلو، از چراغ‌ها و جلوپنجره که خود شامل نشان‌واره نیز هست، تشکیل شده است؛ و در نمای پشت، از چراغ‌ها، فضای بین دو چراغ و سپر. برای نمایش بهتر تفاوت دو رویکرد، یک بار «کل ناحیه مطلوب» برای طبقه‌بندی و یک بار بخش‌های تشکیل‌دهنده ناحیه مطلوب به صورت مجزا برای طبقه‌بندی استفاده شد. شکل (۱۱) تفاوت این دو حالت را به تصویر کشیده است.

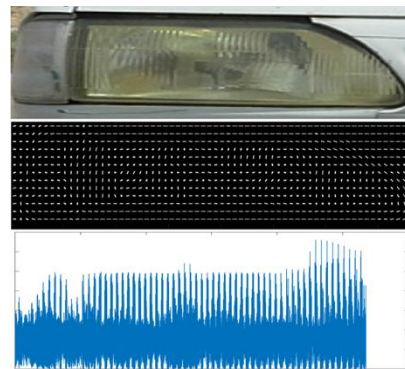


شکل (۱۱): تفاوت کل ناحیه مطلوب (ردیف بالا) و اجزای ناحیه مطلوب به صورت مجزا (ردیف پایین)

یکسان تصاویر از کلاس‌های مختلف برای آموزش و آزمایش بوده است.

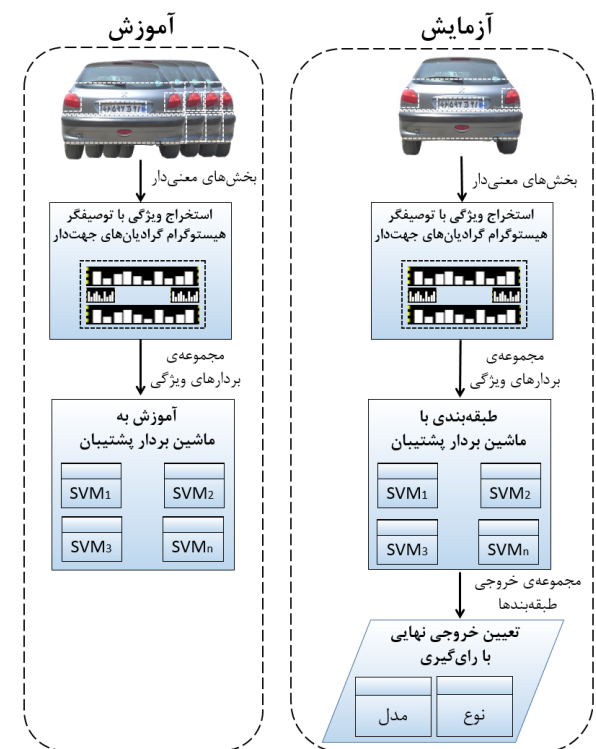
برای استخراج ویژگی در هر دو آزمایش، از توصیفگر هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار<sup>۱</sup> [۱۷] با اندازه سلول  $12 \times 12$  و اندازه بلوک  $2 \times 2$  استفاده شده است. این مقادیر براساس نتایج ارائه‌شده در [۱۷] و به صورت تجربی انتخاب شده‌اند. انتخاب توصیفگر هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار به دلیل عملکرد مناسب آن در روش‌های تشخیص و شناسایی اشیاء شناخته‌شده امروزی بوده است [۱۷ و ۱۸]. برای طبقه‌بندی نیز از ماشین بردار پشتیبان<sup>۲</sup> به صورت یک در برابر همه<sup>۳</sup> با استفاده از کتابخانه LIBSVM بهره گرفته شده است [۳۵].

در آزمایش اول، از بخش‌های مختلف علامت‌گذاری شده از خودروها، ویژگی هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار استخراج در کنار هم قرار داده شده و بردار ویژگی‌ها تشکیل داده می‌شود. از هیچ روش پیش پردازش یا پس پردازشی نیز استفاده نشده است. شکل (۱۰) خروجی توصیفگر هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار را برای یک نمونه چراغ چپ به همراه بردار ویژگی آن نشان داده است. جدول (۳) آزمایش انجام‌شده بر روی نمای جلو و جدول (۴) آزمایش انجام‌شده بر روی نمای پشت را نمایش می‌دهد.



شکل (۱۰): تصویر چراغ چپ یک نمونه خودرو (ردیف اول) به همراه خروجی توصیفگر هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار (ردیف دوم) و هیستوگرام حاصل از آن (ردیف سوم)

1. Histogram of Oriented Gradients (HOG)
2. Support Vector Machine (SVM)
3. One Against All



شکل (۱۲): فلوجارت روش پیشنهادی در مرحله آموزش و آزمایش برای استفاده از چند طبقه‌بند مجزا و رأی‌گیری

همان‌طور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، دقت در هر دو نما نسبت به آزمایش قبل بهبود یافته است. در نمای جلو، دقت از ۸۹٫۷ درصد به ۹۵٫۴ درصد و در نمای پشت، دقت از ۹۶٫۵ درصد به ۱۰۰ درصد رسیده است. می‌توان نتیجه گرفت که روش استفاده از بخش‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد.

جدول (۵): استفاده از یک طبقه‌بند مستقل برای هر بخش به منظور استفاده بهتر از قدرت تمایز هر یک از بخش‌ها

نما	بخش‌های مورد استفاده	دقت کسب شده (%)
جلو	چراغ چپ و راست و جلوپنجره	95.4
عقب	چراغ چپ و راست و سپر	100

#### ۴. نتیجه‌گیری

رویکرد پیشنهادی، رویکردی مبتنی بر بخش است که زیرمجموعه‌ای از روش‌های جزئی‌نگر به حساب می‌آید. این رویکرد از بخش‌های تشکیل‌دهنده وسایل نقلیه برای طبقه‌بندی آن‌ها بهره می‌برد. هدف، اثبات کارایی این رویکرد در مقایسه با رویکرد کلی‌نگر بوده است که نتایج آزمایش‌ها،

از نتایج به‌دست‌آمده در دو جدول (۳) و (۴)، به‌روشنی می‌توان به عملکرد بهتر رویکرد مبتنی بر بخش پی برد. در جدول (۳)، سپر و کاپوت و در جدول (۴) نیز سپر کمترین دقت‌ها را کسب کرده‌اند که قابل پیش‌بینی بود. استخراج ویژگی از کل ناحیه مطلوب منجر به دقت ۸۱٫۸ درصد شد، در صورتی که استفاده از اجزای تشکیل‌دهنده آن به صورت مجزا، دقت ۸۹٫۷ درصد را حاصل کرد (جدول ۳). استخراج ویژگی از همه بخش‌های استخراج‌شده از نمای جلو، بیشترین دقت یعنی ۹۳٫۱ درصد را به‌دست داد، در صورتی که استفاده از کل تصویر، تنها دقت ۷۰٫۴ درصد را حاصل کرد.

در هر دو آزمایش، چراغ‌های چپ و راست از متمایزکننده‌ترین بخش‌ها بوده‌اند که دور از ذهن نیز نیست؛ به شکلی که در جدول (۴)، چراغ راست به‌تنهایی موفق به طبقه‌بندی درست همه خودروها شده است. در جدول (۴)، علت برابر شدن دقت کل ناحیه مطلوب و اجزای تشکیل‌دهنده آن، شباهت ساختاری این دو است؛ در نمای جلو، کاپوت عامل مهمی در کاهش قدرت تمایز ناحیه مطلوب است؛ در حالی که چنین بخشی در نمای پشت وجود ندارد. به‌صورت کلی، می‌بینیم که نمای پشت عملکرد بهتری نسبت به نمای جلو داشته است.

اختلاف دقت کسب‌شده توسط چراغ چپ و راست نیز قابل توجه است؛ یک دلیل احتمالی برای این اختلاف، تفاوت علامت‌گذاری این دو بخش است؛ در تصاویر مورداستفاده، چرخش خودروها به سمت راست، بیش از چرخش به سمت چپ بوده است.

برای استفاده بهتر از قدرت تمایز بخش‌های مختلف، آزمایش دیگری ترتیب داده شد. در این آزمایش، سه طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان مجزا برای سه بخش چراغ چپ و راست و جلوپنجره از نمای جلو و چراغ چپ و راست و سپر از نمای عقب آموزش داده شدند. در مرحله آزمایش، بین خروجی سه طبقه‌بند رأی‌گیری انجام شده و خروجی قالب انتخاب می‌شود (شکل ۱۲). پارامترهای آزمایش قبل بدون هیچ تغییری در این آزمایش نیز به‌کار گرفته شده‌اند. جدول (۵) نتیجه این آزمایش را ارائه کرده است.



است؛ در صورتی که این مرحله به درستی انجام نگیرد، عملکرد مراحل بعدی زیر سؤال خواهد رفت. با جست و جوی پویای بخش‌ها، مانند رویکرد ارائه شده در [۲۰] می‌توان این ضعف را تا حدود زیادی برطرف کرد.

عملکرد بهتر این رویکرد را نشان می‌دهد. علاوه بر این، به دلیل عدم وجود مجموعه داده مشترک در این حوزه، امکان مقایسه عادلانه روش پیشنهادی با سایر روش‌های موجود وجود ندارد. ضعف اصلی این رویکرد در بخش بندی خودکار تصاویر

## مراجع

- [1] Sun, Z., George, B., Ronald, M. "On-Road Vehicle Detection: A Review.", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.*, vol. 28, no. 5, pp. 694–711, 2006.
- [2] Li, X., Guo, X. "A HOG Feature and SVM Based Method for Forward Vehicle Detection with Single Camera.", *5th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, pp. 263–266, 2013.
- [3] Yousaf, K., Iftikhar, A., Javed, A. "Comparative Analysis of Automatic Vehicle Classification Techniques: A Survey.", *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing.*, vol. 4, no. 9, pp. 52, 2012.
- [4] Ambardekar, A., Nicolescu, M., Bebis, G., Nicolescu, M. "Vehicle Classification Framework: A Comparative Study.", *EURASIP Journal on Image and Video Processing.*, vol. 2014, no. 1, pp. 1–13, 2014.
- [5] Zhang, B. "Reliable Classification of Vehicle Types Based on Cascade Classifier Ensembles.", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.*, vol. 14, no. 1, pp. 322–332, 2013.
- [6] Dong, Z., Jia, Y. "Vehicle Type Classification Using Distributions of Structural and Appearance-Based Features.", *IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 4321–4324, 2013.
- [7] Dalka, P., Czyżewski, A. "Vehicle Classification Based on Soft Computing Algorithms.", *International Conference on Rough Sets and Current Trends in Computing*, pp. 70–79, 2010.
- [8] Conos, M. "Recognition of Vehicle Make from a Frontal View.", Master Thesis, Czech Tech, 2007.
- [9] Dlagnekov, L. "Video-Based Car Surveillance: License Plate, Make, and Model Recognition.", Master Thesis, University of California, San Diego, 2005.
- [10] Negri, P., Clady, X., Milgram, M., Poulénard, R. "An Oriented-Contour Point Based Voting Algorithm for Vehicle Type Classification.", *18th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 574–577, 2006.
- [11] Clady, X., Negri, P., Milgram, M., Poulénard, R. "Multi-Class Vehicle Type Recognition System.", *Artificial Neural Networks in Pattern Recognition, Lecture Notes in Computer Science*, pp. 228–239, 2008.
- [12] Huang, H., Zhao, Q., Jia, Y., Tang, S. "A 2DLDA Based Algorithm for Real Time Vehicle Type Recognition.", *11th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 298–303, 2008.
- [13] Pearce, G., Pears, N. "Automatic Make and Model Recognition from Frontal Images of Cars.", *8th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, pp. 373–378, 2011.
- [14] Saravi, S., Edirisinghe, E. a. "Vehicle Make and Model Recognition in CCTV Footage.", *18th International Conference on Digital Signal Processing*, pp. 1–6, 2013.
- [15] Lowe, D.G. "Object Recognition from Local Scale-Invariant Features.", *17th IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 1150–1157, 1999.
- [16] Psyllos, A.P., Anagnostopoulos, C.-N.E., Kayafas, E. "Vehicle Logo Recognition Using a SIFT-Based Enhanced Matching Scheme.", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.*, vol. 11, no. 2, pp. 322–328, 2010.
- [17] Dalal, N., Triggs, B. "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection.", *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 886–893, 2005.
- [18] Felzenszwalb, P.F., Girshick, R.B., McAllester, D., Ramanan, D. "Object Detection with Discriminatively Trained Part-Based Models.", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.*, vol. 32, no. 9, pp. 1627–45, 2010.
- [19] Lampert, C., Nickisch, H., Harmeling, S. "Attribute-Based Classification for Zero-Shot Learning of Object Categories.", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.*, vol. 36, no. 3, pp. 453–465, 2014.
- [20] Felzenszwalb, P.F., Girshick, R.B., McAllester, D. "Cascade Object Detection with Deformable Part Models.", *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 2241–2248, 2010.
- [21] "The PASCAL Visual Object Classes," [Online] 2008, <http://pascallin.ecs.soton.ac.uk/challenges/VOC/> (Accessed: 10 March 2015).

- [22] Felzenszwalb, P., McAllester, D., Ramanan, D. "A Discriminatively Trained, Multiscale, Deformable Part Model.", *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 1–8, 2008.
- [23] Petrovic, V., Cootes, T. "Analysis of Features for Rigid Structure Vehicle Type Recognition.", *British Machine Vision Conference*, pp. 587–596, 2004.
- [24] Munroe, D.T., Madden, M.G. "Multi-Class and Single-Class Classification Approaches to Vehicle Model Recognition from Images.", *16th Irish Conference on Artificial Intelligence and Cognitive Science*, pp. 93–102, 2005.
- [25] Kazemi, F.M., Samadi, S., Poorreza, H.R., Akbarzadeh-T, M.-R. "Vehicle Recognition Using Curvelet Transform and SVM.", *4th International Conference on Information Technology*, pp. 516–521, 2007.
- [26] Zafar, I., Edirisinghe, E. a., Acar, B.S. "Localised Contourlet Features in Vehicle Make and Model Recognition.", *SPIE-IS&T Electronic Imaging*, pp. 725105–725115, 2009.
- [27] Hsieh, J.-W., Chen, L.-C., Chen, D.-Y. "Symmetrical SURF and Its Applications to Vehicle Detection and Vehicle Make and Model Recognition.", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.*, vol. 15, no. 1, pp. 6–20, 2014.
- [28] Nazemi, A., Shafiee, M., Azimifar, Z. "On Road Vehicle Make and Model Recognition via Sparse Feature Coding.", *8th Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing*, pp. 436–440, 2013.
- [29] Baran, R., Glowacz, A., Matiolanski, A. "The Efficient Real- and Non-Real-Time Make and Model Recognition of Cars.", *Multimedia Tools and Applications.*, vol. 74, no. 12, pp. 4269–4288, 2015.
- [30] Yang, H., Zhai, L., Liu, Z., Li, L., Luo, Y., Wang, Y., Lai, H., Guan, M. "An Efficient Method for Vehicle Model Identification via Logo Recognition.", *International Conference on Computational and Information Sciences*, pp. 1080–1083, 2013.
- [31] Santos, D., Correia, P.L. "Car Recognition Based on Back Lights and Rear View Features.", *10th International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services*, pp. 137–140, 2009.
- [32] Sarfraz, M.S., Saeed, A., Khan, M.H., Riaz, Z. "Bayesian Prior Models for Vehicle Make and Model Recognition.", *6th International Conference on Frontiers of Information Technology*, p. 6, 2009.
- [33] Psyllos, A., Anagnostopoulos, C.N., Kayafas, E., Loumos, V. "Image Processing & Artificial Neural Networks for Vehicle Make and Model Recognition.", *10th international conference on applications of advanced technologies in transportation*, pp. 4229–4243, 2008.
- [34] Llorca, D., Colas, D., Daza, I. "Vehicle Model Recognition Using Geometry and Appearance of Car Emblems from Rear View Images.", *17th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 3094–3099, 2014.
- [35] Chang, C., Lin, C. "LIBSVM: A Library for Support Vector Machines.", *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology.*, vol. 2, no. 3, pp. 1–27, 2011.