

## شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه با استخراج خودکار بخش‌های مشترک

محسن بیگلری<sup>۱</sup>، علی سلیمانی<sup>۲</sup> و حمید حسن پور<sup>۳</sup>

### چکیده

پس از موضوعاتی چون تشخیص مکان خودرو و شناسایی گروه کلی خودرو، شناسایی نوع و مدل دقیق وسیله نقلیه (VMMR) در دهه‌ی اخیر در مرکز توجه محققین قرار گرفته است. این مسئله به دلیل وجود تعداد کلاس‌های زیاد و شباهت بسیار زیاد این کلاس‌ها به یکدیگر، از مسائل طبقه‌بندی دشوار به حساب می‌آید. در این مقاله، روشی برای شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه پیشنهاد شده است. روش پیشنهادی شامل دو بخش است. ارائه‌ی رویکردی جدید برای شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه و ارائه‌ی روشی برای پیاده‌سازی این رویکرد. رویکرد پیشنهادی با تمرکز بر بخش‌های تشکیل دهنده‌ی خودرو از قبیل چراغ‌ها، جلوپنجره و نشان‌واره به طبقه‌بندی کلاس‌های مختلف وسیله نقلیه می‌پردازد. برای پیاده‌سازی این رویکرد، یک مدل مبتنی بر بخش را با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان مخفی (Latent SVM) آموزش داده‌ایم. این مدل قادر به استخراج پنج بخش برای هر خودرو است. توصیفگر هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار برای استخراج ویژگی و ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی به کار گرفته شده‌اند. برای آزمایش رویکرد مورد اشاره، مجموعه داده‌ای متشکل از ۷۲۰ تصویر از نمای جلو و پشت ۲۱ کلاس مختلف از خودروها جمع‌آوری شده و تمامی بخش‌های آن‌ها هم به صورت دستی و هم به صورت خودکار علامت‌گذاری و استخراج گشته‌اند. نتایج آزمایشات انجام شده بر روی این تصاویر، در درجه اول، برتری رویکرد مبتنی بر بخش را نسبت به رویکردهای پیشین نشان می‌دهد؛ و در درجه دوم، نزدیکی دقت روش علامت‌گذاری خودکار به روش دستی را اثبات می‌کند. روش پیشنهادی موفق به کسب دقت ۱۰۰٪ بر روی نمای جلو و پشت شده است.

### کلید واژه‌ها

شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه، VMML، رویکرد مبتنی بر بخش، استخراج خودکار بخش‌ها

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 وسیله نقلیه از روی تصویر آن باشد؛ می‌توان با تلفیق این دو سیستم، از بسیاری از تخلف‌ها جلوگیری کرد. سیستم‌های تشخیص و شناسایی وسیله نقلیه به سه دسته‌ی کلی زیر قابل تقسیم می‌باشند:

۱. تشخیص وسیله نقلیه<sup>۱</sup>

۲. شناسایی دسته‌ی کلی وسیله نقلیه<sup>۲</sup>

۳. شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه

هدف در سیستم‌های دسته‌ی اول، تشخیص مکان و محدوده خودرو در تصویر است. روش‌های زیادی در این حوزه ارائه گشته و

### ۱ مقدمه

شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه (VMML) از موضوعات نوپاست که در دهه‌ی 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

این مقاله در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵ دریافت، در مهرماه ۱۳۹۵ بازنگری و در آبان-ماه همان سال پذیرفته شد.

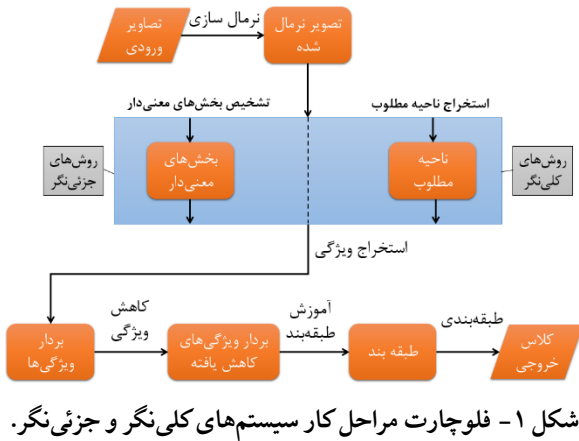
<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی شاهرود، رایانامه: [biglari@shahroodut.ac.ir](mailto:biglari@shahroodut.ac.ir)

<sup>۲</sup>دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی شاهرود، رایانامه: [solimani\\_ali@shahroodut.ac.ir](mailto:solimani_ali@shahroodut.ac.ir)

<sup>۳</sup>دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی شاهرود، رایانامه: [solimani\\_ali@shahroodut.ac.ir](mailto:solimani_ali@shahroodut.ac.ir)

<sup>۱</sup>Vehicle Detection

<sup>۲</sup>Vehicle Type Recognition



## ۱-۲ روش‌های کلی نگر

اغلب روش‌های ارائه شده پیشین، در این گروه قرار می‌گیرند. این روش‌ها با پردازش کل تصویر و یا ناحیه‌ی مطلوبی<sup>۲</sup> از آن، به دنبال یافتن یک توصیف کلی از تصویر هستند؛ در نتیجه، حساس به تغییرات اندک زاویه و اشتباه در تشخیص ناحیه مطلوب می‌باشند. از طرفی ناچار به استفاده از مفروضات 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 استفاده شده را نشان می‌دهد. این شیوه توسط افراد بسیاری به کار گرفته شده است [۹ - ۱۴]. سپس از نسخه‌ی ساده شده‌ی از عملگر SIFT<sup>۳</sup> [۱۵] به صورت چندبخشی، برای استخراج ویژگی از ناحیه مطلوب بهره گرفته است (شکل ۳). از فاصله اقلیدسی به عنوان معیار شباهت و از  $k$ -NN به عنوان طبقه‌بند استفاده شده است. در این مقاله، از دو مجموعه داده، یکی برای سواری‌ها شامل ۱۰۰ تصویر در ده کلاس و دیگری برای وسایل نقلیه سنگین شامل ۵۰۰ تصویر در هفت کلاس، بهره گرفته شده است (شکل ۴). بهترین دقت گزارش شده برای این دو مجموعه داده، به ترتیب ۹۴٪ و ۹۲٪ می‌باشد. به دلیل شباهت ساختاری زیاد روش‌های ارائه شده و به منظور صرفه‌جویی در فضا، جدول ۱ عملکرد این روش‌ها را به همراه دقت گزارش شده برای هر یک، خلاصه کرده است.



شکل ۲- روش تشخیص ناحیه مطلوب در [۸].

به دقت‌های قابل قبولی نیز دست یافته‌اند [۱، ۲]. یافتن دسته‌ی کلی وسیله نقلیه مانند وسایل نقلیه سنگین، سبک و سواری‌ها، هدف سیستم‌های دسته‌ی دوم است؛ روش‌های متعددی برای این منظور نیز ارائه گشته است [۳ - ۷]. سیستم‌های دسته‌ی سوم با سخت‌ترین نوع مسئله در این سه دسته مواجهند، یعنی یافتن نوع و مدل خودرو از نشانه‌های بصری موجود در تصویر؛ برای مثال پراید ۱۳۱ و یا پژو ۲۰۶. این مسئله نسبت به شناسایی شیء عمومی (تعداد کلاس‌های کم و شباهت برون کلاسی زیاد) چالش برانگیزتر است. زیرا علاوه بر تعداد کلاس‌های زیاد، شباهت برون کلاسی بالایی نیز دارد.

سیستم‌های VMMR کاربردهای متنوعی دارند. تشخیص تقلب در سیستم‌های نظارتی، جستجو برای خودرویی با نوع و مدل مشخص در سیستم‌های امنیتی دو نمونه از این کاربردها است. آمارگیری از فراوانی انواع و مدل‌های مختلف خودروها در محدوده‌های مختلفی شهری و کشوری می‌تواند کاربردهای مناسبی برای راهنمایی و رانندگی، فروشندگان خودرو و لوازم جانبی خودرو داشته باشد. در دهه‌ی اخیر مطالعاتی در رابطه با مشخصه‌های رانندگان وسایل نقلیه مختلف نیز صورت گرفته است، از قبیل رابطه جنسیت، درآمد و علائق شخص و خودرویی که سوار می‌شود. به این وسیله می‌توان تبلیغات هدفمند برای وسایل نقلیه مختلف ارائه کرد.

در این مقاله، رویکردی جدید برای شناسایی نوع و مدل وسایل نقلیه ارائه گشته است؛ این رویکرد با تکیه بر بخش‌های تشکیل دهنده خودروها مانند چراغ‌ها، نشان‌واره و جلوپنجره، سعی بر طبقه‌بندی<sup>۱</sup> آنها دارد. آزمایشات انجام شده نشان از کارایی این روش نسبت به سایر روش‌های ارائه شده دارد.

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

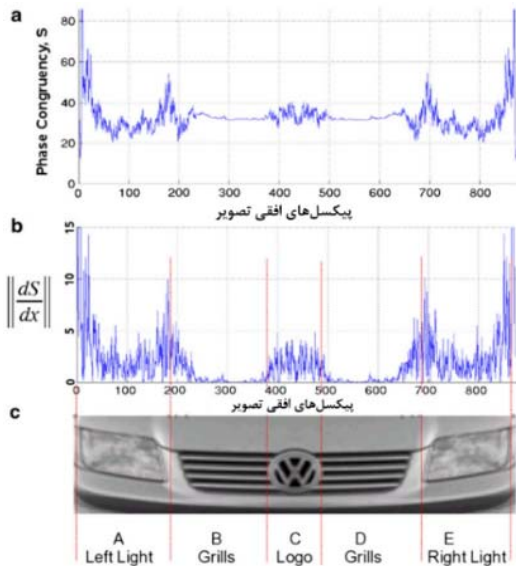
## ۲ مروری بر کارهای انجام شده

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

<sup>۲</sup>Region of Interest

<sup>۳</sup>Scale-Invariant Feature Transform

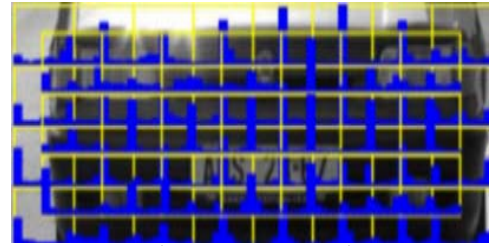
<sup>۱</sup>Classification



شکل ۵- تشخیص مکان تقریبی نشان‌واره با استفاده از روش نگاشت ویژگی تناسب فاز در [۱۶].

### ۳ روش پیشنهادی

در حال حاضر، روش‌های تشخیص و شناسایی اشیاء، گرایش نسبی به سمت روش‌های جزئی‌نگر پیدا کرده‌اند [۱۷-۱۹]. این روش‌ها که با نام روش‌های مبتنی بر بخش<sup>۲</sup> نیز شناخته می‌شوند، با استخراج بخش‌های متمایز کننده از تصاویر، به طبقه‌بندی آن‌ها می‌پردازند [۱۸، ۲۰]. علت این گرایش، پیچیدگی مسائل مورد اشاره است؛ برای مثال، در تشخیص موفق انسان<sup>۳</sup>، حالت‌های مختلف و چالش برانگیزی مانند تغییرات نور، زاویه‌های متفاوت و 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 مسابقه‌ی شناخته شده‌ی پاسکال [۲۱] قادر به گذر از دقت مشخصی نبودند [۱۷]. در سال ۲۰۰۸ و پس از ارائه‌ی یک روش مبتنی بر بخش [۲۲] (شکل ۶) این مرز شکسته شد و این روش پایه‌گذار بسیاری از روش‌های موفق دیگر شد.



شکل ۳- استخراج ویژگی با استفاده از عملگر SIFT به صورت چند بخشی در [۸].



شکل ۴- مجموعه داده‌ی تهیه شده توسط [۸].

### ۲-۲ روش‌های جزئی‌نگر

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

سایلس و همکاران [۱۶] نشان‌واره را بخشی متمایز کننده برای شناسایی مدل خودروها در نظر گرفته‌اند. آن‌ها ابتدا با استفاده از مکان و اندازه‌ی پلاک، ناحیه مطلوب را استخراج و سپس به روش نگاشت ویژگی تناسب فاز<sup>۱</sup> نواحی برجسته مانند لبه‌ها و گوشه‌ها را استخراج کرده‌اند. آنگاه با نگاشت 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 استفاده و دقت ۹۱٪ را برای مجموعه داده‌ی ۱۲۰۰ نشان‌واره گزارش کرده‌اند.

جدول ۲ روش‌های ارائه شده در این گروه را دسته‌بندی و عملکرد هر یک را به صورت خلاصه ارائه کرده است.

<sup>۲</sup>Part-based Methods

<sup>۳</sup>Human Detection

<sup>۱</sup>Phase Congruency Feature Map (PCFM)

جدول ۱ - خلاصه‌ی نتایج ارائه شده توسط روش‌های گذشته‌ی 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	%۹۴ %۹۲
[۲۳]	ناحیه مطلوب	گرادیان‌های نگاهت شده‌ی مربعی <sup>۱</sup>	k-NN و فاصله اقلیدسی	۱۱۳۲ تصویر از ۷۲ کلاس	جلو	%۹۳
[۱۳]	ناحیه مطلوب	تشخیص گوشه‌ی هریس <sup>۲</sup> چند بخشی	بیز ساده	۲۶۲ تصویر از ۷۴ کلاس	جلو	%۹۶
[۲۴]	ناحیه مطلوب چراغ‌ها	تشخیص لبه‌ی کنی <sup>۳</sup>	k-NN و MLP	۱۸۰ تصویر از ۶ کلاس	جلو	%۹۹/۹۹ %۹۹/۵۳
[۲۵]	ناحیه مطلوب	تبدیل پیچک <sup>۴</sup>	SVM و k-NN	۳۰۰ تصویر از ۵ کلاس	پشت	%۹۹ %۹۲
[۲۶]	ناحیه مطلوب	تبدیل کنتورلت <sup>۵</sup> و کاهش ویژگی با 2D-LDA	SVM	۳۰۰ تصویر از ۲۰ کلاس	جلو	%۹۶
[۲۷]	ناحیه مطلوب	SURF چند بخشی و HOG <sup>۶</sup> چند بخشی	SVM چندگانه و رای‌گیری	۶۹۳۶ تصویر از ۲۹ کلاس	جلو	%۹۹
[۲۸]	ناحیه مطلوب	SIFT و کدگذاری ویژگی پراکنده <sup>۷</sup> برای کاهش ویژگی	SVM	۲۵۰۰ تصویر از ۱۰ کلاس	جلو	%۹۳/۲
[۱۴]	ناحیه مطلوب	هیستوگرام شکل انرژی محلی <sup>۸</sup>	SVM	۱۹۶ تصویر از ۲۲ کلاس (آموزش) ۳ ویدئو به طول ۱-۲ دقیقه (آزمایش)	جلو	%۹۵/۸۳
[۲۹]	ناحیه مطلوب	SIFT و SURF هیستوگرام لبه <sup>۹</sup>	k-NN	۳۸۵۹ تصویر از ۱۷ کلاس	جلو	%۹۱,۷

جدول ۲ - خلاصه‌ی نتایج ارائه شده توسط روش‌های گذشته‌ی جزئی نگر

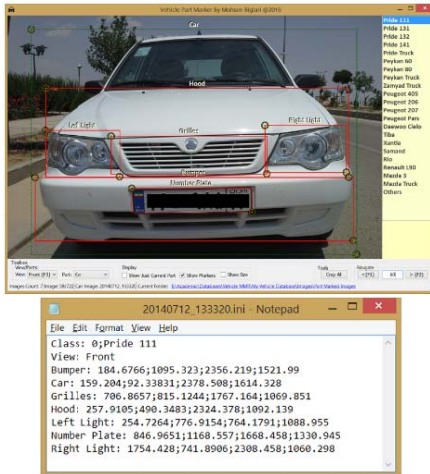
مرجع	استخراج ویژگی از	روش استخراج ویژگی	روش طبقه‌بندی	مجموعه داده	نمای تصاویر	دقت گزارش شده
[۱۶]	نشان‌واره	SIFT	k-NN	۱۲۰۰ تصویر از ۱۰ کلاس	جلو	%۹۱
[۳۰]	نشان‌واره و پنجره‌ای در سمت چپ آن	DCT <sup>۱۰</sup>	SVM	۱۰۹۶ تصویر از ۱۲ کلاس	جلو	%۹۷
[۳۱]	چراغ‌های عقب و ناحیه مطلوب	لبه‌های ناحیه مطلوب، چراغ‌ها و زاویه چراغ‌ها با پلاک	k-NN	۴۰ تصویر از ۱۸ کلاس (آموزش) ۱۸ ویدئو از ورود ۱۸ خودرو به پارکینگ (آزمایش)	پشت	%۸۹
[۳۲]	بخش‌های پویا	LESH	k-NN و معیار شباهت واگرایی K-L	۳۸ کلاس با حداقل ۱۵ نمونه برای هریک	پشت جلو	%۶۲ %۴۸
[۳۳]	نشان‌واره	SIFT	شبکه عصبی احتمالی	۱۱۰ تصویر از ۱۱ کلاس	جلو	%۸۵ (نوع) %۵۴ (مدل)
[۳۴]	نوشته‌ها <sup>۱۱</sup> ی پشت خودرو	اندازه و مکان نوشته‌ها و HOG	SVM	۱۳۴۲ تصویر از ۵۲ کلاس	پشت	%۹۳/۷۵

<sup>۱</sup>Squared Mapped Gradients<sup>۲</sup>Harris Corner Strength<sup>۳</sup>Canny Edge Detector<sup>۴</sup>Curvelet Transform<sup>۵</sup>Contourlet Transform<sup>۶</sup>Histogram of Oriented Gradients<sup>۷</sup>Sparse Feature Coding<sup>۸</sup>Local Energy Shape Histogram (LESH)<sup>۹</sup>Edge Histogram<sup>۱۰</sup>Discrete Cosine Transform<sup>۱۱</sup>Emblems



### ۳-۱ بخش بندی دستی

برای علامت گذاری دستی بخش ها، نرم افزاری پیاده سازی شده است؛ پس از پایان علامت گذاری، تصاویر به صورت خودکار توسط نرم افزار بریده شده و یک فایل حاشیه نویسی برای هریک از آن ها ایجاد می گردد. شکل ۸ نمایی از نرم افزار و فایل حاشیه نویسی تولید شده توسط آن را نمایش داده است. نرم افزار، پس از حذف حاشیه ای اضافی دور تصویر و محدوده پلاک (برای حفظ حریم شخصی)، آن ها را به ابعاد  $800 \times 600$  تغییر اندازه می دهد (شکل ۹).



شکل ۸- نمایی از نحوه علامت گذاری دستی تصاویر و حاشیه نویسی آن ها.



شکل ۹- یک نمونه تصویر پس از حذف حاشیه ای اضافی دور تصویر، محدوده پلاک و تغییر اندازه.

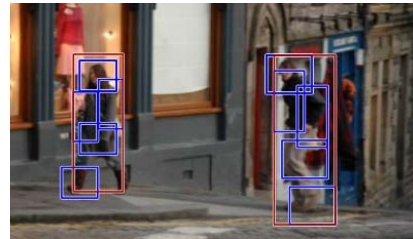
### ۳-۲ بخش بندی خودکار

روشی مبتنی بر بخش برای تشخیص مکان اشیا در [۱۸] ارائه شده است. این روش برای اینکه بتواند اشیائی با اندازه و زوایای مختلف را در تصویر بیابد، برای هر کلاس از اشیا، سه مدل (برای سه زاویه مختلف) با هشت بخش آموزش می دهد (شکل ۱۰). برای تشخیص زاویه خودروها از ابعاد تصویر بهره گرفته می شود. روش مذکور توسعه داده شده و تغییرات زیر به آن اعمال گشته تا قابل استفاده برای طبقه بندی چندکلاسه باشد.

الگوریتم [۳۰] از ساختارهای تصویری<sup>۲</sup> برای توصیف رابطه هندسی بخش ها نسبت به یکدیگر استفاده می کند. دو ساختار تصویری پرکاربرد در شکل ۱۱ نشان داده شده اند. در ساختار درختی، مکان یک بخش می تواند نسبت به هر بخش دلخواهی توصیف شود و تنها محدودیت آن، عدم وجود دور است. در

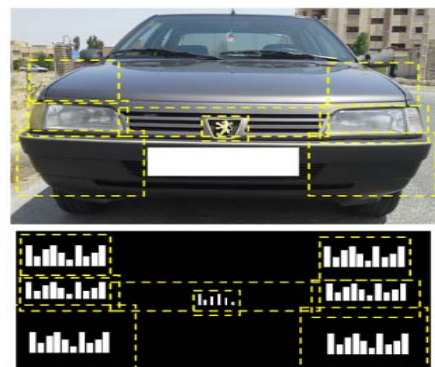
روش پیشنهادی که در دسته ی روش های جزئی نگر قرار می گیرد، رویکردی جدید برای شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه ارائه می دهد. از آنجا که همه ی خودروها دارای بخش های مشابه و مشخصی هستند، برای تمایز آن ها از یکدیگر، یک رویکرد مناسب، تمرکز بر روی بخش های آن ها است (شکل ۷)؛ این رویکرد که نوآوری اول در روش پیشنهادی به حساب می آید، منطقی است زیرا تفاوت ظاهری مدل های مختلف در طراحی و شکل بخش ها و ارتباط بین آن ها نهفته است. برای مثال با در نظر گرفتن تنها چراغ های جلوی خودروها، می توان تعداد مدل های بسیاری را از هم تشخیص داد.

استفاده از تنها تعداد محدودی از بخش های متمایز کننده برای طبقه بندی کلاس ها، یک رویکرد جزئی نگر نوین است. یافتن چنین بخش هایی یک مسئله بهینه سازی دشوار به حساب می آید [۱۸]. یک شبکه عصبی نیز از جهاتی به همین شکل عمل کرده و سعی در یافتن الگوهایی معنی دار در ساختار ورودی دارد.



شکل ۶- یک نمونه روش مبتنی بر بخش برای تشخیص انسان [۲۰, ۲۲].

از طرفی، چالش اصلی در اغلب روش های مبتنی بر بخش، مکان یابی دقیق بخش هاست. از این رو، نوآوری دوم این مقاله، در تشخیص خودکار بخش های خودرو ارائه گشته است. برای تشخیص بخش های خودروها به دو روش عمل کرده ایم. در روش اول، بخش ها به صورت دستی علامت گذاری شده اند، تا تاثیر عملکرد الگوریتم های تشخیص خودرو، تشخیص پلاک و بخش بندی<sup>۱</sup> بر روی آزمایش ها به صفر نزدیک شود. دقت بدست آمده از این روش، به عنوان مبنا در نظر گرفته می شود. در روش دوم، بخش ها با استفاده از الگوریتم تغییر یافته ی [۱۸] به صورت خودکار تشخیص داده شده اند.



شکل ۷- رویکرد پیشنهادی از ویژگی های ساختاری (لبه ها، خم ها و ...) بخش های متمایز کننده ی خودرو بهره می برد.

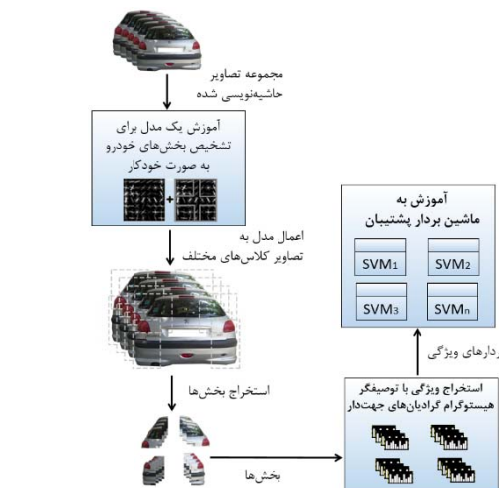
<sup>۲</sup>Pictorial Structure

<sup>۱</sup>Segmentation

مدل آموزش دیده شده را به تصاویر اعمال کرده و بخش‌های مورد اشاره از هر یک استخراج گشته‌اند. بخش‌های استخراج شده از چند تصویر نمونه از نمای جلو و پشت در شکل ۱۲ نمایش داده شده است. سپس از این بخش‌ها، با استفاده از توصیفگر هیستوگرام گرادینان‌های جهت‌دار<sup>۲</sup>، ویژگی استخراج شده و هر یک از بخش‌ها به صورت مجزا به یک ماشین بردار پشتیبان<sup>۳</sup> آموزش داده شده‌اند (شکل ۱۳). در شکل ۱۳، بخش  $i$  به  $SVM_i$  آموزش داده می‌شود. جزئیات بیشتر در بخش نتیجه آزمایشات ارائه شده است.



شکل ۱۲ - بخش‌های استخراج شده از چند نمونه تصویر از نمای جلو (چپ) و پشت (راست) با استفاده از مدل آموزش داده شده



شکل ۱۳ - مراحل آموزش سیستم شناسایی نوع و مدل خودرو با استفاده از استخراج خودکار بخش‌ها

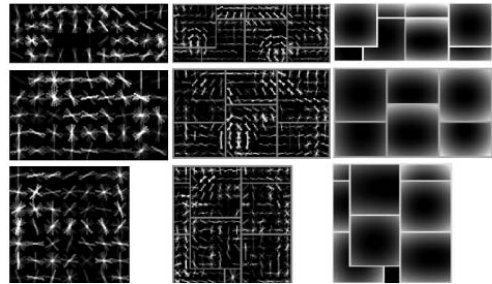
## ۴ نتیجه آزمایش‌ها

### ۴-۱ مجموعه داده

از آنجا که هنوز مجموعه داده‌ی مشترکی در این حوزه ارائه نشده است، گام اول برای انجام آزمایشات، تهیه یک مجموعه داده‌ی مناسب است. از این رو در ادامه، مشخصات مجموعه داده تهیه شده ارائه گشته است.

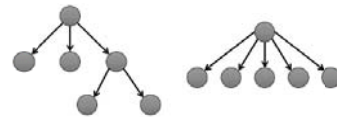
برای سنجش کارایی رویکرد پیشنهادی، در مدت شش ماه، ۷۲۰ تصویر از نمای جلو و پشت ۲۱ مدل مختلف از وسایل نقلیه تهیه شده است. این تصاویر در سه بازه‌ی زمانی صبح، ظهر و عصر گرفته شده‌اند تا انواع تغییرات روشنایی را شامل شوند.

ساختار ستاره‌ای، مکان همه بخش‌ها نسبت به ریشه بیان می‌گردد. اهمیت این دو ساختار به دلیل وجود الگوریتم‌های چندجمله‌ای برای مطابقت آن‌ها در تصویر است [۳۵].



شکل ۱۰ - مدل‌های آموزش دیده شده توسط روش [۱۸] برای تشخیص مکان خودرو (هر سطر یک مدل). ستون اول: فیلتر ریشه، ستون دوم: فیلتر بخش‌ها و ستون سوم: خطای جابجایی مکان نسبی بخش‌ها نسبت به ریشه.

در الگوریتم [۳۰] از ساختار درختی برای توصیف روابط هندسی استفاده شده است؛ در روش پیشنهادی، این ساختار به ستاره‌ای تغییر داده شده است تا مطابقت بیشتری با ساختار یک خودرو داشته باشد؛ در ادامه، الگوریتم مطابقت بخش‌ها نیز به شکل توضیح داده شده در [۳۵] تغییر یافته است.



شکل ۱۱ - دو ساختاری تصویری ستاره‌ای (راست) و درختی (چپ) برای توصیف رابطه هندسی بخش‌ها

برای اینکه بتوانیم بخش‌ها را در مرحله‌ی طبقه‌بندی باهم مقایسه کنیم، باید امکان انطباق هر بخش در یک تصویر با بخش معادلش در تصویر دیگر وجود داشته باشد. روش [۳۰] از برنامه‌نویسی پویا<sup>۱</sup> برای انطباق و استخراج بخش‌ها بهره می‌برد و سپس با پیمایش آرایه دو بعدی پر شده توسط الگوریتم برنامه‌نویسی پویا، بهترین انطباق بخش‌ها با تصویر را استخراج می‌نماید. تغییراتی در بخش پیمایش آرایه دو بعدی اعمال شد تا علاوه بر یافتن بهترین انطباق بخش‌ها، شماره یکتای بخش‌ها نیز استخراج گردد.

برای انطباق دقیق بخش‌ها، استفاده از تنها یک مدل برای آموزش اجباری است. از این رو، به جای سه مدل با هشت بخش، یک مدل با پنج بخش برای نمای جلو و یک مدل با چهار بخش برای نمای پشت آموزش داده شده است. این تعداد بخش‌ها به صورت تجربی و با انجام آزمایشات مختلف انتخاب گشته‌اند.

در پایان، از تصاویر مجموعه داده تهیه شده (بخش ۳-۳) برای آموزش سیستم استفاده شده است. برای این منظور، تصاویر باید به قالب استاندارد پاسکال حاشیه‌نویسی و علامت‌گذاری شده باشند.

<sup>۲</sup>Histogram of Oriented Gradients (HOG)

<sup>۳</sup>Support Vector Machine (SVM)

<sup>۱</sup>Dynamic Programming

گشته‌اند. انتخاب توصیفگر هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار به دلیل عملکرد مناسب آن در روش‌های تشخیص و شناسایی اشیاء شناخته شده‌ی امروزی بوده است [۱۷، ۱۸]. برای طبقه‌بندی نیز از ماشین بردار پشتیبان به صورت یک در برابر همه<sup>۲</sup> بهره گرفته شده است (با استفاده از کتابخانه [36]LIVSVM).

در آزمایش اول، از بخش‌های مختلف علامت‌گذاری شده از خودروها، ویژگی هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار را استخراج کرده، در کنار هم قرار داده و بردار ویژگی‌های نهایی را تشکیل می‌دهیم. جدول ۳ آزمایش‌های انجام شده بر روی نمای جلو و جدول ۴ آزمایش‌های انجام شده بر روی نمای پشت را ارائه می‌دهند.

برای نمایش بهتر تفاوت دو رویکرد، یک بار "کل ناحیه مطلوب" برای طبقه‌بندی و یک بار بخش‌های تشکیل دهنده ناحیه مطلوب به صورت مجزا برای طبقه‌بندی استفاده گشته است. شکل ۱۵ تفاوت این دو حالت را به تصویر کشیده است.



شکل ۱۵- تفاوت کل ناحیه مطلوب (ردیف بالا) و اجزای ناحیه مطلوب به صورت مجزا (ردیف پایین)

از نتایج بدست آمده در دو جدول ۳ و ۴ به روشنی می‌توان به عملکرد بهتر رویکرد مبتنی بر بخش پی برد. کل ناحیه مطلوب و کل تصویر به عنوان نمایندگان رویکرد کلی‌نگر در نظر گرفته شده‌اند. به صورت خلاصه، از آزمایشات ارائه شده نتایج زیر قابل برداشت است:

- هر دو نمای جلو و پشت برای شناسایی نوع و مدل مناسب هستند و دقت بالایی به دست داده‌اند.
- سپر از بخش‌های دستی و بالا-راست و بالا-چپ از بخش‌های خودکار کمترین دقت‌ها را در هر دو نما کسب کرده‌اند، که قابل پیش‌بینی بود.
- استخراج ویژگی از کل ناحیه مطلوب دقت کمتری نسبت به استفاده از اجزای ناحیه مطلوب (چراغ‌ها و جلوپنجره) حاصل کرده است که برتری رویکرد مبتنی بر بخش را نسبت به رویکرد کلی‌نگر اثبات می‌نماید.
- دقت بدست آمده با استفاده از کل تصویر نیز ناکارا بودن رویکرد کلی‌نگر را نشان می‌دهد.
- چراغ‌های چپ و راست از متمایز کننده‌ترین بخش‌ها بوده‌اند که دور از ذهن نیست؛ به شکلی که به تنهایی موفق به طبقه‌بندی درصد بالایی از خودروها شده‌اند.
- دقت حاصل از بخش‌های استخراج شده به صورت خودکار از بخش‌های دستی کمتر است؛ این امر به دلیل عدم انطباق کامل این بخش‌ها است (شکل ۱۵). با این حال استفاده از

فاصله دوربین تا خودروها سه تا پنج متر و کیفیت دوربین ۸ مگاپیکسل بوده است. هر دو نمای جلو و پشت در زمان یکسان تهیه شده‌اند تا بتوان مقایسه‌ی عادلانه‌ای روی این دو نما انجام داد. شکل ۱۴ نمونه‌ای از تصاویر تهیه شده را نشان می‌دهد. تصاویر تهیه شده با حاشیه‌نویسی کامل که شامل مدل خودروها و مکان همه بخش‌های آن‌ها است، از آدرس <http://mbt925.ir/publications.html> قابل دریافت می‌باشند.

دو هدف از انجام آزمایش هادنبال شده است. هدف اول، مقایسه رویکرد کلی‌نگر و رویکرد مبتنی بر بخش پیشنهادی است؛ و هدف دوم، مقایسه دقت حاصل از بخش‌های استخراج شده به صورت دستی و خودکار است. چند آزمایش بر روی نمای جلو و پشت تصاویر تهیه شده صورت گرفته است.



شکل ۱۴- چند نمونه از تصاویر تهیه شده از نمای جلو و پشت خودروهای مختلف با شرایط نوری متفاوت

در روش بخش‌بندی دستی، بخش‌های زیر از نمای جلو و پشت خودروها علامت‌گذاری و استخراج گشته که البته پلاک در آزمایشات وارد نشده است.

- جلو: پلاک، چراغ‌های چپ و راست، جلوپنجره و سپر
  - پشت: پلاک، چراغ‌های چپ و راست، صندوق و سپر
  - در روش بخش‌بندی خودکار، کنترل دقیقی روی مکان بخش‌های استخراجی وجود ندارد؛ ولی به صورت تقریبی می‌توان بخش‌ها را به صورت زیر برچسب‌گذاری کرد:
  - جلو: چراغ‌های چپ و راست، بخش بالا-راست، بالا-چپ و جلوپنجره
  - پشت: چراغ‌های چپ و راست، بخش بالا-راست و بالا-چپ
- تعداد نه کلاس از تصاویر (پراید ۱۳۱، پراید ۱۴۱، پراید ۱۳۲، سمند، تندر ۹۰، پژو ۴۰۵، پژو ۲۰۶، پژو پارس و پیکان ۸۰) که دارای بیش از ۲۴ نمونه (۱۲ نمونه از نمای جلو و ۱۲ نمونه از نمای پشت) بودند، برای انجام آزمایش‌ها جدا شدند (۲۱۶ تصویر). برای محاسبه دقت میانگین، از روش ارزیابی ضربدری به پیمانانه<sup>۱۳</sup> بهره گرفته شده است.

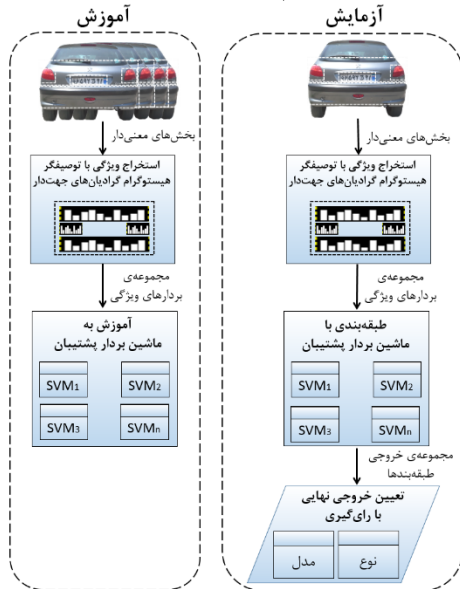
برای استخراج ویژگی در هر دو آزمایش، از توصیفگر هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار [17] با اندازه سلول  $12 \times 12$  و اندازه بلوک  $2 \times 2$  استفاده شده است. این مقادیر به صورت تجربی و با توجه به نتایج ارائه شده در بخش ۴-۲ و [17] انتخاب

<sup>2</sup>One Against All

<sup>13</sup>3-Fold Cross Validation



همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، دقت در هر دو نما نسبت به آزمایش قبل بهبود یافته است. در نمای جلو، دقت از ۹۸,۸٪ به ۱۰۰٪ و در نمای پشت، دقت از ۹۷,۲٪ به ۱۰۰٪ رسیده است. می‌توان نتیجه گرفت که در رویکرد مبتنی بر بخش، روش استفاده از بخش‌ها نیز اهمیت ویژه‌ای دارد. البته رسیدن به چنین دقتی بیشتر به دلیل تعداد کم تصاویر است تا نشانه بدون نقص بودن روش پیشنهادی. از آنجا که هدف، مقایسه این روش و روش پیشین بوده است، مهم افزایش دقت بدست آمده است.



شکل ۱۶- فلوجارت روش پیشنهادی در مرحله‌ی آموزش و آزمایش

جدول ۵- استفاده از یک طبقه‌بند مستقل برای هر بخش به منظور استفاده‌ی بهتر از قدرت تمایز هر یک از بخش‌ها

نما	بخش‌های مورد استفاده	دقت کسب شده (%)
جلو	چراغ چپ و راست و جلوپنجره	۱۰۰
پشت	چراغ چپ و راست و سپر	۱۰۰

#### ۲-۴ بررسی تاثیر تغییر پارامترهای توصیفگر هیستوگرام‌های جهت‌دار بر دقت سیستم

برای بررسی تاثیر تغییر پارامترهای توصیفگر هیستوگرام‌های جهت‌دار از قبیل اندازه سلول و بلوک، یک آزمایش ترتیب داده شده است. از آنجا که اندازه بلوک متاثر از اندازه سلول است و تعداد بلوک‌ها وابستگی چندانی به نوع مسئله ندارد، به نتایج ارائه شده توسط [۱۷] بسنده کرده و از اندازه ۲×۲ در آزمایشات قبلی و این آزمایش بهره برده‌ایم.

در این آزمایش از ساختار استفاده شده در آزمایش مربوط به جدول ۵ استفاده شده و همان آزمایش با اندازه‌های سلول متفاوت ارائه گشته است. اندازه‌های سلول ۸×۸، ۶×۶، ۸×۸، ۱۲×۱۲ و ۱۶×۱۶ مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

بخش‌بندی خودکار، هزینه‌ی بسیاری کمتری به همراه خواهد داشت. بخش‌بندی دستی برای مجموعه داده‌های بزرگ به سادگی امکان‌پذیر نیست.

جدول ۳- مقایسه رویکرد کلی‌نگر و رویکرد پیشنهادی بر روی بخش‌های جدا شده به صورت دستی و خودکار از نمای جلوی تصاویر تهیه شده

بخش‌های مورد استفاده (دستی)	دقت (%)	بخش‌های مورد استفاده (خودکار)	دقت (%)
سپر	۸۷,۳	بالا-چپ	۷۸,۵
-	-	بالا-راست	۷۸,۷
جلوپنجره	۹۳,۵	جلوپنجره	۹۵,۱
چراغ چپ	۹۶,۲	چراغ چپ	۹۵,۴
چراغ راست	۹۶,۲	چراغ راست	۹۵,۴
چراغ چپ و راست	۹۷,۲	چراغ چپ و راست	۹۵,۷
چراغ چپ، راست و جلوپنجره	۹۸,۸	چراغ چپ، راست و جلوپنجره	۹۵,۹
چراغ چپ، راست و جلوپنجره، سپر	۹۷,۲	بالا-چپ، بالا-راست، چراغ چپ، راست و جلوپنجره	۹۶,۲
کل ناحیه مطلوب (چراغ‌ها، جلوپنجره و نشان‌واره)	۹۴,۴		
کل تصویر	۷۸,۷		

جدول ۴- مقایسه رویکرد کلی‌نگر و رویکرد پیشنهادی بر روی بخش‌های جدا شده به صورت دستی و خودکار از نمای پشت تصاویر تهیه شده

بخش‌های مورد استفاده (دستی)	دقت (%)	بخش‌های مورد استفاده (خودکار)	دقت (%)
سپر	۸۸,۸	بالا-چپ	۸۹,۳
-	-	بالا-راست	۸۹,۴
چراغ چپ	۹۶,۲	چراغ چپ	۹۳,۵
چراغ راست	۹۶,۸	چراغ راست	۹۳,۸
چراغ چپ و راست	۹۸,۱	چراغ چپ و راست	۹۵,۷
چراغ چپ و راست و سپر	۹۷,۲	بالا-چپ، بالا-راست، چراغ چپ و راست	۹۷,۵
کل ناحیه مطلوب (چراغ‌ها، فضای بین دو چراغ و سپر)	۹۷,۲		
کل تصویر	۸۴,۲		

برای استفاده‌ی بهتر از قدرت تمایز بخش‌های مختلف، آزمایش دیگری ترتیب داده شد. در این آزمایش سه طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان مجزا برای سه بخش بهتر از نمای جلو و پشت آموزش داده شدند (بخش‌بندی دستی). در مرحله‌ی آزمایش، بین خروجی سه طبقه‌بند رای‌گیری انجام شده و خروجی غالب انتخاب می‌گردد (شکل ۱۶). در شکل ۱۶ نیز، مشابه با شکل ۱۳،  $SVM_i$  متناظر با بخش  $i$  می‌باشد. پارامترهای آزمایش قبل بدون هیچ تغییری در این آزمایش نیز به کار گرفته شده‌اند. جدول ۵ نتیجه‌ی این آزمایش را نشان می‌دهد.



قابل حصول نبود. این موضوع روی نسخه دوم از مجموعه داده که در حال تهیه است، بررسی خواهد شد.

## 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.", *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, Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [12] Huang, H., Zhao, Q., Jia, Y., Tang, S. "A 2DLDA Based Algorithm for Real Time Vehicle Type Recognition.", *11th International IEEE 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*

جدول ۶- مقایسه نتایج بدست آمده از اندازه‌های متفاوت سلول در توصیفگر هیستوگرام‌های جهت‌دار

نما	اندازه سلول			
	1	1	1	1
جلو	%۹۹,۰۷	%۱۰۰	%۹۹,۵۳	%۹۸,۱۴
پشت	%۹۸,۶۱	%۱۰۰	%۹۹,۰۷	%۹۸,۱۴

می‌دانیم که اندازه سلول رابطه مستقیمی با ابعاد تصویر و همچنین نسبت ابعاد شیء به ابعاد تصویر دارد. مجموعه تصاویر تهیه شده دارای وضوح بالایی بوده و ابعاد تصاویر نیز کوچک نیست (۸۰۰×۶۰۰). در نتیجه، قابل پیش‌بینی بود که اندازه‌های سلول بزرگتر، نتیجه بهتری را حاصل کنند.

با استفاده‌ی ترکیبی از دو اندازه سلول، می‌توان سیستم را نسبت به تغییر اندازه ابعاد شیء نسبت به ابعاد تصویر مقاوم‌تر کرد؛ هر چند این عمل در روش جاری، موجب کاهش سرعت سیستم خواهد شد. به دلیل یکسان بودن ابعاد همه تصاویر موجود در مجموعه داده، تنها از اندازه سلول  $12 \times 12$  استفاده شده است.

## ۵ نتیجه‌گیری

رویکرد پیشنهادی، رویکردی مبتنی بر بخش است که زیرمجموعه‌ای از روش‌های جزئی‌نگر به حساب می‌آید. این رویکرد از بخش‌های تشکیل دهنده‌ی وسایل نقلیه برای طبقه‌بندی آن‌ها بهره می‌برد. هدف، اثبات کارایی این رویکرد در مقایسه با رویکرد کلی‌نگر بوده است که نتایج آزمایشات، عملکرد بهتر این رویکرد را نشان می‌دهد. علاوه‌براین، روشی برای استخراج خودکار بخش‌ها و استفاده از آن‌ها برای طبقه‌بندی نیز ارائه گشت. این روش در کاربردهای دنیای واقعی، ارزش خود را نشان می‌دهد؛ زیرا حاشیه‌نویسی دستی تصاویر در یک مجموعه داده بزرگ عملاً امکان‌پذیر نیست.

به دلیل عدم وجود مجموعه داده مشترک در این حوزه، امکان مقایسه‌ی عادلانه‌ی روش پیشنهادی با سایر روش‌های موجود وجود ندارد. هر چند شکل استفاده از "کل ناحیه مطلوب" در آزمایشات، شباهت بسیاری به عملکرد اغلب روش‌های پیشین دارد. در ضمن، مجموعه داده تهیه شده با حاشیه‌نویسی کامل برای استفاده توسط محققین به اشتراک گذاشته شده است.

ضعف اصلی این رویکرد در بخش‌بندی خودکار تصاویر است؛ بخش‌های آموزش دیده شده برای طبقه‌بندی مدل‌های مختلف خودرو ایده‌آل نیستند؛ در صورتی که سیستم را به صورت اختصاصی برای تمایز مدل‌های مختلف خودرو آموزش دهیم، حتی می‌توان به دقت بیشتری نسبت به بخش‌بندی دستی نیز دست یافت.

این نکته نیز هائز اهمیت است که دقت %۱۰۰ در صورتی که مجموعه داده‌ی بزرگتری مورد استفاده قرار می‌گرفت، به سادگی

- Applications II, Proc. of 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.*, no. June, pp. 1–20, 2013.
- [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.”, *Proceedings of the 6th International Conference on Frontiers of Information Technology – FIT '09*, p. 6, ACM Press, New York, New York, USA, 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] Felzenszwalb, P.F., Huttenlocher, D.P. “Efficient Matching of Pictorial Structures.”, *Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 66–73, 2000.
- [36] 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.
- [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.”, *AICS '05*, 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.”, *Image Processing: Machine Vision*



محسن بیگلری مدرک کارشناسی خود را در گرایش نرم افزار از دانشگاه کاشان در سال ۸۹ دریافت کرد. سپس در سال ۹۱ موفق به اخذ مدرک کارشناسی ارشد در گرایش نرم افزار از همان دانشگاه گردید. در حال حاضر نیز، دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی شاهرود در گرایش هوش مصنوعی است. موضوع پایان نامه کارشناسی ارشد ایشان، "تشخیص و شناسایی چهره با استفاده از الگوریتم های موازی، توسط کودا" و موضوع پایان نامه دکتری او، "شناسایی نوع و مدل خودرو با استفاده از مدل های مبتنی بر بخش" می باشد. علایق پژوهشی او برنامه نویسی موازی و پردازش تصویر می باشد.



علی سلیمانی کارشناسی ارشد و دکتری خود را در رشته مهندسی برق - الکترونیک در سالهای ۱۳۷۳ و ۱۳۷۹ از دانشگاه علم و صنعت ایران دریافت کرد. پروژه کارشناسی ارشد خود را در زمینه پردازش سیگنال با منطق فازی و پروژه دکتری خود را در زمینه کنترل سیستم های چند ورودی چند خروجی با استفاده از شبکه های عصبی فازی به انجام رسانید. از سال ۱۳۸۰ ایشان عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود بوده و زمینه تحقیقاتی ایشان پردازش سیگنال های دیجیتال، شبکه های عصبی فازی و الگوریتم های تکاملی است.



حمید حسن پور مدرک کارشناسی خود را در سال ۱۳۷۲ در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش سخت افزار از دانشگاه علم و صنعت ایران و مدرک کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۷۵ در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی از دانشگاه صنعتی امیرکبیر دریافت نموده است. در سال ۱۳۸۳ تحصیلات مقطع دکتری خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش پردازش سیگنال در دانشگاه صنعتی کوئینزلند استرالیا به اتمام رساند. ایشان در حال حاضر استاد دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی شاهرود هستند و زمینه تحقیقاتی مورد علاقه ایشان پردازش سیگنال، پردازش تصویر، شبکه های عصبی مصنوعی و داده کاوی است.