

دریافت مقاله: ۹۲/۱۲/۴

پذیرش مقاله: ۹۳/۱۲/۴

## تشخیص نوع خودرو با استفاده از مدل سه بعدی

محسن مرادی<sup>۱\*</sup>، سید مجتبی حسینی<sup>۲</sup>، امیرحسین مؤمنی ازندریانی<sup>۳</sup>

---

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی، دانشکده فناوری اطلاعات، ارتباطات و امنیت، دانشگاه صنعتی مالک

اشتر، تهران، ایران

Moradi.mohsen5359@gmail.com

<sup>۲</sup> استادیار، دانشکده فناوری اطلاعات، ارتباطات و امنیت، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

Mojtabahoseini@aut.ac.ir

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی، دانشکده فناوری اطلاعات، ارتباطات و امنیت، دانشگاه صنعتی مالک

اشتر، تهران، ایران

A\_h\_momeni@aut.ac.ir

---

**چکیده:** در نظارت خودکار وسایل نقلیه، یکی از روش‌های مناسب برای تشخیص نوع آن‌ها، استفاده از مدل‌های سه بعدی خودروها می‌باشد. برای این منظور، روش‌های مختلفی ارائه شده‌اند. یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین آن‌ها، روش‌های مبتنی بر ویژگی هستند. در این مقاله در چارچوب پیشنهادی، الگوریتمی ارائه می‌شود که برای تشخیص نوع خودرو است. الگوریتم پیشنهادی اطلاعات لبه‌های تصاویر و مدل‌ها را به‌عنوان ویژگی در نظر می‌گیرد. برای استخراج اطلاعات لبه‌ها از یک بلوک توصیف‌گر با ابعاد مختلف استفاده شده است که منجر به تشکیل بردار ویژگی می‌شود. هر بردار ویژگی، آرایش و چیدمان لبه در همسایگی آن را ارائه می‌دهد. با در اختیار داشتن این اطلاعات با ارزش و با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه، بردارهای ویژگی تصویر و مدل‌ها با یکدیگر ارزیابی می‌شوند و میزان تطابق آن‌ها در یک ماتریس امتیاز جمع‌آوری می‌شود. در نهایت مدلی که بیشترین امتیاز را داشته باشد، به‌عنوان نوع خودرو در تصویر تشخیص داده می‌شود. در آزمایش‌ها نشان داده شده است که الگوریتم پیشنهادی از لحاظ سرعت و دقت نسبت به الگوریتم‌های SURF و FREAK عملکرد بهتری ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تشخیص نوع خودرو، سیستم‌های نظارتی، مدل سه بعدی، روش‌های مبتنی بر ویژگی.

## ۱. مقدمه

از تجهیزات مورد بررسی به دست آورد. از دیگر کاربردهای آن بهبود عملکرد سیستم‌های نظارتی سه‌بعدی است که با در اختیار داشتن اطلاعاتی از قبیل نوع خودرو، مدل‌سازی سه‌بعدی ترافیک را نزدیک به واقعیت و دقیق‌تر ایجاد می‌کنند. نوآوری اصلی در این مقاله، ارائه الگوریتم جدیدی در قالب چارچوب پیشنهادی است که مسئله تشخیص نوع و مدل خودرو در تصاویر ویدئویی که می‌تواند از زوایای مختلف گرفته شده باشد، حل می‌کند. ایده اصلی تشخیص خودرو در تصویر و تجسم مدل سه‌بعدی با خودرو در تصویر است.

بیشتر کارهایی که در حوزه سیستم‌های نظارتی وسایل نقلیه تا امروز انجام شده، محدود به شناسایی کلاس محدودی از آن‌ها شده است [۵، ۶ و ۹]. البته در این بین کارهایی در زمینه تشخیص نوع خودرو نیز انجام گرفته است [۱۰ و ۱۱]. این تحقیقات حول دو محور مبتنی بر ویژگی و مبتنی بر مدل هستند. برای مثال در [۱۱] روش استفاده شده صرفاً مبتنی بر ویژگی است و عمل تطبیق با روش SIFT انجام گرفته است. همچنین در آن تلاش شده است نوع و مدل خودرو به‌طور مستقیم با تجسم تصاویر و مدل سه‌بعدی به دست آید. روش‌های مبتنی بر مدل با تخصیص پارامترهایی به مدل و سنسجش آن‌ها بین مدل و تصویر، شناسایی و کلاس‌بندی را انجام می‌دهند. در این مقاله سعی شده است با ترکیب این دو رویکرد، الگوریتمی مبتنی بر مدل و ویژگی ارائه شود.

در بخش بعدی، کارهای انجام‌شده در این حوزه بررسی خواهند شد. بخش سوم مقاله به روش‌های مبتنی بر ویژگی می‌پردازد و چگونگی استفاده از لبه به‌عنوان ویژگی قابل اطمینان بحث می‌شود و روش‌های لبه‌یابی بررسی می‌شوند. بخش چهارم، روش پیشنهادی در این مقاله همراه با توضیحاتی درباره مدل سه‌بعدی خودروها و کاربرد آن‌ها در شناسایی بحث می‌شود و نحوه استفاده از آن‌ها در این مقاله شرح داده می‌شود. در ادامه مقاله، مراحل پیاده‌سازی به شکل

در دو دهه اخیر، نظارت تصویری به‌عنوان یک موضوع فعال کاربردی در حوزه‌های تحقیقاتی بینایی ماشین، هوش مصنوعی و پردازش تصویر مورد توجه فراوان قرار گرفته است. اولین استفاده از سیستم‌های نظارتی به دهه‌های ۳۰ و ۴۰ میلادی برمی‌گردد که در آن با استفاده از دوربین‌های لوله‌ای فرایندهای صنعتی نظارت می‌شدند [۱ و ۲]. گسترش سیستم‌های نظارت تصویری باعث پیشرفت سیر تکاملی حوزه‌های برجسته فناوری و علوم از قبیل امنیت ملی [۳ و ۴]، پیشگیری از جرم از طریق نظارت داخلی و بیرونی [۲]، تشخیص تصادف [۵] و [۶]، نظارت، کنترل و تحلیل جریان ترافیک [۷ و ۸] و بسیاری از دیگر حوزه‌ها شده است.

در این کار، تمرکز بر روی سیستم‌های نظارتی است که خودرو به‌عنوان هدف نظارت آن در نظر گرفته می‌شود. در شکل (۱) نمونه‌ای از تصاویری که در این مقاله به‌کار گرفته شده است، مشاهده می‌شود.



شکل (۱): نمونه‌ای از تصاویر مجموعه داده

بیشترین اطلاعاتی که از ویدئو برای خودرو به دست می‌آید، مربوط به موقعیت آن در بازه‌های زمانی مختلف است. غالب روش‌های فعلی برای دسته‌بندی کلاس‌های خودرو از این اطلاعات استفاده می‌کنند، ولی بهتر از آن می‌تواند تشخیص نوع و مدل خودرو باشد. دانستن نوع و مدل خودرو کاربردهای فراوانی دارد، از آن جمله می‌توان به شناسایی خودروهایی پرداخت که با مشخصات پلاکش همخوانی ندارد. همین‌طور در مسائل نظامی می‌توان با تشخیص نوع وسیله نقلیه توسط هواپیماهای بدون سرنشین، اطلاعات بسیار دقیقی

گام به گام، شرح داده خواهد شد. در بخش ششم، تجزیه و تحلیل آزمایش های انجام شده و نتایج به دست آمده، تفسیر می شوند. در نهایت و در بخش آخر، نتیجه گیری و کارهایی که می توان در ادامه کار این مقاله انجام داد، ارائه می شود.

$V = [x, y, z]$  هستند. در بازسازی مدل، تحقیق [۱۴]، روشی ارائه داده است که مدل خودرو را با گراف بیزین در صحنه هایی که ترافیک کنترل شده نیست و دوربین نیز تنظیم نشده است، بازسازی می کند. برای کلاس بندی، در [۱۵] با استفاده از روش بهینه سازی پیوسته جدا، فضای جست و جو را کاهش می دهد تا بار محاسباتی در عین حال که روش از قابلیت اطمینان برخوردار است، کاهش داده شود.

در بسیاری از تحقیقات دیگر، الگوریتم ها با در اختیار داشتن مدل و استخراج ویژگی ها، رویه تطبیق و شناسایی را انجام می دهند. ویژگی های هندسی دوبعدی مانند نقاط و خطوط لبه ها به عنوان نمادهای تصویر استخراج می شوند. شناسایی نیز بر اساس تطبیق ویژگی های مدل با تصویر حاصل می شود. در این حوزه کارهایی از قبیل درخت جست و جو [۱۶]، گراف ویژگی جست و جو [۱۷]، تبدیل هاف [۱۸]، تطبیق از زوایای متناظر [۱۹] و دیگر کارهایی انجام شده است و پیدا کردن تناظر بین فضای دوبعدی و سه بعدی انجام می شود. در [۲۰]، با انتخاب دستی نقاطی بر روی مدل به عنوان نقاط کلیدی و با محاسبه HOG آن ها، بردار ویژگی برای هر مدل به دست می آید. سپس برای تصویر ورودی نیز این بردار ویژگی را محاسبه کرده و با مدل ها مقایسه می کند تا مدل مدنظر یافت شود. برای رهگیری، روش هایی مانند تطبیق بر اساس کانتور رنگی و گرادیان در [۲۱] ارائه شده است. در [۲۲] خطوط منحنی بر روی مدل سه بعدی به عنوان بردار ویژگی در نظر گرفته شده است و با استفاده از روش بیزین کلاس خودرو شناسایی می شود.

روش هایی که به طور مستقیم مدل سه بعدی را به دوبعدی تطبیق می دهند، در مرحله تطبیق به مقدار اولیه مناسبی نیاز دارند تا بتوانند تقریب مناسبی ارائه دهند و در ادامه با الگوریتم های بهینه سازی تا آنجایی که می توانند تقریب و تطبیق مدل به تصویر را بهبود دهند. همچنین با در نظر گرفتن

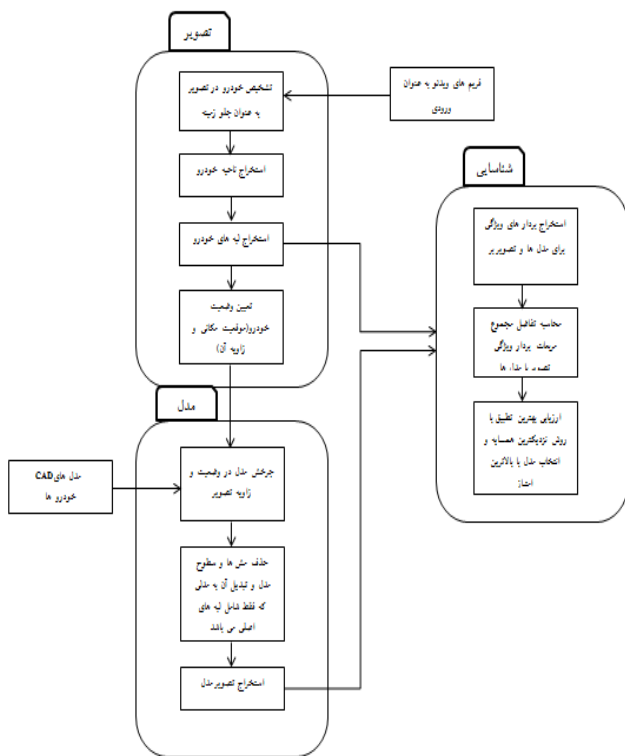
همان طور که در بخش قبل گفته شد، غالب کارهای انجام شده در این حوزه، حول دو محور روش های مبتنی بر ویژگی و مبتنی بر مدل انجام می شود. روش های مبتنی بر مدل که از مدل های سه بعدی استفاده می کنند [۱۲-۱۵]، به منظور رهگیری خودرو، بازسازی مدل خودرو از تصویر برای شناسایی کلاس بندی هستند. برای مثال در [۱۲]، مدل سه بعدی شکل پذیری ارائه شده است که از مجموعه مدل های سه بعدی CAD متعلق به ۷۹ خودرو به دست آمده است و نسبت به مدل هایی که قبل از آن ارائه شده بودند، مدلی با جزئیات مناسب بوده و در عین حال از عمومیت کافی برخوردار است و در عمل نیز عملکرد مطلوبی ارائه می دهد. همچنین در [۱۳]، الگوریتمی برای مکان یابی شناسایی خودرو با استفاده از مدل سه بعدی ارائه شده که مدل آن با دوازده پارامتر طراحی گردیده است. چالش اصلی این گونه روش ها، اندازه زیاد فضای حالت آن هاست؛ البته کارهایی برای رفع این مشکل انجام می شود. برای نمونه در تحقیق [۱۲]، فضای حالت را با روش PCA تا حدودی کاهش داده است. علت اصلی این مشکل، در نظر گرفتن پارامترهای مدل در فضای سه بعدی است. همان طور که مشخص است، هر مدل سه بعدی در سطوح خود تعداد زیادی مش<sup>۱</sup> دارد که به شکل های مختلف اعم از مثلثی، چهارگوشه و شکل هایی از این قبیل است. هر کدام از این مش ها رئوسی در فضای سه بعدی دارند که بالطبع شامل تعداد زیادی مختصات با مقادیر

## ۲. کارهای انجام شده

۱. مش در واقع مجموعه ای از رئوس، لبه ها و وجوه است که شکل ظاهری یک شیء را در فضای سه بعدی توصیف می کند.

می تواند تفاسیر متفاوتی داشته باشد. یک ویژگی مطلوب باید برای انسان از منظر بصری قابل لمس باشد و با توجه به همان پیچیدگی که دارد، قابل تفسیر محلی باشد.

در این مقاله نیز برای تطبیق تصویر و مدل و در نهایت تشخیص نوع خودرو، لبه ها به عنوان ویژگی مشترک در هر مدل و تصویر استخراج می شوند و با استفاده از الگوریتم پیشنهادی و در قالب چارچوب تشخیص، مقایسه می شوند. در ادامه برخی از مهم ترین روش های مبتنی بر ویژگی بررسی می شوند.



شکل (۲): چارچوب تشخیص نوع خودرو

### ۱.۳. روش تبدیل مستقل از مقیاس ویژگی<sup>۱</sup>

الگوریتم SIFT توسط آقای لوو در سال ۱۹۹۹ ارائه شد و سال ۲۰۰۴ آن را بهبود داد و نسخه جدیدی از آن ارائه کرد [۲۳]. این الگوریتم نسبت به تغییراتی مانند چرخش و اندازه مقیاس

مدل سه بعدی با فضای حالت بزرگ برای هر خودرو و مقایسه هر تصویر با تمام این فضای حالت، بار محاسباتی بالای آن را نشان می دهد. البته برخی کارها مانند [۱۲]، برای رفع این مشکل راه حلی ارائه داده اند که با ابزار مدل سازی، مدلی را به عنوان مدل پایه برای گروهی از خودروها ایجاد می کند و تصاویر را با آن مدل پایه مقایسه می کند. این مسئله کار را کاملاً به دقت مدل پایه وابسته می کند و این نمی تواند قابلیت اطمینان مناسبی از شناسایی خودرو ارائه دهد.

روش هایی که صرفاً بر اساس ویژگی های تصویر و از روش های دسته بندی مانند بیزین استفاده می کنند، در واقع بعد سوم اطلاعات واقعی در صحنه را کاملاً از بین برده و نسبت به تغییرات مانند مقیاس، چرخش کاملاً ناپایدارند.

در این مقاله، الگوریتمی ارائه شده است که رویکرد اصلی آن در نظر گرفتن اطلاعات با ارزش مدل سه بعدی و سهولت، سادگی و قابل تفسیر بودن ویژگی هاست. این الگوریتم در قالب یک چارچوب ارائه شده که در بخش های بعدی به طور مفصل توضیح داده شده است (شکل ۲).

### ۳. روش های مبتنی بر ویژگی

روش های مبتنی بر ویژگی در سطح پایین، لبه، منحنی یا گوشه را به عنوان ویژگی در نظر می گیرند. معمولاً این روش ها در مواقعی که حجم داده ورودی زیاد است و احتمال بروز افزونگی در مقادیر داده ها وجود دارد، استفاده می شوند تا داده ها به بردارهایی تبدیل شوند که دربرگیرنده مقادیر اصلی هستند. تبدیل داده ها به مجموعه ای از ویژگی ها، استخراج ویژگی نامیده می شود. در بینایی ماشین، ویژگی دربرگیرنده اطلاعاتی از تصویر است که با در اختیار داشتن آن ها می توان به طور محلی برای تک تک پیکسل های تصویر، تفسیرهایی ارائه داد. به طور کلی ویژگی همان نقاط روی تصویر هستند؛ البته محل قرار گیری نقاط بر روی لبه، منحنی یا گوشه

1. Scale Invariant Feature Transform(SIFT)

اجرا کرد. ترکیب این هیستوگرام‌ها به عنوان توصیف‌گر نمایش داده می‌شود. برای بهبود در دقت، می‌توان کتراست هیستوگرام‌ها را در هر ناحیه نرمال کرده و آن را جایگزین مقادیر اولیه کرد. این توصیف‌گر مزیت چندانی در مقایسه با دیگر روش‌ها ندارد.

#### ۴. روش پیشنهادی

همان‌طور که گفته شد، روش‌های بسیاری برای استخراج و تطبیق ویژگی وجود دارد. در این مقاله برای تشخیص نوع خودرو، روشی ارائه شده است که با استفاده از اطلاعات با ارزش مدل‌ها سه‌بعدی و همین‌طور با استفاده از به‌کارگیری لبه به‌عنوان ویژگی، عملکرد مطلوبی را نشان می‌دهد. در ادامه، ابتدا به مدل‌های سه‌بعدی و نحوه به‌کارگیری آن‌ها در این روش پرداخته می‌شود.

##### ۱.۴. مدل‌های سه‌بعدی

انواع مختلفی از مدل‌های وسایل نقلیه در کاربردهای بینایی ماشین استفاده شده است. وجه مشترک تمام این مدل‌ها استفاده از مؤلفه‌های هندسی است. این مدل‌ها را می‌توان براساس ساختار هندسی آن‌ها دسته‌بندی کرد. دسته اول از مدل‌ها در فضای تصویر قرار دارند و دو بعدی هستند. دسته بعدی در فضای سه‌بعدی تفسیر می‌شوند و با تجسم در فضای دوبعدی تصویر می‌شوند. مدل‌ها از عناصر هندسی با ویژگی‌های متفاوتی ساخته شده‌اند. در فضای تصویر (دوبعدی)، نقاط، منحنی‌ها و گوشه‌ها به‌عنوان این ویژگی‌ها به حساب می‌آیند. می‌توان مدل‌های وسایل نقلیه را به دو دسته مدل متراکم‌شده یا اولیه دسته‌بندی کرد. مدل متراکم‌شده از ویژگی‌های اولیه که به عنوان دانش اولیه به سیستم داده می‌شود و همچنین ویژگی‌های شناسایی شده از تصویر، ساخته می‌شوند. مدل‌های اولیه با در اختیار داشتن مقدار اندکی دانش اولیه درباره شکل وسایل نقلیه در کلاس‌های مختلف از وسایل نقلیه دسته‌بندی می‌شوند. این

کاملاً پایدار است. همچنین نسبت به تبدیلات پیوسته به هم، تغییرات روشنایی، نویز و تغییر زاویه تا حدی پایدار است. این روش سه گام اصلی دارد: گام اول شناسایی اکستریم‌ها در مقیاس‌های مختلف و به‌دست آوردن نقاط کلیدی تصویر با استفاده از تابع تفاضل گوسین، به‌عنوان ویژگی استخراج می‌شوند. در گام بعدی برای هر نقطه کلیدی براساس گرادیان محلی تصویر، جهتی انتخاب می‌شود. در گام آخر با توصیف‌گر، ناحیه همسایگی ویژگی‌های به‌دست آمده را تفسیر می‌کند.

##### ۲.۳. روش ویژگی‌های پایدار سریع<sup>۱</sup>

یکی از روش‌های مناسبی که برای تشخیص و تطبیق ویژگی به کار می‌رود، روش SURF است [۲۴]. استفاده از تصویر انتگرالی و ماتریس هسین برای تقریب، بار محاسباتی آن را به طور چشمگیری کاهش داده است. به طور کلی این الگوریتم سه گام اصلی دارد. در گام اول نقاط کلیدی با استفاده از ماتریس هسین که از تقریب زن مرتبه دوم گوسین استفاده می‌کند، در تصویر انتگرالی به‌دست می‌آید. گام دوم با ایجاد ناحیه دایره‌شکل حول نقاط کلیدی، جهت آن‌ها محاسبه و انتخاب می‌شود و جهت غالب به‌عنوان مفسر عمل می‌کند. در گام آخر، توصیف‌گرها با استفاده از پنجره‌های مربعی‌شکل حول نقاط کلیدی ایجاد می‌شوند و پاسخ موجک‌ها را در راستای افقی و عمودی محاسبه می‌کند.

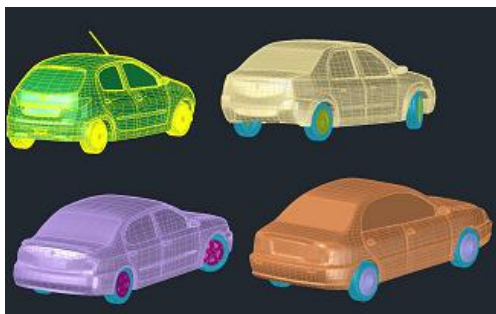
##### ۳.۳. روش هیستوگرام مشتقات جهت‌دار<sup>۲</sup>

ایده اصلی الگوریتم HOG این موضوع است که می‌توان توصیفی از مقدار گرادیان یا راستای لبه شیء و شکل هندسی که در تصویر است، ارائه داد. برای پیاده‌سازی این توصیف‌گرها می‌توان تصویر را با نواحی متصل به هم کوچک‌تر تقسیم کرد و برای هر بخش الگوریتم HOG را محاسبه و

1. Speed-up Robust Feature(SURF)

2. Histograms of Orientation Gradient(HOG)

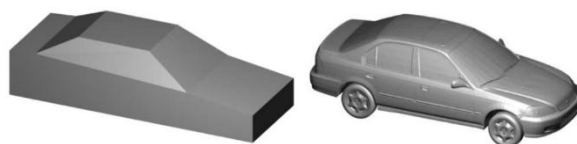
کاربردهای بصری هستند. پیچیدگی بیش از اندازه مدل باعث افزایش پیچیدگی و بار محاسباتی می‌شود.



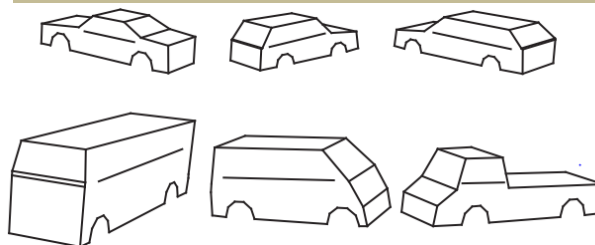
شکل (۵): مدل‌های ۳ بعدی CAD استفاده شده در این مقاله

در مدل‌های سه‌بعدی CAD که در شکل (۵) مشاهده می‌شوند، مفاهیمی مانند سطوح مش و رئوس متناظر آن‌ها وجود دارند. این رئوس مختصاتی در فضای سه‌بعدی دارند. هر مدل CAD تقریباً و حداقل شامل هزاران سطح است که با احتساب اینکه هر سطح مثلثی یا چهار گوشه باشد، تعداد رئوس آن بسیار زیاد می‌شود. برای برطرف کردن این چالش، باید فضای حالت را کاهش داد. روش‌های کاهش ابعاد مانند PCA تا حدودی می‌توانند این کار را انجام دهند، ولی اصلاً مطلوب و کافی نیستند. در این مقاله سعی شده است تا از یک مدل سه‌بعدی CAD، اطلاعات مفید آن استخراج شود و بقیه موارد کم‌ارزش آن در نظر گرفته نشود. با توجه به اینکه در تصویر، لبه به‌عنوان یک ویژگی مناسب و پایدار در نظر گرفته می‌شود، مدل‌های سه‌بعدی در این مقاله نیز به تبعیت از آن به شکل لبه‌ای ساخته شده‌اند. همان‌طور که در شکل (۶) مشخص است، از این مدل‌ها، سطوح پیچیده و بی‌ارزش مش حذف شده است و این مدل‌ها شامل اطلاعات باارزشی از لبه‌های کلی خودرو و بخش‌های مختلف آن مانند چراغ‌های عقب و جلو، پنجره جلو و عقب، لاستیک‌ها، پنجره‌های کناری، سپر عقب و جلو و پنجره هستند.

مدل‌ها با روش‌های پیشرفته ساخته می‌شوند و با تطبیق ویژگی‌های اولیه به تصویر متناسب می‌شوند. در [۲۵] از یک مدل سه‌بعدی چندوجهی استفاده شده است. این مدل که در شکل (۳) سمت چپ نشان داده شده است، ۱۲ وجه و ۱۲ پارامتر دارد. مدل اولیه با تخمین پارامترهای شکل و حالت سه‌بعدی خطوط بخش‌های مدل تصویر شده را با خطوط لبه‌های استخراج شده از تصویر، هم‌تراز می‌کند. در [۲۶] پیچیدگی این مدل را با اضافه کردن خطوط نمایش دهنده چرخ‌های خودرو افزایش داده است. این مدل در شکل (۴) مشاهده می‌شود. آن‌ها پارامترها را با هم‌تراز کردن به داده‌های آموزشی تخمین می‌زنند. همچنین برای کاهش ابعاد فضای شکل از روش تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) استفاده می‌کنند.



شکل (۳): مدل ساده با ۱۲ وجه (سمت چپ)، مدل CAD با ۸۰,۰۰۰ وجه (سمت راست) [۱۲]



شکل (۴): مدل سه‌بعدی با ۲۹ پارامتر [۲۶]

این مدل‌ها بسیار ساده‌اند و با پارامترهای ثابت قابلیت تعمیم به هیچ مدلی را ندارند. در مقابل این مدل‌ها، مدل‌های CAD با جزئیات فراوانی موجودند. در [۲۷] از مدل‌های CAD استفاده شده است تا با در اختیار داشتن جهت‌های دلخواه از وسیله نقلیه، تصویری با جزئیات مناسب از آن‌ها ترسیم کنند. همچنین در کار تحقیقاتی [۲۸] با استفاده از مدل‌های CAD ظاهر وسایل نقلیه را با در اختیار داشتن تصاویر با رزولوشن بالا پیش‌بینی می‌کند. متأسفانه بیشتر مدل‌های CAD بسیار پیچیده‌تر از نیاز

در نظر گرفته می‌شود. برای هر نقطه روی لبه، یک بردار ویژگی تشکیل می‌شود که طول بردار متناظر با ابعاد بلوک توصیف‌گر است و مقادیر آن صفر و یک هستند.

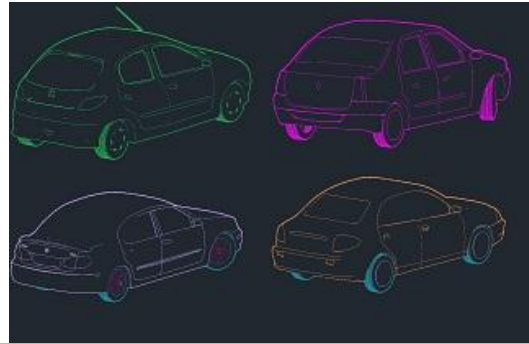
$$Features_{vector} = (m^2, k_N) \quad (3)$$

مقدار صفر بیانگر این است که در آن موقعیت نسبت به نقطه مورد نظر، همسایه‌ای وجود ندارد و همین‌طور برای مقدار یک که بیانگر وجود همسایه نسبت به نقطه مورد نظر است. برای تمام مدل‌ها و تصویر ورودی، بردار ویژگی آن تهیه می‌شود. به منظور محاسبه میزان شباهت تصویر با مدل‌ها یا بررسی تطابق لبه تصویر با مدل‌ها گام‌های زیر به ترتیب انجام می‌شود:

- در گام اول، مقادیر بردارهای ویژگی برای مدل‌ها و تصویر نرمال می‌شوند.
  - با محاسبه تفاضل مجموع مربعات هر بردار ویژگی از تصویر با مدل‌ها، میزان تناسب در یک ماتریس به عنوان امتیاز ذخیره می‌شود.
  - بهترین تطبیق‌ها با روش نزدیک‌ترین همسایه بین بردارهای ویژگی تصویر و مدل‌ها به دست می‌آید.
  - با بررسی امتیاز مدل‌ها در نهایت، مدل با امتیاز بیشتر به عنوان نوع خودرو در تصویر شناسایی می‌شود.
- در بخش بعدی مراحل پیاده‌سازی به تفصیل شرح داده شده است.

## ۵. پیاده‌سازی

همان‌طور که در چارچوب پیشنهادی شکل (۲) نشان داده شده است، در ابتدا با در اختیار داشتن فریم‌های ویدئو، جلوی زمینه استخراج می‌شود. با استفاده از روش ارائه‌شده در [۲۹] که در شکل (۷) نشان داده شده است، ابتدا مدل پس‌زمینه با چند فریم که حاوی پس‌زمینه‌اند، با محاسبه میانگین آن‌ها تهیه می‌شود. سپس روشنایی و رنگ تصویر محاسبه می‌شوند و



شکل (۶): مدل‌های سه‌بعدی CAD تبدیل شده به مدل لبه

## ۲.۴. تطبیق مدل سه‌بعدی با تصویر

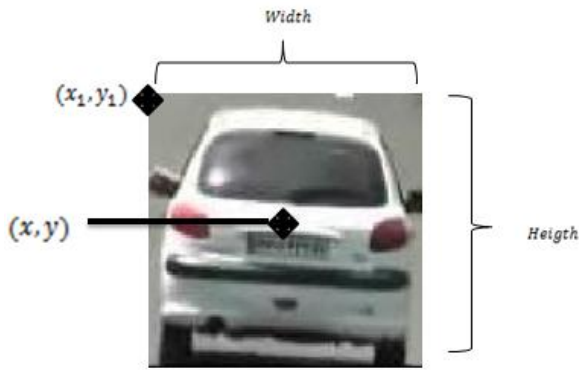
در بخش سوم، برخی از مهم‌ترین روش‌های استخراج و تطبیق ویژگی شرح داده شدند. در این مقاله، لبه‌ها به عنوان ویژگی در نظر گرفته می‌شوند و معیار شناسایی نوع خودرو نیز میزان تطابق لبه تصویر با مدل‌های CAD است. فرض شود لبه‌های تصویر خودرو مدنظر برای شناسایی استخراج شده است:

$$P = (X, Y) \quad (1)$$

که در آن،  $P$  مجموعه نقاط روی لبه‌ها را شامل می‌شود. همچنین برای مدل‌ها نیز با فرض تعیین موقعیت مکانی و زاویه‌ای آن بر اساس تصویر، بردارهایی به شکل زیر به دست می‌آید.

$$M_i = \left\{ \begin{array}{l} (X_{i,j}, Y_{i,j}) \\ i = 1 \dots N, \\ j = 1 \dots k_N \end{array} \right\} \quad (2)$$

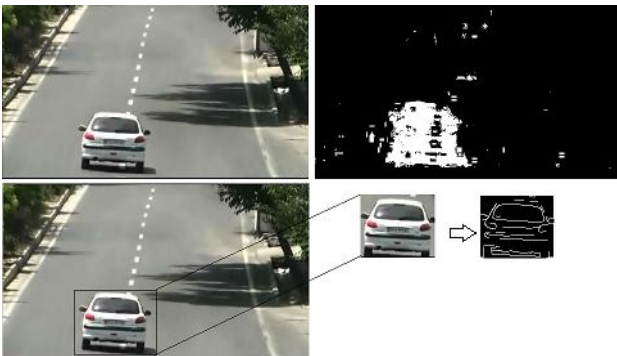
که در آن،  $M_i$  بردار لبه برای هر مدل،  $N$  تعداد مدل‌ها و  $k_N$  هم تعداد نقاط روی لبه هر یک از مدل‌هاست. حالا با در اختیار داشتن لبه‌ها که همان ویژگی‌ها هستند، برای شناسایی و تطبیق لبه‌های مدل‌ها با تصویر، نیاز به یک توصیف‌گر برای تفسیر این ویژگی‌هاست. روشی که در این مقاله پیشنهاد شده، استفاده از یک بلوک توصیف‌گر با ابعاد  $m \times m$  است که مقدار  $m$  باید فرد باشد. این بلوک توصیف‌گر در واقع با حرکت بر روی نقاط لبه‌ها، نحوه آرایش و چیدمان هر نقطه نسبت به دیگر نقاط در همسایگی خود را ارائه می‌دهد. نقطه در وسط بلوک توصیف‌گر



شکل (۸): ناحیه خودرو شناسایی شده

با در اختیار داشتن مختصات مرکز ثقل و با استفاده از رابطه‌های (۴) تا (۷) می‌توان عرض، ارتفاع و نقطه شروع خودرو را محاسبه کرد.  $K$  مقدار ثابتی است که به‌طور تجربی به‌دست می‌آید.

در مرحله بعد، لبه‌های خودرو استخراج می‌شوند. در این مقاله از روش Canny استفاده شده است. در ادامه، موقعیت مکانی و زاویه آن تعیین می‌شود؛ البته در این مقاله با توجه به پایگاه داده مورد آزمایش، فرض شده است دوربین ثابت و یک عدد است. همچنین مجموعه داده مورد استفاده نیز در تمام ویدئوها فقط از یک زاویه تصویربرداری کرده است. به همین دلیل، در این مقاله با داشتن این پیش‌فرض‌ها، اطلاعات مورد نیاز به مدل داده شده است.

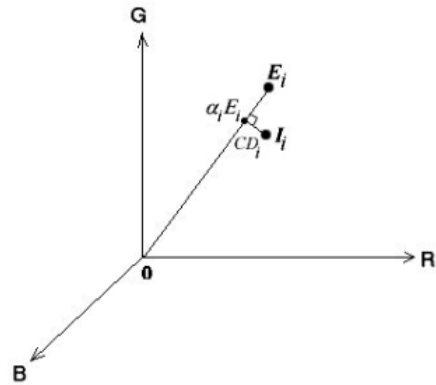


شکل (۹): مراحل شناسایی خودرو

با اطلاعات مورد نیاز مرحله قبل، مدل را در موقعیت و زاویه مورد نظر قرار داده و مش‌ها و سطوح چندوجهی مدل از آن حذف می‌شود. در این بخش مدل فقط شامل لبه‌های اصلی

برای تعیین جلوی زمینه چهار شرط زیر برای هر پیکسل در نظر گرفته می‌شود:

- اگر میزان روشنایی و رنگ پیکسل مدنظر با پیکسل متناظر در مدل پس زمینه یکسان بود، به‌عنوان پس زمینه انتخاب می‌شود.
- اگر رنگ آن با مدل پس زمینه یکسان بود، ولی روشنایی کمتری داشت، به‌عنوان سایه انتخاب می‌شود.
- اگر رنگ آن یکسان ولی روشنایی بیشتری داشته باشد، به‌عنوان پس‌زمینه روشن انتخاب می‌شود.
- اگر رنگ آن با مدل پس زمینه متفاوت باشد، به‌عنوان جلوی زمینه انتخاب می‌شود.



شکل (۷): روش پیشنهادی در [۲۹] برای تشخیص جلو زمینه؛

پس‌زمینه در فضای سه‌بعدی RGB مدل شده است.  $E_i$  میزان رنگ مورد انتظار در پیکسل  $\alpha_i$  و  $I_i$  مقدار رنگ پیکسل در تصویر است. تفاضل بین  $E_i$  و  $I_i$  به مؤلفه‌های روشنایی  $\alpha_i$  و رنگ  $CD_i$  تجزیه می‌شود.

بعد از تشخیص خودرو در تصویر، نیاز به استخراج ناحیه مدنظر است. برای این منظور ابتدا مرکز ثقل ناحیه شناسایی شده را به‌دست آورده، سپس با محاسبه مقادیر زیر ناحیه مدنظر استخراج می‌شود که در شکل (۸) آورده شده است.

$$x_1 = \frac{x}{2} - k \quad (4)$$

$$y_1 = \frac{y}{2} - k \quad (5)$$

$$Width = 2(y - y_1) - k \quad (6)$$

$$Height = 2(x - x_1) - k \quad (7)$$



تهیه شده است. این مجموعه داده شامل دوازده ویدئو ترافیکی در سطح شهر است که با ۳۰ فریم بر ثانیه تصویربرداری شده است. ابعاد تصویر آن نیز ۹۶۰×۵۴۰ است. رایانه مورد استفاده برای انجام آزمایشات این مقاله، دارای پردازشگر ۴ هسته ۳ گیگاهرتز و رم ۴ گیگابایت است. برای پیاده‌سازی نیز از نرم‌افزار Matlab2013 استفاده شده است.

در آزمایشات، روش‌های SURF و FREAK به‌عنوان توصیف‌گر با روش پیشنهادی مقایسه شده‌اند. تصاویری که در آزمایشات استفاده شده، در شکل (۱۰) مشاهده می‌شوند.



شکل (۱۰): تصاویر استفاده شده در آزمایشات [۳۰]

در جدول (۱) میزان دقت شناسایی و زمان روش‌ها مشاهده می‌شوند. همان‌طور که مشخص است، از لحاظ زمانی و بار محاسباتی، روش پیشنهادی سرعت بسیار خوبی دارد و بعد از آن، روش FREAK نسبت به SURF سریع‌تر است. میزان دقت شناسایی با انجام آزمایشات متعدد لحاظ شده است. در واقع میانگین امتیازات داده شده توسط الگوریتم به تصویر بوده است که از ماتریس امتیاز آن استخراج شده است.

مانند شکل (۶) است. سپس تصویری از مدل استخراج می‌شود. در شکل (۹) این مراحل نشان داده شده است. با در اختیار داشتن لبه‌های تصویر و مدل، مرحله شناسایی انجام می‌شود. در این بخش ابتدا با استفاده از بلوک توصیف‌گر که ابعاد آن  $m \times m$  است و مقدار  $m$  نیز فرد است، برای هر مدل و تصویر ورودی، به‌ازای تمام نقاط روی لبه، بردار ویژگی آن تشکیل می‌شود. مقدار  $m$  بر روی نتیجه شناسایی تأثیرگذار است. مقدار  $m$  کوچک محاسبات را کاهش می‌دهد، ولی دقت نیز کاهش پیدا می‌کند، زیرا هر چقدر همسایگی کمتری برای نقطه بررسی شود، نمی‌توان اطلاعات درستی از وضعیت لبه در محدوده آن به‌دست آورد. در مقابل، مقدار مناسب  $m$  که در این مقاله ۱۹ در نظر گرفته شده است، باعث می‌شود تفسیر مناسبی از لبه به‌طور محلی در اختیار داشت، ولی برای این دقت بیشتر، هزینه محاسبات بیشتری تحمیل می‌شود.

بعد از استخراج بردارهای ویژگی، تفاضل مجموع مربعات بین بردارهای ویژگی تصویر و مدل‌ها محاسبه می‌شود و براساس مقدار آن ماتریس امتیازی تشکیل می‌شود که ابعاد آن معادل تعداد ویژگی‌های تصویر و مدل است. مقادیر این ماتریس میزان شباهت ویژگی‌ها به یکدیگر را نشان می‌دهد. در نهایت برای ارزیابی بهترین تطبیق، با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه، مدل با بالاترین امتیاز به‌عنوان نوع خودرو تصویر ورودی انتخاب می‌شود.

در بخش بعدی نتایج آزمایشات و تحلیل آن‌ها به‌طور مفصل آورده شده است.

## ۶. تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشات

این بخش به تجزیه و تحلیل آزمایشات انجام شده پرداخته است. مجموعه داده مورد استفاده در این مقاله مهمان-تبش است [۳۰] که توسط دانشکده کامپیوتر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

جدول (۱): میزان دقت و زمان روش‌ها

| نام روش  | دقت (درصد) - زمان (ثانیه) |
|----------|---------------------------|
| SURF     | ٪ ۴۵/۷۵                   |
|          | ۶/۸                       |
| FREAK    | ٪ ۵۲/۱                    |
|          | ۳/۸۵                      |
| پیشنهادی | ٪ ۵۳/۳                    |
|          | ۱/۷۵                      |

در جدول (۲) مشاهده می‌شود تصاویر خودروی زانتیا و پژو پارس نسبت به بقیه بهتر شناسایی می‌شوند. دو دلیل می‌توان برای این عملکرد بهتر عنوان کرد: اول اینکه تصاویر این دو خودرو با جزئیات مناسب است و لبه‌ها به خوبی استخراج شده است. دوم اینکه به دلیل ویژگی ظاهری آن‌ها که لبه‌های مشترکی با دیگر مدل‌ها دارند، در مرحله تطبیق، امتیاز بالایی دارند که این ویژگی باعث می‌شود که نسبت به هر تصویر، امتیاز بالایی بگیرند.

جدول (۲): میزان دقت و زمان برای شناسایی نوع و مدل خودرو

| تصویر<br>الگوریتم | ۱_۲۰۶ | ۱_۴۰۵ | ۱-۹۰ ال | ال<br>۲-۹۰ | پارس_۱ | پارس_۲ | پراید | ریو  | سمند<br>ال<br>ایکس | تیبیا | ۲_۲۰۶ | زانتیا |
|-------------------|-------|-------|---------|------------|--------|--------|-------|------|--------------------|-------|-------|--------|
| SURF              | ٪۴۲   | ٪۴۲   | ٪۵۶     | ٪۳۳        | ٪۴۲    | ٪۶۲    | ٪۳۸   | ٪۴۷  | ٪۴۳                | ٪۴۶   | ٪۳۱   | ٪۶۷    |
|                   | ۶/۴۳  | ۶/۸۵  | ۷/۶۲    | ۶/۵۹       | ۷/۳۳   | ۶/۸۹   | ۷/۰۱  | ۶/۷۳ | ۷/۵۴               | ۷/۲۹  | ۶/۷۴  | ۷/۱۵   |
| FREAK             | ٪۳۹   | ٪۴۴   | ٪۵۳     | ٪۳۸        | ٪۶۴    | ٪۷۵    | ٪۳۳   | ٪۵۳  | ٪۴۷                | ٪۵۹   | ٪۴۳   | ٪۷۸    |
|                   | ۳/۷۲  | ۳/۵۴  | ۴/۰۵    | ۳/۸۶       | ۳/۹۹   | ۳/۵۸   | ۳/۴۳  | ۳/۶۴ | ۴/۰۲               | ۳/۷۲  | ۳/۹۱  | ۳/۹۷   |
| روش<br>پیشنهادی   | ٪۴۰   | ٪۵۷   | ٪۶۲     | ٪۴۷        | ٪۷۴    | ٪۷۹    | ٪۴۷   | ٪۳۸  | ٪۳۵                | ٪۳۷   | ٪۳۹   | ٪۸۵    |
|                   | ۱/۶۷  | ۱/۷۵  | ۱/۵۱    | ۱/۶۲       | ۱/۸۲   | ۱/۷۷   | ۱/۵۸  | ۱/۵۹ | ۱/۷۳               | ۱/۶۶  | ۱/۸۰  | ۱/۷۸   |

مدل‌ها تشخیص داده می‌شوند و مدلی که بیشترین امتیاز را از این تطابق داشته باشد، به عنوان نوع خودرو در تصویر شناخته می‌شود. نتایج آزمایشات و مقایسه آن با دیگر روش‌ها نشان داده است که الگوریتم پیشنهادی هم از لحاظ کاهش بار محاسباتی و همچنین دقت در تشخیص بهتر، از آن‌ها عمل می‌کند. برای ادامه کار پیشنهاد می‌شود برای بهبود لبه‌یابی تصاویر مستخرج از ویدئو که در نتیجه کار بسیار موثرند، از روش‌های دیگر و اعمال پیش‌پردازش‌های مناسب روی تصویر استفاده شود. همچنین برای تطبیق تصویر با مدل از نوعی توصیف‌گر استفاده کرد که قابلیت پیش‌بینی لبه را با استفاده از دانش اولیه و آموزشی که دیده است، داشته باشد.

## ۷. نتیجه‌گیری و پیشنهاد کارهای آینده

در این مقاله، الگوریتمی در قالب یک چارچوب برای شناسایی نوع خودرو ارائه شده است. الگوریتم پیشنهادی از اطلاعات تصویر و مدل سه بعدی برای شناسایی بهره می‌برد. اطلاعات در اینجا همان لبه‌ها هستند که به عنوان ویژگی مهم و قابل اطمینان در نظر گرفته می‌شوند که نسبت به نویز کمتر تأثیر می‌پذیرد. در ادامه، برای ویژگی‌ها، بردارهایی تشکیل شده است که براساس بلوک توصیف‌گر با ابعاد مشخص می‌باشد. این بلوک توصیف‌گر، آرایش و چیدمان لبه تصویر و مدل را برای هر ویژگی به صورت محلی ارائه می‌دهد. در نهایت با در اختیار داشتن این بردارها، نزدیک‌ترین بردارها در تصویر و

- [1] Webster, W.R., Töpfer, E., Klauser, F.R., Raab, C.D. "Revisiting the Surveillance Camera Revolution" *Issues of Governance and Public Policy*. 2011, 16(4), 297–301.
- [2] Agustina, J.R., Clavell, G.G. "The Impact of CCTV on Fundamental Rights and Crime Prevention Strategies: The Case of the Catalan Control Commission of Video surveillance Devices", *Computer law & Security Review*. 2011, 27(2), 168-74.
- [3] Bai, Y.-W., Xie, Z.-L., Li, Z.-H. "Design and Implementation of a Home Embedded Surveillance System with Ultra-Low Alert Power", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. 2011, 57(1), 153-9.
- [4] Loomans, M.J.H., Koeleman, C., With, P.H.N.d. "Low-Complexity Wavelet-Based Scalable Image & Video Coding for Home-Use Surveillance", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. 2011, 57(2), 507-15.
- [5] Baker. A Generic Deformable Model for Vehicle Recognition. In *British Conf. Machine Vision*, 1995, 127–136.
- [6] D. Han, M. Leotta, D. Cooper, and J. Mundy. "Vehicle Class Recognition From Video-based on 3d Curve Probes", *The 2<sup>nd</sup> Joint IEEE International Workshop on Visual Surveillance and Performance Evaluation of Tracking and Surveillance*, 2005, 285–292.
- [7] Su, P.-C., Wu, C.-Y. "A Joint Watermarking and ROI Coding Scheme for Annotating Traffic Surveillance Videos", *EURASIP Journal on Advances in Signal Proc.* Article no. 4, 2010, 1-14.
- [8] Yuan, G., Zhang, X., Yao, Q., Wang, K. "Hierarchical and Modular Surveillance Systems in ITS", *IEEE Intelligent Systems*. 2011, 26(5), 10-5.
- [9] Lai, A., Fung, G. and Yung, N., "Vehicle Type Classification from Visual-based Dimension Estimation", *Proc. of IEEE Intelligent Transportation Systems*, 2001, 201–206.
- [10] X. Song and R. Nevatia, "A Model-Based Vehicle Segmentation Method for Tracking", *The 10<sup>th</sup> IEEE international Conf. on Computer Vision*, 2005, 1124-1131.
- [11] Prokaj, J., Medioni, G., "3D Model Based Vehicle Recognition", *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, 2009.
- [12] Leotta, M. J., Mundy, J. L., "Vehicle Surveillance with a Generic, Adaptive, 3D Vehicle Model," *IEEE Transactions on Pattern Anal. And Mach. Intell.*, 33(7), 2011, 1457–1469.
- [13] Zhang, Z., Tan, T., Huang, K., Wang, Y., "Three-Dimensional Deformable-model-based Localization and Recognition of Road Vehicles", *IEEE Transactions on Image Processing*, 21(1), 2012, 1–13.
- [14] Ghosh, N., Bhanu, B., "Evolving Bayesian Graph for Three-Dimensional Vehicle Model Building From Video", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation*, 15(2), 2013, 1-16.
- [15] Hodlmoser, M., et al. "Classification and Pose Estimation of Vehicles in Videos by 3D Modeling within Discrete-continuous Optimization", *The 2<sup>nd</sup> International Conf. on 3D Imaging, Modeling, Processing, Visualization and Transmission*, 2012.
- [16] Grimson, W., "The Combinatorics of Heuristic Search Termination for Object Recognition in Cluttered Environment", *IEEE Transactions on Pattern Anal. and Mach. Intell.*, 13(9), 1991, 920-935.
- [17] Fan T., Jain, A., "Recognizing 3D Objects Using Surface Description", *IEEE Transactions on Pattern Anal. and Mach. Intell.*, 11(11), 1989, 1140-1157.
- [18] Grimson W., Huttenlocher, D., "On the Sensitivity of Hough Transform for Object Recognition", *IEEE Transactions on Pattern Anal. and Mach. Intell.*, 12(3), 1990, 255-274.
- [19] Lowe, D., "The Viewpoint Consistency Constraint", *Int. J. Comput. Vis.*, 1(1), 1987, 57-72,
- [20] Khan, S. M., Cheng, H., Matthies, D., Sawhney, H., "3D Model Based Vehicle Classification in Aerial Imagery," *IEEE Conf. on Comput. Vision and Patt. Recog.* 2010, 1681–1687.
- [21] Ambardekar, A. A. "Efficient Vehicle Tracking and Classification for an Automated Traffic Surveillance System", *Master Thesis, University of Nevada*, 2007.
- [22] Han, Dongjin, et al. "Vehicle Class Recognition from Video-based on 3D Curve Probes," *The 2<sup>nd</sup> Joint IEEE International Workshop on Visual Surveillance and Performance Evaluation of Tracking and Surveillance*, 2005.
- [23] Lowe, David G. "Distinctive Image Features from Scale-invariant Keypoints." *International journal of Comp. Vision* 60(2), 2004, 91-110.
- [24] Bay, H., Tinne T., and Luc Van, G., "Surf: Speeded up Robust Features," *The 9<sup>th</sup> European Conference on Computer Vision*, 2006. 404-417.
- [25] D. Koller, "Moving Object Recognition and Classification Basedon Recursive Shape Parameter Estimation," *The 12<sup>th</sup> Israeli Conf. on Artificial Intelligence, Computer Vision, and Neural Networks*, 1993, 359-368.
- [26] Ferryman, M., Worrall, A.D., Sullivan, G.D., Baker, K.D., "A Generic Deformable Model for

- Vehicle Recognition," Proc. of British Conf. on Machine Vision, 1995, 127-136.
- [27] Song, X., Nevatia, R., "A Model-Based Vehicle Segmentation Method for Tracking," The 10<sup>th</sup> IEEE international Conf. on Computer Vision, 2005, 1124-1131
- [28] Guo, Y., Rao, C., Samarasekera, S., Kim, J., Kumar, R., Sawhney, H., "Matching Vehicles under Large Pose Transformations Using Approximate 3D Models and Piecewise MRF Model," Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, 2008, 1-8.
- [29] Horprasert, Thanarat, David Harwood, and Larry S. Davis. "A Statistical Approach for Real-time Robust Background," IEEE Workshop on Frame-Rate Applications, 1999.
- [30] [http://ceit.aut.ac.ir/~nikabadi/AAIC\\_traffic\\_dataset](http://ceit.aut.ac.ir/~nikabadi/AAIC_traffic_dataset)