





دانشکده مهندسی کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هوش مصنوعی

ردیابی اتومبیل‌ها برای تشخیص تخلفات ترافیکی

نگارنده: فریبا عرب سعیدی

استاد راهنما:

دکتر حمید حسن پور

استاد مشاور:

دکتر مرتضی زاهدی

شهریور ۱۳۹۴

دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه هوش مصنوعی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم فریبا عرب سعیدی به شماره دانشجویی: ۹۲۰۹۸۰۴

تحت عنوان: ردیابی اتومبیل‌ها برای تشخیص تخلفات ترافیکی

در تاریخ ۱۳۹۴/۰۶/۲۵ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	دکتر مرتضی زاهدی		دکتر حمید حسن پور

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	مهندس علی بازقندی		دکتر وحید ابوالقاسمی
			دکتر علیرضا احمدی فرد

تقدیم به

پدر و مادر عزیزتر از جانم،

که همواره با حمایت‌ها و محبت‌های بی‌دریغ خود مرا یاری نمودند. آنان که همواره
دعای خیرشان موجب دلگرمی و موفقیت بوده است.

تشکر و قدردانی:

خداوند متعال را سپاسگزارم که همواره مرا یاری نموده است و در به پایان رساندن این رساله امیدبخش من بوده است.

پس از تشکر و قدردانی از پدر و مادر عزیزم، خرسندم که مراتب تشکر و قدردانی ویژه را از استاد راهنمای گران قدر و عزیزم، جناب آقای دکتر حسن پور که با هدایت خود مرا در این مسیر یاری نمودند به عمل آورم. همچنین از کلیه اساتید بزرگوار و دوستانی که در به پایان رساندن این رساله یاری نموده‌اند کمال تشکر را دارم.

در پایان از همکاری صمیمانه شرکت کنترل ترافیک تهران و دوستان عزیز و ارجمندم در آن شرکت بسیار سپاسگزارم.

تعهدنامه

این جانب فریبا عرب سعیدی دانشجوی دوره‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه شاهرود نویسنده‌ی پایان‌نامه‌ی ردیابی اتومبیل‌ها برای شناسایی تخلفات ترافیکی تحت راهنمایی دکتر حمید حسن پور متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط این جانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورداستفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه‌ی مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه‌ی مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه‌ی اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه‌ی حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

در مبحث کنترل ترافیک، پردازش تصاویر در زمینه‌ها و چالش‌های متعددی به کار گرفته شده است. با توجه به افزایش روزافزون اطلاعات و داده‌های ترافیکی، تشخیص و بررسی هوشمند حرکات اتومبیل‌ها و تخلفات احتمالی آن‌ها یکی از کاربردهای مفید برای کنترل ترافیک می‌باشد. برای این منظور نیاز به سیستم‌های هوشمند بلادرنگ پردازش تصاویر ترافیکی می‌باشد. این سیستم‌ها باید قادر به تشخیص اتومبیل‌ها و ردیابی آن‌ها باشند. علاوه بر این برای تشخیص تخلفات احتمالی اتومبیل‌ها، این سیستم‌ها باید قادر به تفسیر حرکات آن‌ها نیز باشند.

در این پایان‌نامه، سیستمی پیشنهاد شده است که تصاویر ترافیکی را به صورت فریم به فریم مورد پردازش قرار می‌دهد تا اهداف مورد نظر را برآورده نماید. از آن‌جا که این سیستم باید به صورت بلادرنگ عمل نماید، ابتدا ابعاد تصویر کاهش داده می‌شود تا سرعت کار افزایش یابد. سپس توسط روش‌هایی مانند روش میانگین و گوسین نویزهای موجود در تصویر برطرف خواهد شد تا کیفیت آن بهبود یابد و تشخیص اتومبیل‌ها با کارایی بالاتری انجام شود. در مرحله بعد تشخیص اتومبیل انجام خواهد شد. برای این منظور از روش طبقه‌بند آبخاری مبتنی بر آدابوست که بر مبنای استخراج ویژگی‌ها و یادگیری شبکه‌های عصبی است و سرعت قابل قبولی دارد استفاده شده است. پس از انجام شناسایی می‌توان توسط نقاط مهم مانند مرکز ثقل، اتومبیل را مورد ردیابی قرار داد. دنباله نقاط مرکز ثقل اتومبیل، در فریم‌های متوالی نشان‌دهنده مسیر حرکت اتومبیل در این فریم‌ها خواهد بود که می‌توان آن‌ها را در ماتریسی نگهداری نمود و پردازش‌های بعدی برای تشخیص تخلف را روی آن‌ها انجام داد. در این مرحله تفسیر حرکت هر کدام از اتومبیل‌های موجود در صحنه انجام خواهد شد. با در نظر گرفتن مسیر اصلی حرکت اتومبیل‌ها که از رفتار کلیه اتومبیل‌ها قابل تشخیص خواهد بود و نوع تخلفات موجود در صحنه مورد بررسی، می‌توان با انجام محاسبات مخصوص که با توجه به نوع تخلف مورد بررسی ممکن است ساده و یا پیچیده باشد، بر روی ماتریس شامل مسیر حرکت اتومبیل‌ها، تخلف مورد نظر را شناسایی نمود. این روش بر روی تصاویر نمونه انجام شده و تخلفات موجود در آن شناسایی گردیده است. نتایج نشان می‌دهد، دقت محاسبات این روش برای تخلف توقف ۶۸٫۱۸٪، انحراف به چپ ۸۶٫۶۶٪، دور زدن ممنوع ۹۲٫۸۵٪ و حرکت در خلاف جهت ۹۳٫۶۱٪ می‌باشد.

کلمات کلیدی: تصاویر ترافیکی، تشخیص تخلفات، ردیابی، پیش پردازش، استخراج ویژگی، طبقه‌بند آبخاری آدابوست، فیلتر کالمن، قوانین ترافیکی

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمات.....	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک	۲
۱-۲-۱ سیستم‌های شمارش وسایل نقلیه	۳
۲-۲-۱ سیستم‌های تشخیص خودکار پلاک	۳
۳-۲-۱ سیستم‌های تشخیص حوادث	۴
۳-۱ تعریف و بیان مسئله	۶
۴-۱ اهداف و نوآوری‌های پایان‌نامه	۸
۱-۴-۱ ردیابی اتومبیل	۸
۲-۴-۱ تشخیص رفتار اتومبیل	۹
۵-۱ ساختار گزارش	۹
فصل دوم: روش‌های تشخیص و ردیابی شیء.....	۱۱
۱-۲ مقدمه	۱۲
۲-۲ تشخیص اشیا	۱۳
۱-۲-۲ کاربردهای تشخیص و ردیابی اشیا	۱۴
۲-۲-۲ چالش‌های مطرح در ردیابی	۱۷
۳-۲-۲ الگوریتم‌های تشخیص اشیا	۲۰
۳-۲ نمایش اشیا	۳۵
۳-۲ روش‌های ردیابی	۳۶
۱-۳-۲ ردیابی بر اساس ویژگی	۳۷
۲-۳-۲ ردیابی بر اساس مدل	۳۸
۳-۳-۲ ردیابی بر اساس ناحیه	۳۹
۴-۳-۲ ردیابی بر اساس کانتور	۴۰
۳-۲ مروری بر روش‌های تشخیص تخلف	۴۱

۴۲	۴-۲ جمع‌بندی
۴۳	فصل سوم: سیستم پیشنهادی
۴۴	۱-۳ مقدمه
۴۶	۲-۳ پیش‌پردازش تصویر
۴۷	۱-۲-۳ کاهش ابعاد تصویر
۴۹	۲-۲-۳ بهبود کیفیت تصویر
۵۸	۳-۳ شناسایی و تشخیص اتومبیل
۵۸	۱-۳-۳ استخراج ویژگی‌ها
۶۲	۲-۳-۳ طبقه‌بند آبخاری
۶۶	۴-۳ ردیابی اتومبیل
۶۶	۱-۴-۳ فیلتر کالمن
۶۸	۵-۳ راهکار پیشنهادی برای ردیابی
۷۰	۶-۳ تعریف قوانین ترافیکی
۷۲	۷-۳ تشخیص تخلفات ترافیکی
۷۳	۸-۳ جمع‌بندی
۷۵	فصل چهارم: پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج
۷۶	۱-۴ مقدمه
۷۶	۲-۴ پیاده‌سازی
۷۶	۳-۴ ارزیابی نتایج
۷۷	۱-۳-۴ مرحله پیش‌پردازش
۷۸	۲-۳-۴ مرحله شناسایی
۸۰	۳-۳-۴ مرحله ردیابی
۸۰	۴-۳-۴ مرحله تعریف قوانین
۸۱	۵-۳-۴ مرحله تشخیص تخلف
۸۵	۴-۴ دقت سیستم پیشنهادی
۸۸	۵-۴ سرعت سیستم پیشنهادی

۸۹.....	۶-۴ جمع‌بندی
۹۱.....	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و کارهای آتی
۹۲.....	۱-۵ نتیجه‌گیری
۹۴.....	۱-۵ کارهای آتی
۹۶.....	منابع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲: مراحل اصلی فرآیند ردیابی و تعیین رخداد. ۱۲.....
- شکل ۲-۲: مراحل سیستم‌های پردازش تصویر در کنترل ترافیک. ۱۳.....
- شکل ۳-۲: تغییرات در روشنایی تصویر. ۱۸.....
- شکل ۴-۲: همپوشانی جزئی بین اتومبیل‌ها که مانع از تشخیص شیء توسط سیستم شده است. ۱۹.....
- شکل ۵-۲: پس‌زمینه شلوغ و خلوت که در پس‌زمینه شلوغ شناسایی مشکل‌تر است. ۲۰.....
- شکل ۶-۲: روش‌های کلی تشخیص شیء. ۲۰.....
- شکل ۷-۲: تشخیص یک شیء بر اساس بر روش حذف پس‌زمینه [۳۰]. ۲۶.....
- شکل ۸-۲: تشخیص شیء توسط الگوریتم تفاضل فریم‌های متوالی. ۳۰.....
- شکل ۹-۲: تشخیص شیء بر اساس بر جریان نوری [۸]. ۳۱.....
- شکل ۱۰-۲: جهت فلش قرمز رنگ جهت بردار میانگین جریان نوری است [۱۰]. ۳۲.....
- شکل ۱۱-۲: مؤلفه‌های آنالیز و تشخیص شیء در سیستم‌های کنترل ترافیک [۴۲]. ۳۴.....
- شکل ۱۲-۲: روش‌های نمایش شکل- الف) نقاط ب) اشکال هندسی پ) کانتور ت) کانتور ث) اسکلتی ج) عکس سیاه
یکنواخت [۹]. ۳۶.....
- شکل ۱۳-۲: روش‌های ردیابی شیء. ۳۷.....
- شکل ۱۴-۲: تصویر اصلی و استفاده از مدل شیء در تصویر [۱۰]. ۳۹.....
- شکل ۱۵-۲: روش ردیابی بر اساس بر ناحیه. ۴۰.....
- شکل ۱۶-۲: ردیابی بر اساس بر کانتور فعال [۱۳]. ۴۰.....
- شکل ۱-۳: ترتیب مراحل سیستم پیشنهادی. ۴۶.....
- شکل ۲-۳: لایه‌های هرم تصویر [۵۱]. ۴۷.....
- شکل ۳-۳: درونیایی نزدیکترین همسایه [۴۴]. ۵۰.....
- شکل ۴-۳: درونیایی دوخطی [۴۴]. ۵۱.....
- شکل ۵-۳: درونیایی دومکعبی [۴۴]. ۵۲.....
- شکل ۶-۳: فیلتر گوسین یک‌بعدی. ۵۶.....
- شکل ۷-۳: فیلتر گوسین دوبعدی. ۵۷.....

- شکل ۸-۳: الف) ویژگی‌های لبه ب) ویژگی‌های خطی پ) ویژگی‌های احاطه مرکزی ۵۹
- شکل ۹-۳: محاسبه ویژگی مستطیلی با استفاده از انتگرال ۶۰
- شکل ۱۰-۳: طبقه بندهای ضعیف و طبقه بندهای قوی ۶۴
- شکل ۱۱-۳: طبقه‌بندی آبخاری ۶۵
- جدول ۱-۳: تشکیل ماتریس مختصات حرکت و این‌که در هر فریم کدام اتومبیل‌ها در صحنه حضور دارند ۷۰
- شکل ۱-۴: تشخیص اتومبیل توسط طبقه بند آبخاری در روشنایی معمولی ۷۸
- شکل ۲-۴: تشخیص اتومبیل توسط طبقه بند آبخاری در شب برفی ۷۹
- شکل ۳-۴: تشخیص اتومبیل توسط طبقه بند آبخاری در ازدحام ۷۹
- شکل ۴-۴: تشخیص اتومبیل توسط طبقه بند آبخاری در روشنایی کم و از فاصله دور ۸۰

فهرست جداول

- جدول ۴-۱: مقایسه نتایج تشخیص اتومبیل‌ها در تصویر با انجام عمل پیش‌پردازش و بدون انجام عمل پیش‌پردازش ۷۷
- جدول ۴-۲: شناسایی تخلف توقف در حریم بزرگراه و میدان ۸۲
- جدول ۴-۳: خروجی سیستم پیشنهادی در تشخیص تخلف انحراف به چپ ۸۳
- جدول ۴-۴: خروجی سیستم پیشنهادی در تشخیص تخلف دور زدن ممنوع ۸۴
- جدول ۴-۵: خروجی سیستم پیشنهادی در تشخیص تخلف حرکت در خلاف جهت ۸۵
- جدول ۴-۶: نتایج سیستم پیشنهادی برای شناسایی اتومبیل‌ها در تصویر ۸۶
- جدول ۴-۷: نتایج سیستم پیشنهادی برای تشخیص تخلفات در تصاویر جداول ۴-۲ تا ۴-۵ به تفکیک نوع تخلف ۸۷
- جدول ۴-۸: نتایج سیستم پیشنهادی برای تشخیص تخلفات به تفکیک نوع تخلف ۸۷
- جدول ۴-۹: نتایج زمان پردازش سیستم پیشنهادی برای تشخیص تخلفات به تفکیک نوع تخلف ۸۸

فصل اول: مقدمات

انجام ردیابی^۱ اشیا در تصاویر یکی از اولین مسائل موجود در بینایی ماشین بوده است که در کاربردهای متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. این مسئله سال‌ها مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته است اما مطالعه و بررسی در این زمینه هنوز انجام می‌شود. فناوری در سال‌های اخیر روز به روز در حال پیشرفت است و در اغلب زمینه‌ها سیستم‌ها به صورت خودکار و هوشمند شده است به طوری که مستقل از کاربر هستند. بنابراین استفاده از سیستم‌های ردیابی با سرعت و دقت بیشتر و نیز قابلیت بالاتر بیشتر اهمیت پیدا می‌کند.

برای بسیاری از کاربردهای سطح بالای بینایی ماشین نظیر بازشناسی بر اساس حرکت، نظارت خودکار، نمایه‌گذاری فایل‌های ویدیویی، نظارت ترافیکی و هدایت وسایل نقلیه ردیابی عملی بسیار اساسی است. به خصوص در مورد نظارت ترافیکی و هدایت وسایل نقلیه که امروزه بسیار مورد توجه است. بینایی ماشین با ترکیب روش‌های مربوط به پردازش تصویر و ابزارهای یادگیری ماشین باعث می‌شود که سیستم‌ها بتوانند معنا و محتوای تصاویر را به صورت هوشمند درک کنند که این روش در بسیاری از کاربردهای مراقبتی^۲، حمل‌ونقل و ترافیک و یا فشرده‌سازی ویدیوها کاربرد دارد.

در کنترل ترافیک پردازش تصویر در زمینه‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است. در برخی زمینه‌ها سیستم‌های مختلفی پیاده‌سازی شده و به صورت تجاری درآمده‌اند و بعضاً به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در برخی زمینه‌ها نیز سیستم‌هایی مورد تحقیق و پژوهش قرار دارند.

۱-۲ سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک

به‌طور کلی سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک را می‌توان در سه زمینه دسته‌بندی نمود:

¹ Back tracking

² Super visioning

۱-۲-۱ سیستم‌های شمارش وسایل نقلیه

شمارش تعداد وسایل نقلیه برای کنترل وضعیت ترافیکی شهر و جاده‌ها اهمیت زیادی دارد. با دانستن تعداد وسایل نقلیه عبوری از یک معبر می‌توان استراتژی صحیحی برای کنترل ترافیک و جلوگیری از ایجاد ازدحام و ترافیک سنگین ارائه داد. لذا وجود سیستم‌های هوشمندی که بتواند تعداد وسایل نقلیه عبوری از یک معبر را شمارش کند بسیار مفید خواهد بود. مطالعه و تحقیقات بسیاری در این موضوع انجام گرفته است و می‌توان گفت امروزه این موضوع به یک مسئله حل شده تبدیل شده است. سیستم‌های شمارش از حلقه‌های استنتاج که دقت بالایی دارند و نسبت به آسفالت جاده بسیار حساس هستند استفاده می‌کنند [۴۸]. یکی از معایب این سیستم‌ها هزینه نگهداری بالای آن‌ها است. این سیستم‌ها در بزرگراه‌ها و معابر شهری نصب شده‌اند با این تفاوت که در معابر شهری به دلیل محدودیت‌هایی نظیر انسداد بین فضاها و زاویه دید دوربین‌های مربوطه باید در ارتفاع بالاتری نسبت به دوربین‌های CCTV^۳ که توسط اپراتورهای انسانی کنترل می‌شوند، نصب گردند تا بتوانند عملکرد بهتری داشته باشند.

۱-۲-۲ سیستم‌های تشخیص خودکار پلاک

یکی از دستگاه‌های تخصصی خوب برای مکانیزه کردن پرداخت عوارض، شارژ، ازدحام، شناسایی خودرو یا تأیید مالکیت خودرو سیستم‌های ANPR^۴ می‌باشند. این سیستم برای تجزیه و تحلیل و آنالیز کردن تصاویر ترافیکی توسعه داده شده است و هدف بررسی کل صحنه نیست فقط قسمت خاصی از تصویر که معمولاً پلاک خودرو است مورد پردازش قرار می‌گیرد و لذا دوربین‌هایی با امکان زوم کردن بالا برای گرفتن تصاویر باکیفیت بالا از پلاک خودرو مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سیستم‌ها از دوربین‌هایی با امکان زوم کردن بالا برای گرفتن تصاویر باکیفیت بالا از پلاک وسایل نقلیه استفاده می‌شود. برای تشخیص پلاک خودرو

³ Closed-circuit television

⁴ Automatic number plate recognition

معمولاً نور مادون قرمزی توسط لنزهای خاصی تابیده می‌شود که انعکاس طبیعی آن برای تشخیص پلاک به کار می‌رود [۴۲]. پس از اینکه پلاک خودرو تشخیص داده شد، بسته به کاربرد موردنظر، صحت آن پلاک، بررسی وضعیت پرداخت عوارض خودرو، میزان شارژ خودرو، میزان اعتبار تردد در معابر موردبررسی قرار می‌گیرد.

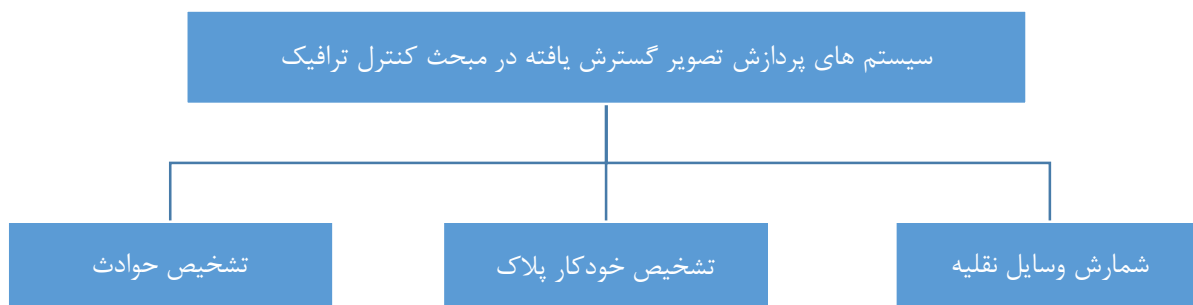
۱-۲-۳ سیستم‌های تشخیص حوادث

تشخیص حوادث ترافیکی مسئله‌ای بسیار حائز اهمیت است، چراکه در بسیاری از موارد این حوادث ممکن است منجر به حوادث دیگر و یا تلفات جانی و ایجاد مشکلات حقوقی پس از آن نیز گردد. تشخیص تصادفات رانندگی، نظارت تونل‌ها مانند تشخیص سیگار و آتش در تونل یا حرکت دنده عقب در تونل و... می‌تواند با چنین سیستم‌هایی انجام شود. سیستم‌های تشخیص حادثه باید از زاویه بالاتری تصاویر را بررسی و مورد پردازش قرار دهند تا بتوانند حادثه را تشخیص دهند. در بسیاری از کشورها پروژه‌های تحقیقاتی در این زمینه اجرا شده‌اند برای مثال در کشور انگلستان پروژه **Hard-shoulder** به صورت آزمایشی آنالیز تصاویر را انجام می‌دهد که در زمان اوج ترافیک برای تشخیص موانع و نظارت بر حوادث در هنگام رانندگی اجرایی شده است. و یا پروژه مشابهی در **A1** بزرگراهی نزدیک ژنو که علاوه بر دوربین‌های موجود از دوربین‌های استریو مخصوص نصب شده برای به دست آوردن اطلاعات بیشتر می‌کرد زیرا اطلاعات استخراج شده از چندین دوربین به جای یک دوربین می‌تواند تجزیه و تحلیل و محاسبات قوی‌تر و پایدارتری از صحنه‌ها را انجام دهد [۴۷]. در [۴۸] روش‌های استفاده از دوربین‌های استریو و محاسبات آن‌ها شرح داده شده است. از این دوربین‌ها در سیستم‌های پرداخت عوارض جهت تشخیص نوع وسیله نقلیه نیز استفاده می‌شود. در حال حاضر در اکثر شرکت‌های کنترل ترافیک به صورت گسترده از دوربین‌های **CCTV** تک‌رنگ استفاده می‌شود. شرکت کنترل ترافیک تهران در اکثر معابر از دوربین‌های **CCTV** رنگی نصب شده که با توجه به نوع معبر در ارتفاع مناسبی نصب شده است استفاده می‌کند. سیستم‌های نظارت و تشخیص حادثه با بررسی

صحنه‌ها توسط دوربین می‌تواند در بزرگراه‌ها و معابر شهری مورداستفاده قرار گیرد. اما تفاوت‌هایی بین بزرگراه‌ها و معابر شهری وجود دارد:

- ✓ محدوده حوادث در معابر شهری می‌تواند بسیار وسیع‌تر از بزرگراه‌ها باشد.
- ✓ تشخیص حادثه در معابر شهری به لحاظ نوع تصویر که ممکن است از نظر زاویه دید محدودتر و از نظر همپوشانی اشیا موجود در تصویر کیفیت کمتری داشته باشد، دشوارتر خواهد بود.

در این رابطه پروژه‌های مختلفی در زمینه‌های مختلف انجام شده است. سیستم‌های موجود در سناریویی خاص نمی‌توانند نتایج قابل قبولی برای سایر سناریوها نیز ارائه دهند و نیاز به پیاده‌سازی‌های جداگانه‌ای است. علاوه بر آن این سیستم‌ها باید قادر به دسته‌بندی وسایل نقلیه [۴۹] و اطلاعات قابل توجه ای از زمینه توسط دوربین‌ها در حالت خارج از زوم باشند. در [۵۰] سیستمی برای رصد و شناسایی عابرانی که از یک اتومبیل به اتومبیل دیگر حرکت می‌کنند تحت عنوان "گشت اتومبیل‌های پارک شده" معرفی شده است که رفتارهای غیرمعمول سارقان قبل از سرقت اتومبیل را شناسایی می‌کند.



شکل ۱-۱: سیستم‌های پردازش تصویر در کنترل ترافیک

می‌توان آنالیز انجام‌شده در کلیه سیستم‌های تشخیص حوادث را در سه مرحله موردبررسی قرارداد:

- ✓ تشخیص شیء موردنظر در تصویر مانند انسان و اتومبیل و...
- ✓ ردیابی شیء موردنظر و این که حرکت آن به چه صورت است.
- ✓ تشخیص رفتار شیء موردنظر که تعیین می‌کند آیا رفتار شیء به صورت نرمال یا غیر نرمال بوده است.

در سیستم پردازش اولیه، تشخیص اشیا موردنظر در تصویر انجام می‌شود و سپس در پردازش‌های بعد خروجی سیستم‌های تشخیص که همان اشیا یا افراد مورد ردیابی می‌باشند، به‌عنوان ورودی به سیستم وارد می‌شوند که این سیستم‌ها ممکن است به تعبیر یا تفسیر حرکت بپردازند، نوع رفتار را تشخیص بدهند. در فصل دوم انواع روش‌ها برای هرکدام از مراحل ذکرشده موردبررسی قرار خواهد گرفت و در فصل سوم روش پیشنهادی و استفاده‌شده برای مراحل نامبرده شرح داده خواهد شد.

۱-۳ تعریف و بیان مسئله

یکی از سیستم‌های هوشمندی که امروزه در زمینه کنترل ترافیک پیاده‌سازی شده است و همچنان موردتحقیق و پژوهش قرار دارد، سیستم تشخیص تخلفات رانندگی است که در این پایان‌نامه بررسی خواهد شد. همان‌طور که گفته شد عملکرد این سیستم در سه مرحله تشخیص اتومبیل، ردیابی آن و سپس تشخیص نوع حرکت آن بررسی خواهد شد و در صورتی که نوع حرکت اتومبیل یکی از تخلفات قوانین راهنمایی و رانندگی باشد، اتومبیل متخلف شناخته خواهد شد. در این بخش تعاریفی برای تشخیص، ردیابی و تعیین رخداد و اهداف آن ارائه می‌شود. داده‌هایی که در ویدیوها و رسانه‌های مختلف وجود دارند بسیار زیاد بوده و حجم زیادی دارند و لذا جستجوی یک الگوی خاص در بین این حجم از داده کار بسیار مشکل

و زمان بری خواهد بود. در مدل سازی رخدادها عملیاتی مانند حذف پس زمینه، آشکارسازی اشیا، اشخاص، مکان، زمان و ردیابی اتفاق خواهد افتاد [۴۲]. در تحلیل تصاویر ویدیویی اولین گام تشخیص اشیا متحرک و ردیابی آنها است. بنابراین ابتدا به اهمیت تشخیص اشیا متحرک پرداخته خواهد شد و سپس به تعریف و معرفی ردیابی اشیا پرداخته خواهد شد.

در بسیاری از مسائل مطرح در ردیابی اشیا متحرک، قبل از آغاز فرآیند ردیابی، ابتدا نیاز به تشخیص شیء متحرک و جداسازی نواحی متحرک از پس زمینه و ایجاد یک مدل برای شیء است. سیستم تشخیص اشیا متحرک، فریم‌های یک تصویر را به عنوان ورودی دریافت می‌نماید و در خروجی فریم‌ها را به دو قسمت پس زمینه^۵ که یک قسمت ثابت است و پیش زمینه^۶ که معمولاً همان قسمت متحرک تصویر است تفکیک می‌کند. این فرآیند تشخیص اشیا متحرک در یک پس زمینه ثابت جزو ردیابی محسوب نمی‌شود، اما قبل از اکثر فرآیندهای ردیابی اشیا باید مورد استفاده قرار بگیرد. ردیابی اشیا به عنوان یک لایه از پردازش در اکثر سیستم‌های بینایی ماشین وجود دارد.

به طور کلی دنباله‌ای از فریم‌های یک تصویر ویدیویی و خروجی حاصل از سیستم تشخیص اشیا متحرک به عنوان ورودی به یک سیستم ردیاب وارد می‌شوند و با توجه به کاربرد سیستم ردیاب خروجی‌های سیستم ردیاب می‌توانند مقادیری مانند محل و موقعیت، سرعت، اندازه و جهت، نحوه قرار گرفتن شیء و یا سایر اطلاعات مربوط به یک شیء باشند که به این اطلاعات حالت‌های هدف سیستم گفته می‌شود. که از این اهداف در سیستم‌هایی نظیر ردیابی مرز یا شکل یک شیء^۷ با توجه به ویژگی‌های هندسی خطوط و منحنی‌ها استفاده نمود. در بحث مورد نظر ما که ردیابی اتموبیل‌ها برای تشخیص حرکت خلاف قوانین

⁵ Background

⁶ Foreground

⁷ Contour

راهنمایی و رانندگی است، اطلاعاتی مانند جهت حرکت شیء می‌توانند به‌عنوان حالت هدف در نظر گرفته شوند.

به‌طور کلی می‌توان فرآیند ردیابی را عمل به دست آوردن، استنتاج، تخمین تغییرات زمانی و مکانی یک شیء یا به‌طور کلی حالت‌های یک شیء یا هدف در طول دنباله ویدیویی بر اساس اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات تعریف نمود.

بنابراین انتخاب یک الگوریتم مؤثر و کارا برای مشخص کردن دنباله یک مسیر و حالت‌های مختلف یک شیء اهمیت زیادی دارد. چراکه با توجه به نتایج ردیابی و حالت‌های اشیا می‌توان رخداد‌های موجود در فریم‌های دنباله‌های ویدیویی را تشخیص داد.

۱-۴ اهداف و نوآوری‌های پایان‌نامه

از آنجاکه در بسیاری از کاربردهای گوناگون سیستم‌های ردیاب و نیاز به استفاده از آن‌ها رو به گسترش است، لذا تشخیص رفتارهای نرمال و غیر نرمال اشیا در این سیستم‌ها و مشکلات آن‌ها اهمیت زیادی پیدا می‌کند. در این پایان‌نامه ابتدا به مطالعه و تشخیص روش‌های ردیابی و مقایسه آن‌ها از نظر نوع و روش به‌کاررفته در آن‌ها پرداخته و سپس روشی کارا برای ردیابی درزمینه و کاربردهای مراقبتی انتخاب و بهبودهای لازم برای آن ارائه می‌شود. سپس از خروجی سیستم تشخیص اشیا برای ورودی سیستم تشخیص رفتار استفاده می‌شود.

۱-۴-۱ ردیابی اتومبیل

برای ردیابی اتومبیل کلیه اتومبیل‌های موجود در هر فریم شناسایی می‌شوند. برای تشخیص و مورد ردیابی قرار دادن اتومبیل‌ها از فیلتر کالمن برای پیش‌بینی نقطه بعدی حرکت اتومبیل استفاده شده است. سپس

اتومبیل‌های فریم‌های بعدی نیز شناسایی خواهند شد و با مقایسه نمودن نقطه پیش‌بینی شده توسط فیلتر کالمن و نیز نقطه‌ای که در فریم کنونی تشخیص داده شده است می‌توان توالی را برای حرکت اتومبیل در نظر گرفت و مسیر حرکت آن را شناسایی نمود. پس از شناسایی مسیر حرکت برای هر اتومبیل آن را در لیستی ذخیره می‌نماییم.

۱-۴-۲ تشخیص رفتار اتومبیل

در بخش تشخیص رفتارهای نرمال و غیر نرمال، یک لیست از مسیر حرکتی اتومبیل‌ها تشکیل شده است که در آن مختصات نقاط در طول مسیر قرار داده شده است و با پردازش‌های انجام شده روی این نقاط می‌توان سرعت حرکت و رفتار حرکتی اتومبیل را تشخیص داده و آن را با قوانین ترافیکی موجود مقایسه نموده و در صورت تناقض اتومبیل را به‌عنوان متخلف شناسایی نمود.

نتایج حاصل از این دو الگوریتم نشان‌دهنده این است که دقت الگوریتم فازی ژنتیک نسبت به شبکه عصبی فازی تکاملی بسیار بهتر است.

۱-۵ ساختار گزارش

این پایان‌نامه شامل ۵ فصل است که به شرح زیر است. در فصل دوم روش‌های کلی تشخیص اشیا، ردیابی و تعیین رخداد به همراه پیشینه تحقیق بررسی می‌شوند. به دلیل اهمیت تشخیص حرکتی اشیا در سیستم‌های مراقبتی، روش‌های تشخیص اشیا بر اساس حرکت و به‌طور خاص روش‌ها و مدل‌های آماری پس‌زمینه موردبررسی قرار می‌گیرند. سپس روش‌های مطرح در ردیابی اشیا به همراه مزایا و معایب هر کدام بررسی می‌شوند. در نهایت روش‌ها و مسائل موجود در رخداد کاوی و ناهنجاری‌ها بررسی خواهند شد. در فصل سوم سیستم تشخیص تخلف پیشنهادی معرفی خواهد شد. در این فصل الگوریتم‌های پیشنهاد شده برای تشخیص و ردیابی اتومبیل و همچنین الگوریتم‌های پیشنهادی برای تشخیص رفتار نرمال و غیر نرمال

اتومبیل شرح داده خواهد شد. در فصل چهارم روش‌های پیشنهادشده پیاده‌سازی خواهد شد و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. و نهایتاً در فصل پنجم این پایان‌نامه نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد و پیشنهادها و کارهای آتی بیان خواهد گردید.

فصل دوم: روش‌های تشخیص و ردیابی شیء

۱-۲ مقدمه

برای ردیابی شیء در تصاویر ویدیویی قبل از هر چیز باید شیء در تصویر تشخیص داده شود و سپس شیء تشخیص داده شده در دنباله فریم‌های تصویر مورد ردیابی قرار گیرد. در این فصل ابتدا کاربردهای سیستم‌های تشخیص اشیا معرفی خواهد شد و همچنین چالش‌های مطرح در این زمینه بیان خواهد شد. در ادامه الگوریتم‌های تشخیص و ردیابی اشیا و مسائل مطرح در این زمینه بررسی خواهد شد. در شکل زیر مراحل اصلی فرآیند تشخیص و ردیابی و تعیین رخداد نشان داده شده است.



شکل ۱-۲: مراحل اصلی فرآیند ردیابی و تعیین رخداد

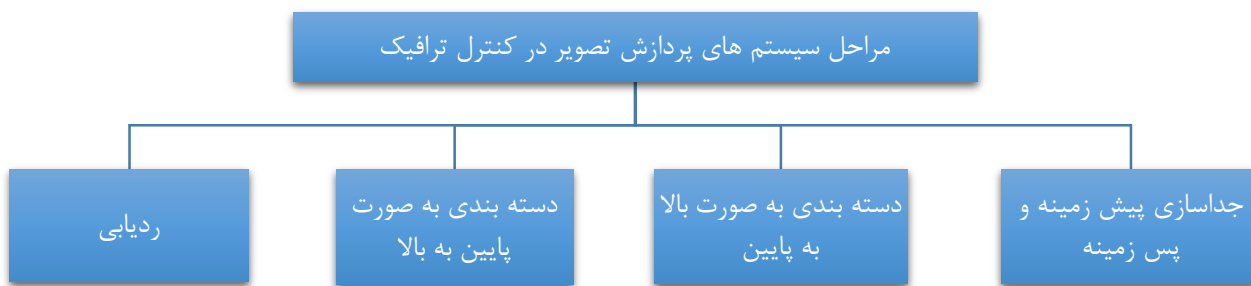
بیشتر سیستم‌های پردازش تصاویر در کنترل ترافیک مراحل زیر را شامل می‌شوند:

✓ تخمین شیء مورد پردازش و پس‌زمینه آن

✓ دسته‌بندی شیء

✓ ردگیری شیء

روش‌های مورد استفاده در کلیه سیستم‌های تجزیه تحلیل و پردازش تصاویر ترافیکی را می‌توان به دودسته روش‌های "پایین به بالا" و روش‌های "بالا به پایین" دسته‌بندی کرد که عناصری عمومی در آن‌ها استفاده می‌شود [۴۲]. در الگوریتم‌های بالا به پایین برای تشخیص شیء در تصویر معمولاً از روش‌های آماری استفاده می‌شود پس از آن که شیء و پس‌زمینه آن تشخیص داده شد، دسته‌بندی با استفاده از اطلاعات اولیه‌ای از شیء که به برنامه آموزش داده شده است، انجام خواهد شد. در الگوریتم‌های پایین به بالا ابتدا شناسایی و دسته‌بندی قسمت‌های مختلف یک تصویر بر اساس اطلاعات اولیه قسمت‌های مختلف که به برنامه آموزش داده شده است، مانند چرخ‌های اتومبیل، سر عابر پیاده و... انجام می‌شود. و در مرحله آخر الگوریتم اجزای شناسایی شده برای ساخت شیء و مسیر صحیح آن با یکدیگر ترکیب می‌شوند.



شکل ۲-۲: مراحل سیستم‌های پردازش تصویر در کنترل ترافیک

۲-۲ تشخیص اشیا

شناسایی یک شیء بخصوص در تصاویر تشخیص شیء است که معمولاً اولین مرحله در پردازش تصاویر است.

۲-۲-۱ کاربردهای تشخیص و ردیابی اشیا

در بسیاری از کاربردهای سطح بالای بینایی ماشین تشخیص و ردیابی یک شیء از مراحل اولیه است و از آنجاکه امروزه در بسیاری از زمینه‌های زندگی انسان بینایی ماشین اهمیت بسیاری دارد، هرروز به اهمیت موضوع تشخیص افزوده می‌شود. برای مثال در ادامه چند کاربرد مهم از ردیابی شیء آورده شده است:

۱. بازشناسی بر اساس حرکت^۸

برخی از اشیا حرکت‌هایی کاملاً به‌خصوص و مختص خودشان را انجام می‌دهند. عمل ردیابی فقط در مورد اشیایی که حرکت مخصوص خود را دارند می‌تواند انجام شود و از روی نوع حرکت شیء می‌توان به هویت و عملکرد آن پی برد. به این صورت که تشخیص داد که شیء موردنظر چه کاری را انجام می‌دهد. برای مثال می‌توان از روی طرز راه رفتن افراد^۹ را شناسایی نمود. در موارد پزشکی نیز می‌توان بر اساس تحلیل‌های حرکت توده‌های سرطان به روند پیشرفت و بهبود آن پی برد. در کاربرد مشابه می‌توان توسط نحوه راه رفتن بیماران مغز و اعصاب روند بهبود و یا پیشرفت بیماری را تشخیص داد. در کاربرد دیگر می‌توان با ردیابی و تعیین موقعیت افراد سالمند در منزل، افتادن او بر روی زمین یا وضعیت خطرناک او تشخیص داده شود و موقعیت او به مراکز پزشکی اطلاع داده شود. در کاربردهای ورزشی نیز می‌توان برای تحلیل حرکت بازیکنان در زمین مسابقه از ردیابی و بازشناسی حرکت استفاده نمود.

۲. نظارت خودکار^{۱۰}

در بحث نظارت خودکار از ردیابی اشیا می‌توان برای تشخیص صحنه‌های مشکوک و یا رخداد‌های غیر نرمال یا بعضاً خطرناک استفاده نمود. برای مثال برای نظارت بر خیابان‌ها و تشخیص حرکات وسایل نقلیه و افراد

⁸ Motion based recognition

⁹ Gait recognition

¹⁰ Automated surveillance

حجم بسیار زیادی از داده‌ها به صورت تصاویر وجود دارند که توسط دوربین‌های راهنمایی و رانندگی جمع‌آوری می‌شوند، اما در صورت تحلیل غیر خودکار این تصاویر به منابع انسانی زیادی نیاز است و نیز امکان خطا و عدم تشخیص نیز وجود دارد اما با استفاده از تحلیل خودکار می‌توان در این منابع صرفه‌جویی نمود. در بسیاری از اماکن از قبیل مترو، محدوده‌های نظامی، موزه، مرکز خرید، فرودگاه، پارکینگ و یا هر مکان دیگری که از نظر امنیتی اهمیت دارد و یا ورود افراد به بخش یا بخش‌هایی از آن ممنوع است می‌توان از سیستم‌های ردیابی استفاده نمود تا در صورت ورود افراد به مناطق ممنوع هشدارهای امنیتی لازم داده شود. به‌عنوان نمونه حرکت کامیون‌ها در فرودگاه طبق مکان‌ها و الگوهای خاصی است که برخی از حالات ترکیبی آن مانند توقف کامیون در مسیر فعال فرودگاه نباید هرگز اتفاق افتد که در صورت بروز این امر باید سیستم هشدار فعال شود. بنابراین سیستم‌های کامپیوتری که بتوانند فعالیت اشیا را رصد نمایند و در صورت مشاهده مسئله غیرعادی هشدار دهند بسیار مفید هستند.

۳. نمایه‌گذاری فایل‌های ویدیویی^{۱۱}

ردیابی اشیا در تفسیر و بازیابی خودکار ویدیو از بین مجموعه‌ای از داده‌های ویدیویی نیز به کار برده می‌شوند. برای نمونه می‌توان به شاخص‌گذاری و بازیابی ویدیوها در اینترنت و در موتورهای جستجو بر اساس محتوای آن ویدیو اشاره نمود.

۴. ارتباطات متقابل انسان و رایانه^{۱۲}

می‌توان از تحلیل رفتار انسان مانند بازشناسی ژست‌های او، ردیابی حرکت و اشاره‌های چشم انسان برای ورود اطلاعات به کامپیوتر و صدور فرمان استفاده نمود. برای مثال استفاده از موس بدون دخالت دست و با اشاره که برای جانبازان و معلولین حرکتی کاربرد دارد را می‌توان اشاره کرد. همچنین در بازی‌ها و

¹¹ Video indexing

¹² Human-Computer interaction

سرگرمی‌های کامپیوتری می‌توان بدون نیاز به اتصال سنسور به بدن انسان و فقط با استفاده از مشاهده حرکات و رفتارهای کاربر، حرکت او را تشخیص داده و درک و تفسیر نمود و به آن حرکت پاسخ مناسب داد.

۵. نظارت ترافیکی^{۱۳}

در جمع‌آوری به هنگام آمارهای ترافیکی برای جهت‌دهی مناسب به جریان ترافیک و پیشگیری از وقوع حالت‌های بحرانی می‌توان از ردیابی اشیا استفاده نمود. همچنین در مورد بررسی آماری بازدیدکنندگان از یک مکان خاص، برای اهداف متفاوت نیز می‌توان از ردیابی استفاده نمود.

۶. هدایت وسایل نقلیه^{۱۴}

در مورد هدایت وسایل نقلیه، می‌توان بر اساس تصاویر ویدیویی دریافتی و پردازش آن، از ردیابی برای طرح‌ریزی و برنامه‌ریزی وسیله نقلیه و قابلیت جلوگیری از برخورد با موانع موجود استفاده نمود. برای مثال در رانندگی‌های جاده‌ای می‌توان عابر پیاده‌ای را که در مسیر حرکت اتومبیل حرکت می‌کند شناسایی نمود و با هشدار به راننده و توقف وسیله نقلیه از برخورد با آن عابر پیاده جلوگیری نمود.

۷. کاربردهای دیگر

در کاربردهای دیگر می‌توان در هواشناسی از ردیابی اشیا برای ردیابی طوفان‌های شن و گردوخاک و نیز ردیابی ابرها برای پیش‌بینی وضع هوا استفاده نمود. در کاربردهای نظامی برای تشخیص و رهگیری خودکار اهداف متحرک در سامانه‌های موشکی و ضد موشکی استفاده نمود. در انیمیشن و فیلم‌سازی می‌توان به مطالعه حرکات واقعی انسان‌ها اعم از حالات چهره و صورت و نیز نحوه راه رفتن پرداخت که برای به دست

¹³ Traffic monitoring

¹⁴ Vehicle navigation

آوردن نحوه حرکت شخصیت‌های گرافیکی به‌طوری‌که بیشتر به انسان شبیه باشند، استفاده می‌شود. در مورد بعضی از استانداردهای فشرده‌سازی ویدیو^{۱۵} می‌توان به استخراج اشیا متحرک موجود و تفکیک آن اشیا از پس‌زمینه پرداخت و سپس اشیا و پس‌زمینه را به‌صورت جداگانه کد نمود که در این صورت میزان فشرده‌سازی ویدیو بسیار بالاتر رفته و علاوه بر آن کیفیت تصاویر نیز بهتر خواهد شد. در برخی از کاربردهای مراقبتی ردیابی می‌توان به تشخیص نوع فعالیت، شمارش عابران، کنترل ترافیک و حمل‌ونقل اشاره کرد. کاربرد ردیابی اشیا محدود به مواردی که به آن اشاره شد نیست. از طرفی با بالا رفتن هر چه بیشتر سرعت کامپیوترها و در مقابل ارزان‌تر شدن آن‌ها، نیاز برای تحلیل‌های خودکار ویدیویی افزایش قابل‌ملاحظه‌ای پیدا کرده است.

۲-۲-۲ چالش‌های مطرح در ردیابی

باوجود این‌که تشخیص و ردیابی اشیا در سال‌های متمادی موردتحقیق و مطالعه قرار گرفته است، اما هنوز به‌عنوان یکی از مسائل باز علمی وجود دارد. در بسیاری از کاربردها هنوز یک روش دقیق و مقاوم و با کارایی بالا مطرح است. که میزان سختی این مسئله به چگونگی ما از تعریف شیء مورد تشخیص و ردیابی وابسته است. مثلاً در صورتی که تعداد کمی از ویژگی‌های یک شیء مانند رنگ شیء برای نمایش آن در تصویر مورد استفاده قرار بگیرد، تشخیص شیء با تعیین نقاطی که دارای رنگ یکسانی هستند کاری نسبتاً ساده است. درحالی‌که تشخیص، شناسایی و ردیابی چهره یک فرد خاص که دارای جزئیات زیاد، حالت‌ها و شرایط نوری متفاوت، شرایط فیزیکی متفاوت مثلاً استفاده از عینک و لنز و یا تغییر مدل مو و ابرو و... است، کاری

¹⁵ MPEG-4

بسیار سخت خواهد بود. اغلب مشکلات موجود در تصاویر ویدیویی به دلیل حرکت اشیا است زیرا هنگامی که یک شیء در زاویه دید دوربین حرکت می‌کند، تصاویر گرفته‌شده از شیء ممکن است دچار تغییرات فاحش شود.

به‌طور کلی از چالش‌های مهم مطرح در مسئله ردیابی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. تغییر ظاهر اشیا به دلیل تغییر در اندازه، نورپردازی و جهت قرارگیری

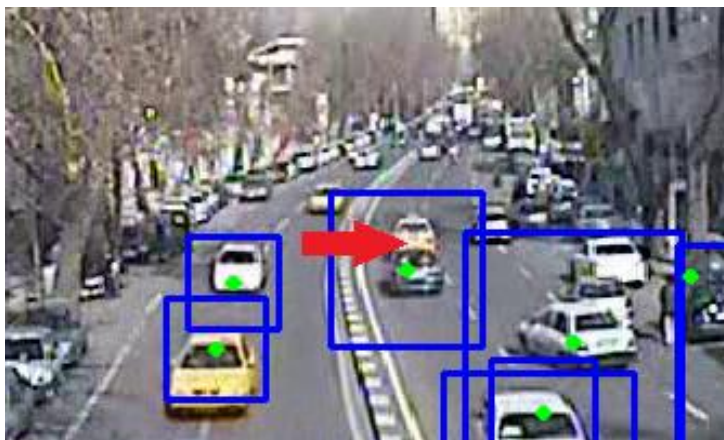
شیء موردنظر ممکن است در تصاویر از فاصله‌های مختلف دیده شود و طبعاً با تغییر فاصله از شیء اندازه شیء نیز تغییر پیدا می‌کند. به‌علاوه در مواردی که جهت حرکت شیء تغییر کند و شیء از زاویه دیگری دیده شود و یا در صورت وجود و عدم وجود نور خصوصیات ظاهری یک شیء ممکن است تغییر نماید که در تشخیص شیء موردنظر تأثیر خواهد داشت.



شکل ۲-۳: تغییرات در روشنایی تصویر

۲. هم‌پوشانی کامل یا جزئی شیء موردنظر با اشیا اطراف

ممکن است شیء موردنظر توسط اشیا دیگر موجود در تصویر به‌صورت جزئی و یا کامل پوشیده شوند که این نیز مانع از دیده شدن و تشخیص شیء توسط سیستم خواهد شد.



شکل ۲-۴: همپوشانی جزئی بین اتومبیل‌ها که مانع از تشخیص شیء توسط سیستم شده است

۳. اشیا مشابه در اطراف شیء موردنظر

در برخی تصاویر ممکن است اشیا مشابه زیادی موجود باشند و ملاک ما تشخیص یک شیء خاص در آن تصویر باشد که در این صورت مسئله دشوار خواهد بود. برای مثال در تصاویر ترافیکی ممکن است در یک تصویر و در محدوده خاصی از آن به‌طور هم‌زمان چندین اتومبیل با مدل‌ها و رنگ‌ها یکسانی وجود داشته باشند و هدف ما تشخیص یک اتومبیل خاص از بین آن‌ها باشد که کار دشوارتر خواهد شد.

۴. درهم‌ریختگی و شلوغ بودن محیط پیرامون شیء موردنظر

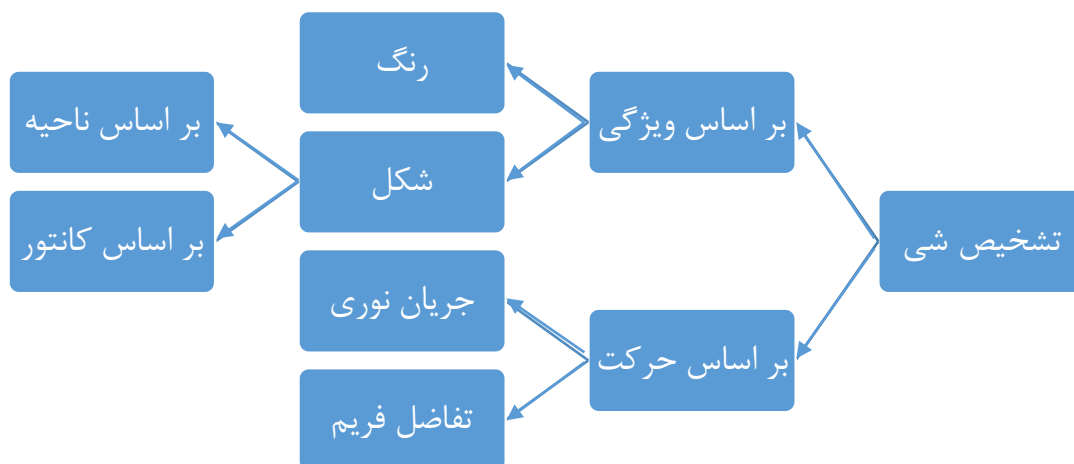
گاهی در برخی از تصاویر به دلیل شلوغ بودن تصویر و یا نزدیک بودن رنگ‌های موجود در تصویر تشخیص شیء موردنظر از پس‌زمینه کاری بسیار دشوار خواهد بود.



شکل ۲-۵: پس‌زمینه شلوغ و خلوت که در پس‌زمینه شلوغ شناسایی مشکل‌تر است

۲-۲-۳ الگوریتم‌های تشخیص اشیا

معمولاً اولین مرحله در ردیابی تشخیص شیء و نمایش آن است. به صورت کلی برای الگوریتم‌هایی که برای تشخیص اشیا استفاده می‌شوند را می‌توان به دودسته الگوریتم‌های بر اساس ویژگی و الگوریتم‌های بر اساس حرکت تقسیم‌بندی نمود. در ادامه هر کدام از این روش‌ها شرح داده خواهد شد.



شکل ۲-۶: روش‌های کلی تشخیص شیء

۲-۳-۱ روش‌های تشخیص اشیا بر اساس بر ویژگی

در این روش برای تشخیص یک شیء در تصویر از ویژگی‌های مشخصه شیء موردنظر مانند شکل و رنگ استفاده می‌شود. بنابراین باید با استخراج یک یا چند ویژگی، ابتدا شیء موردنظر توسط این ویژگی‌ها توصیف شود و سپس عمل تشخیص بر اساس این ویژگی‌ها انجام شود. در مواردی که تغییرات در روشنایی و اندازه و یا جهت شیء وجود داشته باشد نیز می‌توان از برخی تبدیلات برای تبدیل تصویر به فضای دیگر و رفع تغییرات مذکور استفاده نمود. دو ویژگی مهم شیء که تشخیص بر اساس آن‌ها صورت می‌گیرد شکل و رنگ می‌باشند. که در ادامه روش‌هایی که از این ویژگی‌ها استفاده می‌کنند شرح داده می‌شود.

۲-۳-۱-۱ روش‌های بر اساس ویژگی شکل

یکی از ویژگی‌های مهم شیء که مشهود است شکل آن است. بنابراین در بسیاری از موارد برای تشخیص می‌توان از شکل شیء استفاده نمود. این روش به دلیل مشکلات جداسازی^{۱۶} شیء موردنظر از بقیه تصویر یکی از مسائل پیچیده محسوب می‌شود. به‌طور کلی روش‌هایی که در این دسته محسوب می‌شوند، تشخیص بر اساس ناحیه و تشخیص بر اساس کانتور هستند [۴].

۲-۳-۱-۱-۱ روش‌های بر اساس ناحیه

الگوریتم‌هایی که در این روش استفاده می‌شوند، شامل الگوریتم‌های تفاضل گیری پس‌زمینه و الگوریتم‌های حباب برای نمایش شیء هستند. در مورد تصاویری که شیء متحرک در پس‌زمینه ثابت قرار دارد این الگوریتم‌ها عملکرد مناسبی دارند اما در صورتی که دوربین متحرک باشد و پس‌زمینه نیز حرکت داشته باشند کارایی این الگوریتم‌ها تضعیف خواهد شد. به‌علاوه در مواردی که همپوشانی بین اشیا وجود داشته باشد مانند شرایط ترافیک، این الگوریتم‌ها به‌خوبی نمی‌توانند شیء را تشخیص دهند. در اغلب کاربردهای مراقبت ویدیویی دوربین‌ها در مکان ثابتی قرار دارند لذا برای تشخیص اشیا که افراد یا اتومبیل‌ها هستند می‌توان از الگوریتم‌های حذف پس‌زمینه استفاده نمود. در این روش برای جدا کردن پیش‌زمینه از پس‌زمینه معمولاً

¹⁶ Segmentation

از یک مدل آماری که مقادیر پس‌زمینه را به صورت احتمالی توصیف می‌کند استفاده می‌شود و به این صورت هر نقطه از تصویر به یکی از دو مجموعه پیش‌زمینه و یا پس‌زمینه تعلق خواهد داشت.

در یک روش ساده می‌توان پس‌زمینه را یک تصویر میانگین از دنباله‌ای از فریم‌ها در نظر گرفت و به این صورت کلیه نقاطی از تصویر که مقدار روشنایی آن‌ها از مقدار مدل در نظر گرفته شده بیشتر از حد آستانه است به عنوان پیش‌زمینه و سایر نقاط به عنوان پس‌زمینه در نظر گرفته شود. اما در حالت کلی برای حذف پس‌زمینه از تصویر می‌توان روش‌های مختلف آماری را مورد استفاده قرار داد. برخی از روش‌های آماری که به صورت معمول استفاده می‌شوند به شرح زیر هستند [۳۰].

۱- مدل میانگین

در این مدل برای هر نقطه (x, y) ، یک مقدار میانگین $B(x, y)$ به عنوان مقدار پس‌زمینه استفاده می‌شود. برای تعیین نوع نقطه، از نظر تعلق به پس‌زمینه می‌توان از شرط زیر استفاده نمود به این صورت که در صورتی که رابطه $(1-2)$ برقرار باشد، نقطه مورد نظر جزو پیش‌زمینه خواهد بود و در صورتی که برقرار نباشد نقطه متعلق به پس‌زمینه خواهد بود.

$$|I_n(x, y) - B_n(x, y)| > T_{1-2}$$

در رابطه $(1-2)$ ، $I_n(x, y)$ مقدار روشنایی تصویر ورودی در نقطه مورد بررسی و $B_n(x, y)$ نیز همان‌طور که گفته شد میانگین روشنایی نقاط یک تصویر است. مقدار T نیز آستانه تصمیم‌گیری است. از آنجاکه در تصویر ممکن است شاهد تغییرات تدریجی روشنایی محیط و یا سایر عوامل باشیم، لذا در طول زمان مدل پس‌زمینه استخراج شده خود را با تغییرات تطبیق خواهد داد.

۲- مدل میانگین و کوواریانس

در این مدل از توزیع گوسی برای توصیف هر نقطه (x, y) از تصویر استفاده می‌شود. به این صورت که توزیع آماری هر نقطه توسط یک میانگین $B(x, y)$ و یک کوواریانس $C(x, y)$ بیان خواهد شد و برای بررسی این که نقطه $I(x, y)$ متعلق به پس‌زمینه یا پیش‌زمینه است از فاصله مالهونیس به صورت رابطه (۲-۲) استفاده خواهد شد. در صورتی که نقطه‌ای در رابطه (۲-۲) صدق کند، متعلق به پیش‌زمینه خواهد بود و در غیر این صورت نقطه متعلق به پس‌زمینه خواهد بود.

$$(I(x, y) - B(x, y))^T C^{-1}(x, y) (I(x, y) - B(x, y)) > T \quad ۲-۲$$

۳- مدل ترکیبی گوسی‌ها^{۱۷}

در این روش برای توصیف توزیع احتمالی یک نقطه به جای استفاده از یک توزیع گوسی از ترکیب مجموع چندین توزیع گوسی استفاده می‌شود. یعنی هر پیکسل توسط دو یا تعداد بیشتری تابع گوسی به طور موقت مدل می‌شود و به صورت برخط به روزرسانی می‌شود. این توزیع می‌تواند چندین نقطه ماکزیمم داشته باشد. برای مثال در پس‌زمینه‌ای که شامل تصاویر متناوب است یا در تصاویری که شاخه‌های درختان و یا برگ‌ها دارای حرکت متناوب رفت و برگشتی هستند، توزیع احتمالی پس‌زمینه دارای فقط دارای یک نقطه ماکزیمم نخواهد بود و ممکن است چند نقطه ماکزیمم داشته باشد. ثبات توزیع گوسی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد تا تخمین زده شود که آیا نتیجه فرآیند پس‌زمینه ثابت است یا فرآیند پیش‌زمینه کوتاه‌مدت است. در صورتی که توزیع مربوط به پیکسل بالاتر از حد آستانه و پایدار باشد، پیکسل به عنوان پس‌زمینه شناخته خواهد شد. این مدل در برابر تغییرات روشنایی و آشفستگی و بی‌نظمی‌های

¹⁷ GMM - Gaussian Mixture Model

تکراری مقاوم است. هزینه محاسباتی این مدل نسبت به سایر روش‌های تفریق پس‌زمینه بیشتر است. در هر توزیع گوسی تعداد دو، به‌طور معمول سه تا پنج، عکس در حافظه نگهداری می‌شود. این روش عملکرد نسبتاً خوبی دارد و در سیستم‌های نظارت ترافیک به کار می‌رود اما همان‌طور که اشاره شد، پیچیدگی محاسباتی و به تبع آن پیچیدگی زمانی بالایی دارد. در [۵۶] نوع دیگری از GMM استفاده شده است که نیازی نیست در آن تصویر پس‌زمینه به صورت صریح نگهداری شود و از تابع چگالی احتمال یا PDF برای شناسایی شیء مورد نظر استفاده می‌شود. به این صورت که تابع احتمال برای هر پیکسل محاسبه می‌شود در صورتی که این مقدار بالا باشد پیکسل متعلق به پس‌زمینه است و در صورت پایین بودن این مقدار پیکسل متعلق به شیء پیش‌زمینه است. این الگوریتم نسبت به روش قبل مقرون به صرفه‌تر است زیرا برای ترکیب گوسی‌ها تنها از یک برآورد استفاده شده است و برای هر فریم نیاز به محاسبه مجدد و به‌روزرسانی نیست و تنها کافی است به‌روزرسانی شود.

۴- مدل انحراف زمانی

محاسبات مربوط به توزیع گوسی که در بالا به آن اشاره شد تا حدی سنگین است. لذا می‌توان به جای آن از مدل انحراف زمانی که ساده‌تر است استفاده نمود. در این مدل برای هر نقطه سه مقدار مقادیر ماکزیمم شدت روشنایی آن نقطه $M(x, y)$ و مینیمم شدت روشنایی آن نقطه $N(x, y)$ و بزرگ‌ترین قدر مطلق تفاضل مقادیر روشنایی در آن نقطه $D(x, y)$ در بین زوج فریم‌های متوالی را می‌توان نگهداری نمود و در صورتی که مقدار روشنایی در یک نقطه $I(x, y)$ از تصویر ورودی در روابط (۲-۳) و (۲-۴) صدق کند نقطه به‌عنوان پیش‌زمینه محسوب می‌شود و در غیر این صورت نقطه مورد نظر پس‌زمینه خواهد بود.

معادله $|I(x, y) - M(x, y)| > D(x, y)^{3-2}$

معادله $|I(x, y) - N(x, y)| > D(x, y)^{4-2}$

۵- برآورد حالت

در این روش از هیستوگرام زمانی هر پیکسل در یک پنجره زمانی ثابت برای تخمین پس‌زمینه استفاده می‌شود. این روش مشابه ترکیبی از گوسی‌ها عمل می‌کند و در سیستم‌های نظارت ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرد اما در شناسایی اتومبیل‌های پارک شده و همچنین در ترافیک سنگین و ازدحام عملکرد ضعیفی دارد. این الگوریتم نسبت به اندازه هیستوگرام حساس است. اگر اندازه خیلی کوچک باشد و مقادیر پیکسل‌های ورودی در بازه متنوعی تغییر پیدا کنند، قله مشخصی ظاهر نخواهد شد.

۶- فیلتر کالمن

در مورد تصاویری که رنگ هر پیکسل توسط یک فیلتر به‌طور موقتی فیلتر می‌شود، می‌توان از روش فیلتر کالمن برای تشخیص پیش‌زمینه و پس‌زمینه استفاده کرد. پس‌زمینه برای حالت فیلتر به‌عنوان یک نویز تفسیر می‌شود. اگرچه تغییرات روشنایی نویزهای غیر گوسی هستند و این برخلاف فرض اصلی فیلتر کالمن است، در [۵۹] یک نوع فیلتر کالمن ارائه شده است که می‌تواند با تغییرات روشنایی نویزهای غیر گوسی نیز عمل کند. تغییرات روشنایی روی یک تصویر برای تنظیم شخصی حالات فیلتر کالمن تخمین زده شده و به‌کاربرده می‌شود. عملکرد استفاده از الگوریتم با فیلتر کالمن در [۵۸] نسبت به [۵۷] بهتر است.

۷- موجک

در [۵۷] مدلی بر اساس موجک برای سیستم نظارت ترافیک شهری معرفی شد. اگرچه داده‌های آزمایش از نظر اندازه بسیار محدود هستند، عملکرد این روش نسبت به مدل ترکیبی گوسی‌ها بهتر است. این روش‌ها برای تخمین یک تصویر پس‌زمینه به کار می‌روند، مدل‌های آماری پیچیده‌تری نیز وجود دارد.



شکل ۲-۷: تشخیص یک شیء بر اساس بر روش حذف پس‌زمینه [۳۰]

۲-۲-۳-۱-۱-۲ روش‌های بر اساس کانتور

در روش‌های بر اساس بر کانتور، مرز شیء را می‌توان توسط منحنی‌های شکل‌پذیر مشخص کرد. در این روش ویژگی‌ها فقط برای شناسایی لبه‌های شیء استفاده می‌شود. فاصله بین نقاط کانتور به عنوان معیار شباهت استفاده می‌شود و در فریم‌های ویدیو، پردازش بر روی کانتورهای بسته جهت استخراج ویژگی‌ها انجام می‌شود. یکی از مهم‌ترین مشکلاتی که هنگام استفاده از کانتور وجود دارد زمانی است که دو شیء با یکدیگر همپوشانی داشته باشند که این موضوع در محیط‌هایی مانند خیابان‌های شهر بسیار مشاهده می‌شود. در [۶۱] یک الگوریتم برای حل مشکل همپوشانی بین دو اتومبیل با توجه به پوش محدب شکل ارائه شده است. محدب در بیرون از کانتور دو اتومبیل دارای فرورفتگی است. که در صورتی که انسداد شدید نباشد می‌تواند برای شناسایی اتومبیل‌هایی که باهم همپوشانی دارند استفاده شود. در [۶۰] از کانتور برای طبقه‌بندی اتومبیل‌ها استفاده شده است. ویژگی‌هایی که از اتومبیل‌ها استخراج می‌شود برای آموزش مدل‌های ویژگی و سپس طبقه‌بندی ویژگی‌های جدید، به یک الگوریتم یادگیری ماشین داده می‌شود.

بنابراین ممکن است همپوشانی بین اشیا وجود داشته باشد که در این صورت استفاده از کانتور کارایی مناسبی نخواهند داشت. لذا در این شرایط می‌توان با ترکیب روش‌های مختلف مانند فیلتر ذره‌ای این مشکل را تا حدی بهبود بخشید.

۲-۲-۳-۱-۲ روش‌های بر اساس ویژگی رنگ

یکی دیگر از ویژگی‌هایی برای استخراج شیء در تصویر می‌توان استفاده نمود ویژگی رنگ است. این ویژگی مشکلات تغییرات زاویه دید نسبی را نخواهد داشت و لذا به‌سادگی می‌توان از این ویژگی برای تشخیص شیء استفاده نمود. حجم محاسباتی الگوریتم‌هایی که از این ویژگی برای تشخیص شیء استفاده می‌کنند کم است، لذا این ویژگی به‌عنوان یکی از ویژگی‌های دلخواه مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۳]. اما استفاده از این ویژگی معایبی نیز دارد. برای مثال رنگ شکل ممکن است تحت تأثیر شرایط مختلف روشنایی تغییراتی داشته باشد و به‌اشتباه تشخیص داده شود و یا این‌که استفاده از این ویژگی در صورتی ممکن است که ما از قبل مدل رنگ شیء مورد نظر را بدانیم. برای مثال تشخیص چهره انسان با دانستن مدل رنگ چهره می‌تواند انجام شود.

۲-۳-۲-۲ روش‌های تشخیص اشیا بر اساس حرکت

روش‌های تشخیص شیء بر اساس حرکت اهمیت زیادی در تشخیص و ردیابی شیء به‌ویژه در کاربردهای مراقبتی دارد و اخیراً بیشتر از این روش‌ها برای تشخیص شیء استفاده می‌شود. این روش‌ها بر اساس تغییرات موجود در محتویات فریم‌های ویدیویی شیء را استخراج نموده و از پس‌زمینه تفکیک خواهند نمود. به‌صورت کلی می‌توان تشخیص اشیا بر اساس حرکت را به دودسته تفاضل فریم‌های متوالی^{۱۸} [۱۵] و جریان نوری^{۱۹} [۲۲] تقسیم نمود.

¹⁸ Temporal differencing

¹⁹ Optical flow

در روش تفاضل فریم‌های متوالی فرض بر این است که پس‌زمینه ثابت^{۲۰} است و دارای حرکتی نیست. در این روش صلب بودن و یا غیر صلب بودن شیء اهمیتی نداشته و در هر صورت شیء موردنظر آشکار خواهد شد. روش جریان نوری در مواردی که پس‌زمینه ثابت نباشد یا دارای حرکت کلی نیز باشد، نیز قابل استفاده است. ولی اشیا در این روش باید صلب باشند و اجزای مختلف شیء دارای مؤلفه‌های حرکتی ثابتی نسبت به مدل حرکتی پس‌زمینه باشند. از معایب این روش این است که روش جریان نوری نسبت به روش تفاضل فریم‌های متوالی بار محاسباتی بسیار بالاتری دارد و معمولاً به دلیل بار محاسباتی سنگین از این روش استفاده نمی‌شود.

۱-۲-۳-۲-۲ روش تفاضل فریم‌های متوالی

این روش نسبت به تغییرات نوری که ممکن است در محیط وجود داشته باشد انطباق پذیر است و کارایی خوبی را در این زمینه از خود نشان می‌دهد. اما از معایب این روش این است که در استخراج همه نقاط شیء ضعیف عمل می‌کند و معمولاً نقاط مربوط به لبه‌های شیء را تشخیص می‌دهد. این روش فن استفاده از حد آستانه مناسب به تصاویر حاصل از تفاضل پیرایندهای متوالی یک دنباله از فریم‌ها را به کار می‌برد. و فریم‌های یک دنباله در خروجی به دو ناحیه ثابت که غالباً پس‌زمینه است و متحرک که غالباً پیش‌زمینه است، تفکیک خواهند شد.

با فرض این که $I_n(x)$ نشان‌دهنده شدت روشنایی فریم در یک نقطه x در فریم n ام باشد، فریم تفاضل $FD(x)$ طبق رابطه زیر تعریف خواهد شد:

$$FD(x) = I_n(x) - I_{n-1}(x) > T \quad \text{معادله ۵-۲}$$

در دو حالت مقدار تفاضل غیر صفر خواهد شد:

²⁰ Fixed

✓ در صورت متحرک بودن شیء در تصویر

✓ در صورت وجود نویز در مقدار یک نقطه در دو فریم متوالی^{۲۱}

لذا برای ایجاد تمایز بین تغییرات ایجادشده در تصویر بر اساس حرکت اشیا و تغییرات ایجادشده در تصویر بر اثر نویز، از روش جداسازی^{۲۲} بر اساس حد آستانه^{۲۳} استفاده می‌شود. در این صورت چنانچه این مقدار از آستانه بیشتر باشد نقطه موردنظر به‌عنوان نقطه متحرک یا پیش‌زمینه در نظر گرفته خواهد شد و در صورتی که این مقدار از آستانه کمتر باشد، این نقطه به‌عنوان پس‌زمینه خواهد بود. این پردازش به‌صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$\text{Binary_Mask}_n(x) = \begin{cases} 1 & |FD_n(x)| > T_n(x) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{معادله ۶-۲}$$

در رابطه (۶-۲)، $FD(x)$ فریم تفاضل، مقدار $T_n(x)$ ، آستانه تصمیم‌گیری برای فریم n ام در نقطه x است. مقدار آستانه از توزیع آماری تغییرات مقدار روشنایی یک نقطه و میزان تشخیص اشتباه نقاط به دست می‌آید که معمولاً این تغییرات به‌صورت متغیر تصادفی با توزیع گوسی مدل شده است. گاهی ممکن است در عمل به دلیل وجود نویز در خروجی پردازش نقاط منفرد^{۲۴} ایجاد شود که این نقاط را می‌توان به‌وسیله پس‌پردازش^{۲۵} حذف کرد. به‌عنوان مثال با محاسبه پیوستگی^{۲۶} ۴ تایی یا ۸ تایی^{۲۷} نقاط باینری، پیش‌زمینه را به گروه‌های متصل یا حباب تفکیک می‌کنیم. در صورتی که تعداد نقاط موجود در یک حباب یعنی مساحت حباب از مقدار مشخصی کمتر باشد، این گروه به‌عنوان نویز تلقی شده و حذف خواهد شد.

²¹ Observation noise

²² Segmentation

²³ Threshold

²⁴ Isolated

²⁵ Post-Processing

²⁶ 4-Connected component

²⁷ 8-Connected component



شکل ۲-۸: تشخیص شیء توسط الگوریتم تفاضل فریم‌های متوالی

خروجی حاصل از این الگوریتم برای آستانه ثابت در شکل ۲-۸ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل نشان داده می‌شود فقط نقاط مربوط به لبه‌های شیء متحرک به عنوان پیش‌زمینه در نظر گرفته خواهد شد. این لبه‌ها در صورتی که سرعت شیء متحرک بیشتر باشد بیشتر است و هر چه سرعت شیء متحرک کمتر شود لبه‌ها باریک‌تر خواهند شد و در صورتی که شیء از حرکت متوقف شود، این روش قادر به تشخیص شیء نخواهد بود.

۲-۲-۳-۲ روش جریان نوری

در این روش یک میدان برداری دوبعدی که تصویر بردارهای حرکت شیء در سه بعد هستند استخراج خواهد شد که به میدان نوری استخراج شده جریان نوری می‌گویند. این روش حرکت اشیاء متحرک در صحنه و حرکت‌های موجود در پس‌زمینه را به صورت مستقل در نظر می‌گیرد و بنابراین برای تصاویری که در آن پس‌زمینه نیز متحرک باشد مناسب است. حرکت موجود در پس‌زمینه می‌تواند در اثر حرکت دوربین به وجود آمده باشد. در این روش با فرض حرکت کلی پس‌زمینه^{۲۸}، یک مدل پارامتری برای آن استخراج خواهد شد. که توسط این مدل پارامتری، بردار حرکت معادل بر حسب حرکت کلی پس‌زمینه در آن نقطه تخمین

²⁸ Global Motion

زده خواهد شد. سپس با مقایسه این بردار و بردار جریان نوری در آن نقطه، حرکت باقی مانده محاسبه خواهد شد. در صورتی که بردار حرکت جریان نوری با بردار به دست آمده از حرکت کلی پس زمینه همخوانی داشته باشد، به این معنی خواهد بود که آن نقطه یا آن بلوک جزئی از پس زمینه است و حرکت باقی مانده^{۲۹} تقریباً صفر خواهد بود. اما هر چه این همخوانی کمتر باشد یا تفاوت بین دو بردار بیشتر باشد، نشان دهنده وجود شیء متحرک مستقل از پس زمینه در آن نقطه یا آن بلوک خواهد بود.

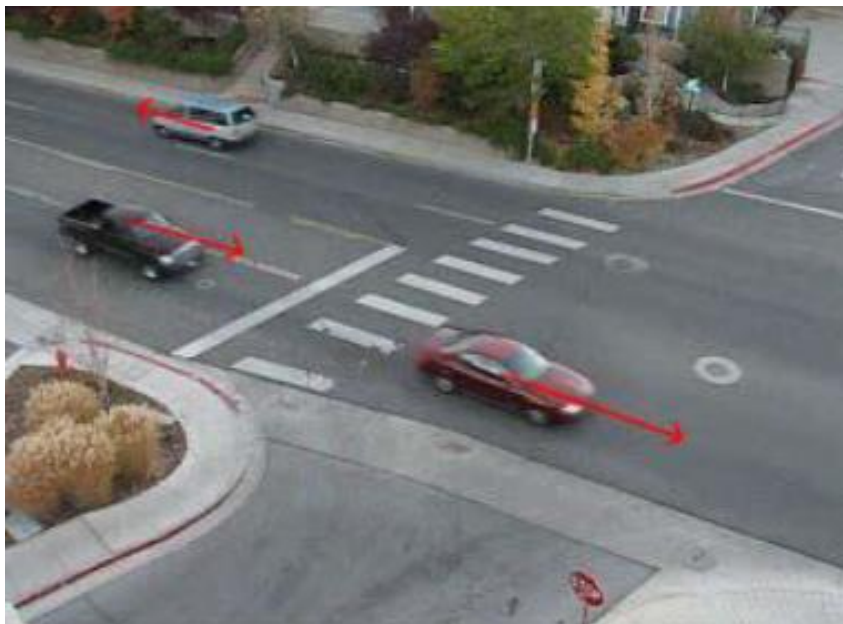
با تقسیم بندی نقاط یا بلوک هایی که دارای حرکت متفاوت از حرکت کلی پیش زمینه هستند، تصویر به دودسته نقاط پیش زمینه و نقاط پس زمینه تفکیک خواهد شد. در صورتی که فرض شود بردارهای حرکت مربوط به یک شیء در یک جهت و راستا و تقریباً هم اندازه باشند یا به تعبیر دیگر شیء دارای حرکت صلب باشد، می توان با دسته بندی این بردارهای حرکت که دارای مشابهت هستند، به تمام ناحیه شیء دسترسی پیدا کرد. و بنابراین می توان گفت که شیء متحرک از بقیه جدا خواهد شد. اما در صورتی که شیء دارای حرکت صلب نباشد یا به عبارت دیگر اجزای مختلف یک شیء دارای بردارهای مختلف حرکت باشند، دسته بندی بر اساس شباهت بردارها، منجر به جداسازی و تشخیص شیء نخواهد شد و فقط از معیار انحراف از حرکت پس زمینه برای تشخیص نواحی متحرک می توان استفاده کرد.



شکل ۲-۹: تشخیص شیء بر اساس بر جریان نوری [۸]

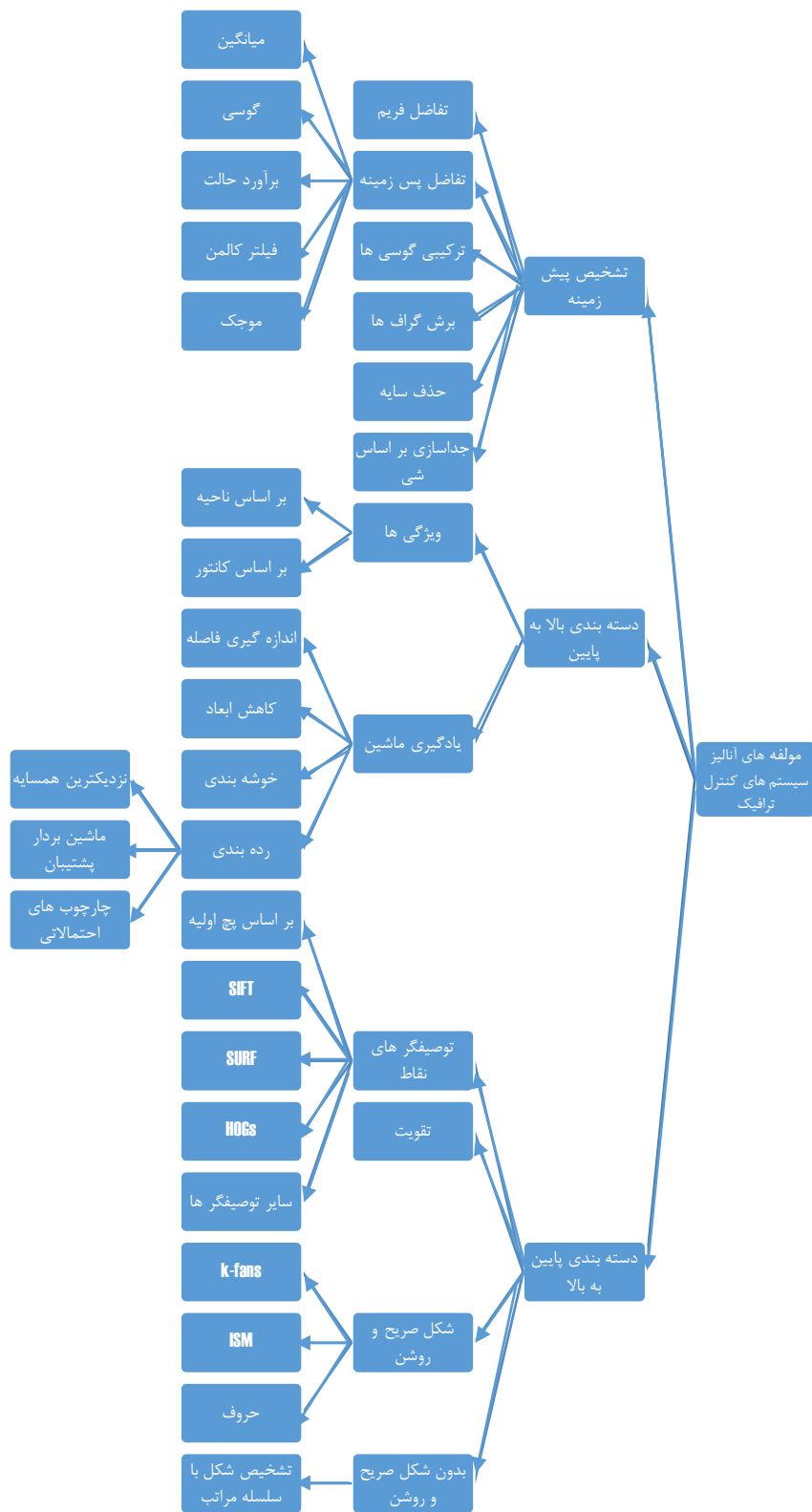
در این قسمت روش‌های مختلف تشخیص شیء مورد بررسی قرار گرفت. از میان روش‌های مختلف تشخیص شیء در مواردی که دوربین و در نتیجه پس‌زمینه تصاویر ویدیویی ثابت باشد روش حذف پس‌زمینه به دلیل کارایی الگوریتم در استخراج شیء و ساده بودن پیاده‌سازی، به‌عنوان بهترین انتخاب خواهد بود. در صورتی که دوربین متحرک باشد، روش جریان نوری انتخاب مناسبی خواهد بود اما این روش دارای حجم محاسبات و پردازش بالایی است.

مدل‌های مختلفی برای حذف پس‌زمینه معرفی شد که روش مدل میانگین یکی از مناسب‌ترین مدل‌ها است. این روش به دلیل حجم کم محاسبات بسیار مطلوب است اما در صورتی که شرایط محیطی به‌گونه‌ای باشد که مشکلاتی مانند تشخیص اشتباه بر اثر وزش باد یا عدم تشخیص به دلیل مدل شلوغ پس‌زمینه وجود داشته باشد، روش مدل نا پارامتری پس‌زمینه بهترین انتخاب خواهد بود. اما از معایب این روش، می‌توان به حجم بالای محاسبات آن اشاره نمود.



شکل ۱۰-۲: جهت فلش قرمز رنگ جهت بردار میانگین جریان نوری است [۱۰].

در سیستم‌های کنترل ترافیک روش‌های تشخیص شیء که مورد استفاده قرار می‌گیرند را می‌توان به‌طور کلی به سه دسته قطعه‌بندی پیش‌زمینه، طبقه‌بندی بالا به پایین و طبقه‌بندی پایین به بالا تقسیم نمود. در نمودار زیر این روش‌ها نمایش داده شده است:



شکل ۲-۱۱: مؤلفه های آنالیز و تشخیص شیء در سیستم های کنترل ترافیک [۴۲]

۲-۳ نمایش اشیا

در بیشتر روش‌های ردیابی شیء جریان حرکت ثابت و یا بدون تغییر ناگهانی فرض می‌شود و در واقع ردیابی شیء به دست آوردن جریان حرکتی شیء مورد ردیابی است. اما قبل از هر چیز این شیء باید به گونه‌ای نمایش داده شود. برای نمایش شیء روش‌های مختلفی وجود دارد [۶۲] که در ادامه به معرفی آن پرداخته خواهد شد.

۱- نقاط

یکی از روش‌های نمایش شیء در تصویر این است که برای نمایش یک شیء در تصویر می‌توان از نقطه یا مجموعه‌ای از نقاط استفاده نمود. که این روش برای ردیابی اشیایی که نواحی کوچکی را در تصویر اشغال کرده‌اند مناسب است [۷].

۲- اشکال هندسی

یکی دیگر از روش‌های نمایش شیء در تصویر استفاده از اشکال هندسی ساده مانند مستطیل و یا بیضی است [۱۷].

۳- مدل کانتور

مرز شیء یا محیط پیرامون یک شیء را کانتور می‌گویند. به صورت کلی دو نوع کانتور ایستا و پویا وجود دارد. کانتور ایستا در طول فرآیند ردیابی تغییر شکل نمی‌دهد اما کانتور پویا در طول فرآیند ردیابی شکل خود را با محیط پیرامون شیء تطبیق داده و تغییر شکل می‌دهد [۱۸].

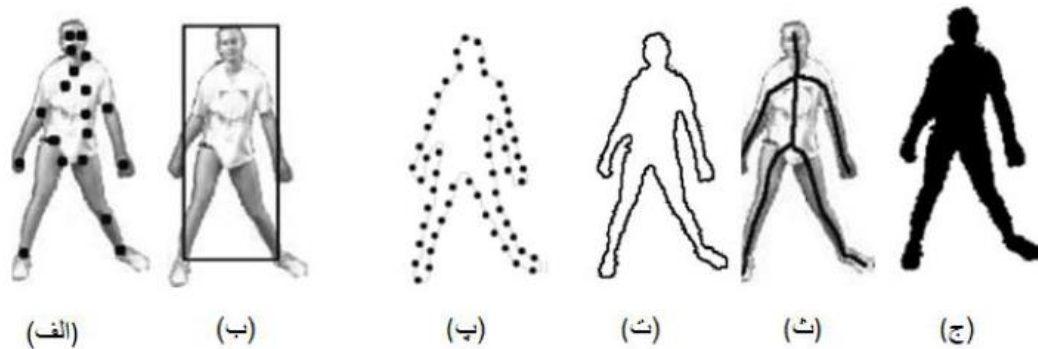
۴- مدل اسکلتی

در این مدل نمایش اشیا، یک شیء به وسیله محورهای میانی آن شیء نمایش داده خواهد شد [۱۴].

۵- مدل عکس سیاه یکنواخت

ناحیه‌ای که درون یک کانتور وجود دارد را عکس سیاه یکنواخت می‌گویند که برای نمایش اشیا می‌توان از آن استفاده نمود. و برای ردیابی‌هایی نظیر مانند ردیابی اشیا غیر صلب می‌توان از این روش استفاده نمود [۶].

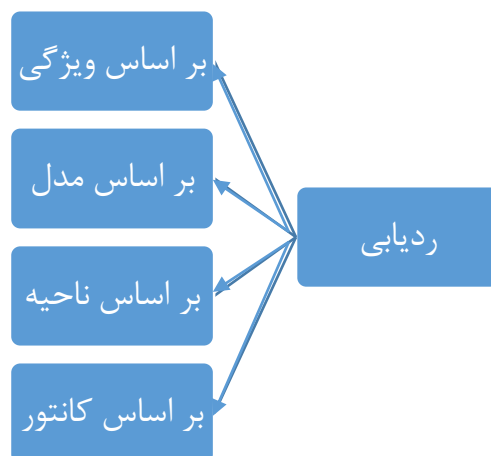
در شکل ۲-۹ کلیه روش‌هایی که در بالا به آن اشاره شد قابل مشاهده می‌باشند:



شکل ۲-۱۲: روش‌های نمایش شکل - الف) نقاط ب) اشکال هندسی پ) کانتور ت) کانتور ث) اسکلتی ج) عکس سیاه یکنواخت [۹].

۲-۳ روش‌های ردیابی

تعقیب اشیا موجود در تصویر پس از تشخیص آن‌ها و این که چه حرکت‌هایی دارد را ردیابی می‌گویند. برای ردیابی یک شیء روش‌های مختلفی وجود دارد [۲۱] که در ادامه شرح داده خواهد شد.



شکل ۲-۱۳: روش‌های ردیابی شیء

۲-۳-۱ ردیابی بر اساس ویژگی

روش‌های ردیابی بر اساس بر ویژگی به این صورت عمل می‌کنند که ابتدا به استخراج عناصر و خوشه‌بندی آن‌ها به ویژگی‌های سطح بالاتر می‌پردازند. سپس به عمل تطبیق ویژگی‌ها در تصویر می‌پردازند. در این روش‌ها در صورت به وجود آمدن همپوشانی جزئی بین اشیاء، برخی از ویژگی‌های دیگر قابل مشاهده باقی می‌مانند و در این صورت همپوشانی جزئی تأثیری بر آن‌ها نخواهد داشت. علاوه بر آن این روش‌ها در شرایط مختلف تاریکی شب و یا روشنایی روز ردیابی را به خوبی انجام می‌دهند زیرا این روش‌ها ویژگی‌های بارز را در شرایط داده شده انتخاب می‌کنند. در این روش‌ها باید ویژگی‌ها گروه‌بندی یا خوشه‌بندی شوند. یعنی مشخص باشد که کدام مجموعه از ویژگی‌ها به کدام شیء موجود در تصویر متعلق است. الگوریتم‌های ردگیری بر اساس بر ویژگی بر اساس ماهیت ویژگی انتخاب شده به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند [۲۱]:

✓ **ویژگی‌های سراسری:** در این الگوریتم‌ها از ویژگی‌های سراسری مانند مرکز ثقل، محیط، مساحت

و یا رنگ اشیاء استفاده می‌شود.

✓ **ویژگی‌های محلی:** در این الگوریتم‌ها از ویژگی‌های محلی مانند بخش‌هایی از خط، منحنی و

گوشه‌ها استفاده می‌شود.

✓ ویژگی‌های بر اساس بر گراف وابستگی: در این الگوریتم‌ها از ویژگی‌های بر اساس بر گراف وابستگی مانند تنوعی از فواصل و روابط هندسی بین ویژگی‌های اشیا استفاده می‌شود.

ردیابی ویژگی‌ها از طریق روش‌هایی مانند فیلتر کالمن و ردیاب KLT امکان‌پذیر است [۲۴]. در [۲۵] یک روش ترکیبی توسط استفاده از چند ویژگی که هیستوگرام رنگ و هیستوگرام جهت‌دار لبه می‌باشند برای ردیابی وسایل نقلیه ارائه شده است. در [۲۶] الگوریتمی ارائه شده است که توسط ترکیب ویژگی‌های الگوی باینری یکنواخت و رنگ بر اساس بر فیلتر ذره‌ای ردیابی شیء انجام می‌شود و یک هیستوگرام رنگ و یک هیستوگرام بافت برای ایجاد مدل مرجع اشیا با یکدیگر ترکیب شده است. در [۲۷] از زوایای توصیف‌شده الگوهای باینری محلی یکنواخت استفاده شده است که به صورت مجموعه‌ای از ویژگی‌ها برای ایجاد توصیف گر کوواریانس به کاررفته است. در [۲۸] الگوریتم جابجایی میانگین بر اساس SIFT³⁰ برای ردیابی یک شیء در سناریوهای واقعی است که نتایج آن نشان‌دهنده این هستند که روش استفاده‌شده کارایی ردیابی الگوریتم جابجایی میانگین و SIFT را در سناریوهای پیچیده‌تر بهبود داده است. در [۲۹] جریان نوری نقاط موردعلاقه در تصویر و موقعیت و سرعت متناظر با استفاده از فیلتر کالمن ردیابی می‌شوند.

۲-۳-۲ ردیابی بر اساس مدل

در این روش‌ها از مدل‌های هندسی دوبعدی و یا سه‌بعدی برای ردیابی یک شیء استفاده می‌شود این روش از تطبیق مدل شیء و تصویر استفاده می‌کند و به این صورت عمل می‌کند که در تصویر مکانی را که در آن بهترین تطبیق در شکل ایجاد می‌شود به عنوان مکان مشاهده آن شیء در نظر گرفته خواهد شد. این روش

³⁰ Scale invariant feature transform

در تصاویری که شلوغی زیادی ندارند دقت بسیار خوبی خواهند داشت مثلاً در تصاویری با تعداد وسیله نقلیه کم این روش می‌تواند مؤثر باشد.

این روش برای ردیابی شیء صلب مانند ربات و یا وسیله نقلیه مفید است. اما مشکل این روش این است که متناسب کردن یک مدل به یک شیء بار محاسباتی بالایی دارد. در [۱۹] مدل‌های سه‌بعدی از وسایل نقلیه به صورت تدریجی ساخته می‌شود به صورتی که ویژگی‌های دوطبقه شیء به سه‌بعدی نگاشته شده و سپس این ویژگی‌ها در دنباله‌ای از فریم‌ها خوشه‌بندی می‌شود و مدل سه‌بعدی ساخته می‌شود. در [۴۳] دنباله تصاویر حاصل از یک دوربین، برای اشیایی که اشکال پیچیده‌ای دارند، توسط تقریب کردن یک مدل چندوجهی به ردیابی اشیاء می‌پردازند. در این روش برای تطبیق تصویر شیء و مدل چندوجهی از یک تابع هزینه استفاده می‌شود که با مینیمم کردن مقدار این تابع سعی در ایجاد بهترین تطبیق انجام شده است.



شکل ۲-۱۴: تصویر اصلی و استفاده از مدل شیء در تصویر [۱۰].

۲-۳-۳ ردیابی بر اساس ناحیه

در روش بر اساس بر ناحیه یا بلاک، نواحی به هم پیوسته تصویر برای ردیابی اشیاء مورد استفاده قرار می‌گیرند. نواحی به هم پیوسته یک تصویر را می‌توان از طریق تفاضل یک تصویر با پس‌زمینه خودش به دست آورد. پس از به دست آوردن این نواحی با استفاده از اطلاعات نواحی مانند حرکت آن، رنگ، بافت، سایز، شکل، مرکز ثقل این نواحی در طول زمان ردیابی می‌شوند. برای مدل کردن و ردیابی نواحی تصویر تکنیک‌های

مختلفی وجود دارند. توزیع می‌تواند توسط هیستوگرام رنگ و یا ترکیبی از کرنل‌های گوسین توصیف شود. اما اغلب نواحی با استفاده از توزیع چگالی احتمال رنگ مدل می‌شوند.



شکل ۲-۱۵: روش ردیابی بر اساس ناحیه

مشکل این روش این است که در جاهایی که اشیاء همپوشانی دارند به خوبی عمل نمی‌کند.

۲-۳-۴ ردیابی بر اساس کانتور

در روش بر اساس کانتور، از کانتور یا محیط اطراف یک شیء متحرک که به صورت پویا به روزرسانی می‌شود برای ردیابی استفاده می‌شود. در این روش تعقیب پیرامون اشیاء متحرک انجام می‌شود و به این صورت عمل می‌کند که با مینیمم کردن انرژی، کانتور با تصویر تطابق داده خواهد شد. این روش دوگان روش بر اساس ناحیه است و از نظر محاسباتی پیچیدگی کمتری نسبت به روش بر اساس ناحیه دارد. در ردیابی توسط کانتور فعال، کانتور شیء متحرک به صورت پویا هنگام ردیابی به روزرسانی می‌شود.



شکل ۲-۱۶: ردیابی بر اساس کانتور فعال [۱۳].

در روش استفاده از کانتور جداسازی همپوشانی اشیایی که همپوشانی جزئی دارند امکان پذیر نیست. البته اگر هنگام همپوشانی یک کانتور جدید برای هر شیء بتوان به وجود آورد ردیابی امکان پذیر خواهد بود و مشکل حل خواهد شد [۳۳] و [۱۲]. در [۱۳] از کانتور فعال یا اسنیک برای ردیابی استفاده شده است. در [۷] توسط شبکه عصبی نگاشت خودسازمان ده تطبیقی بازمان کانتور اشیاء، متحرک ردیابی شده است به طوری که کانتور توسط شبکه تطبیقی ساخته شده است. در [۲۰] کانتور فعال و جریان نوری برای ردیابی وسایل نقلیه استفاده شده است.

۲-۳ مروری بر روش های تشخیص تخلف

پس از بررسی روش های تشخیص و ردیابی، روش هایی که برای تشخیص تخلفات ترافیکی مورد استفاده قرار می گیرند، بررسی خواهد شد. تخلفات ترافیکی موارد مختلفی را شامل می شود که برای تشخیص هر کدام از آنها راهکارهای مختلفی ارائه شده است. برخی از آنها توسط نصب دوربین هایی به صورت ثابت در مکان های مختلف و پردازش تصاویر آنها قابل شناسایی هستند. برای مثال می توان از نصب دوربین هایی که در مکان های خاص نصب شده اند برای تشخیص پلاک استفاده نمود و یا دوربین های مخصوصی که برای تشخیص سرعت اتومبیل ها استفاده می شوند. اما در برخی از موارد تشخیص تخلف به گونه ای است که باید حرکت اتومبیل متخلف در بازه زمانی خاصی مورد بررسی قرار گیرد و در صورتی که اتومبیل حرکت اشتباهی را مرتکب شود، به عنوان متخلف شناسایی خواهد شد. در این موارد دوربین هایی که مورد استفاده قرار می گیرند تصاویر را به صورت ویدیو تهیه می نمایند و سپس باید پردازش هایی روی این ویدیوها انجام شود. روش هایی که برای تشخیص این گونه تخلفات استفاده شده اند نیز مختلف هستند و اغلب به این صورت عمل می کنند که ابتدا اتومبیل های موجود در ویدیو را مورد شناسایی قرار می دهند و سپس به ردیابی آنها می پردازند. برای تشخیص چنین تخلفاتی روش های مختلفی استفاده شده است. در [۶۸] محدوده مورد بررسی را به ناحیه های مجاز و غیرمجاز تقسیم شده و در صورتی که حرکت در ناحیه های غیرمجاز انجام

شود تخلف صورت گرفته است. در [۶۶] از روش‌های فازی استفاده شده است. در [۶۷] از یادگیری بدون ناظر با مدل مخفی مارکوف استفاده شده است.

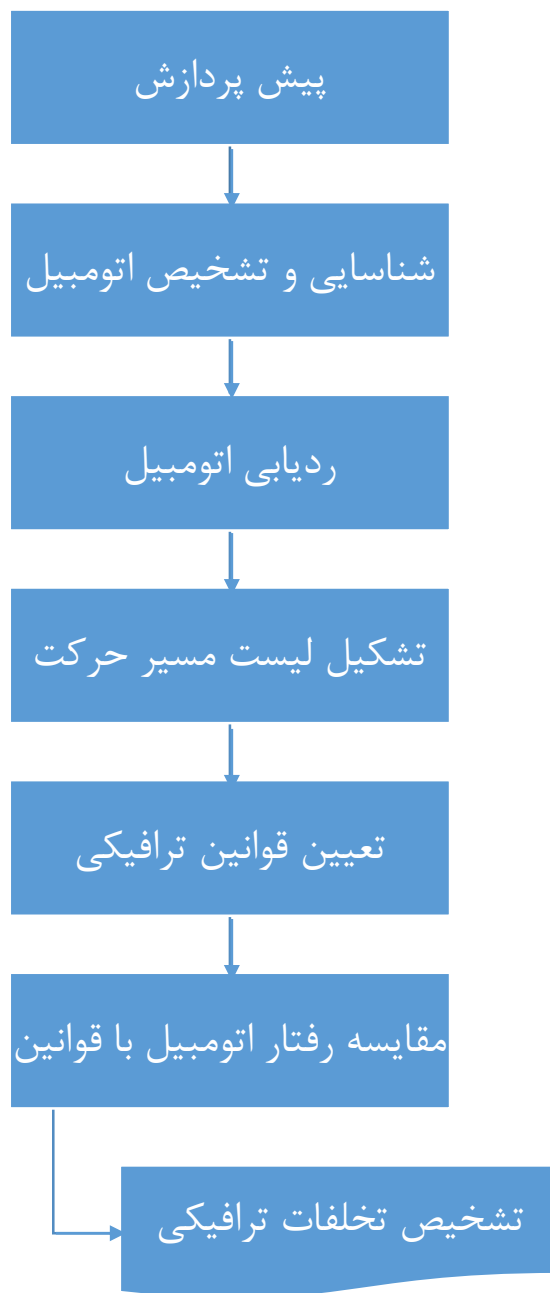
۴-۲ جمع‌بندی

در این فصل به بررسی روش‌ها و الگوریتم‌های تشخیص شیء و ردیابی آن‌ها پرداخته شد. تشخیص شیء در تصویر به‌عنوان اولین گام در ردیابی معرفی شد. برخی از کاربردهای آن معرفی شد، چالش‌های مرتبط با آن بیان شد و سپس الگوریتم‌های آن که بر اساس ویژگی و بر اساس حرکت دسته‌بندی شده بودند معرفی گردید. در گام بعدی روش‌های نمایش شیء در تصویر بیان شد. و در نهایت در گام آخر الگوریتم‌های ردیابی شیء که می‌توان آن‌ها را بر اساس مدل، بر اساس ویژگی، بر اساس ناحیه و بر اساس کانتور دسته‌بندی نمود مورد بررسی قرار گرفت. همچنین مروری بر روش‌های تشخیص تخلفات در گذشته انجام شد.

فصل سوم: سیستم پیشنهادی

در فصل دوم روش‌ها و تکنیک‌های تشخیص و ردیابی شیء و تشخیص عملکرد شیء در تصاویر بررسی شد. در این فصل روش پیشنهادی برای تشخیص و ردیابی شیء و بررسی نحوه عملکرد آن شرح داده خواهد شد. هدف سیستم موردنظر تشخیص تخلفات رانندگی است. بنابراین سیستم باید ابتدا، قادر به شناسایی اتومبیل‌ها و ردیابی آن‌ها باشد. برای آن داشتن کارایی بالاتر در این عمل ابتدا پیش‌پردازش‌هایی روی تصویر انجام می‌دهیم تا حجم آن را کاهش داده و سرعت کار را افزایش دهیم و همچنین توسط روش‌هایی مانند روش میانگین و گوسین، نویزهای موجود در تصویر را برطرف نموده و کیفیت آن را بهبود می‌دهیم. سپس عمل تشخیص اتومبیل‌ها را در تصویر بهبود یافته انجام می‌دهیم. در این پایان‌نامه برای تشخیص اتومبیل‌ها از روش استخراج ویژگی‌های اتومبیل به همراه آموزش و یادگیری شبکه‌های عصبی استفاده شده است. از آنجاکه داشتن سرعت بالاتر در شناسایی دارای اهمیت است، برای داشتن سرعت بالاتر از روش طبقه بند آبخاری مبتنی بر آدابوست نامتقارن استفاده شده است. پس از آن که اتومبیل در تصویر مورد شناسایی قرار گرفت می‌توان با استخراج نقاط مهم اتومبیل، آن را مورد ردیابی قرارداد از آنجاکه اتومبیل یک شیء صلب است که تغییراتی در شکل ظاهری ندارد و اندازه ابعاد آن ثابت است، نقطه مرکزی آن می‌تواند یکی از بهترین نقاط برای ردیابی محسوب شود. با ردیابی در واقع مسیر حرکت به دست خواهد آمد. با توجه به این که صحنه ترافیکی مورد بررسی در کدام یک و نیز چه قسمتی از معابر شهری یا بزرگراه‌ها باشد، قوانین ترافیکی خاصی روی آن صحنه اعمال خواهد شد. این قوانین ممکن است توسط مسیر کلی حرکت، رفتارهای حرکتی و یا سرعت اتومبیل‌ها پیاده‌سازی شوند. قوانین استخراج شده برای صحنه و مسیر حرکتی برای هر کدام از اتومبیل‌ها استخراج خواهد شد، سپس با انجام مقایسه‌ای ساده در صورت وجود تخلف می‌توان آن را شناسایی نمود.

در این فصل در بخش ۲-۳ روش پیشنهادی برای کاهش حجم تصویر مورد پردازش و افزایش سرعت عمل پردازش بلادرنگ تصاویر و نیز بهبود کیفیت تصویر و حذف نویز شرح داده شده است. در بخش ۳-۳ روش پیشنهادی برای تشخیص اتومبیل‌ها در تصویر تشریح شده است و برخی مزایای این روش معرفی گردیده است. در بخش ۴-۳ ردیابی اتومبیل و یافتن بهترین نقاط آن برای انجام این کار مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش ۵-۳ ابتدا قوانین و مقررات ترافیکی در صحنه‌های مختلف ترافیکی معرفی شده و سپس چگونگی پیاده‌سازی این قوانین در سیستم پیشنهادی تشریح شده است و در نهایت در بخش ۶-۳ مقایسه قوانین پیاده‌سازی شده در سیستم و مسیر حرکت اتومبیل‌های موجود در صحنه مورد بررسی قرار گرفته شده است که در صورت وجود تخلف و نقض هر کدام از قوانین مربوطه مورد شناسایی قرار خواهند گرفت. در شکل ۱-۳ روش کار و مراحل سیستم پیشنهادی رسم شده است.



شکل ۳-۱: ترتیب مراحل سیستم پیشنهادی

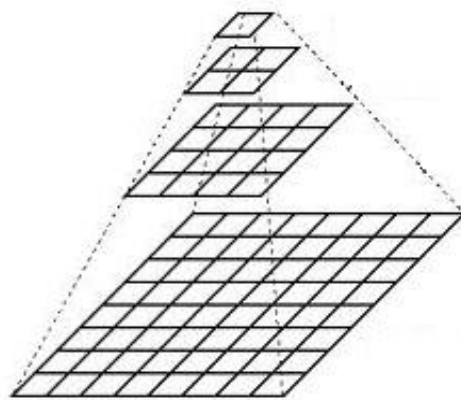
۳-۲ پیش پردازش تصویر

قبل از این که تصاویر مورد پردازش اصلی قرار گیرند بسته به نوع کاربرد ممکن است نیاز باشد که پیش پردازش هایی برای افزایش کارایی روی تصویر انجام شود.

۳-۲-۱ کاهش ابعاد تصویر

شناسایی اتومبیل‌ها در تصاویر ترافیکی مانند شناسایی چهره یا امثال آن نیاز به جزئیات خیلی دقیق در تصویر ندارد. معمولاً تصاویری که از ویدیوهای ترافیکی استخراج می‌شوند دارای اطلاعات اضافی هستند که اهمیت چندانی نداشته و فقط باعث افزایش حجم تصویر شده و سرعت عمل پردازش را کاهش خواهند داد. در هدف موردنظر ما پردازش بلادرنگ با سرعت بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا قبل از این‌که شناسایی اتومبیل‌ها در تصویر صورت گیرد نیاز است پیش‌پردازشی روی تصویر موردنظر انجام شده و از حجم آن کاسته شود. در این پایان‌نامه برای کاهش حجم از هرم گوسین استفاده شده است.

هرم تصویر مجموعه‌ای از تصاویر است که می‌توان به صورت متوالی از یک تصویر اولیه به دست آورد و تا رسیدن به تصویر موردنظر پیش رفت. هرم‌ها به صورت مجموعه‌ای از لایه‌های تصویر از کوچک به بزرگ هستند. هر لایه از پایین به بالا شماره‌گذاری شده است. بنابراین لایه G_{i+1} از لایه G_i کوچک‌تر خواهد بود.



شکل ۳-۲: لایه‌های هرم تصویر [۵۱]

دو نوع هرم رایج برای پردازش تصاویر عبارت‌اند از:

✓ هرم گوسین^{۳۱}: برای کاهش ابعاد تصویر به کار می‌رود.

✓ هرم لاپلاسیان^{۳۲}: برای بازسازی و افزایش ابعاد تصویر به کار می‌رود.

برای کاهش ابعاد تصویر از هرم گوسین استفاده شد. روش کار به این صورت است که برای به دست آوردن لایه G_{i+1} ابتدا باید عمل کانولوشن لایه G_i تصویر با کرنل گوسین که به صورت زیر است انجام شود:

$$\frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{معادله ۱-۳}$$

سپس سطرها و ستون‌های زوج حذف خواهند شد. با انجام این عمل تصویر حاصل یک‌چهارم تصویر اصلی خواهد بود. و در صورتی که این عمل تکرار شود می‌توان هرم تصویر را به صورت کامل ایجاد نمود. به صورت معکوس برای افزایش ابعاد تصویر باید، سطرها و ستون‌های زوج با مقدار صفر مقداردهی اولیه شوند و سپس عمل کانولوشن تصویر با کرنل گوسین انجام شود. در این صورت مقادیر ازدست‌رفته تخمین زده خواهد شد و ابعاد تصویر افزایش خواهد یافت.

تغییر ابعاد تصویر با کرنل گوسین به منظور کاهش ابعاد تصویر، با در نظر گرفتن شرایط زیر برای تصویر خروجی انجام خواهد شد:

$$|\text{dstSize.width} * 2 - \text{src.cols}| \leq 2 \quad \text{معادله ۲-۳}$$

$$|\text{dstSize.height} * 2 - \text{src.rows}| \leq 2 \quad \text{معادله ۳-۳}$$

به صورت پیش فرض اندازه تصویر خروجی $\frac{(\text{src.rows}+1)}{2}$ و $\frac{(\text{src.cols}+1)}{2}$ خواهد بود.

³¹ Gaussian pyramid

³² Laplacian pyramid

۲-۲-۳ بهبود کیفیت تصویر

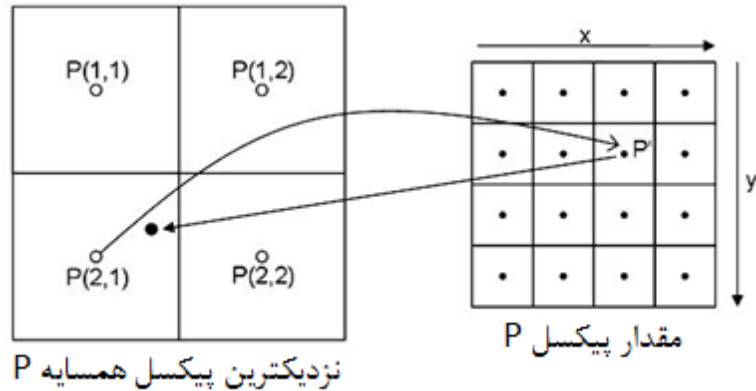
پس از کاهش ابعاد تصویر باید پیش پردازش‌های دیگری نیز بر روی تصویر انجام شود. با کاهش ابعاد تصویر کیفیت آن نیز ممکن است افت پیدا کند. لذا پس از این مرحله نیاز است تا تصویر را به کیفیت مطلوب و مورد نیاز برسانیم. برای این کار ابتدا تصویر را از فضای رنگی RGB به فضای سیاه و سفید تبدیل می‌کنیم و سپس اندازه و کیفیت آن را تغییر می‌دهیم.

۱-۲-۲-۳ درون‌یابی

در اولین گام برای تغییر اندازه از روش درون‌یابی خطی استفاده شده است. درون‌یابی ابزاری پایه‌ای برای افزایش یا کاهش تعداد پیکسل‌های یک تصویر دیجیتالی است و در کارهایی مانند بزرگنمایی و کوچک‌سازی و چرخش و اصلاحات هندسی به کار برده می‌شود. الگوریتم‌ها و روش‌های مختلفی برای انجام این عمل وجود دارند که عبارت‌اند از:

✓ **درون‌یابی نزدیک‌ترین همسایه:** در این روش عملاً محاسبه‌ای انجام نمی‌شود و مقدار درجه خاکستری پیکسلی که به موقعیت نقطه در تصویر نزدیک‌تر باشد به‌عنوان مقدار درجه خاکستری آن پیکسل انتخاب خواهد شد. این روش ساده‌ترین روش درون‌یابی است و از آنجا که محاسبات خاصی انجام نمی‌دهد سریع‌ترین روش نمونه‌برداری محسوب می‌شود. از مزایای این روش این است که از مقادیر حقیقی موجود در تصویر استفاده می‌کند و از تولید مقادیری که ممکن است غیرواقعی باشند نیز اجتناب می‌کند. از معایب آن نیز می‌توان تکرار مقادیر و در نتیجه اثر بلوک ۳۳ شدن را نام برد. به صورت کلی روش نزدیک‌ترین همسایه علی‌رغم پیاده‌سازی ساده آن، غالباً اثرات نامطلوبی مانند اعوجاج لبه‌های مستقیم در تصاویر با کیفیت بالا خواهد داشت.

³³ Blocky effect



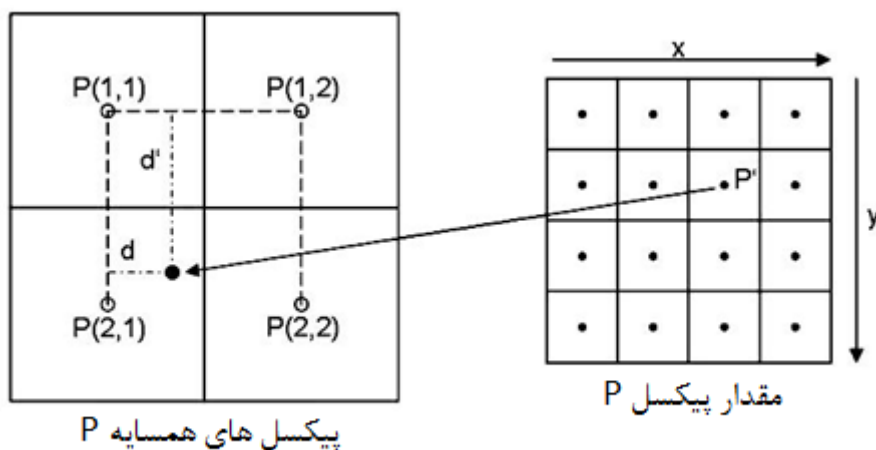
شکل ۳-۳: درون‌یابی نزدیک‌ترین همسایه [۴۴]

✓ **درون‌یابی دوخطی:** در این روش برای محاسبه مقدار یک نقطه از ۴ پیکسل همسایه در تصویر استفاده می‌شود و درون‌یابی برای یافتن درجه خاکستری نقطه انجام می‌شود. ابتدا بین هر دو پیکسل مقابل یک درون‌یابی خطی انجام می‌شود. سپس با استفاده از محل نقطه در این درون‌یابی‌های انجام‌شده درجه خاکستری پیکسل محاسبه خواهد شد. در این روش یک صفحه به چهار درجه خاکستری همسایه برازش داده می‌شود و سپس درجه خاکستری نقطه موردنظر محاسبه می‌شود.

$$p'(k) = p(1,1). (1 - d). (1 - d') + p(1,2). d. (1 - d') + p(2,1). d'. (1 - d) + p(2,2). d. d'$$

معادله ۳-۴

از مزایای این روش این است که باعث می‌شود که تصویر نرم‌تری ایجاد شود و بعضی از لبه‌های بسیار بارز در تصویر اصلی ممکن است کمی مبهم^{۳۴} شوند. از معایب این روش نیز انجام محاسبات بیشتر نسبت به روش نزدیک‌ترین همسایه و به تبع کاهش سرعت است.



شکل ۳-۴: درون‌یابی دوخطی [۴۴]

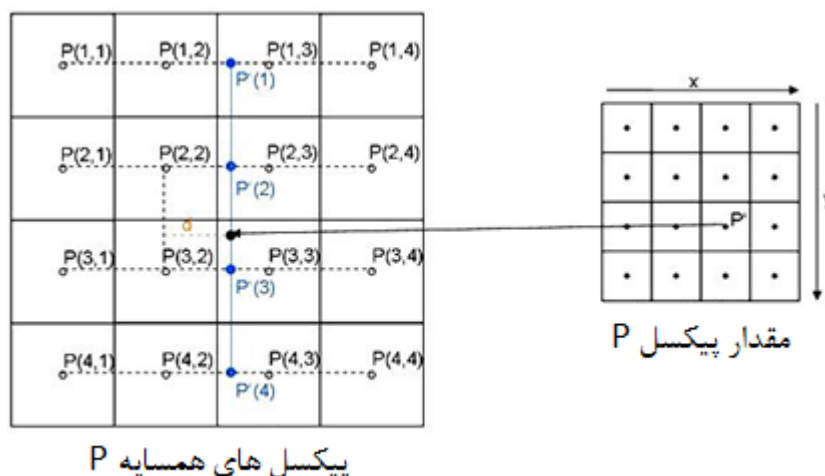
✓ **درون‌یابی دو مکعبی:** این روش نیز همانند روش درون‌یابی دوخطی برای محاسبه مقدار یک نقطه از پیکسل‌های همسایه در تصویر استفاده می‌کند با این تفاوت به جای ۴ پیکسل در این روش از ۱۶ همسایه مجاور استفاده می‌شود.

$$\begin{aligned}
 p'(k) = & p(k, 1) * (4 - 8(1 + d) + 5(1 + d)^2 - (1 + d)^3) + p(k, 2) \\
 & * (1 - 2d^2 + d^3) + p(k, 3) * (1 - 2(1 - d)^2 + (1 - d)^3) \\
 & + p(k, 4) * (4 - 8(2 - d) + 5(2 - d)^2 - (2 - d)^3)
 \end{aligned}$$

معادله ۳-۵

³⁴ Blur

تصویر حاصل از این روش نسبت به روش‌های قبل کیفیت بهتری خواهد داشت اما محاسباتی که در این روش انجام می‌شود زیاد است و سرعت را کاهش می‌دهد.



شکل ۳-۵: درون‌یابی دو مکعبی [۴۴]

در این پایان‌نامه با توجه کیفیت تصویر و نیز سرعت محاسبه موردنظر، از روش درون‌یابی دوخطی استفاده شده است.

۳-۲-۲-۲-۲-۳ بهبود سطوح روشنایی

در گام بعدی برای بهبود کیفیت تصویر می‌توان بهبود سطوح روشنایی موجود در تصویر را انجام داد. برای انجام این کار می‌توان از نمودار هیستوگرام تصویر استفاده نمود. هیستوگرام تصویر دیجیتال با سطوح شدت روشنایی در بازه $[0, L - 1]$ تابع گسسته‌ای به صورت $h(r_k) = n_k$ است که در آن r_k ، k امین مقدار شدت روشنایی و تعداد پیکسل‌های تصویر با شدت روشنایی r_k است. در واقع هیستوگرام تصویر نموداری است که توسط آن تعداد پیکسل‌های هر سطح روشنایی در تصویر ورودی مشخص می‌شود. این نمودار دارای دو مؤلفه افقی و عمودی است که مؤلفه افقی سطوح روشنایی خاکستری را نمایش می‌دهد که معمولاً

بین ۰ یعنی تاریکی مطلق و ۲۵۵ یعنی روشنایی مطلق است و مؤلفه عمودی نیز تعداد پیکسل‌های دارای آن سطح خاکستری در تصویر را نمایش می‌دهد. با تقسیم هر مؤلفه به تعداد کل پیکسل‌های تصویر هیستوگرام نرمال شده به دست خواهد آمد که در آن مقادیر در بازه $[0,1]$ قرار خواهند گرفت و جمع همه اجزای هیستوگرام برابر ۱ خواهد بود.

$$h(r_k) = n_k, k = 0,1,2, \dots, L - 1 \quad \text{معادله ۳-۶}$$

$$p(r_k) = \frac{r_k}{MN}, k = 0,1,2, \dots, L - 1 \quad \text{معادله ۳-۷}$$

هنگامی که کنتراست تصویر کم است یعنی اختلاف بین کمترین و بیشترین شدت روشنایی تصویر کم است، توسط متعادل‌سازی نمودار هیستوگرام می‌توان این اختلاف را تا حد ممکن افزایش داد و در نتیجه تصویری با کنتراست بالاتر و کیفیت مطلوب‌تر به دست آورد. برای مقادیر گسسته به جای توابع چگالی احتمال و انتگرال با احتمالات و مجموع آن‌ها کار خواهد شد. احتمال وقوع شدت روشنایی در یک تصویر دیجیتال با رابطه زیر تقریب زده می‌شود:

$$p(r_k) = \frac{n_k}{MN}, k = 0,1,2, \dots, L - 1 \quad \text{معادله ۳-۸}$$

که در آن MN تعداد کل پیکسل‌ها در تصویر و n_k تعداد پیکسل‌هایی که شدت روشنایی r_k دارند و تعداد سطوح ممکن شدت روشنایی در تصویر است. فرم گسسته معادله تبدیل به شکل زیر است:

$$s_k = T(r_k) = (L - 1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{(L-1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j, k = 0,1,2, \dots, L - 1 \quad \text{معادله ۳-۹}$$

1

بنابراین تصویر خروجی با نگاشت هر پیکسل در تصویر ورودی با شدت روشنایی r_k ، به یک پیکسل متناظر با شدت روشنایی S_k در تصویر خروجی با استفاده از معادله فوق حاصل می‌شود. در معادله فوق تبدیل $T(r_k)$ تبدیل متعادل‌سازی هیستوگرام یا خطی‌سازی هیستوگرام است.

در این پایان‌نامه از نرمال‌سازی و متعادل‌سازی هیستوگرام برای افزایش کنتراست تصویر استفاده شده است. برای این منظور مراحل زیر به ترتیب انجام شده است:

۱. هیستوگرام تصویر ورودی محاسبه شده است.
۲. هیستوگرام به صورت نرمال تبدیل شده است تا مجموع سطوح روشنایی آن ۲۵۵ شود.
۳. طبق فرمول انتگرال هیستوگرام محاسبه شده است.
۴. تبدیل متعادل‌سازی هیستوگرام انجام شده است.

۳-۲-۲-۳ وضوح و مسطح‌سازی تصویر

از آنجاکه در تصاویر ترافیکی ممکن است نویزهایی وجود داشته باشد، در گام بعدی برای کاهش نویزهای احتمالی از روش صاف کردن^{۳۵} و مسطح‌سازی^{۳۶} استفاده می‌شود. برای صاف کردن تصویر باید یک فیلتر به تصویر اعمال شود. اغلب فیلترهای معمولی خطی هستند به طوری که مقدار پیکسل‌های خروجی از مجموع وزن دهی‌های مقادیر پیکسل‌های ورودی تخمین زده خواهند شد. معادله آن به صورت زیر است:

$$g(i, j) = \sum_{k,l} f(i+k, j+l) h(k, l) \quad \text{معادله ۳-۱۰}$$

³⁵ Smoothing

³⁶ Blurring

که در آن $h(k, l)$ کرنل نامیده می‌شود و در واقع ضرایب فیلتر می‌باشند. در این صورت فیلتر به‌عنوان یک پنجره لغزنده از ضرایب بر روی کل تصویر اعمال خواهد شد. فیلترهای مختلفی برای انجام این کار استفاده می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

✓ **فیلتر جعبه نرمال:** ساده‌ترین فیلتر است که در آن مقادیر پیکسل‌های خروجی میانه همسایه‌های

کرنل آن پیکسل خواهد بود و کرنل به‌صورت زیر است:

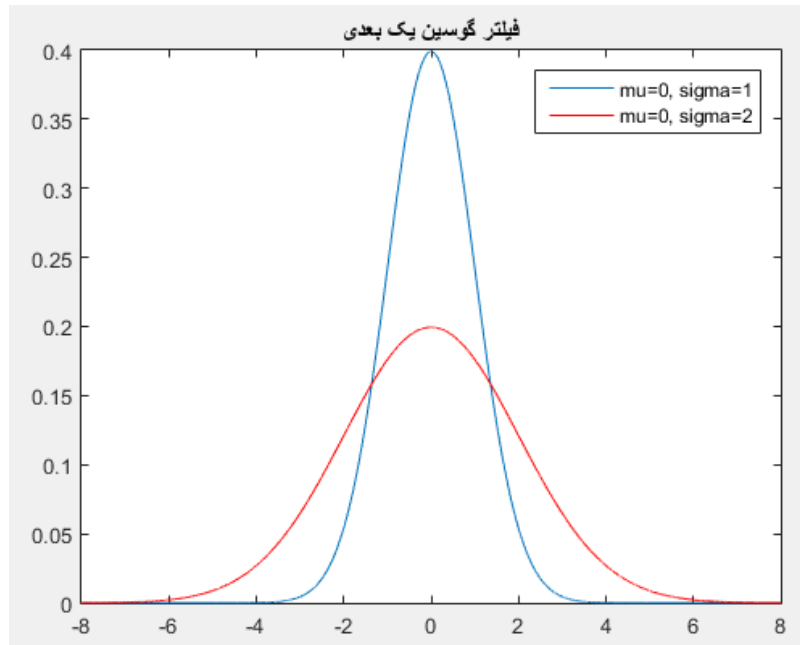
$$k = \frac{1}{k_{width} \cdot k_{height}} \begin{bmatrix} 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{معادله ۱۱-۳}$$

✓ **فیلتر گوسین:** اگرچه این فیلتر سریع‌ترین نیست اما جزو پرکاربردترین فیلترها است. این فیلتر

کانولوشن هر نقطه از تصویر ورودی را با کرنل گوسین محاسبه نموده و همه آن‌ها را جمع می‌کند

تا تصویر خروجی را محاسبه نماید. برای وضوح بیشتر تصویر می‌توان از کرنل گوسین استفاده نمود:

$$G_0(x) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} [1] e^{-\frac{(x)^2}{2\sigma_x^2}} \quad \text{معادله ۱۲-۳}$$

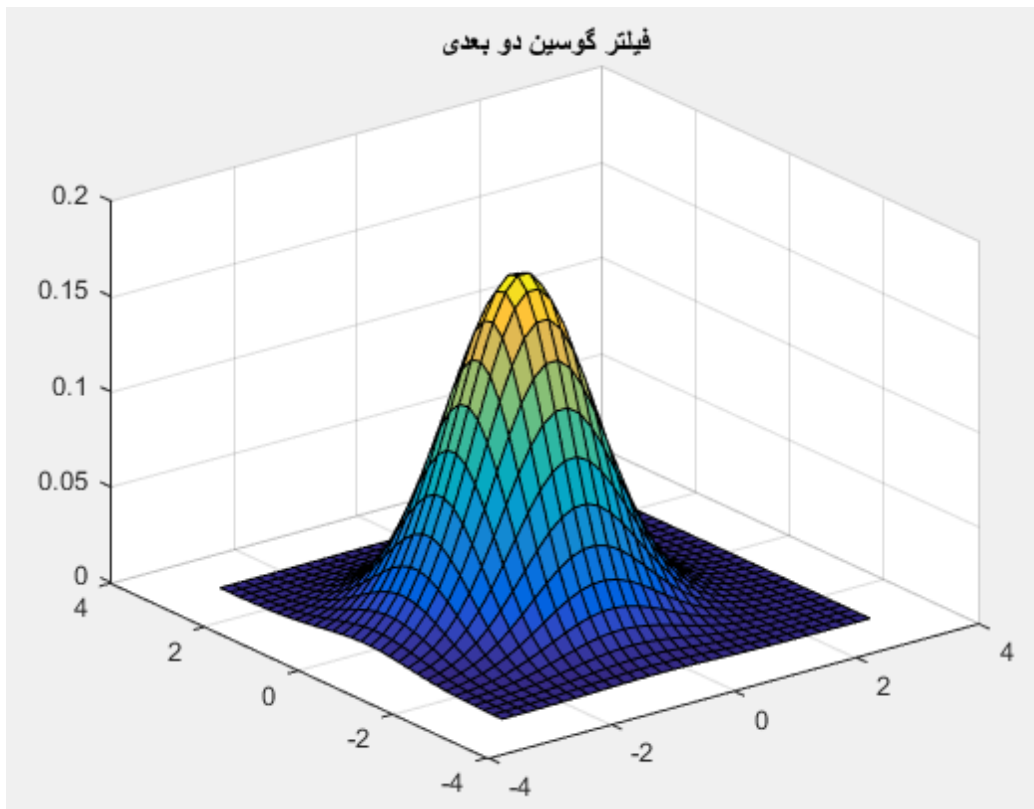


شکل ۳-۶: فیلتر گوسین یک بعدی

فیلتر گوسین دوبعدی توسط رابطه زیر نمایش داده می شود:

$$G_0(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x-\mu_x)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}} \quad \text{معادله ۳-۱۳}$$

که در آن μ میانگین یا نقطه پیک نمودار و σ واریانس هر کدام از نقاط است.



شکل ۳-۷: فیلتر گوسین دوبعدی

✓ **فیلتر میانه:** این فیلتر مقدار هر پیکسل را با میانه همسایه‌های آن پیکسل جایگزین می‌نماید.

✓ **فیلتر دو طرفه:** این فیلتر علاوه بر رفع نویزهای موجود در تصویر، لبه‌های تصویر را نیز مسطح

می‌نماید. که در برخی کاربردها می‌تواند بسیار مفید واقع شود. این فیلتر نیز مشابه فیلتر گوسین

از مجموع وزنهایی که به پیکسل‌های همسایه می‌دهد برای محاسبه مقدار پیکسل استفاده

می‌نماید. با این تفاوت که مقادیر وزن‌ها دارای دو مؤلفه است. مؤلفه اول مشابه وزن در فیلتر گوسین

به کار برده می‌شود و مؤلفه دوم برای محاسبه اختلاف روشنایی پیکسل‌های همسایه و ارزیابی

مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در این پایان‌نامه با توجه به کیفیت و شرایط تصاویر ترافیکی و زمان مورد نظر برای پردازش آن‌ها، جهت

مسطح سازی تصویر از فیلتر گوسین استفاده شده است. که کارایی خوب و قابل قبولی دارد.

۳-۳ شناسایی و تشخیص اتومبیل

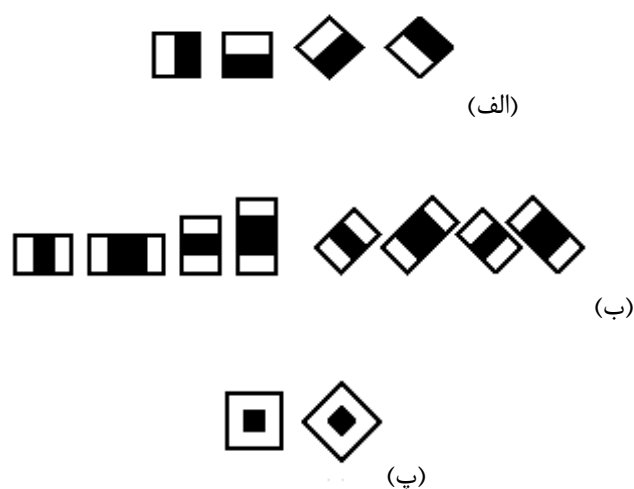
پس از انجام پیش‌پردازش‌هایی برای کاهش ابعاد و بهبود کیفیت تصویر، در مرحله بعدی عمل شناسایی و تشخیص اتومبیل‌ها در تصویر انجام خواهد شد. همان‌طور که در فصل دوم بررسی شد، روش‌های مختلفی برای شناسایی و تشخیص اتومبیل وجود دارد. روشی که در این پایان‌نامه مورد استفاده قرار گرفته است بر مبنای شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین است. این روش در ابتدا نیازمند آموزش تصاویر اتومبیل هستند. مرحله آموزش به این صورت انجام می‌شود که شبکه عصبی با صدها نمونه از شیء موردنظر که در این پایان‌نامه اتومبیل است و اصطلاحاً مثال‌های مثبت نامیده می‌شوند و همچنین صدها نمونه از اشیایی به جز شیء موردنظر که اصطلاحاً مثال‌های منفی نامیده می‌شوند، آموزش داده خواهد شد. این مرحله ممکن است مدت طولانی زمان ببرد. اما پس از آموزش دیدن شبکه عصبی، در مرحله تست و ارزیابی شناسایی اتومبیل‌ها با سرعت و کارایی مناسبی انجام می‌شود. روش‌های شناسایی بسیار سریع شیء با کارایی بالا از یک طبقه بند آبخاری استفاده می‌کنند و تفاوت این روش‌ها در استخراج ویژگی تصاویر است. مراحل برای هر فریم انجام خواهد شد.

۳-۳-۱ استخراج ویژگی‌ها

اولین گام در شناسایی اتومبیل‌ها، استخراج ویژگی‌های آن‌ها است. ویژگی‌ها باید طوری انتخاب شوند که قادر به شناسایی اتومبیل‌ها بوده و همچنین سرعت محاسبه آن‌ها نیز بالا باشد. ویژگی‌هایی که در کاربردهای بلادرنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند معرفی می‌شود. تفاوت این روش‌ها در استخراج ویژگی‌ها است و دقت این روش‌ها نیز به شرایط و نحوه آموزش بستگی دارد.

۳-۳-۱-۱ ویژگی‌های مستطیلی

این ویژگی‌ها دقت و سرعت بالایی دارند و در کاربردهای بلادرنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از روش‌هایی که برای شناسایی اتومبیل از این ویژگی‌ها به همراه طبقه بند آبخاری مبتنی بر آدابوست استفاده می‌کند، روش Viola & Jones است. [۵۲].



شکل ۳-۸: (الف) ویژگی‌های لبه (ب) ویژگی‌های خطی (پ) ویژگی‌های احاطه مرکزی

مقدار این ویژگی‌ها به این صورت محاسبه می‌شود که مقادیر پیکسل‌های درون مربع‌های سیاه و سفید از یکدیگر کم می‌شود، در این صورت می‌توان تغییر شدت را در نقاط مختلف تصویر استخراج نموده و الگوهای معنی‌دار به دست آورد. ویژگی‌های انتخاب‌شده در اندازه‌های مختلف و در مکان‌های مختلف بر روی تصویر آموزش با اندازه 24×24 اعمال می‌شود و بهترین ویژگی انتخاب خواهد شد.

برای محاسبه ویژگی‌ها از تصویر انتگرال طبق معادله زیر استفاده می‌شود:

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y') \quad \text{معادله ۳-۱۴}$$

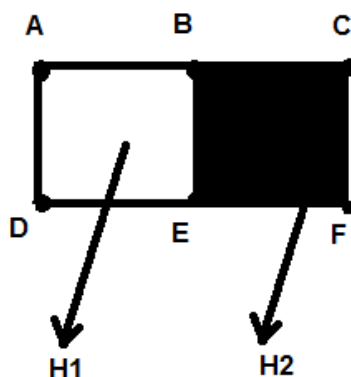
در این صورت با استفاده از تصویر انتگرال ویژگی نشان داده شده در شکل ۳-۱۰ را می توان تنها با انجام ۷ عمل جمع و تفریق محاسبه نمود. در این روش مقدار هر ویژگی برابر است با:

$$f = H_2 - H_1$$

$$H_1 = E - B - D + A$$

$$H_2 = F - C - E + B$$

معادله ۳-۱۵



شکل ۳-۹: محاسبه ویژگی مستطیلی با استفاده از انتگرال

۳-۳-۱-۲ الگوهای باینری محلی چند بلاکی

این روش نسبت به روش ویژگی های مستطیلی آموزش سریع تری دارد و به دو صورت الگوی باینری محلی و الگوی باینری محلی چند بلاکی انجام می شود که در ادامه توضیح داده خواهد شد:

✓ **الگوی باینری محلی:** در این روش پیکسل های یک تصویر به واسطه آستانه ای در یک همسایگی

3×3 از هر پیکسل برچسب گذاری می شوند. مقدار هر پیکسل با ۸ همسایه اش مقایسه می شود

و در صورتی که مقدار پیکسل همسایه بزرگ تر یا مساوی پیکسل مرکزی باشد، مقدار آن با یک

جایگزین می‌شود در غیر این صورت مقدار آن با صفر جایگزین خواهد شد. سپس مقدار پیکسل مرکزی با جمع وزن دار پیکسل‌های همسایه جایگزین می‌شود و پنجره به پیکسل بعدی منتقل خواهد شد. در نهایت با گرفتن هیستوگرام از مقادیر به دست آمده، توصیف کننده‌ای برای بافت تصویر به دست خواهد آمد. الگوی باینری محلی در یک همسایگی از تصویر طبق معادله زیر محاسبه خواهد شد:

$$LBP_{P,R} = \sum_{i=0}^{p-1} s(g_i - g_c) 2^i, s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad \text{معادله ۳-۱۶}$$

در معادله فوق g_i شدت روشنایی نقاط همسایه پیکسل مرکزی و g_c شدت روشنایی پیکسل مرکزی است. خروجی عددی p بیتی است که دارای 2^p مقدار متفاوت است.

در روش بهبودیافته‌ای برای عدم حساسیت این عملگر نسبت به چرخش تصویر، همسایگی را به صورت دایره‌ای در نظر می‌گیرند و نقاطی را که مختصات آن‌ها دقیقاً روی مرکز پیکسل قرار نمی‌گیرد با درون‌یابی پیدا می‌کنند [۵۳]. اعداد باینری انواع ویژگی‌های یک تصویر از جمله لبه‌های منحنی، نقاط، نواحی مسطح را کدگذاری می‌کنند [۵۴].

✓ **الگوی باینری محلی چند بلاکی:** الگوی باینری محلی با همسایگی 3×3 فقط ویژگی‌های

کوچک تصویر را بیان می‌کند و در صورتی که برای رفع این مشکل شعاع همسایگی را افزایش دهیم هزینه محاسبات افزایش پیدا خواهد کرد. روش الگوی باینری محلی چند بلاکی برای رفع این مشکل به کار می‌رود. در این روش به جای مقایسه پیکسل مرکزی با هر کدام از پیکسل‌های همسایه، میانگین شدت روشنایی بلاک مرکزی با میانگین شدت روشنایی بلاک‌های همسایه مقایسه می‌شود [۵۵]. از مزیت‌های استفاده از این روش نسبت به روش قبل می‌توان مقاومت بیشتر، توصیف ساختارهای کوچک و بزرگ تصویر و محاسبه سریع آن به کمک انتگرال را نام برد.

۳-۳-۲ طبقه بند آبشاری

پس از استخراج ویژگی‌ها در گام بعدی باید توسط این ویژگی‌ها فرآیند شناسایی اتومبیل‌ها انجام شود. از آنجاکه تعداد ویژگی‌های استخراج شده زیاد است این فرآیند بسیار سنگین و زمان‌بر خواهد بود. از طرفی در سیستم نهایی تعداد اندکی از ویژگی‌ها مورد استفاده قرار خواهند گرفت. لذا برای استخراج ویژگی‌های مورد استفاده از بین مجموعه ویژگی‌های استخراج شده از سیستم آدابوست نامتقارن استفاده خواهد شد. از ویژگی‌های مهم طبقه بند آدابوست می‌توان سرعت بالا در آموزش سیستم و نیز انتخاب ویژگی‌های برتر در حین آموزش سیستم را نام برد.

برای هر کدام از ویژگی‌های انتخاب شده فاکتورهای زیر محاسبه می‌شود و ویژگی حاصل طبقه بند ضعیف^{۳۷} نامیده می‌شود:

۱. ویژگی f

۲. آستانه θ

۳. قطبیت p که جهت نامعادله زیر را مشخص می‌کند:

$$h(x, f, p, \theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } pf(x) < p\theta \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad \text{معادله ۳-۱۷}$$

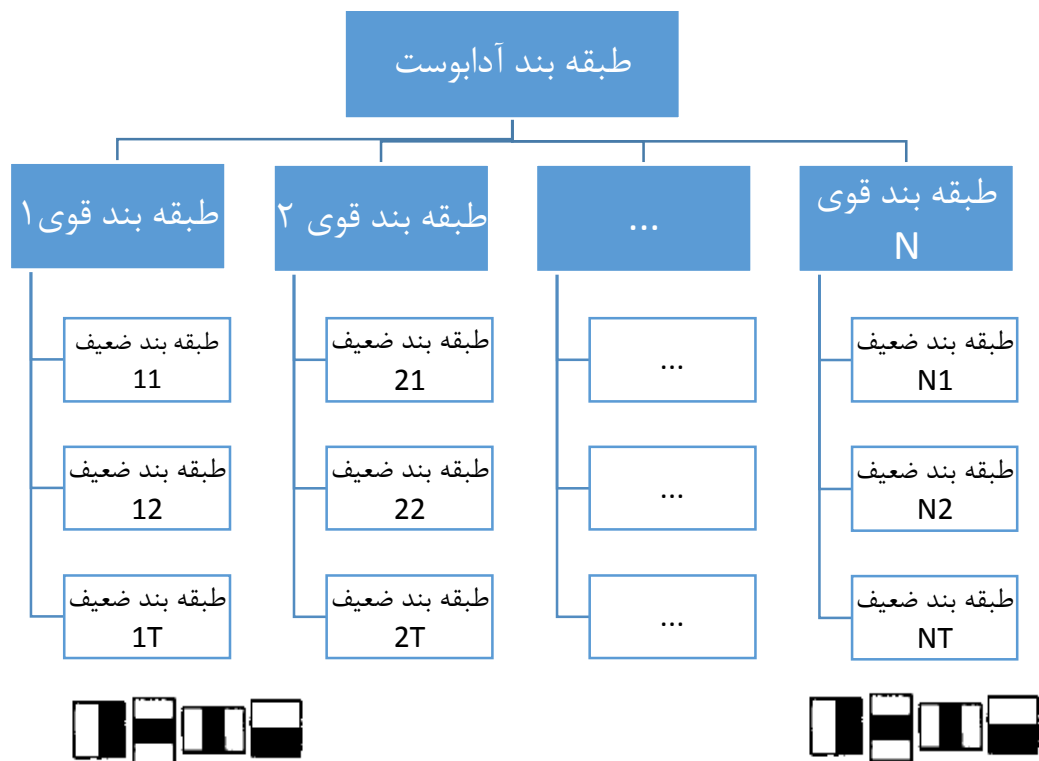
ویژگی f توسط انطباق هر کدام از اشکال ۳-۸ روی پیکسل‌های مختلف تصویر به دست می‌آید و آستانه θ و قطبیت p را می‌توان با توجه به هدف مورد نظر و این که شناسایی چه شیء مورد نظر است، به صورت تجربی تعیین می‌شود. در مرحله آموزش مجموعه‌ای از بهترین طبقه بندهای ضعیف انتخاب می‌شوند و یک طبقه

³⁷ Weak classifier

بند قوی^{۳۸} را تشکیل می‌دهند. در نهایت مجموعه‌ای از طبقه بندهای قوی سیستم را تشکیل خواهند داد. ویژگی‌های انتخاب شده توسط آدابوست نامتقارن بامعنی هستند و به راحتی می‌توان آن‌ها را تفسیر نمود.

آدابوست برای انجام عمل تشخیص از شبکه‌های عصبی استفاده می‌کند. به این صورت که ویژگی‌های شکل ۲-۸ را به قسمت‌های مختلف تصویر در هر مرحله اعمال می‌کند. این ویژگی‌ها لبه‌های افقی و عمودی و مورب و... شیء را آشکار خواهد نمود. هر کدام از ویژگی‌ها به صورت جداگانه به صورت ماسک به تصویر اعمال خواهد شد و به این ترتیب در نهایت پس از اعمال این ویژگی‌ها بر روی تصویر، بردار ویژگی بزرگی به دست خواهد آمد که مشخص می‌کند هر ویژگی در هر قسمت از تصویر چه مقداری داشته است. در این مرحله می‌توان شبکه عصبی را با تعداد بسیاری از تصاویر مثبت و منفی مثلاً تصاویری که اتومبیل هستند و تصاویری که اتومبیل نیستند، آموزش داد. پس از آموزش شبکه بردارهای ویژگی مختلفی خواهیم داشت که می‌توان با بررسی کلی و امتیازدهی ویژگی‌های مهم را نیز استخراج نمود.

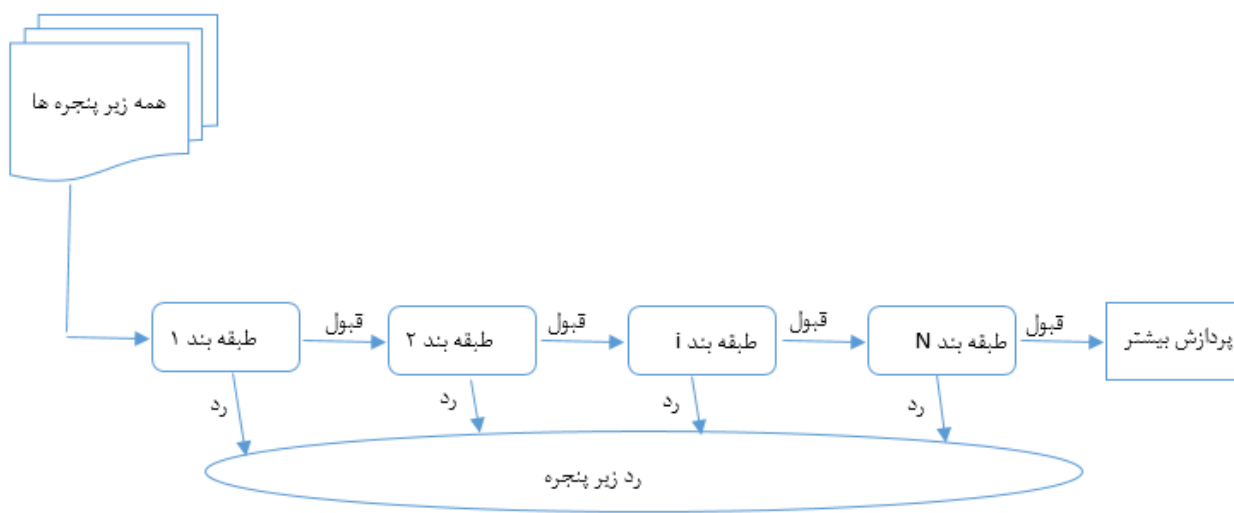
³⁸ Strong classifier



شکل ۳-۱۰: طبقه بندهای ضعیف و طبقه بندهای قوی

در پردازش تصویر ورودی تعداد بسیار زیادی زیر پنجره کاندید وجود دارد که بسیاری از آن‌ها اتومبیل را نشان نمی‌دهند. زمان بسیاری در پردازش برای رد کردن پنجره‌های غیر اتومبیل صرف می‌شود. لذا سیستم بایستی با بیشترین سرعت پنجره‌هایی که اتومبیل نیستند را رد کرده و پردازش اصلی بر روی اتومبیل‌ها را انجام دهد. در ساختار آبخاری در صورتی که در هر مرحله زیر پنجره به‌عنوان غیر اتومبیل شناخته شود، بلافاصله رد می‌شود و زیر پنجره‌ای به‌عنوان اتومبیل شناخته خواهد شد که تمامی مراحل را پشت سر بگذارد. برای جستجوی اتومبیل در کل تصویر پنجره جستجو در طول تصویر حرکت می‌کند. طبقه بند می‌تواند برای شناسایی اتومبیل تغییر اندازه بدهد که کاراتر از تغییر اندازه تصویر خواهد بود. لذا برای

جستجوی اتومبیل با اندازه نامشخص تابع پیمایش بایستی چندین مرتبه با مقیاس‌های متفاوت اجرا شود. کلمه آبخاری در این طبقه بند بر این مبنا است که نتیجه از چندین طبقه بند ساده‌تر حاصل خواهد شد. کلمه boost نیز به معنای این است که طبقه بندهای هر مرحله پیچیده هستند و از طبقه بندهای اولیه با تکنیک‌های boosting استفاده می‌کنند.



شکل ۳-۱۱: طبقه‌بندی آبخاری

هر چه توزیع اتومبیل‌های موجود در مجموعه تصاویر آموزش و اعتبارسنجی بزرگ‌تر باشد انعطاف‌پذیری سیستم افزایش می‌یابد. بنابراین مهم‌ترین عامل در طراحی سیستم شناسایی قوی، انتخاب مجموعه تصاویر آموزش و اعتبارسنجی مناسب است.

در این پایان‌نامه برای شناسایی اتومبیل‌ها از طبقه‌بندی آبخاری آدابوست که توسط شبکه عصبی آموزش دیده شده است استفاده شده است.

۳-۴ ردیابی اتومبیل

در این مرحله پس از این که اتومبیل‌های موجود در تصویر شناسایی شدند، باید مورد ردیابی قرار بگیرند. همان‌طور که در فصل دوم شرح داده شد روش‌های مختلفی برای ردیابی وجود دارد که به صورت کلی می‌توان آن‌ها را به روش‌های ردیابی بر اساس ویژگی، بر اساس مدل، بر اساس ناحیه و بر اساس کانتور تقسیم نمود. در این پایان‌نامه برای ردیابی از فیلتر کالمن که بر اساس ویژگی است، استفاده شده است.

۳-۴-۱ فیلتر کالمن

فیلتر کالمن مجموعه‌ای از الگوریتم‌های بازگشتی است که محل و عدم قطعیت اشیاء متحرک در فریم زمانی بعدی را تخمین می‌زند. یعنی در کجا بایستی به دنبال اتومبیل مورد نظر گشت و چه وسعتی از تصویر در فریم بعدی حول مکان‌های تخمین زده شده باید جستجو شود تا با اطمینان بالا اتومبیل پیدا شود. این روش به صورت بازگشتی، تخمین فعلی را به تمام محاسبات قبلی محدود می‌کند و این روند با تخمین‌های قبلی که برای پیش‌بینی استفاده می‌شوند، تکرار می‌شود. بازگشتی بودن از خصوصیات خوب فیلتر کالمن است که پیاده‌سازی عملی آن را ساده و ممکن می‌کند. اصول کار به این صورت است که در فیلتر کالمن، برداری به نام بردار حالت در نظر گرفته می‌شود. این بردار بیان‌کننده حالت سیستم است. فیلتر کالمن در هر مرحله با استفاده از اطلاعات حرکت در زمان‌های قبل، بردار حالت زمان بعدی را پیش‌بینی می‌کند. بردار حالت به صورت $X = (x, y, v_x, v_y)$ است که در آن x و y مؤلفه‌های مختصات متحرک v_x و v_y مؤلفه سرعت در جهت x و y است. معادله حالت به صورت زیر است:

$$X_{t+1} = \varphi_t X_t + w_t \quad \text{معادله ۳-۱۸}$$

که در آن w_t نویز سفید گوسی با میانگین صفر، X_{t+1} بردار حالت در زمان $t + 1$ و X_t بردار حالت در زمان t است که نشان‌دهنده شتاب حرکت است و ماتریس φ_t به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$\varphi_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & T & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{معادله ۳-۱۹}$$

T فاصله زمانی بین فریم‌هاست. بردار اندازه‌گیری به صورت $z = (x, y)$ در نظر گرفته شده و معادله ارتباط‌دهنده بردار حالت و بردار اندازه‌گیری به صورت معادله زیر بیان می‌شود:

$$Z_t = HX_t + e_t \quad \text{معادله ۳-۲۰}$$

در معادله فوق e_t خطای اندازه‌گیری و X_t بردار حالت در زمان t و Z_t بردار اندازه‌گیری در زمان t و H ماتریس ارتباط‌دهنده بردار حالت و بردار مشاهده است و به صورت معادله زیر تعریف شده است:

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{معادله ۳-۲۱}$$

با استفاده از فیلتر کالمن و از روی مسیر حرکت در زمان گذشته، موقعیت جدید اتومبیل در فریم بعد پیش‌بینی می‌شود. در فیلتر کالمن X_{t+1}^{-1} بردار حالت زمان بعدی است که با توجه به معادله زیر پیش‌بینی می‌شود:

$$X_{t+1}^{-1} = \varphi_t X_t \quad \text{معادله ۳-۲۲}$$

با جایگزینی معادله فوق در معادله ۳-۳ ماتریس مشاهده به دست می‌آید. ماتریس کوواریانس خطا که کوواریانس بین حالت پیش‌بینی شده و واقعی را نشان می‌دهد از معادله زیر به دست می‌آید:

$$\Sigma_{t+1}^{-1} = \varphi_t \Sigma_t (\varphi_t)^T + e_t \quad \text{معادله ۳-۲۳}$$

در معادله فوق $(\varphi_t)^T$ ترانزپوز φ_t و Σ_t ماتریس کوواریانس خطا در زمان t است. بر اساس ماتریس کوواریانس Σ_{t+1}^{-1} ناحیه‌ای برای جستجو تعریف شده است و در این ناحیه به جستجوی اتومبیل می‌پردازد

و مکان واقعی اتومبیل را به دست می‌آورد. از روی مختصات واقعی محاسبه شده، بردار حالت واقعی طبق معادله ۳-۲۴ زیر به دست آمده و پارامترهای پیش‌بینی شده برای مراحل بعد اصلاح می‌شوند.

$$X_{t+1} = X_{t+1}^{-1} + K_{t+1}(Z_{t+1} + HX_{t+1}^{-1}) \quad \text{معادله ۳-۲۴}$$

K_{t+1} ماتریس بهره است که از معادله زیر به دست می‌آید:

$$K_{t+1} = \frac{\Sigma_{t+1}^{-1} H^T}{H \Sigma_{t+1}^{-1} H^T} \quad \text{معادله ۳-۲۵}$$

۳-۵ راهکار پیشنهادی برای ردیابی

از آنجاکه هدف سیستم ما تشخیص تخلفات ترافیکی است و دنبال کردن اتومبیل مطرح نیست، راهکار پیشنهادی برای این پایان‌نامه به این صورت است که پس از شناسایی اتومبیل در هر فریم، مختصات نقاط مهم اتومبیل شناسایی شده که در این پایان‌نامه این نقطه مرکزی اتومبیل انتخاب شده است را در ماتریسی در حافظه نگهداری می‌نماییم و به همین ترتیب در فریم‌های متوالی این مختصات به ماتریس افزوده خواهد شد. با در نظر گرفتن شرط صدق نقطه در مختصات ابتدا و انتهای مسیر و تخمین تعداد فریم‌هایی که برای عبور یک اتومبیل از ابتدا تا انتهای مسیر در صحنه موردنظر نیاز است می‌توان به تعداد فریمی که برای طی مسیر نیاز است مؤلفه به ماتریس موردنظر اضافه نمود و سپس عمل پردازش برای تشخیص مسیر حرکت اتومبیل را روی ماتریس انجام داد. برای این که در ردیابی تشخیص داده شود که نقطه کنونی ادامه حرکت کدام یک از اتومبیل‌های موجود در صحنه است، می‌توان از فیلتر کالمن استفاده نمود. فیلتر کالمن در واقع با توجه به مختصات کنونی اتومبیل و حرکت آن مختصات اتومبیل در فریم بعدی را پیش‌بینی خواهد نمود.

به این ترتیب پس از گذشت حداقل تعداد فریم^{۳۹} ماتریسی به وجود خواهد آمد که شامل مختصات مراکز ثقل اتومبیل‌ها در هر فریم است. حال می‌توان پردازش موردنیاز را روی ماتریس انجام داد. برای پردازش مراحل زیر به ترتیب انجام خواهد گرفت:

۱. مرتب‌سازی ماتریس بر اساس مختصات به صورت نزولی به صعودی: از آنجاکه معمولاً و در

صورت یکنواخت بودن حرکت اتومبیل‌ها با همان تقدم و تأخری که در صحنه کنونی هستند در صحنه آتی نیز خواهند بود، با مرتب‌سازی مؤلفه‌های ماتریس به صورت صعودی ترتیب اتومبیل‌ها به صورت تقریبی رعایت خواهد شد.

۲. اعمال فیلتر کالمن برای هر کدام از مؤلفه‌های ماتریس: برای این که در صورت وجود تشابه یا

نزدیکی بتوان در تشخیص نقطه بعدی یک اتومبیل انتخاب درستی داشت، می‌توان از فیلتر کالمن برای پیش‌بینی نقطه بعدی استفاده نمود. در این صورت نقطه‌ای نقطه برنده خواهد بود که به نتیجه حاصل از پیش‌بینی کالمن نیز نزدیک باشد.

۳. اسکن سطر به سطر ماتریس: ماتریس موردنظر به صورت سطر به سطر اسکن خواهد شد و نقاط

موجود در آن به ترتیب با در نظر گرفتن نتایج حاصل از فیلتر کالمن به لیستی افزوده می‌شوند. به این ترتیب لیست حاصل توالی نقاط مسیر حرکت را در بر خواهد داشت. و می‌توان به راحتی با دنبال کردن این توالی مسیر حرکت هر کدام از اتومبیل‌های موجود در صحنه را به دست آورد.

۴. مقایسه مسیر حرکت اتومبیل با مسیر حرکت اصلی و بررسی تخلف: در نهایت می‌توان با

توجه به مسیر اصلی حرکت که توسط حرکت مجموعه اتومبیل‌ها به دست می‌آید، و مقایسه آن با مسیری که هر اتومبیل طی کرده است تخلفات از قوانین را شناسایی نمود.

^{۳۹} در این پایان‌نامه حداقل تعداد فریم‌ها برای عمل پردازش ۱۰۰ فریم در نظر گرفته شده است

اتومبیل‌های موجود در صحنه					شماره فریم
	۴	۳	۲	۱	فریم ۱
	۳	۲	۱	۵	فریم ۲
۳	۲	۱	۵	۶	فریم ۳
		۱	۵	۶	فریم ۴
...

جدول ۳-۱: تشکیل ماتریس مختصات حرکت و این که در هر فریم کدام اتومبیل‌ها در صحنه حضور دارند

۳-۶ تعریف قوانین ترافیکی

قوانین ترافیکی موجود در هر صحنه‌ای متفاوت است. همچنین قوانین موجود در بزرگراه‌ها و معابر شهری متفاوت هستند که عدم رعایت هر کدام از این قوانین تخلف محسوب می‌شود. برخی تخلفات مهم از قوانین در معابر شهری و بزرگراه‌ها به صورت زیر می‌باشند:

بزرگراه‌ها: سرعت غیرمجاز، حرکت دنده عقب، توقف در مسیر بزرگراه، تغییر ناگهانی مسیر حرکت و گردش ناگهانی به چپ، حرکت مارپیچ، سبقت از راست، عدم رعایت فاصله ایمنی، تجاوز به چپ از محور راه، سبقت غیرمجاز، توقف در ابتدا و انتهای پیچ‌ها و روی پل و داخل تونل و ...

معابر شهری: دور زدن در مکان غیرمجاز، سبقت غیرمجاز، توقف دوبله در محل ایستادن ممنوع، توقف و سد معبر در سطح یا حریم تقاطع‌ها و میدان‌ها و یا سطوح شطرنجی، توقف در ابتدا و انتهای پیچ‌ها و روی پل و داخل تونل و یا داخل حریم تقاطع‌های راه‌آهن، عدم رعایت مسیرهای تعیین شده حرکت در معابر

منتهی به تقاطع‌ها، عدم رعایت مقررات گردش‌ها، توقف در ایستگاه‌های وسایل نقلیه عمومی، گردش به چپ یا راست در محل ممنوع، توقف دوبله در معابر، توقف در محل پارک ممنوع، عبور از چراغ قرمز و ...

تشخیص برخی از تخلفات مذکور امری بسیار مهم است چراکه ممکن است باعث ایجاد تصادف و حوادث جانی و مالی گردد. علاوه بر این معمولاً تخلفات در بزرگراه‌ها حادثه‌آفرین‌تر می‌باشند و به همین دلیل تشخیص آن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. معابر شهری از نظر گلوگاه بودن و کنترل ترافیک اهمیت دارند. صحنه‌ای که در این پایان‌نامه بررسی شده است مربوط به محل دوربرگردان یکی از بزرگراه‌های تهران^{۴۰} است. برخی تخلفات مهمی که در این صحنه ممکن است وجود داشته باشند عبارت‌اند از: سرعت غیرمجاز، حرکت دنده عقب، توقف در بزرگراه، تغییر ناگهانی مسیر حرکت، حرکت مارپیچ، سبقت از راست.

برای این‌که تشخیص داده شود که در هر صحنه‌ای چه قوانینی وجود دارد روش‌های مختلفی وجود دارد. اما اکثر قوانین را می‌توان با توجه به مسیر اصلی حرکت اتومبیل‌ها وضع نمود. لذا قبل از هر کار باید مسیر اصلی حرکت اتومبیل‌ها تشخیص داده شود. برای انجام این کار نیز روش‌های مختلفی وجود دارد:

✓ **تنظیم کردن دوربین:** در این روش دوربین‌هایی که از صحنه تصویر تهیه می‌کنند در مختصات خاصی به صورت کاملاً ثابت تنظیم می‌شوند به این ترتیب مختصات مسیر اصلی حرکت مشخص خواهد بود.

✓ **تنظیم شخصی:** در این روش کاربر می‌تواند به صورت دستی مختصات مسیر اصلی حرکت در صحنه را در سیستم وارد نماید.

✓ **تشخیص خودکار:** در این روش به هنگام پردازش تصاویر با توجه به مسیر حرکت کلیه اتومبیل‌های موجود در صحنه، مسیر اصلی حرکت اتومبیل‌ها در آن صحنه محاسبه خواهد شد.

^{۴۰} بزرگراه چمران

۳-۷ تشخیص تخلفات ترافیکی

پس از این که مسیر اصلی حرکت و نیز مسیر حرکت هر کدام از اتومبیل‌ها تشخیص داده شد، می‌توان با بررسی آن‌ها تخلفات احتمالی را تشخیص داد. در ادامه چگونگی تشخیص برخی از این تخلفات بررسی شده در این پایان‌نامه شرح داده خواهد شد:

۱. **توقف در مسیر حرکت:** تشخیص این تخلف بسیار ساده است. برای انجام این کار لیستی که

شامل مختصات مسیر حرکت اتومبیل است بررسی خواهد شد و در صورتی که در طول کلیه فریم‌ها مختصات حول نقطه‌ای ثابت باشد و تغییر محسوس نداشته باشد، تشخیص داده می‌شود که اتومبیل در آن نقطه متوقف شده است.

۲. **تغییر ناگهانی مسیر حرکت:** برای تشخیص این تخلف زاویه مسیر اصلی حرکت و مسیر حرکت

هر کدام از اتومبیل‌ها محاسبه خواهد شد. در صورتی که این زاویه‌ها مشابه یکدیگر بوده و یا اختلاف کمی داشته باشند به معنای حرکت صحیح است ولی در صورتی که اختلاف زوایا زیاد و محسوس باشد، نشان‌دهنده آن خواهد بود که اتومبیل تغییر ناگهانی مسیر به چپ یا راست داده است و مرتکب تخلف شده است.

۳. **حرکت دنده عقب:** این تخلف نیز با بررسی لیست مسیر حرکت قابل تشخیص خواهد بود. به این

صورت که مختصات نقطه ابتدا و انتهای لیست با یکدیگر مقایسه خواهد شد و در صورتی که مختصات نقطه انتهای لیست کمتر از مختصات نقطه ابتدای آن باشد، اتومبیل مرتکب تخلف حرکت دنده عقب شده است.

۴. **سرعت غیرمجاز:** فاصله بین هر نقطه با نقطه بعدی‌اش در لیست مقداری مشخص و ثابت است

که توسط فرمول سرعت می‌توان سرعت بین نقاط را به دست آورد. با محاسبه سرعت بین نقاط

ابتدا و انتهای لیست می‌توان سرعت اتومبیل در مسیر را محاسبه نموده و تقریب زد و در صورتی که سرعت محاسبه شده کمتر یا بیشتر از حد مجاز بود مرتکب تخلف شده است.

۳-۸ جمع بندی

در این فصل روش پیشنهادی در تشخیص تخلفات شرح داده شد. در ابتدا عمل پیش پردازش برای بهبود کیفیت تصویر و همچنین کاهش نویز بر روی فریم‌های تصویر انجام شد. پس از انجام پیش پردازش برای شناسایی اتومبیل‌ها در فریم‌های تصویر از روش الگوی باینری محلی چند بلاکی به همراه طبقه بند آبخاری مبتنی بر آداپوست استفاده شد. پس از آن با بررسی فریم‌های متوالی و با تکیه بر پیش بینی نقطه بعدی حرکت اتومبیل توسط فیلتر کالمن، مسیر حرکت هر کدام از اتومبیل‌های موجود در فریم تشخیص داده شد و لیستی شامل مسیر کلیه اتومبیل‌ها ایجاد شد. سپس قوانین ترافیکی موجود در صحنه مورد بررسی به دست آمده و یا استخراج شد. در نهایت با پردازشی که روی مؤلفه‌های لیست انجام شد و مقایسه‌ای که با قوانین موجود در آن صحنه انجام گرفت، تخلفات احتمالی اتومبیل‌ها مورد شناسایی قرار گرفت.

فصل چهارم: پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

۴-۱ مقدمه

در فصل دوم روش‌های تشخیص و ردیابی اتومبیل‌ها معرفی شد. همچنین در فصل سوم روش پیشنهادی که در این پایان‌نامه استفاده شده است مورد بررسی قرار گرفت. در این فصل چگونگی پیاده‌سازی روش پیشنهادی و نتایج حاصل از آن شرح داده شده و نتایج حاصل از آن ارائه شده است.

۴-۲ پیاده‌سازی

این سیستم به زبان C# پیاده‌سازی شده است. برای پیاده‌سازی آن از کتابخانه Open CV⁴¹ استفاده شده است و برای شناسایی اتومبیل‌ها از یک فایل XML که شامل انواع اتومبیل‌های آموزش داده شده به شبکه عصبی است و به صورت استاندارد توسط Open CV تولید و ارائه شده است، استفاده شده است. کتابخانه Open CV تحت لیسانس BSD منتشر شده است و به صورت علمی و تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کتابخانه حدود ۵۰۰ تابع متن‌باز برای پردازش تصاویر و بینایی ماشین دارد و در حال حاضر می‌توان با واسط‌هایی به زبان‌های مختلف از جمله C و C++ و C# و Python و Java و در پلت فرم‌های مختلف از آن استفاده نمود. برای هر کدام از زبان‌های نامبرده شده کتابخانه متناظر آن به صورت آماده وجود دارد. از قوی‌ترین و مفیدترین آن‌ها EMGU CV و Open CV می‌باشند که می‌توان آن‌ها را با زبان C# مورد استفاده قرار داد.





۴-۳ ارزیابی نتایج

پس از پیاده‌سازی روش پیشنهادی برای مراحل مختلف نتایج حاصل به صورت زیر خواهد بود:

⁴¹ Open Source Computer Vision

۴-۳-۱ مرحله پیش پردازش

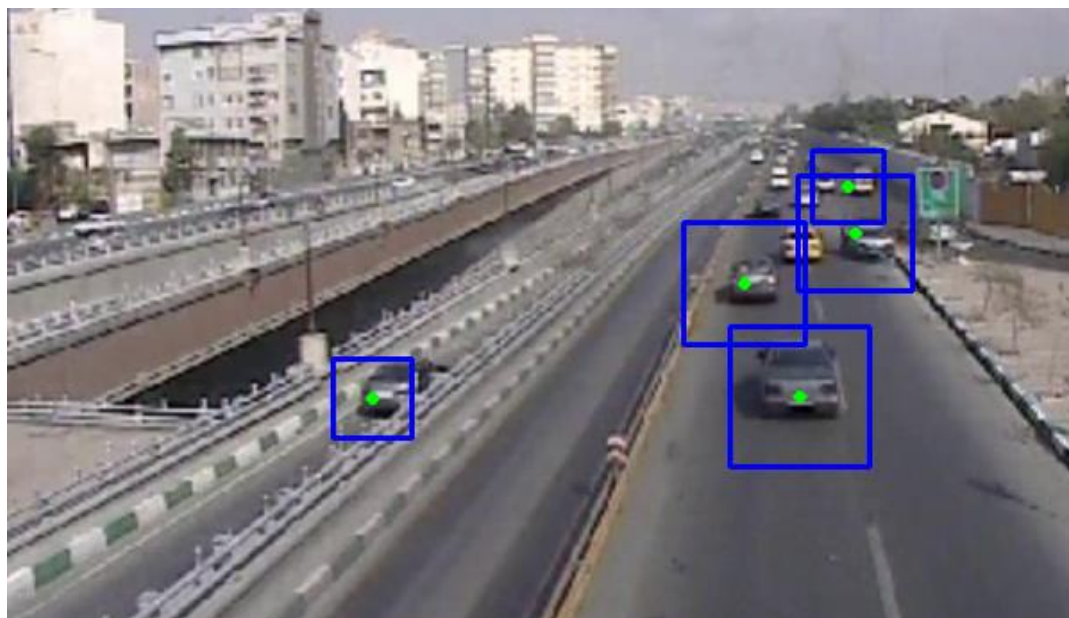
برای این مرحله ابعاد تصویر توسط هرم گوسین کاهش داده شد و سپس درون یابی خطی بر روی تصویر صورت گرفت. برای بهبود روشنایی تصویر هیستوگرام تصویر متعادل سازی و سپس برای کاهش نویزهای موجود در تصویر از فیلتر گوسین استفاده شد. جدول زیر نتایج مربوط به شناسایی اتومبیل ها در صحنه های مختلف بدون انجام پیش پردازش و با انجام پیش پردازش را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، عمل پیش پردازش کارایی را افزایش داده و باعث تشخیص اتومبیل های بیشتری در صحنه ها می شود.

شناسایی بدون پیش پردازش	شناسایی با پیش پردازش
 <p data-bbox="293 1171 589 1205">تعداد اتومبیل شناسایی شده: ۱</p>	 <p data-bbox="878 1186 1174 1220">تعداد اتومبیل شناسایی شده: ۳</p>
 <p data-bbox="293 1528 589 1562">تعداد اتومبیل شناسایی شده: ۴</p>	 <p data-bbox="878 1528 1174 1562">تعداد اتومبیل شناسایی شده: ۵</p>

جدول ۴-۱: مقایسه نتایج تشخیص اتومبیل ها در تصویر با انجام عمل پیش پردازش و بدون انجام عمل پیش پردازش

۴-۳-۲ مرحله شناسایی

در مرحله شناسایی اتومبیل‌ها از طبقه‌بندی آبشاری آدابوست که توسط شبکه عصبی آموزش داده شده است استفاده شده است، برای پیاده‌سازی این طبقه بند توابع موجود در کتابخانه Open CV و فایل XML آموزش داده شده به شبکه عصبی به کاررفته است. در ادامه نتایج حاصل از شناسایی توسط این طبقه بند در صحنه‌های مختلف نشان داده شده است.



شکل ۴-۱: تشخیص اتومبیل توسط طبقه بند آبشاری در روشنایی معمولی



شکل ۴-۲: تشخیص اتومبیل توسط طبقه بند آبخاری در شب برفی



شکل ۴-۳: تشخیص اتومبیل توسط طبقه بند آبخاری در ازدحام



شکل ۴-۴: تشخیص اتومبیل توسط طبقه بند آبخاری در روشنایی کم و از فاصله دور

۴-۳-۳ مرحله ردیابی

در این مرحله ردیابی اتومبیل‌ها توسط نگهداری مختصات نقاط ثقل آن‌ها در آرایه و سپس مرتب‌سازی و مقایسه آن‌ها با پیش‌بینی فیلتر کالمن و درنهایت انتقال آن‌ها به یک لیست انجام شده است. درنهایت می‌توان مسیر طی شده توسط اتومبیل را ترسیم نموده و آن را مورد بررسی قرارداد.

۴-۳-۴ مرحله تعریف قوانین

قوانین موجود در صحنه‌های مختلف متفاوت است. در این پایان‌نامه چند صحنه با تخلف‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت و قوانین مربوط به این صحنه‌ها نیز تعریف گردیده است. از جمله:

- ✓ عدم توقف در حریم بزرگراه‌ها و میدان‌ها شهر که توسط بررسی نقاط ابتدا و انتهای مسیر حرکت اتومبیل قابل شناسایی است.
- ✓ انحراف به چپ که توسط مقایسه زاویه اصلی حرکت با زاویه حرکت هرکدام از اتومبیل‌ها قابل شناسایی است.


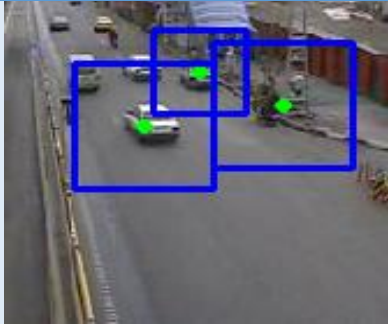

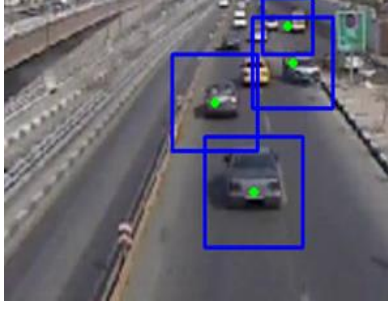


✓ دور زدن ممنوع که توسط مقایسه زاویه اصلی حرکت با زاویه حرکت هرکدام از اتومبیل‌ها قابل شناسایی است.

۴-۳-۵ مرحله تشخیص تخلف

در مرحله نهایی با توجه به مسیر اصلی حرکت و مسیر هرکدام از اتومبیل‌ها و نیز قوانین وضع شده تخلفات مورد بررسی قرار گرفته است. برای این کار مسیر اصلی حرکت توسط پردازش و بررسی مسیر کلیه اتومبیل‌های موجود در صحنه شناسایی شده است. مدت زمانی که طول می‌کشد تا اتومبیل وارد کادر تصویر شده و از آن خارج شود به صورت تقریبی ۱۰۰ فریم در نظر گرفته شده است. بنابراین پس از طی شدن هر ۱۰۰ فریم عمل تشخیص تخلف بررسی خواهد شد. در ادامه نتایج حاصل از سیستم پیشنهادی برای هرکدام از آن‌ها ارائه شده است.

۴-۳-۱ توقف در حریم بزرگراه و میدان


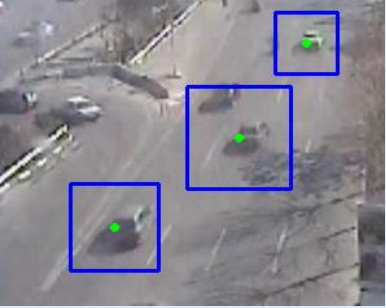


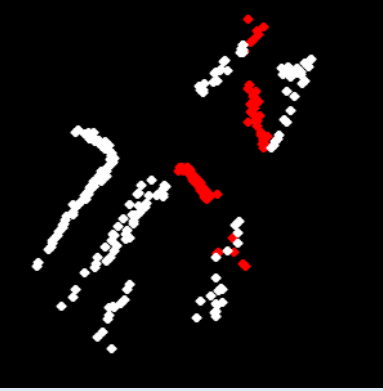
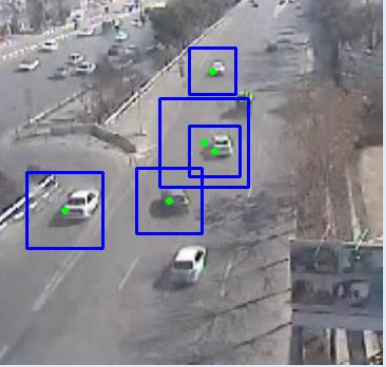
شناسایی این تخلف توسط بررسی نقاط ابتدا و انتهای مسیر حرکت اتومبیل قابل شناسایی است. در جدول زیر نتایج حاصل از سیستم پیشنهادی برای شناسایی این تخلف در چند تصویر نمونه نشان داده شده است.

خروجی سیستم پیشنهادی در تشخیص تخلف	تصویر ورودی به سیستم پیشنهادی	تخلف
		توقف در حاشیه بزرگراه اشرفی
		توقف در حاشیه بزرگراه چمران
		توقف در میدان ونک

جدول ۴-۲: شناسایی تخلف توقف در حریم بزرگراه و میدان

۴-۳-۵-۲ انحراف به چپ




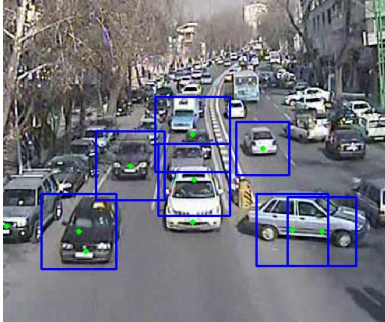
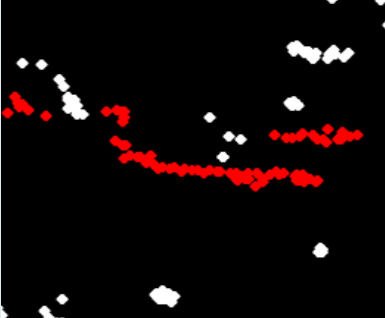
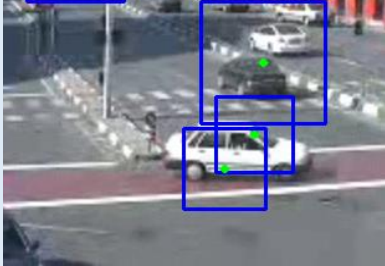
شناسایی این تخلف توسط مقایسه زاویه اصلی حرکت با زاویه حرکت هر کدام از اتومبیل‌ها قابل شناسایی است. در جدول زیر نتایج حاصل از سیستم پیشنهادی برای شناسایی این تخلف در چند تصویر نمونه نشان داده شده است.

خروجی سیستم پیشنهادی در تشخیص تخلف	تصویر ورودی به سیستم پیشنهادی	تخلف
		عدم تخلف در بزرگراه چمران
		انحراف به چپ در بزرگراه چمران
		انحراف به چپ در بزرگراه چمران

جدول ۳-۴: خروجی سیستم پیشنهادی در تشخیص تخلف انحراف به چپ

۳-۴-۳-۵-۳ دور زدن ممنوع


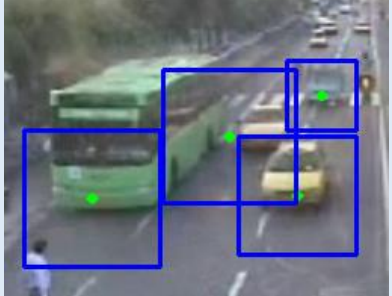


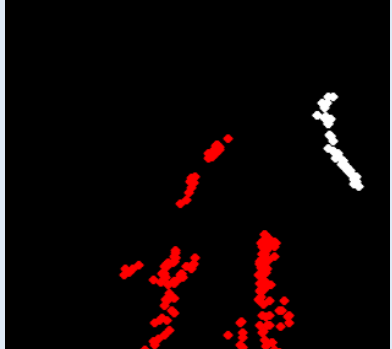
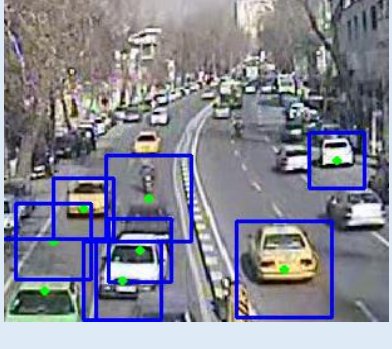
شناسایی این تخلف توسط مقایسه زاویه اصلی حرکت با زاویه حرکت هر کدام از اتومبیل‌ها قابل‌شناسایی است. در جدول زیر نتایج حاصل از سیستم پیشنهادی برای شناسایی این تخلف در چند تصویر نمونه نشان داده شده است.

خروجی سیستم پیشنهادی در تشخیص تخلف	تصویر ورودی به سیستم پیشنهادی	تخلف
		عدم تخلف در خیابان شریعتی
		دور زدن ممنوع در خیابان شریعتی
		دور زدن ممنوع در قیطریه

جدول ۴-۴: خروجی سیستم پیشنهادی در تشخیص تخلف دور زدن ممنوع

۴-۳-۵-۴ حرکت در خلاف جهت

شناسایی این تخلف توسط مقایسه زاویه اصلی حرکت با زاویه حرکت هر کدام از اتومبیل‌ها قابل شناسایی است. در جدول زیر نتایج حاصل از سیستم پیشنهادی برای شناسایی این تخلف در چند تصویر نمونه نشان داده شده است.

خروجی سیستم پیشنهادی در تشخیص تخلف	تصویر ورودی به سیستم پیشنهادی	تخلف
		تخلف توقف در خیابان پاچنار
		حرکت خلاف جهت در خیابان پاچنار
		حرکت خلاف جهت در خیابان شریعی

جدول ۴-۵: خروجی سیستم پیشنهادی در تشخیص تخلف حرکت در خلاف جهت

۴-

پس از بررسی نتایج حاصل از پردازش چندین صحنه تخلف توسط سیستم پیشنهادی، می توان دقت این سیستم را تخمین زد. روش پیشنهادشده در این سیستم برای تشخیص اتومبیل ها به کیفیت تصاویر و نیز

زاویه دید دوربین بسیار وابسته است.^{۴۲} به طوری که برای داشتن بهترین کارایی، دوربین باید در فاصله مناسب و با زاویه دید مناسب ثابت شده باشد. پس از تشخیص اتومبیل و ردیابی آن با بررسی روش پیشنهاد شده برای تشخیص تخلف، کارایی بسیار مناسبی برای این روش تخمین زده شد. در ادامه محاسبه دقت تشخیص کلیه تخلفات در سیستم پیشنهادی و همچنین دقت تشخیص به صورت تفکیک شده برای هر تخلف نشان داده شده است.

$$\text{معادله ۴-۱} = \frac{\text{تخلف شده و تشخیص داده}}{\text{تخلف نشده و تشخیص داده} + \text{تخلف شده و تشخیص داده}} = \frac{48}{52} = \text{فراخوانی}$$

92.30%

$$\text{معادله ۴-۲} = \frac{\text{تخلف نشده و تشخیص داده}}{\text{تخلف نشده و تشخیص داده} + \text{تخلف نشده و تشخیص داده}} = \frac{116}{128} = 90.62\% = \text{دقت}$$

ردیف	تعداد واقعی اتومبیل‌ها	تعداد اتومبیل شناسایی شده	دقت محاسبات %
۱	۲۸۱	۱۶۰	۵۶,۹۳%
۲	۱۳۵	۸۵	۶۲,۹۶%
۳	۱۳۰	۹۲	۷۰,۷۶%
۴	۱۰۴	۷۱	۶۸,۲۶%

جدول ۴-۶: نتایج سیستم پیشنهادی برای شناسایی اتومبیل‌ها در تصویر

^{۴۲} تصاویر مورد بررسی در این پایان‌نامه توسط دوربین‌های شرکت کنترل ترافیک تهران ضبط شده است و از آنجاکه با توجه به زمینه کاربرد این دوربین‌ها، زاویه دید آن‌ها متغیر است و در فواصل متفاوت نصب شده‌اند و یا توسط اپراتور حرکت داده می‌شود؛ در برخی تصاویر ممکن است سیستم پیشنهادی کارایی مناسبی نداشته باشد.

نوع	تعداد واقعی تخلفات	تعداد تخلف شناسایی شده	دقت محاسبات %
توقف در حریم بزرگراه و میدان	۱	۱	٪۱۰۰
	۱	۱	٪۱۰۰
	۱	۲	٪۶۶,۶۶
انحراف به چپ	۰	۰	٪۱۰۰
	۱	۱	٪۱۰۰
	۲	۳	٪۷۵
دور زدن ممنوع	۰	۰	٪۱۰۰
	۱	۱	٪۱۰۰
	۲	۳	٪۷۵
حرکت در خلاف جهت	۰	۰	٪۱۰۰
	۱	۱	٪۱۰۰
	۲	۲	٪۱۰۰

جدول ۴-۷: نتایج سیستم پیشنهادی برای تشخیص تخلفات در تصاویر جداول ۲-۴ تا ۵-۴ به تفکیک نوع تخلف

نوع	تعداد واقعی تخلفات	تعداد تخلف شناسایی شده	دقت محاسبات %
توقف در حریم بزرگراه و میدان	۱۵	۲۲	٪۶۸,۱۸
انحراف به چپ	۱۳	۱۵	٪۸۶,۶۶
دور زدن ممنوع	۱۳	۱۴	٪۹۲,۸۵
حرکت در خلاف جهت	۴۱	۴۴	٪۹۳,۶۱

جدول ۴-۸: نتایج سیستم پیشنهادی برای تشخیص تخلفات به تفکیک نوع تخلف

پس از این که تخلف توسط سیستم پیشنهادی مورد شناسایی قرار گرفت، باید با کمک سیستم‌های دیگری مثل سیستم تشخیص پلاک اتومبیل‌ها، اتومبیل متخلف مورد شناسایی قرار گیرد و اقدامات لازم برای آن‌ها انجام شود.

۴-۵ سرعت سیستم پیشنهادی

سیستم پیشنهادی باید به صورت بلادرنگ عمل نموده تا در صورت تشخیص تخلف بتواند توسط سیستم‌های دیگر مثل تشخیص پلاک یا سیستم‌های اطلاع‌رسانی نظارت‌های ترافیکی که با آن در تعامل هستند اقدام به شناسایی یا دستگیری اتومبیل متخلف شود. سرعت پردازش با روش پیشنهادی برای انجام این کار قابل قبول است. در جدول زیر نتایج حاصل از پردازش‌های مختلف توسط روش پیشنهادی آورده شده است که نشان‌دهنده سرعت بالای این روش در تشخیص است.

نوع	متوسط زمان پردازش (میلی ثانیه)
توقف در حریم بزرگراه و میدان	۳۷,۴۴
انحراف به چپ	۳۷,۲۵
دور زدن ممنوع	۴۸,۸۲
حرکت در خلاف جهت	۴۹,۹

جدول ۴-۹: نتایج زمان پردازش سیستم پیشنهادی برای تشخیص تخلفات به تفکیک نوع تخلف

۴-۶ جمع‌بندی

در این فصل روش پیشنهادی برای تشخیص تخلفات ترافیکی پیاده‌سازی و مورد ارزیابی قرار گرفت. برای پیاده‌سازی از زبان C# و کتابخانه Open CV متناظر با آن استفاده شده است. مرحله پیش‌پردازش برای حذف نویز و بهبود کیفیت پیاده‌سازی و نتایج آن مشاهده شد. مرحله شناسایی اتومبیل‌ها نیز توسط توابع مخصوص این کتابخانه پیاده‌سازی و نتایج حاصل از آن مورد بررسی قرار گرفت. سپس مرحله ردیابی با پیاده‌سازی فیلتر کالمن در سیستم انجام شد و در نهایت مرحله تشخیص تخلفات در سیستم پیاده‌سازی شد و نتایج حاصل از آن برای تخلفات متفاوت مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف از این پایان‌نامه ارائه راهکاری برای شناسایی تخلف است و همان‌طور که شرح داده شد برای انجام این کار از ذخیره کردن مسیر حرکت اتومبیل‌ها و مقایسه آن‌ها با روش‌های صحیح حرکت استفاده شده است.

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و کارهای آتی

۵-۱ نتیجه گیری

در این پایان نامه تشخیص تخلفات ترافیکی مورد بررسی قرار گرفته است. تصاویر ترافیکی به صورت دنباله‌ای از فریم‌ها هستند. برای تشخیص تخلف و حرکات غیرمجاز اتومبیل‌ها به صورت کلی سه مرحله وجود دارد. قبل از این سه مرحله نیز برای بهبود کیفیت و حذف نویز می‌توان پیش پردازش‌هایی را روی فریم‌های تصویر انجام داد. در مرحله اول شناسایی اتومبیل‌ها در فریم مربوطه انجام می‌شود. برای شناسایی اتومبیل‌های مختلفی وجود دارد که در فصل دوم مورد بررسی قرار گرفته است. در هدف مورد نظر این پایان نامه، از بین روش‌های ذکر شده برای تشخیص اتومبیل‌های متحرک بر رنگ روش مناسبی نیست چراکه نیازمند اطلاع قبلی از رنگ اتومبیل است و از طرفی در شرایط مختلف جوی یا روشنایی ممکن است تناقض‌هایی وجود داشته باشد. روش مبتنی بر ناحیه روش‌های مناسبی هستند اما هنگام همپوشانی ممکن است ضعیف عمل کنند. روش تفاضل فریم‌ها روش بسیار مناسبی است اما در صورت وجود نویز در تصویر ممکن است به خوبی عمل نکند. از آنجاکه اتومبیل یک جسم صلب متحرک در تصویر است روش جریان نوری مناسب‌ترین روش برای تشخیص است. تنها مشکل این روش بار محاسباتی زیاد آن است که هزینه محاسباتی بالایی را برای پردازش تحمیل خواهد نمود. به دلیل این که در هدف مورد نظر علاوه بر تشخیص صحیح و مناسب، بلادرنگ بودن سیستم نیز اهمیت زیادی دارد، از روش الگوی باینری محلی چند بلاکی به همراه طبقه بند آبخاری مبتنی بر آدابوست استفاده شده است. این روش جزو روش‌های مبتنی بر ویژگی است و به دلیل استخراج ویژگی‌های مناسب اتومبیل‌ها و آموزش شبکه‌های عصبی کارایی نسبتاً مناسبی برای هدف مورد نظر پایان نامه خواهد داشت. پس از این که عمل شناسایی اتومبیل انجام شد در مرحله دوم باید مورد ردیابی قرار گیرد. در فصل دوم روش‌های متعددی نیز برای ردیابی اتومبیل‌ها شرح داده شد. روش بر اساس مدل از تطبیق مدل اتومبیل و تصویر استفاده می‌کند و برای ردیابی اتومبیل که یک جسم صلب است روشی مناسب است اما این روش برای تصاویری که تعداد کمی اتومبیل در آن وجود دارد مناسب است و در تصاویر شلوغ

کارایی مناسبی ندارد از طرفی تطابق مدل با تصویر نیازمند بار محاسباتی زیادی است که همان‌طور که گفته شد به دلیل بلادرنگ بودن سیستم هدف، هزینه محاسباتی بالا و در نتیجه کاهش سرعت قابل قبول نیست. روش بر اساس ناحیه توسط هیستوگرام رنگ یا کرنل‌های گوسین ناحیه تصویر را مورد ردیابی قرار می‌دهند اما در صورت وجود همپوشانی ممکن است در تشخیص ناحیه دچار مشکل شده و عملکرد مناسبی نداشته باشند. روش بر اساس کانتور عملکرد بهتری از روش ناحیه دارد. مناسب‌ترین روش برای هدف موردنظر، روش مبتنی بر ویژگی است که در آن ویژگی‌های شیء گروه‌بندی شده و سپس به کمک الگوریتم‌های مناسب ردیابی خواهد شد. این روش بر مشکل همپوشانی جزئی غلبه کرده و در صورتی که دو یا چند اتومبیل در تصویر باهم همپوشانی داشته باشند باز هم می‌تواند مفید باشد. همچنین این روش نسبت به میزان روشنایی یک تصویر با پس‌زمینه‌اش نیز مقاوم است. فیلتر کالمن یکی از روش‌های کارا و مناسب برای پیش‌بینی حرکت بعدی اتومبیل و ردیابی آن است و از فیلتر کالمن برای تشخیص صحیح حرکت بعدی اتومبیل مورد ردیابی در تصویر استفاده شده است. در این مرحله مختصات مسیر حرکت هر کدام از اتومبیل‌ها به صورت موقتی در سیستم نگهداری خواهد شد تا پردازش‌های موردنیاز بر روی آن انجام شود. در مرحله سوم توالی و مسیر حرکت اتومبیل که در مراحل قبل به دست آمده است مورد پردازش قرار خواهد گرفت و با قوانین ترافیکی موجود مقایسه خواهد شد. در صورت وجود تناقض می‌توان تخلف موردنظر را شناسایی نمود. برای مثال در صورتی که زاویه حرکت اتومبیل در مسیر طی شده با زاویه حرکت مسیر اصلی حرکت متفاوت باشد اتومبیل مرتکب تخلف انحراف از مسیر حرکت شده است. توسط نقاط ابتدایی و انتهایی مسیر حرکت می‌توان سرعت متوسط اتومبیل‌ها در حرکت را به دست آورد و در صورتی که این سرعت بیشتر از سرعت مجاز باشد، اتومبیل مرتکب تخلف شده است. در صورت منطبق بودن نسبی نقطه ابتدایی و انتهایی مسیر حرکت می‌توان متوجه توقف اتومبیل در مسیر حرکت شد و همچنین در صورت کوچک‌تر بودن مختصات نقطه انتهایی از نقطه ابتدایی حرکت اتومبیل حرکتی در خلاف مسیر اصلی حرکت داشته است و

مرتکب تخلف شده است. نتایج نشان می‌دهد، دقت محاسبات این روش برای تخلف توقف ۶۸,۱۸٪، انحراف به چپ ۸۶,۶۶٪، دور زدن ممنوع ۹۲,۸۵٪ و حرکت در خلاف جهت ۹۳,۶۱٪ است. پس از این که این تخلفات مورد شناسایی قرار گرفتند می‌توان توسط مکانیزم های دیگری که در حیطه مورد بحث این پایان نامه نیست شناسایی پلاک اتومبیل مورد نظر را انجام داده و تخلف انجام شده را برای آن ثبت نمود.

در پایان این نکته یادآوری می‌شود که یکی از اصول پردازش های نظارتی تصاویر، تنظیم بودن و ثابت بودن دوربین در زاویه خاص است. بنابراین همان طور که در فصل پیاده سازی و ارزیابی نتایج مشاهده شد، در صحنه هایی که دوربین در زاویه مناسب برای تصویربرداری قرار ندارد عمل تشخیص و ردیابی به روش سیستم پیشنهادی کارایی مناسبی ندارد.

۵-۱ کارهای آتی

در نهایت پیشنهادهایی که ممکن است باعث بهبود کارایی سیستم تشخیص تخلفات ترافیکی شوند ارائه می‌شود:

۱. روش استفاده شده در این پایان نامه در شرایط با روشنایی معمولی کارایی مناسبی دارد اما در شرایط با روشنایی کم نمی‌تواند به خوبی عمل کند و کارایی مناسبی داشته باشد. همچنین در شرایط جوی مانند مه و برف و باران کارایی این روش مناسب نیست. می‌توان به صورت هم زمان از چندین روش برای شناسایی و ردیابی استفاده نمود به طوری که با توجه شرایط مختلف جوی و روشنایی مؤثرترین روش شناسایی و ردیابی به کار گرفته شود. برای مثال در مورد تصاویر با روشنایی کم روش تفاضل پس زمینه عملکرد مناسب تری نسبت به روش ویژگی ها برای شناسایی و ردیابی اتومبیل خواهد داشت.

۲. برای بهبود عملکرد سیستم می‌توان ویژگی‌های مناسب‌تری را برای تشخیص اتومبیل‌ها در نظر گرفت و با آموزش‌های بیشتر و متنوع‌تر شبکه عصبی، سیستم تشخیص قوی‌تری را تهیه نمود. به‌طوری‌که بتواند عمل تشخیص را از زوایای مختلف نیز به‌خوبی انجام دهد. زیرا تصاویر ترافیکی موجود توسط دوربین‌هایی تهیه می‌شوند که به‌وسیله اپراتورها قابل تحرک و زوم کردن روی بخش‌های مختلف هستند بنابراین به دلیل تنظیم نبودن دوربین تصاویر ممکن است در اندازه‌های مختلف و از زوایای مختلف باشند و سیستم باید قادر به تشخیص در چنین تصاویری باشد.
۳. در مورد پردازش‌های انجام‌شده برای تشخیص تخلف می‌توان از روش‌های پیچیده‌تر محاسباتی برای تشخیص دقیق‌تر و بیشتر تخلفات استفاده نمود.
۴. این سیستم می‌تواند در کلیه زمینه‌های مشابه نظارتی که حرکات را کنترل می‌کنند مانند کنترل فرودگاه، مترو، پارکینگ و حرکت انسان‌ها در مکان خاص و... مورد استفاده قرار گیرد.

- [1] "inf.ed.ac," [Online]. Available:
<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/gsmooth.htm>.
- [2] A. Eleftheriadis and A. Jacquin, "Automatic face location detection and tracking for model-assisted coding of video teleconferencing sequences at low bit-rates," *Signal Processing: Image Communication*, pp. 231–248, September 1995.
- [3] G. Jun, J. Aggarwal and M. Gokmen, "Tracking and Segmentation of Highway Vehicles in Cluttered and Crowded Scenes," *Applications of Computer Vision*, pp. 1-7, 2008.
- [4] D. Zhang and G. Lu, "Review of shape representation and description techniques," *Pattern Recognition*, vol. 37, pp. 1-19, 2004.
- [5] A. A. Ramirez and M. Chouikha, "A New Algorithm for Tracking Objects in Videos of Cluttered Scenes," *International Journal of Information Technology, Modeling and Computing (IJITMC)*, vol. 1, pp. 71-83, May 2013.
- [6] A. Yilmaz, O. Javed and M. Shah, "Object tracking: A survey," *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 38, no. 4, 2006.
- [7] H. Shah-Hosseini and R. Safabakhsh, "TASOM: a new time adaptive self-organizing map," *IEEE Trans Syst Man Cybern B Cybern*, pp. 271-282, 2003.
- [8] A. Yilmaz, O. Javed and M. Shah, "Object Tracking: A Survey," *ACM Computing Surveys*, pp. 1-45, 2006.
- [9] A. M. Jacob and J. Anitha, "Inspection of Various Object Tracking Techniques," *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, vol. 2, no. 6, pp. 118–124, 2012.
- [10] A. Ambardekar, M. Nicolescu and G. Bebis, *Efficient Vehicle Tracking and Classification for an Automated Traffic Surveillance System*, Nevada: ProQuest, 2007.
- [11] A. Cavallaro, O. Steiger and T. Ebrahimi, "Tracking video objects in cluttered background," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 15, no. 4, pp. 575-584, 2005.
- [12] N. Saunier and T. Sayed, "A feature-based tracking algorithm for vehicles in intersections," in *The 3rd Canadian Conference on Computer and Robot Vision*, 2006.

- [13] Y. Zhong, A. Jain and M.-P. Dubuisson-Jolly, "Object tracking using deformable templates," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, no. 5, pp. 544-549, 2000.
- [14] A. Ali and J. Aggarwal, "Segmentation and recognition of continuous human activity," in *Proceedings of the IEEE Workshop on Detection and Recognition of Events in Video*, Vancouver, BC, 2001.
- [15] C. H. Anderson, P. J. Burt and G. S. v. d. Wal, "Change Detection and Tracking Using Pyramid Transform Techniques," in *Proceedings of SPIE Vol. 0579: Intelligent Robots and Computer Vision IV*, Cambridge, 1985.
- [16] J. Assfalg, M. Bertini, A. Del Bimbo, W. Nunziati and P. Pala, "Soccer highlights detection and recognition using HMMs," in *IEEE International Conference on Multimedia and Expo.*, 2002.
- [17] M. Bertozzi, A. Broggi, A. Fascioli and S. Nichele, "Stereo Vision-based Vehicle Detection," in *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Dearbon (MI), USA, 2000.
- [18] C.-H. Chuang, Y.-L. Chao and Z.-P. Li, "Moving Object Segmentation and Tracking Using Active Contour and Color Classification Models," in *IEEE International Symposium on Multimedia (ISM)*, Taichung, 2010.
- [19] N. Ghosh and B. Bhanu, "Incremental Vehicle 3-D Modeling from Video," in *18th International Conference on Pattern Recognition*, Hong Kong, 2006.
- [20] J. Ha, C. Alvino, G. Pryor, M. Niethammer, E. Johnson and A. Tannenbaum, "Active contours and optical flow for automatic tracking of flying vehicles," in *Proceedings of the 2004 American Control Conference*, Boston, MA, USA, 2004.
- [21] W. Hu, T. Tan, L. Wang and S. Maybank, "A survey on visual surveillance of object motion and behaviors," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, vol. 34, no. 3, pp. 334-352, 2004.
- [22] Y. Sakagami, R. Watanabe, C. Aoyama, S. Matsunaga, N. Higaki and K. Fujimura, "The intelligent ASIMO: system overview and integration," in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2002.
- [23] V. Vinod and H. Murase, "Video shot analysis using efficient multiple object tracking," in *Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, Ottawa, Ont., 1997.

- [24] D. Terzopoulos and R. Szeliski, "Tracking with Kalman snakes," Cambridge, MA, USA, MIT Press, 1993, pp. 3-20.
- [25] H. Sheng, Q. Wei, C. Li and Z. Xiong, "Robust multiple-vehicle tracking via adaptive integration of multiple visual features," *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, pp. 1-19, 2012.
- [26] L. Y. S. Y. H. F. En Zeng Dong, "An Improved Tracking Algorithm Combing Color and LBP Texture Features Based on Particle Filter," *Applied Mechanics and Materials*, pp. 1484-1487, 2013.
- [27] A. Romero, M. Gouiffès and L. Lacassagne, "Enhanced local binary covariance matrices (ELBCM) for texture analysis and object tracking," in *MIRAGE '13 Proceedings of the 6th International Conference on Computer Vision / Computer Graphics Collaboration Techniques and Applications*, New York, 2013.
- [28] H. Zhoua, Y. Yuanb and C. Shic, "Object tracking using SIFT features and mean shift," *Special Issue on Video Analysis*, vol. 113, no. 3, pp. 345–352, 2009.
- [29] U. Franke, C. Rabe, H. Badino and S. Gehrig, "6D-Vision: Fusion of Stereo and Motion for Robust Environment Perception," *Pattern Recognition Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3663, pp. 216-223, 2005.
- [۳۰] ح. ش. بروجنی, تحلیل محیط برای تشخیص ردیابی و نظارت بر اشیاء متحرک مبتنی فیلتر ذره‌ای و آشکارساز سایه, تهران: دانشگاه تربیت مدرس. 1388,
- [۳۱] مرآتی, تشخیص و ردیابی اشیاء متحرک در تصاویر متوالی, تهران: دانشگاه صنعتی شریف. 1383,
- [۳۲] ع. اسودی, ردیابی شیء در تصاویر ویدیویی, بابل: دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل. 1391,
- [۳۳] ر. ح. پ. صفابخش, "ردگیری اشیاء در دنباله تصویر", نشریه علمی پژوهشی/انجمن کامپیوتر/ایران-43, pp. 68, پاییز 1382.
- [34] J. D. a. R. Benosman, "A multicamera 3-D volumetric method for outdoor scenes: A road traffic monitoring application," *Int Conf. Pattern Recog*, vol. 3, no. Los Alamitos, CA: IEEE Comput, pp. 334–337, 2004.
- [35] "Ipsotek," [Online]. Available: <http://www.ipsotek.com/>.
- [36] "Citilog," [Online]. Available: <http://www.citilog.com/>.
- [37] "Kapsch TrafficCom," [Online]. Available: <http://www.kapsch.net/en/ktc/>.

- [38] J.-P. T. a. N. Hautiere, "Fast visibility restoration from a single-color or gray-level image," *IEEE 12th Int Conf. Comput.*, pp. 2201–2208, 2009.
- [39] Virage. [Online]. Available: <http://www.virage.com>.
- [40] "CRS, Computer Recognition Systems.," [Online]. Available: <http://www.crs-traffic.co.uk/>.
- [41] "Autoscope," [Online]. Available: <http://www.autoscope.com>.
- [42] M. I. S. A. V. M. I. a. J. O. Norbert Buch, "A Review of Computer Vision Techniques for the Analysis of Urban Traffic," *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*, vol. 12, p. 3, 2011.
- [43] E. Marchand, P. Boutheymy, F. Chaumette and V. Moreau, "Robust real-time visual tracking using a 2D-3D model-based approach," in *The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision*, Kerkyra, 1999.
- [44] "Seadas," [Online]. Available: <http://seadas.gsfc.nasa.gov/help/general/ResamplingMethods.html>.
- [۴۵] ف. اسماعیلی, "تبدیل projective دوبعدی تصویر، بازیابی تصویر تبدیل یافته با روش درون‌یابی Nearest neighbor و Bilinear interpolation و مقایسه نتایج آن." *SID*, pp. 7-8, 1387.
- [46] D. B. a. G. D. H. M. Z. Brown, "Advances in computational," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell*, vol. 25, pp. 993–1008, Aug. 2003.
- [47] D. S. a. R. Szeliski, "A taxonomy and evaluation of dense twoframe," *Int. J. Comput. Vis*, vol. 47, pp. 7-42, Apr. 2002.
- [48] Virage. [Online]. Available: <http://www.virage.com/>.
- [49] J. O. a. S. A. V. N. Buch, "Three-dimensional extended histograms of oriented gradients (3-DHOG) for classification of road users in urban scenes," *Proc. BMVC, London, U.K*, Sep. 2009.
- [50] S. H. Y. Y. S. C. a. W. F. H. J. W. Hsieh, "Automatic traffic surveillance system for vehicle tracking and classification," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst*, vol. 7, pp. 175–187, Jun. 2006.
- [51] "Opencv," [Online]. Available: <http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/pyramids/pyramids.html>.
- [52] V. P. a. J. MJ, "Roboust real time face detection," *International Journal of computer vision*, vol. 57.2, pp. 137-154, 2004.

- [53] a. M. J. Rainer L, "An extended set of haar-like features for rapid object detection," *International Conference in Image Processing IEEE*, 2002.
- [54] S. e. a. Liao, "Learning multi-scale block local binary patterns for face recognition," *Advances in biometrics, Springer Berlin Heidelberg*, pp. 828-837, 2007.
- [55] M. e. a. Pietikanian, "Local binary patterns for still images," *Computer vision using Local binary patterns, Springer London*, pp. 13-17, 2011.
- [56] A. S. D. A. a. R. T. T. Tanaka, "A fast algorithm for adaptive background model construction using parzen density estimation," in *Proc. IEEE Conf. Adv. Video Signal Based Surv*, pp. 528–533, 2007.
- [57] M. B. a. A. Bozzoli, "A tunable algorithm to update a reference image Signal Process," *Image Commun*, vol. 16, pp. 353–365, Nov. 2000.
- [58] C. M. M. a. M. Z. S. Messelodi, "A computer vision system for the detection and classification of vehicles at urban road intersections," *Pattern Anal. Appl*, vol. 8, pp. 17–31, Sep. 2005.
- [59] C. M. M. N. S. a. M. Z. S. Messelodi, "A Kalman filter-based background updating algorithm robust to sharp illumination changes," in *Proc. 13th Int. Conf. Image Anal. Process*, vol. 3617, pp. 163–170, 2005.
- [60] S. Q. a. Z. L. D. Zhang, "Robust classification of vehicle based on fusion of TSRP and wavelet fractal signature," in *Proc. IEEE ICNSC*, pp. 1788–1793, Apr. 2008.
- [61] Q. M. J. W. X. Y. a. X. F. W. Zhang, "Multilevel framework to detect and handle vehicle occlusion," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 9, pp. 161–174, Mar. 2008.
- [62] J. O. a. S. M. Y. Alper, "Object tracking: A survey," *ACM Computing surveys*, vol. 38, p. 13, 2006.
- [63] G. S. a. L. E. G. Raad Ahmed Hadi, "Vehicle detection and tracking techniques A concise review," *Signal & Image Processing: an Intertational Journal (SIPIJ)*, vol. Vol.5, February 2014.
- [64] J. A. a. L. Salgado, "A Study of feature combunation for vehicle detection based on image processing," *The Science world journal*, p. 13, 2014.
- [65] V. K. K. A. K. G. A. s. Bharti Sharma, "The Automated vehicle detection of highway traffic images by diffrential morphological profile," *SciRes*, 2014.
- [66] W. H. T. T. Z. Fu, "Similarity based and vehicle trajectory clustering and anomaly detection in image processing," *IEEE in image processing*, vol. 2, p. 602, 2005.

- [67] Y. W. A. K. F. Jiang, "A dynamic hierarchial clustering method for trajectory-based unusual video event detection," *IEEE Image Processing*, vol. 18, pp. 907-913, 2009.
- [68] N. M. R. Calum G Blair, "Video Anomaly Detection in a Real-Time on a Power-Aware Heterogeus Paltform," *Journal Draft*, vol. 8, 2015.

Abstract:

Image processing has been applicable in wide variety fields and challenges in traffic control. There is a large amount of data in traffic control systems, so automatic detecting and tracking vehicles and distinguishing violation in motions will be applicable. This approach achieving by a real time intelligent system that can track and detect cars. This system also must be able to interpret the movement of vehicles for distinguish violent.

In this proposal, a system suggested that process traffic videos frame by frame to achieving invalid motions. At first this system reduce the size of input image for increasing speed of processing and preserving real timing. Then reduce image noise by Gaussian and Median methods for enhancing quality of image, so the performance of detection will be increased. In next step cars will be detected by AdaBoost cascade classifiers. AdaBoost extract features and train a neural network, it has acceptable speed. After detection, system find important point of cars like centers and track that points in consecutive frames so it can achieve motion path of cars. System save this path in a matrix and process it. Next step is interpreting car motions. The legal path and motions are obvious by other cars motion and traffic rules in a scene so system can find illegal motions and violations by special simple or complicated calculations on motion matrix. The procedure accomplished on sample traffic videos. Results show that calculation precision for distinguish stopping is 68.18%, deviation to the left is 86.66%, circumvent the ban is 92.85% and for move the opposite direction is 93.61%.

Keywords: traffic videos, violation distinguish, tracking, preprocessing, feature extraction, AdaBoost cascade classifier, Kalman filter, traffic rules



Faculty of Computer Engineering

M.Sc. Thesis in Artificial Intelligence Engineering

Vehicle backtracking for anomaly detection

By:

Fariba Arabsaedi

Supervisor:

Prof. Hamid Hsanpour

Advisor:

Dr. Morteza Zahedi

September 2015