

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی برق و رباتیک
گروه الکترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

تخمین بلادرنگ سرعت وسایل نقلیه با استفاده از یک دوربین

محمد سلطان محمدی

استاد راهنما

دکتر حسین خسروی

استاد مشاور

دکتر علیرضا احمدی فرد

شهریور ماه ۱۳۹۴



مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره: ۳-۱۳/آ.ت.ب
تاریخ: ۹۴/۰۶/۱۷
ویرایش: -----

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای:
محمد سلطان محمدی رشته: مهندسی برق - الکترونیک گرایش: دیجیتال
تحت عنوان: تخمین بلادرنگ سرعت وسایل نقلیه با استفاده از یک دوربین

که در تاریخ ۹۴/۰۶/۱۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است:

☐ مردود	☐ دفاع مجدد	☒ امتیاز (۷۴/۷۵) خوب
--------------------------------	------------------------------------	--

- ۱- عالی (۲۰ - ۱۹)
۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)
۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)
۴- قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	مهندس حسینی	استاد	
۲- استاد مشاور	مهندس احمدی	استاد	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	مهندس مراد	استاد	
۴- استاد ممتحن	مهندس مری	استاد	
۵- استاد ممتحن	هادی گرایلی	استاد	

رئیس دانشکده:

تقدیم به ...

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آمان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است،

به استوارترین کنیه گاهم، دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم

که هرچه آموختم در کتب عشق شما آموختم و هرچه بگو شتم قطره ای از دریای بی کران مهربانان را سپاس توانم بگویم .

امروز هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما

ره آوردی گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نیم گونه غبار حقیقتان را بزداید .

بوسه بر دستان پرمهرتان

سپاس گزاری...

پس از حمد و ثنای بی حد بر آستان صفات بی همتای احدیت که در کمال رافت و در نهایت عظمت رخصت اتمام این پایان نامه را
به بنده عطا فرموده است، بر خود واجب می دانم از استاد راهنمای گرانقدر، دکتر حسین خسروی و مشاور گرامی دکتر علیرضا احمدی
فرد نهایت قدردانی را داشته باشم.

تعهد نامه

اینجانب **محمد سلطان محمدی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق - الکترونیک دانشکده مهندسی برق و رباتیک دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه تخمین بلادرنگ سرعت وسایل نقلیه با استفاده از یک دوربین تحت راهنمایی **دکتر حسین خسروی** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه 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 می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه شاهرود » و یا « Shahrood University » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا یافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه 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

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده:

اندازه‌گیری سرعت وسایل نقلیه، نقش مهمی را در جمع‌آوری اطلاعات ترافیکی ایفا می‌کند و همچنین موضوع داغ و پیچیده‌ای در دستگاه‌های حمل و نقل هوشمند به حساب می‌آید. یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی توسط کارشناسان ترافیک نصب دوربین‌های سرعت سنج بر روی بزرگراه‌ها و همچنین معابر عمومی، برای تشخیص سرعت وسایل نقلیه می‌باشد. از مزایای استفاده از این روش صرفه‌جویی در هزینه‌ها و استفاده هرچه کمتر از اپراتورها برای کنترل لحظه به لحظه تصاویر ویدیویی می‌باشد.

در این پایان‌نامه برای تخمین سرعت وسیله نقلیه از استخراج نقاط محوشوندگی درون تصویر استفاده شده است تا بتوان پارامترهای دوربین را محاسبه کرد و سرعت خودرویی که به ناحیه‌ی مورد علاقه وارد می‌شود را به صورت بلادرنگ محاسبه کرد. که خطای این روش در حدود ۱۰٪ می‌باشد. علاوه بر آن روشی برای شمارش وسایل نقلیه به صورت بلادرنگ نیز ارائه شده است.

کلمات کلیدی: تخمین سرعت، وسایل نقلیه، بلادرنگ، نقاط محوشوندگی، شمارش، ناحیه مورد علاقه.

فهرست مطالب

فصل اول.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ بیان مسئله.....	۳
۳-۱ چالشهای موجود.....	۳
۴-۱ فرضیات و اهداف پایان نامه.....	۴
۵-۱ الگوریتم روش پیشنهادی برای تخمین سرعت وسیله نقلیه.....	۵
۶-۱ ساختار پایان نامه:.....	۶
فصل دوم.....	۷
۱-۲ مقدمه:.....	۸
۲-۲ آشکارسازی اشیا در حال حرکت.....	۸
۱-۲-۲ شار نوری.....	۸
۲-۲-۲ تفاضل پس زمینه.....	۹
۳-۲-۲ مدل مخلوط گوسی.....	۹
۴-۲-۲ فیلتر کالمن.....	۹
۵-۲-۲ روش های غیر پارامتری.....	۱۰

۱۰	۳-۲ تنظیم دوربین
۱۵	فصل سوم
۱۶	۱-۳ مقدمه
۱۷	۲-۳ آشکارسازی حرکت
۱۷	۱-۲-۳ تفاضل تصویر
۲۲	۲-۲-۳ روش مدل مخلوط گوسی
۲۸	۳-۲-۳ مقایسه روش های پیشنهادی
۳۰	۳-۳ تنظیم دوربین
۳۱	۱-۳-۳ تخمین نقاط محو شوندگی
۳۹	۲-۳-۳ تعیین پارامترهای داخلی و خارجی دوربین
۴۳	۳-۳-۳ جمع آوری اطلاعات وسیله نقلیه
۴۹	فصل چهارم
۵۰	۱-۴ مقدمه
۵۰	۲-۴ پایگاه داده
۵۱	۳-۴ بررسی نتایج
۵۷	۴-۴ نتیجه گیری
۵۸	۵-۴ پیشنهادات و کارهای آینده
۶۱	پیوست أ
۶۲	أ-۱ تشکیل تصویر

۶۳		۲- مدل دوربین روزنه ای
۶۴		۳- انعکاس پرسپکتیو
۶۴		۴- پارامترهای دوربین
۶۶		۱-۴- پارامترهای داخلی
۶۷		۲-۴- پارامترهای خارجی
۷۳		پیوست ب
۷۴		ب- ۱ مدل دوربین
۷۷		ب- ۲ تخمین نقاط محوشوندگی
۸۱		منابع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۳: یک نگاه کلی به روش ارائه..... ۱۶
- شکل ۲-۳: تفاضل تصویر ، استخراج جزئی شی و پدیده روح..... ۱۸
- شکل ۳-۳: نمایش رنگی و خاکستری دو قاب متوالی..... ۲۰
- شکل ۴-۳: نمایش الگوریتم اعمالی بر روی تصاویر قاب قبلی و جاری..... ۲۱
- شکل ۵-۳: نتایج حاصل از اعمال مدل مخلوط گوسی..... ۲۶
- شکل ۶-۳: قاب اصلی..... ۲۷
- شکل ۷-۳: نتایج اعمال مدل مخلوط گوسی در چند قاب ابتدایی..... ۲۸
- شکل ۸-۳: روندنمای استخراج تصویر پیش زمینه..... ۳۰
- شکل ۹-۳: روندنمای تنظیم دوربین..... ۳۱
- شکل ۱۰-۳: نمایی از نقاط محوشوندگی یک مکعب..... ۳۲
- شکل ۱۱-۳: نمایی از سه جهت غالب به سمت نقاط محوشوندگی..... ۳۲
- شکل ۱۲-۳: هیستوگرام گرادیان جهتی..... ۳۴
- شکل ۱۳-۳: هیستوگرام گرادیان جهتی برای یافتن نقطه محوشوندگی اول..... ۳۴
- شکل ۱۴-۳: جهت اصلی خودرو در بازه بین ۳۵ تا ۴۰ درجه..... ۳۵
- شکل ۱۵-۳: روندنمایی از روش هاف آبشاری..... ۳۶
- شکل ۱۶-۳: تخمین جهت غالب وسیله نقلیه..... ۳۷
- شکل ۱۷-۳: دستگاه مختصات مورد استفاده..... ۴۱
- شکل ۱۸-۳: تشخیص سرعت خودرو..... ۴۴

- شکل ۳-۱۹: روندنمای تخمین تعداد خودروهای عبوری در یک بازه زمانی..... ۴۵
- شکل ۳-۲۰: ماتریس رویداد..... ۴۶
- شکل ۳-۲۱: تعقیب خودرو و شمارش آن..... ۴۶
- شکل ۳-۲۲: شمارش خودرو..... ۴۷
- شکل ۴-۱: نمونه ای از تصاویر ویدئویی در دو قاب متفاوت..... ۵۱
- شکل ۴-۲: رنگ بندی جهت های مختلف..... ۵۲
- شکل ۴-۳: نحوه استخراج دو نقطه محوشوندگی..... ۵۳
- شکل ۴-۴: محاسبه نقاط محوشوندگی..... ۵۳
- شکل ۴-۵: تخمین سرعت خودرو..... ۵۴
- شکل ۴-۶: تصویر تعداد خودروهای عبوری..... ۵۷
- شکل ۱-۱: نحوه تشکیل تصویر..... ۶۲
- شکل ۲-۱: معادل سازی دو تصویر..... ۶۳
- شکل ۳-۱: اثر پرسپکتیو..... ۶۴
- شکل ۴-۱: شکل نحوه ی تبدیل یک نقطه در دنیای واقعی..... ۶۶
- شکل ۵-۱: نحوه ی نگاشت در داخل دوربین..... ۶۷
- شکل ۶-۱: انواع اعوجاج لنز..... ۶۷
- شکل ۷-۱: نحوه چرخش حول ۳ محور..... ۶۹
- شکل ۸-۱: چرخش حول محور Zw ۶۹
- شکل ۹-۱: چرخش حول محور Yw ۷۰
- شکل ۱۰-۱: چرخش حول محور Xw ۷۱
- شکل ب-۱: دستگاه مختصات مورد استفاده..... ۷۵
- شکل ب-۲: نمایش فاصله دوربین از جاده و مقدار عرض آن..... ۷۹

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۳: مقایسه روش تفاضل تصویر با مدل مخلوط گوسی	۲۹
جدول ۱-۴: دقت تخمین سرعت در رشته‌ی ویدیویی شماره ۱	۵۵
جدول ۲-۴: دقت تخمین سرعت در رشته‌ی ویدیویی شماره ۲	۵۵
جدول ۳-۴: مقایسه فاصله کانونی در تصاویر ویدیویی مختلف	۵۶
جدول ۴-۴: زمان لازم برای محاسبه نقاط محوشوندگی اول و دوم	۵۶
جدول ۵-۴: پارامترهای تنظیم دوربین در ویدیو شماره ۱	۵۶
جدول ۶-۴: پارامترهای تنظیم دوربین در ویدیو شماره ۲	۵۶

فصل اول

مقدمہ و کلیات

۱-۱ مقدمه

در سالهای اخیر استفاده از سیستم های نظارتی بلادرنگ^۱ هوشمند به شدت توسعه یافته است، که هدف آنها، آشکار سازی و تعقیب اشیای مختلف مانند ماشین در تصاویر ویدیویی می باشد. این تصاویر توسط دوربین های سرعت سنج نصبی بر روی جاده ها استخراج شده است. هدف نهایی در این تحقیقات، جایگزینی دستگاه های نظارتی سنتی با دستگاه های نظارتی هوشمند است، چرا که در دستگاه های سنتی به دلیل حضور فراوان نیروی انسانی و همچنین وجود تعداد بالایی از تصاویر ویدیویی، مستلزم صرف هزینه زیاد هستند و گاهی در اثر خستگی نیروی انسانی، خطا هم افزایش می یابد [۱].

روشهای متعددی برای استخراج اشیای^۲ در حال حرکت وجود دارد، مانند شار نوری^۳ که نمی تواند محل دقیق وسیله ی نقلیه^۴ را استخراج کند [۲]و[۳]. روشهایی مثل تفاضل پس زمینه^۵ که دقت آنها بستگی به تعداد قاب های^۶ تصویر ویدیویی دارد [۴]. روش های نمایش وسیله ی نقلیه مثل نمایش ساده توسط حباب^۷ که نمی تواند بین اشیای استخراج شده تمیز دهد و همچنین مدل های سه بعدی که بسیار پیچیده و در عین حال نسبت به انسداد^۸ بسیار قدرتمند است و این امکان را به شما می دهد تا اشیاء را با دقت خوبی طبقه بندی کنید [۲]. روشهای تعقیب اشیاء مانند فیلتر ذره ای که نیاز به مقدار دهی اولیه ی دقیقی از هدف دارد، ولی در محیط های پیچیده، بسیار کار مشکلی دارد تا بتواند تعداد نا معلومی از اشیای داخل صحنه را تعقیب کند و همچنین روشهای وابستگی داده ها^۹ که بسیار از لحاظ محاسباتی سنگین می باشد [۵].

^۱ Real-time

^۲ Objects

^۳ Optical-flow

^۴ Vehicles

^۵ Background subtraction

^۶ Frames

^۷ Blob

^۸ Occlusion

^۹ Data association

۱-۲ بیان مسئله

برای افزایش کارایی و کاهش خطای انسانی، دستگاه های نظارتی هوشمند ارائه شده اند، تا با استفاده از تصاویر ویدیویی، اشیای موجود در صحنه مانند ماشین را آشکارسازی کنند. روشی که در این پایان نامه ارائه شده است، قادر است تا ابتدا وسایل نقلیه موجود در صحنه را شناسایی کند و بعد سرعت حرکت آنها را از طریق الگوریتم های پیشنهادی محاسبه کند و همچنین قادر به تشخیص تعداد وسایل نقلیه عبوری از صحنه می باشد.

۱-۳ چالشهای موجود

سیستم پیشنهادی دارای چند بخش می باشد، که شامل استخراج اشیای داخل صحنه، تنظیم دوربین^۱ و استخراج اطلاعات مورد نیاز، شامل سرعت وسیله ی نقلیه و همچنین تعداد آنها می باشد. هر کدام از این بخش ها با چالشهایی روبرو هستند که در زیر نمونه هایی از این ها را اشاره خواهیم کرد:

- **شرایط آب و هوایی و نوری:** تغییرات نور بر ظاهر وسیله نقلیه تاثیر خواهد گذاشت.

شرایط نور با تغییر وضعیت روشنایی هوا از ابتدای صبح تا شب تغییر خواهد کرد، زیرا انعکاس نور توسط بدنه وسیله نقلیه تغییر می کند و اختلالاتی در تشخیص صحیح آن ایجاد می کند. در صورتی که آب و هوا از یک روز آفتابی به یک روز بارانی و یا برفی تغییر کند این امر در تشخیص صحیح خودرو در صحنه مورد نظر اشکال ایجاد خواهد کرد.

- **نویز^۲ در تصویر:** چالش دیگری که ممکن است با آن روبرو شویم، نویز در تصویر می

باشد. تصاویر که توسط دوربین های ترافیکی جمع آوری شده است، ممکن است دارای

^۱ Camera calibration

^۲ Noise

دقت بالایی نباشند و همچنین دوربین به دلیل تغییر در شرایط آب و هوایی دچار لرزش شود. همین امر سبب افزایش نویز در صحنه خواهد شد. به عنوان مثال این پدیده در مورد لبه هایی که از تصویر پس زمینه استخراج شده اند، تاثیر شدیدی دارد.

- **درهم ریختگی پس زمینه :** در اکثر تصاویر ویدیویی که از بزرگراه‌ها به دست آمده است، تصاویر به دلیل وجود اشیایی مانند درخت، تیر چراغ برق و ... دارای درهم ریختگی است. وجود این اشیاء آشکارسازی و استخراج وسیله نقلیه از روی صحنه را با چالش جدی روبرو می کند، مخصوصاً اگر چند خودرو همزمان در صحنه باشد.
- **بینایی دوربین:** دوربین بر روی مکان‌ها و در ارتفاع‌های مختلفی نصب می شود. این امر سبب می شود، ظاهر و اندازه خودرو تغییر کند. برای مثال اگر میدان دید دوربین چند کیلومتر از بزرگراه را پوشش دهد. ابتدا خودرو در ورود به صحنه بسیار کوچک دیده می شود و هر چه خودرو به دوربین نزدیکتر می شود، اندازه خودرو نیز بزرگتر می شود.
- **انسداد:** بسته به میزان دید دوربین، انواع مختلفی از انسداد رخ می دهد. اگر ارتفاع دوربین کم باشد. بعضی از قسمتهای خودرو توسط خودروی دیگری کاملاً محو می شود. علاوه بر این وجود برخی عناصر بین خودرو و دوربین (مانند درخت) می تواند سبب انسداد شود.

۱-۴ فرضیات و اهداف پایان نامه

بسیاری از چالشهای موجودی که در دستگاه نظارتی هوشمند وجود دارد، در قسمت قبل بیان شد. برای تسهیل در روند پیشرفت پروژه فرضیاتی به شرح زیر پیشنهاد می شود.

۱. دوربینی که استخراج تصاویر ویدیویی را بر عهده دارد، باید در ارتفاع ثابتی نصب شود.

این بسیار با اهمیت است که دوربین کل تصاویر را در این حالت ضبط کند.

۲. زاویه دوربین باید نسبت به سطح زمین ثابت باشد. چون در صورت تغییر زاویه نیاز به

تنظیم مجدد می باشد.

هدف از انجام این پایان نامه طراحی الگوریتمی به منظور تشخیص سرعت وسیله نقلیه به

صورت بلادرنگ و شمارش خودروهای عبوری از ناحیه ی مورد علاقه ^۱ است.

۱-۵ الگوریتم روش پیشنهادی برای تخمین سرعت وسیله نقلیه

الگوریتم روش پیشنهادی برای تخمین سرعت وسیله نقلیه که بر اساس تنظیم دوربین با

استفاده از تعیین نقاط محوشوندگی در صحنه می باشد، در زیر آورده شده است:

(۱) شکست تصویر ویدیویی به قاب های مجزا از هم.

(۲) استخراج تصویر پیش زمینه با استفاده از روش تفاضل تصویر.

(۳) اعمال لبه یاب کنی بر روی قاب جاری.

(۴) اعمال لبه یاب سوبل بر روی نتیجه ی بند ۲ در دو جهت افقی و عمودی.

(۵) محاسبه فاز تصویر با استفاده از لبه های افقی و عمودی بدست آمده از بند ۴.

(۶) با استفاده از روش هیستوگرام جهت دار گرادیان، محاسبه دو دسته خطوط موازی که از

تصویر پیش زمینه بند ۵ بدست آمده است.

(۷) محاسبه تقاطع دو دسته خطوط موازی با استفاده از هاف آبشاری و استخراج دو نقطه به

عنوان نقاط محو شوندگی.

(۸) تنظیم دوربین با استفاده از نقاط محو شوندگی.

^۱ Region of interest(ROI)

(۹) محاسبه سرعت با استفاده از روابط اثبات شده در پیوست ب.

۱-۶ ساختار پایان نامه

در فصل دوم به معرفی و بررسی روش های موجود و کارهای گذشتگان پیرامون تشخیص سرعت حرکت وسایل نقلیه در تصاویر ویدئویی خواهیم پرداخت. همچنین شرح مختصری از روش ها را ارائه خواهیم داد.

در فصل سوم به معرفی روش پیشنهادی جهت تشخیص سرعت وسیله نقلیه می پردازیم. در فصل چهارم به نتیجه گیری و بیان یافته های پایان نامه می پردازیم. همچنین پیشنهادهایی به منظور افزایش کارایی روش پیشنهادی ارائه می دهیم تا در آینده به آن پرداخته شود.

فصل دوم

مروری بر کارهای گذشته

۲-۱ مقدمه:

در سالهای اخیر اندازه گیری سرعت وسایل نقلیه نقش مهمی را در جمع آوری اطلاعات ترافیکی ایفا کرده است و در حال حاضر موضوع داغ و پیچیده ای در دستگاه های حمل و نقل هوشمند به حساب می آید. این دستگاه ها کاربرد زیادی در زمینه ی تشخیص انسان، میزان ترافیک و تعداد خودروهای موجود در محیط دارد. الگوریتم مورد نظر دارای چند مولفه اصلی می باشد که شامل آشکارسازی اشیای متحرک صحنه، تنظیم دوربین و همچنین استخراج داده های مورد نیاز، نظیر سرعت خودروی در حال حرکت و تعداد آنها می باشد.

۲-۲ آشکارسازی اشیا در حال حرکت

تکنیکهای مختلفی در آشکارسازی پس زمینه ی اشیای متحرک ارائه شده است، در میان این روشها استفاده از شار نوری [۶] و [۷]، تفاضل پس زمینه، فیلتر کالمن^۱ [۸]، روش مدل مخلوط گوسی^۲ و روشهای غیر پارامتری پرتعدادتر است. در ادامه به اجمال در مورد هر کدام از این روش ها بحث خواهیم نمود.

۲-۲-۱ شار نوری

بعضی محققان برای حل مشکل آشکارسازی حرکت در تصویر این روش را ارائه داده اند [۶]. در این روش فرض شده که تغییرات روشنایی نور بین دو قاب متوالی وجود دارد. مدل شار نوری بر روی حرکت اشیا کوچک موثر است. الگوریتم پیشنهادی با استفاده اعمال شار نوری بر دو قاب متوالی می تواند حرکات برجسته در صحنه را آشکار کند [۹].

میزان برجستگی عنصر در صحنه محاسبه می شود تا به دنبال آن مکان عنصر در تصویر آشکار

^۱ Kalman filter

^۲ Gaussian mixture model

شود. در این روش فرض شده است که یک عنصر در تصویر، تمایل به یک حرکت در یک جهت ثابت، در طول زمان را دارد. نقطه ضعف این روش، زمان پردازش زیاد آن است.

۲-۲-۲ تفاضل پس زمینه

در این روش برای آشکارسازی اشیای پیش زمینه، تفاضل هر قاب از تصویر پس زمینه محاسبه می شود و بعد با استفاده از یک آستانه گذاری^۱ به هدف مورد نظر می رسد. در این روش اگر تصویر پس زمینه پویا باشد، الگوریتم به بن بست خواهد رسید، زیرا در دنیای واقعی تصویر پس زمینه به طور مداوم در حال تغییر است.

۳-۲-۲ مدل مخلوط گوسی

در این روش هر پیکسل با استفاده از مخلوط گوسی مدل می شود. به طوری که میانگین و واریانس هر مدل با گذشت زمان به روز رسانی می شود و توزیع گوسی با بالاترین احتمال به عنوان پیکسل پس زمینه فرض می شود و اگر پیکسل، متعلق به مدل گوسی با احتمال کمتر باشد به عنوان پیکسل پیش زمینه تلقی می شود [۱۰]. البته در این روش از چند توزیع گوسی برای مدل پیکسل استفاده می شود. به طوری که توزیع های گوسی بر حسب مقدار وزن خود به صورت نزولی مرتب می شوند و چند توزیع اول به عنوان مدل پس زمینه در نظر گرفته می شود.

۴-۲-۲ فیلتر کالمن

فیلتر کالمن الگوریتمی است که از اندازه گیری مشاهدات در طول زمان استفاده می کند. این فیلتر تخمینی از متغیرهای نامعلوم تولید می کند که این متغیرها تمایل به تصحیح خود دارند. این فیلتر نیز برای آشکارسازی اشیای در حال حرکت استفاده می شود. ، فیلتر کالمن روش قدرتمندی در تعقیب اشیا محسوب می شود [۱۰] و [۸]. یک فیلتر کالمن برای بازیابی اشیای متحرک ارائه شده

^۱ Thresholding

است، اگرچه این روش قادر به مدل پس زمینه ی پویا نمی باشد [۱۱].

۲-۲-۵ روش های غیر پارامتری

این روشها در هر پیکسل تنها از یک مدل ثابت، برای توزیع احتمال پس زمینه استفاده نمی کنند. آقای لی روشی مبتنی بر بیزین ارائه داده است که می تواند با استفاده از چندین ویژگی، پس زمینه را مدل کند [۱۲]. در این روش انتخاب پارامترها نقش مهمی در نتایج بهینه بر روی رشته های تصویر دارد. آقای گامال بدون آنکه فرضی در مورد توزیع احتمال کرده باشد، تخمین چگالی غیر پارامتری را ارائه داده است. این روش به ازای هر پیکسل چندین توزیع برای پس زمینه فرض می کند بدون اینکه تعداد آن ها را مشخص کند [۱۲]. آقای کیم با استفاده از یک مدل لایه ای توانسته پس زمینه را با ورود هر قاب جدید و تغییر صحنه بروزرسانی کند [۱۳]. توکلی یک روش جدید مبتنی بر یادگیری تکرارپذیر برای آشکارسازی پیش زمینه ارائه داده است و در مقاله ای از ماشین های بردار پشتیبان، برای طبقه بندی یک پیکسل استفاده شده است [۱۴].

۲-۳ تنظیم دوربین

از نقطه نظر ریاضی، یک تصویر، انعکاس فضای سه بعدی دنیای واقعی به فضای دو بعدی می باشد. تنظیم دوربین فرآیندی به منظور نگاشت از فضای سه بعدی به فضای دو بعدی است [۱۵]. بنابراین برای به دست آوردن ساختار سه بعدی صحنه، مدل دقیق دوربین نیاز است. در مورد یک دوربین روزنه ای^۱، شش پارامتر خارجی (مکان^۲ و جهت^۳ دوربین در دستگاه مختصات دنیای واقعی) و چهار پارامتر داخلی (نقطه مبدا، فاصله کانونی و ضریب مقیاس) یک توصیف کامل از دوربین را ارائه می

^۱ Pin hole

^۳ Orientation

^۲ Location

دهد. روش های زیادی در زمینه ی تنظیم دوربین در حوزه بینایی ماشین انجام شده است. ما این روش ها را به دو دسته تقسیم بندی می کنیم:

- **تنظیم فوتوگرامتری:** در این روش یک شی روبروی دوربین قرار می دهند که ابعاد سه بعدی آن با دقت بالایی مشخص است. تنظیم با این روش به صورت بسیار کارآمدی انجام می شود [۱۶].

- **خود تنظیم:** در این روش نیازی به یک شی برای تنظیم نیست. دوربین در مکان ثابت فرض می شود، تصاویر با پارامترهای داخلی ثابت از روی صحنه استخراج می شوند، با این فرضیات می توان اطلاعات کافی برای تنظیم دوربین از روی صحنه به دست آورد [۱۷].

اگرچه معادلاتی که مختصات سه بعدی دنیای واقعی را به مختصات دوربین مدل می کند، توابعی غیرخطی از پارامترهای داخلی و خارجی دوربین هستند اما با صرف نظر از اعوجاج لنز دوربین، می توان روابط را خطی فرض کرد [۱۸]. اگرچه از این روش نمی توان اعوجاج لنز را تخمین زد.

مدل تنظیم دوربین که توسط آقای تی سای ارائه شده است، اولین مدل برای تنظیم دوربین می باشد که شامل اعوجاج لنز دوربین نیز می شود البته باز از معادلات خطی استفاده شده است [۱۹]. ولی در این روش قیدی وجود دارد که زاویه تلاقی حداقل باید ۳۰ درجه باشد که این محدودیت در روش قبلی وجود ندارد [۱۵].

اگر تصاویر مربوط به یک دوربین با پارامترهای داخلی ثابت را داشته باشیم با استفاده از تناظر بین تنها سه قاب از این تصاویر ویدیویی، می توان پارامترهای داخلی و خارجی دوربین را استخراج کرد که این امکان را به ما می دهد تا یک ساختار سه بعدی از شی داخل صحنه بدست بیاوریم [۲۰] و [۲۱].

روش های متفاوتی در زمینه تنظیم دوربین با استفاده از تخمین نقاط محوشوندگی^۱ ارائه شده است. تراژیکویچ با فرض ارتفاع معین، روشی برای تنظیم دوربین ارائه داده است [۲۲]. دوربین هایی که قابلیت چرخش در سه جهت مختصات را دارند (چرخش در جهت z ، به معنای بزرگنمایی می باشد). باس و کریمسون با استفاده از فرض ارتفاع مشخص و زاویه کجی معین، دوربین را با استفاده از خطوط موازی با لبه های جاده که توسط کاربر کشیده می شود، تنظیم کردند. آقای لای با استفاده از خطوط عمود بر جاده، دوربین را تنظیم کرد [۲۳]. آقای هی و دیگران با استفاده از نقاط محوشوندگی و طول و عرض مشخص در جاده، تنظیم را انجام دادند [۲۴].

برای یافتن سرعت خودرو در سیستم های بینایی ماشین نیاز است تا یک نگاشت از دنیای واقعی به پیکسل تصویر اعمال شود. این نوع نگاشت می تواند دقت جمع آوری اطلاعاتی مثل حجم ترافیک، طبقه بندی خودروها و ... را افزایش دهد. در حالی که بعضی از سیستم ها از اندازه گیری پیکسل ها استفاده می شود به این معنا که هر پیکسل معادل چه میزان اندازه در دنیای واقعی است [۲۵] و [۲۶].

آقای شاپفین و دیلی با استفاده از دوربین هایی که قابلیت چرخش در سه جهت را دارند، مرکز مسیر را پیدا کردند و بعد با استفاده از هیستوگرام جهتی، راستای عمود بر حرکت خودرو را به دست آوردند [۲۷]. آقای سانگ و دیگران برای آشکارسازی مسیر از آشکارسازی لبه استفاده کرده اند. البته برای یافتن نقاط محوشوندگی ارتفاع دوربین و عرض جاده به عنوان مفروضات در نظر گرفته شده است [۲۸].

همان طور که اشاره شد، روش های تنظیم دوربین به دو دسته تقسیم می شوند، روش هایی که با استفاده از یک نقطه محوشوندگی دوربین را تنظیم می کنند و روش هایی که از دو نقطه محوشوندگی استفاده می کنند. روش دوم نیاز به مفروضاتی دارد، به عنوان مثال ارتفاع دوربین از کف جاده یا اندازه

^۱ Vanishing points

عرض جاده و یا یک طول مشخص در امتداد حرکت خودرو می تواند جزو مفروضات در نظر گرفته شود. در مورد روش هایی که از یک نقطه محو شونده برای تنظیم دوربین استفاده می کنند باید اشاره کرد این روش ها زمانی اهمیت پیدا می کنند، که یافتن نقاط محوشوندگی دوم به سادگی امکان پذیر نباشد. از آنجا که این نقاط از امتداد خطوط موازی عمود بر حرکت خودرو یافت می شود، به همین دلیل گاهی زاویه دوربین نسبت به جاده طوری است که این نقطه به سمت بی نهایت می رود. در بعضی از مقاله ها برای رفع این مشکل استفاده از یک نقطه محوشوندگی را پیشنهاد کردند. هرچند این روش ابهامی ایجاد می کند که در آن مقالات این ابهام برطرف شده است. در ادامه به بررسی برخی روش های ارائه شده برای تنظیم دوربین با استفاده از نقاط محوشوندگی پرداخته شده است.

در طول سال های اخیر محققان روش های مختلفی برای تنظیم دوربین ارائه داده اند. در ابتدا این روش ها پارامترهای دوربین را به سادگی استخراج می کردند [۲۵] و [۲۹]. برخی نویسندگان با استفاده از روش دو نقطه محوشوندگی و عرض جاده معلوم دوربین را تنظیم کردند. آقای لای [۲۳] و شاپفین و دیلی [۲۷] روش های خودکاری برای یافتن مرز مسیر حرکت ارائه دادند. همچنین این روش ها قادرند خطوط عمود بر این مرز را پیدا کنند. مرز مسیر برای پیدا کردن نقطه محوشوندگی اول و جهت عمود بر مسیر حرکت برای یافتن نقطه محوشوندگی دوم استفاده می شود، البته با فرض این که زاویه چرخش دوربین صفر باشد. در کارهای قبلی برای تنظیم دوربین از روش دستی و یا خودکار استفاده شده است [۳۰] و [۳۱]. آقای دیلی و شاپفین اشاره کرده اند، که با استفاده از یک فاصله مشخص بر روی جاده و ارتفاع دوربین که تخمین زده شده اند، می توان دوباره دوربین را از طریق روش یک نقطه محوشوندگی تنظیم کرد [۲۷]. آقای فانگ و دیگران زاویه چرخش دوربین را صفر در نظر نگرفته اند. در این روش نیاز است با کلیک بر روی چهار نقطه از تصویر و ایجاد یک مستطیل بر روی آن، دو نقطه محوشوندگی از دو مجموعه خطوط موازی یافت شود [۳۲]. به طور مشابه آقای ژاوکس یک روش جالب برای غلبه بر زاویه چرخش غیر صفر ارائه کرده است [۳۳]. آن ها با استفاده از ایجاد یک شکل هندسی در تصویر موفق به انجام این کار شدند.

برای غلبه بر مشکل یافتن نقاط محوشوندگی دوم محققان روش های مختلفی برای تنظیم دوربین با استفاده از یک نقطه محوشوندگی ارائه داده اند. آقای گوپه یک روش تعاملی برای یافتن پارامترهای دوربین با استفاده از کاهش حداقلی تکرارپذیر ارائه کرده است، البته با فرض این که مقدار طول و عرض جاده معلوم باشد [۳۴]. آقای هی و یوانگ برای نقاط محوشوندگی مریض (خطوط موازی که نگاشت آن ها بر روی تصویر نیز موازی می شود) روشی ارائه دادند [۲۴]. در آن روش فرض شده است که دو دسته خطوط موازی که در تصویر معلوم است یک نقطه در جهت حرکت و دیگری عمود بر آن است. آقای سانگ با استفاده از آشکارسازی لبه های موجود یک نقطه محوشوندگی را تخمین زده است تا مسیر جاده در تصویر پس زمینه را علامت گذاری کند [۲۸]. پارامترهای تنظیم با استفاده از یک نقطه محوشوندگی، عرض جاده و ارتفاع دوربین به دست آمده است.

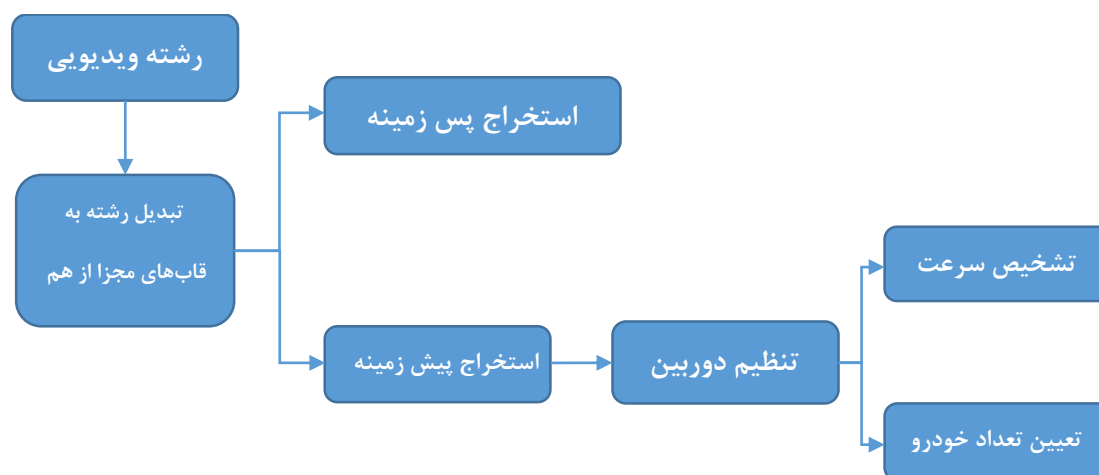
برخی از کارهای پیشین نیاز به دانش قبلی از پارامترهای دوربین دارد. به عنوان مثال آقای باس و کریمسون هم ارتفاع دوربین و هم زاویه کجی دوربین را به عنوان مفروضات در نظر گرفته اند [۳۵]. نقطه محوشوندگی با استفاده از خطوط موازی در صحنه که توسط کاربر کشیده شده است، بدست آمده است. به طور مشابه روش آقای وود و دیگران نیاز به فاصله کانونی معلوم دارند و با استفاده از خطوط موازی در صحنه و عرض معلوم پارامترهای مورد نیاز به دست می آید [۳۶]. آقای زانگ اخیراً روشی بر مبنای سه جهت عمود بر هم ارائه کرده است. در این روش از سه نقطه محوشوندگی و ارتفاع معلوم، ماتریس تنظیم دوربین محاسبه می شود [۳۷].

فصل سوم

روش پیشنهادی

۳-۱ مقدمه

در این فصل به معرفی روش پیشنهادی این پایان نامه جهت تخمین سرعت وسیله نقلیه خواهیم پرداخت. همان گونه که قبلاً اشاره شد، برای نیل به این هدف نیاز است مراحل طی شود. اولین قدم در ایجاد یک دستگاه نظارتی هوشمند، تشخیص اشیای متحرک موجود در تصاویر ویدیویی می باشد. تصاویری که توسط دوربین‌های بر روی بزرگراه‌ها نصب شده است، استخراج شده‌اند. بنابراین بعد از شکستن رشته ویدیویی به قاب‌های کاملاً مجزا با استفاده از روش تفاضل تصویر، هر پیکسل موجود در قاب را، به دو لایه ی پس زمینه و پیش زمینه تقسیم کنیم. با این روش هر پیکسل در قاب جاری که به عنوان پیش زمینه شناخته می شود، جزو اشیای متحرک صحنه محسوب می شود. دومین قدم، تنظیم دوربین می باشد ما با استفاده از نقاط محو شوندگی، این کار انجام می شود. و سومین قدم، استخراج اطلاعات مورد نیاز، نظیر سرعت خودرو و تعداد خودروهای عبوری از تصویر می باشد. یک روند نما از روش پیشنهادی را در شکل ۳-۱ مشاهده می کنید.



شکل ۳-۱: یک نگاه کلی به روش پیشنهادی.

۲-۳ آشکارسازی حرکت

در بین مراحل مورد نیاز، برای پیاده سازی یک دستگاه نظارتی هوشمند، آشکارسازی حرکت اشیای متحرک در صحنه از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است. برای رسیدن به این هدف، روشهای مختلفی ارائه شده است، که از میان آنها می توان به روش تفاضل تصویر^۱ و روش تفاضل پس زمینه اشاره کرد. در این قسمت هر دو روش پیاده سازی شده است. در بخش ۳-۲-۱ به بررسی روش تفاضل تصویر و در بخش ۳-۲-۲ به معرفی مدل مخلوط گوسی برای تفاضل پس زمینه پرداخته می شود و در بخش ۳-۲-۳ این دو روش با هم مقایسه و مزایا و معایب آن ها بررسی می شود.

۳-۲-۱ تفاضل تصویر

یکی از روشها برای آشکارسازی حرکت اشیاء در تصویر، تفاضل تصویر است، این روش خود را بر تغییرات یک پس زمینه ی پویا وفق می دهد [۳۸]. در این بخش بعد از پیاده سازی این روش، مزایا و معایب آن بررسی می شود .

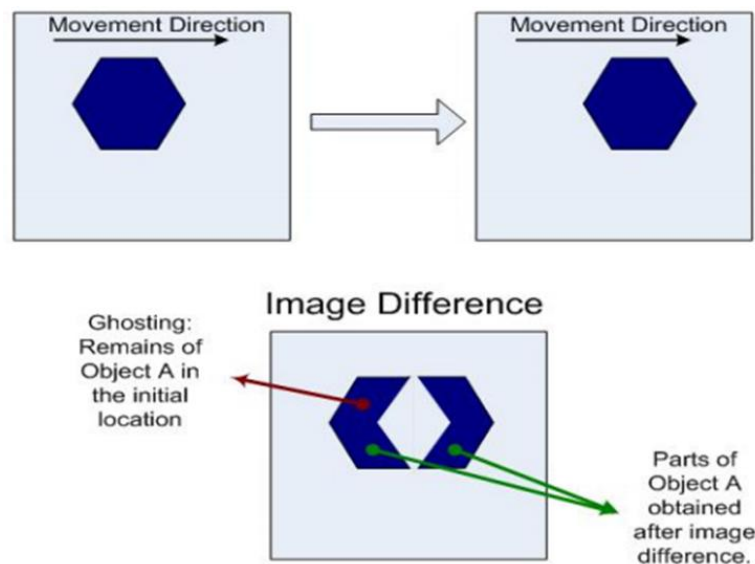
۳-۲-۱-۱ معرفی روش

تفاضل تصویر به معنای تفاضل دو قاب متوالی می باشد، یک قاب در زمان t و یک قاب در زمان $t - 1$ را در نظر بگیرید، تفاضل بین این دو قاب، هر گونه تغییر و یا حرکت را، که در بین این دو رخ داده باشد، نمایان می کند. تفاضل بین دو قاب متوالی مزایایی دارد، از جمله، این دو قاب دارای تصویر پس زمینه ی یکسانی هستند، این تفاضل سبب آشکار شدن حرکت می شود و اشیایی که در تصویر ثابت هستند را حذف می کند به همین خاطر این روش بسیار در محیطهای پویا مفید و موثر می باشد.

اما این روش از معایبی نیز رنج می برد. اولین عیب آشکارسازی، حذف قسمتی از ویژگی عنصر می باشد به عنوان مثال فرض کنید، هنگامی که یک شی در قاب $t - 1$ در یک مکان بوده و در قاب t

^۱ Image difference

به مکان دیگر رفته است، چون فاصله‌ی زمانی بین این دو قاب کوتاه است، شی مور نظر در این دو قاب همپوشانی دارد، بنابراین چون تفاضل این دو قاب محاسبه می شود، قسمتهایی که همپوشانی دارند حذف می شوند و به نوعی قسمتی از ویژگی شی حذف می شود. دومین عیب این روش، اثر شبح^۱ می باشد. همانگونه که اشاره شد، تفاضل بین دو قاب سبب می شود، تنها قسمتی از شی باقی بماند. البته قسمتی از شی در قاب قبلی باقی می ماند که به آن ناحیه، اثر شبح اطلاق می شود[۳۹]. تمام پدیده هایی که در بالا توصیف شد، در شکل ۳-۲ نمایش داده شده است. در این شکل تصویر ۱ معادل قاب $t - 1$ و تصویر ۲ معادل قاب t در یک تصویر ویدیویی می باشد.



شکل ۳-۲: تفاضل تصویر، استخراج جزئی شی و پدیده شبح.

الگوریتمی در این تحقیق برای رفع مشکل استخراج جزئی اشیا ارائه شده است. در این الگوریتم، ابتدا تصویر دودویی قاب $t - 1$ و قاب t به دست آمده است [۴۰]. ابتدا هر تصویر در این الگوریتم نیاز به یک سری پیش پردازش دارد، تا نویزهای اضافی در صحنه از بین برود. در مرحله ی دوم تفاضل قاب به قاب انجام می شود. این تفاضل بین قاب جاری در زمان t و قاب قبلی در زمان $t-1$ صورت می گیرد.

^۱ Ghosting effect

در اینجا قاب قبلی را با $P(x, y)$ و قاب جاری را با $C(x, y)$ نمایش داده می شود، به طوری که x و y به ترتیب سطر و ستون های تصویر مورد نظر باشد تا محل دقیق پیکسل مشخص شود. البته ابعاد تصویر $M * N$ فرض شده است. تفاضل قاب به قاب توسط رابطه (۱-۳) تشریح می شود، به طوری که قاب جاری از قاب قبلی کم می شود.

$$R(x, y) = C(x, y) - P(x, y) \quad \forall (x, y) \in \{1, \dots, M\} * \{1, \dots, N\} \quad (1-3)$$

این اختلاف، مقادیر مثبت و منفی را در بر می گیرد، مقادیر منفی نشان دهنده این است که پیکسل متعلق به قاب قبلی در قاب جاری وجود ندارد. بنابراین اگر شی بین دو قاب متوالی کمی جابجا شود، مقادیر منفی نشان دهنده ی این است که پیکسل مورد نظر تنها در قاب قبلی وجود داشته است. به همین دلیل مقادیر منفی پیکسل ها، به نوعی از بقیه پیکسل ها متمایز شده اند و به آنها در اصطلاح «تغییرات در گذشته»^۱ گفته می شود. از سوی دیگر پیکسلهایی که تفاضل آنها مثبت باشد، پیکسل های متعلق به قاب جاری تلقی می شوند. و در اصطلاح به آن «افزایش در حال»^۲ گفته می شود. هر دو حالت در رابطه (۲-۳) و رابطه (۳-۳) نشان داده شده اند.

$$Past\ change(x, y) = \begin{cases} |R(x, y)|, & R(x, y) < 0 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (2-3)$$

$$Present\ increment(x, y) = \begin{cases} R(x, y), & R(x, y) > 0 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (3-3)$$

همان گونه که قبلاً اشاره شد، روش تفاضل تصویر حرکت اشیای داخل تصویر را حفظ می کند و قادر به استخراج کل شی نیست. این بدان معنی است، که تفاضل بین دو قاب قبلی و جاری ویژگی های مشترک در شی مورد نظر را از بین می برد. که این روش را با معضل اشیای جزئی مواجه می کند، همان گونه که در قبل، به آن اشاره شد. تفاضلات دو تصویر به دست می آید و در مرحله بعد این تصاویر تبدیل به یک تصویر دودویی می شوند. بعد، توسط یک آستانه گذاری با پارامتر معلوم T ، پیکسلهای با مقادیر کمتر از T ، ۰ (سیاه) می شوند و پیکسلهای با مقادیر بزرگتر از T ، ۱ (سفید) در نظر

^۱ Past change

^۲ Present increment

گرفته می شوند. نتایج دودویی تفاضل تصویر، که تغییر در گذشته و افزایش جاری را تشریح میکند و در شکل ۳-۳ نمایش داده شده است.



(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۳-۳: نمایش رنگی و سیاه و سفید دو قاب متوالی. (الف) تصویر رنگی قاب جاری. (ب) تصویر رنگی قاب قبلی. (ج) تصویر سیاه و سفید قاب جاری. (د) تصویر سیاه و سفید قاب قبلی.

برای حل مساله ی جزئی، یک عملگر «یا» بر روی تفاضلات دو تصویر اعمال می شوند. منطقی که پشت این روش وجود دارد، سبب می شود، مناطق مشترک بین دو قاب در تصویر، غوطه ور شوند و برای متصل شدن به شی مورد نظر نیاز به عملگرهای ریخت شناسی نظیر گسترش و فرسایش نیز می باشد. نتایج در شکل ۴-۳ نمایش داده شده است.

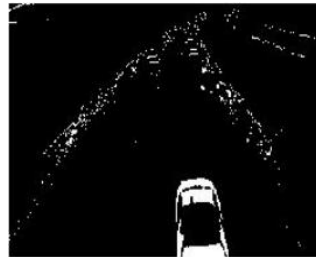
۳-۲-۱-۲ نتایج، مزایا و معایب این روش

روش تفاضل تصویر که در این جا به آن اشاره شده است، بر اساس اختلاف بین دو قاب متوالی

محاسبه می شود و نتیجه به دست آمده با استفاده از یک عملگر «یا» و در مرحله بعد با استفاده از عملگرهای ریخت شناسی به نتیجه مطلوب می رسد.



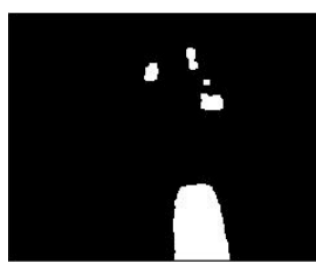
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۳-۴: نمایش الگوریتم اعمالی بر روی تصاویر قاب قبلی و جاری. (الف) تغییرات گذشته. (ب) افزایش جاری. (ج) نتایج استفاده از عملگرهای ریخت شناسی (د) نتایج شکل ۴(ج) در فضای رنگی.

این روش مزایای زیادی دارد، که شامل موارد زیر می باشد:

- این روش بسیار ساده قابل پیاده سازی می باشد.
- پیچیدگی های محاسباتی در این روش بسیار کم است، بنابراین سرعت پردازش بالا می رود.
- از آن جهت که فاصله ی زمانی بین دو قاب متوالی ($1/30$) بسیار زمان کمی است. لذا پس زمینه استخراج شده در طول این زمان تغییر چندانی نمی کند، بنابراین می توان به نتایج حاصله اعتنا کرد.
- جابجایی وسیله نقلیه در دو قاب متوالی به طور میانگین در حدود چند پیکسل است که این مقدار با بزرگ نمایی و کوچک نمایی دوربین تغییر خواهد کرد. تفاضل بین دو

قاب متوالی می تواند از هر ۳ تا ۴ قاب در طول ۱ ثانیه انجام بگیرد که به آن یک نمونه برداری موقت اطلاق می شود این روش زمانی که تصویر پس زمینه ثابت است در آشکارسازی حرکت وسایل نقلیه موثر است.

- روش تفاضل تصویر نیاز به آموزش و رشته های بلند تصویری ندارد.

این روش معایبی نیز دارد که شامل موارد زیر می باشد:

- اندازه ی شی ای که از تصویر استخراج شده است، شامل قاب قبلی می شود در صورتی که ما به دنبال آشکار سازی در قاب جاری هستیم. علاوه بر این ظاهر شی دارای دقت بالای نیز نمی باشد.
- خودروهای ثابت، توسط این الگوریتم آشکار نمی شوند، هر چند ما به دنبال وسایل نقلیه در حال حرکت در صحنه هستیم.
- برخی از خودروها در فواصل دور از دوربین به خاطر عملگرهای ریخت شناسی ممکن است به درستی تشخیص داده نشوند.

برای حل مشکلات ذکر شده روش پیشنهادی دیگری ارائه می شود. این روش شی مورد نظر از تصویر را بر مبنای تفاضل پس زمینه با استفاده از مدل های مخلوط گوسی استخراج می کند.

۲-۲-۳ روش مدل مخلوط گوسی

در روش تفاضل پس زمینه از اختلاف بین قاب جاری و تصویر مرجع پس زمینه استفاده می شود تا اشیای در حال حرکت را به طور دقیق از تصویر استخراج کنند [۴۱]. سهل ترین پیاده سازی برای این روش استفاده از تفاضل تصویر اصلی و تصویر پس زمینه می باشد. البته این روش در صورتی امکان پذیر است که تصویر پس زمینه را از قبل داشته باشیم، یا در اصطلاح جزء دانش قبلی^۱ باشد.

^۱ Prior knowledge

در این پایان نامه از مدل مخلوط گوسی برای استخراج پس زمینه استفاده شده است که به تفصیل به آن خواهیم پرداخت.

۳-۲-۱ پس زمینه

با استفاده از روش مدل مخلوط گوسی، مقادیر هر پیکسل در یک تصویر به صورت مجموعی از توزیع های گوسی مدل می شود. بر اساس تکرارپذیری و مقدار واریانس، مدل گوسی مربوط به پس زمینه تعیین می شود [۴۲].

از نقطه نظر ریاضیات هر پیکسل دارای تاریخچه ای به صورت $\{X_1, \dots, X_t\}$ می باشد که می توان توسط k تا توزیع گوسی، آن را مدل کرد [۴]. احتمال اینکه پیکسل جاری مقدار X_t را به خود بگیرد، از طریق رابطه (۳-۴) محاسبه می شود.

$$P(X_t) = \sum_{i=1}^k w_{i,t} \cdot \eta(X_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t}) \quad (۳-۴)$$

$w_{i,t}$ مقدار وزن متناظر گوسی i ام در زمان t می باشد، $\mu_{i,t}$ مقدار میانگین گوسی i ام در زمان t و همچنین $\Sigma_{i,t}$ کواریانس i ام می باشد. η نیز تابع چگالی است که به صورت رابطه تعریف می شود.

$$\eta(X_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t}) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-1/2 (X_t - \mu_t)^T \Sigma^{-1} (X_t - \mu_t)} \quad (۳-۵)$$

هر زمان که یک قاب جدید یا در اصطلاح یک نمونه ی جدید وارد می شود، مجموعه ی $\{X_1, \dots, X_t\}$ بروزرسانی می شود و تمام توزیع های موجود به روز رسانی می شوند [۴]. برای ساده سازی در محاسبات فرض می شود که مقدار ماتریس کواریانس به صورت $\Sigma_{k,t} = \sigma^2 I$ می باشد. این بدان معنی است که در فضای رنگ سه ویژگی موجود یعنی مقادیر قرمز، سبز و آبی از همدیگر مستقل بوده اند و دارای واریانس یکسان می باشند [۴۲].

K معمولاً بر اساس میزان حافظه و توان محاسباتی رایانه بین ۳ تا ۵ انتخاب می شود [۴۲]. در این پایان نامه از نوعی مدل مخلوط گوسی استفاده می شود به طوری که پارامترهای مدل در هر قاب به طور دائم و به صورت بازگشتی به روز رسانی می شوند و تعداد مولفه های مناسب برای هر پیکسل توسط آقای زیوکویچ بر اساس روش فوقی توسعه داده شده اند [۴۳] و [۴].

برای به روز رسانی پارامترهای مدل مخلوط گوسی (وزن، میانگین و واریانس) ابتدا فاصله ی ماحالانوبیس پیکسل از هر مولفه ی گوسی محاسبه می شود، یک مقدار آستانه از قبل در حدود ۲,۵ تعیین شده است، این آستانه تعیین می کند که پیکسل مورد نظر به کدام یک از مولفه های گوسی نزدیک تر است. پارامتری به نام «نزدیکی» تعریف می شود در صورتی که پیکسل مورد نظر از مقدار آستانه ۲/۵ کمتر بود مقدار آن برابر ۱ خواهد شد در غیر این صورت برابر ۰ می شود. البته اگر در اصطلاح هیچ مولفه نزدیکی به پیکسل مورد نظر وجود نداشت، یک مولفه ی جدید ساخته می شود، طبق رابطه (۷-۳) و (۸-۳) و (۹-۳) به روزرسانی می شوند. فاصله ماحالانوبیس بر طبق معادله ی (۳-۶) محاسبه می شود.

$$D_i^2 = \frac{(x_t - \mu_t)^T (x_t - \mu_t)}{\sigma_i^2} \quad (۳-۶)$$

اگر $D_i^2 < 2.5$ باشد، مقدار وزن طبق رابطه (۷-۳)، میانگین طبق رابطه (۸-۳) و واریانس طبق رابطه (۹-۳) به روزرسانی می شوند.

$$w_{i+1} = w_i + \alpha(o_{i,t} - w_i) \quad (۳-۷)$$

$$\mu_{i+1} = \mu_i + o_{i,t}(\alpha/w_i)(x_{i,t} - \mu_i) \quad (۳-۸)$$

$$\sigma_{i+1}^2 = \sigma_i^2 + o_{i,t}(\alpha/w_i)((x_i - \mu_i)^T (x_i - \mu_i) - \sigma_i^2) \quad (۳-۹)$$

در روابط بالا مقدار $\alpha = 1/T$ می باشد که با گذشت زمان تاثیر نمونه های قبلی بر روی پارامترهای بالا را کم می کند. بعد از آنکه تمام پارامترها بروزرسانی شد، تمام مولفه ها بر اساس مقدار وزن به صورت نزولی مرتب می شوند و پس زمینه با استفاده از B تا مولفه اول که باید شرایط رابطه (۳-۱۰) را ارضا

کنند مدل می شوند [۴۳].

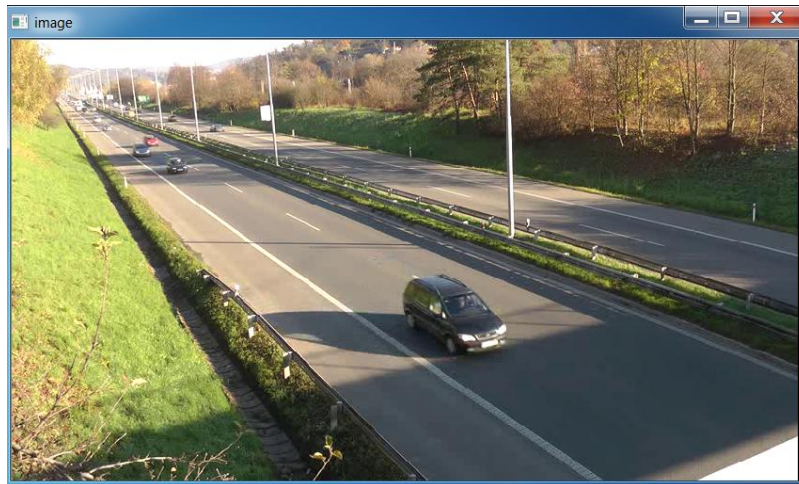
$$B = \arg \min_b \left(\sum_{i=1}^b w_i > 1 - c_f \right) \quad (۱۰-۳)$$

c_f ، بیشترین مقدار داده ای است که می تواند متعلق به تصویر پیش زمینه باشد، بدون آنکه تصویر پس زمینه دخالتی داشته باشد.

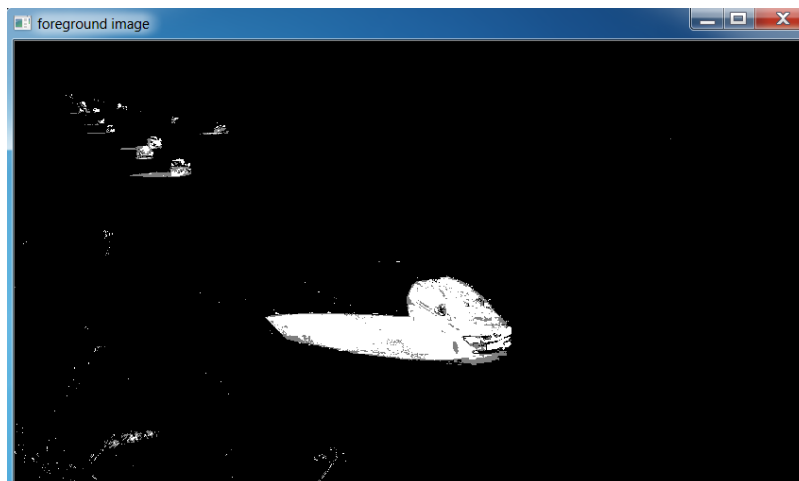
۲-۲-۲-۳ نتیجه گیری و نمونه ای از نتایج

یکی از مزایای استفاده از مدل مخلوط گوسی، تطبیق آن بر روی تغییرات روشنایی می باشد، تغییراتی نظیر، آب و هوا و شرایط جوی که به محض ورود وسیله نقلیه به داخل صحنه و تا زمانی که از صحنه خارج شود با آن درگیر است. علاوه بر این، مدل گوسی، کل شی مورد نظر را از روی تصویر به ما برمی گرداند. نتایج حاصل از اعمال این روش بر روی تصویر در شکل ۳-۵ نمایش داده شده است.

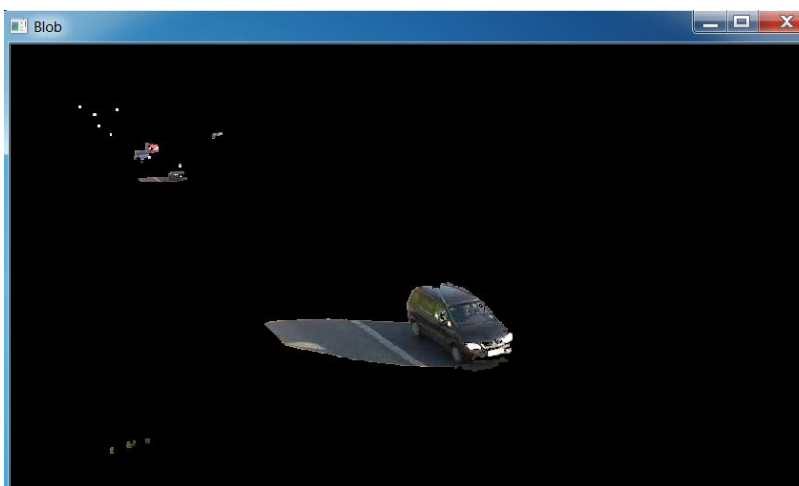
روش مدل مخلوط گوسی قبل از آن که به دقت خوبی در جهت استخراج پس زمینه تصویر برسد، نیاز به قاب های فراوانی دارد. در پردازش بلادرنگ چون تعداد قاب های موجود محدود است، به همین خاطر نتایج پر از نویز خواهد شد.



(الف)



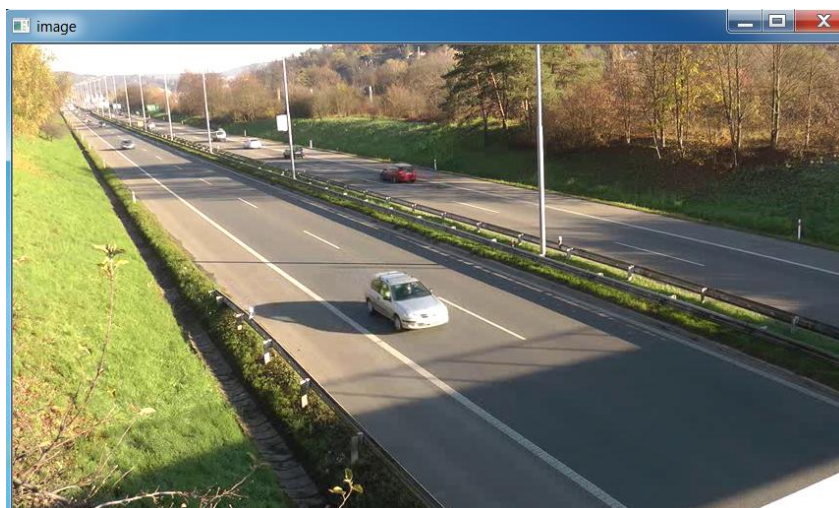
(ب)



(ج)

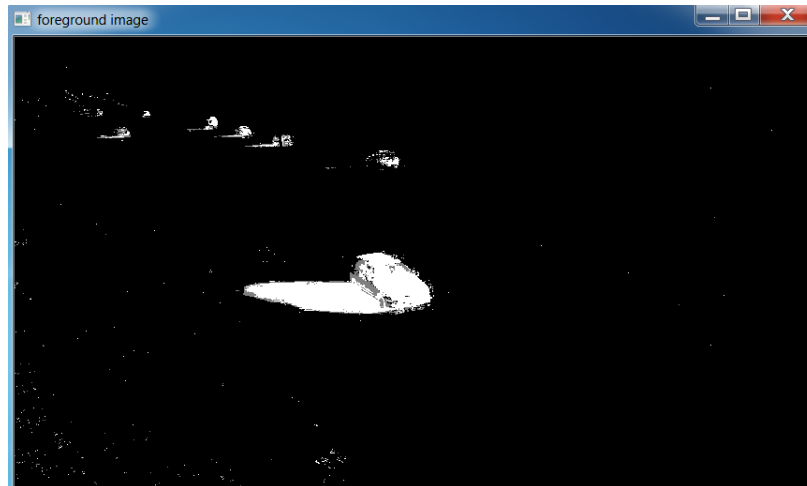
شکل ۳-۵: نتایج حاصل از اعمال مدل مخلوط گوسی. (الف) تصویر رنگی از قاب جاری. (ب) نتیجه مدل

مخلوط گوسی در فضای خاکستری. (ج) تصویر تحت شکل ۵(ب) در فضای رنگی

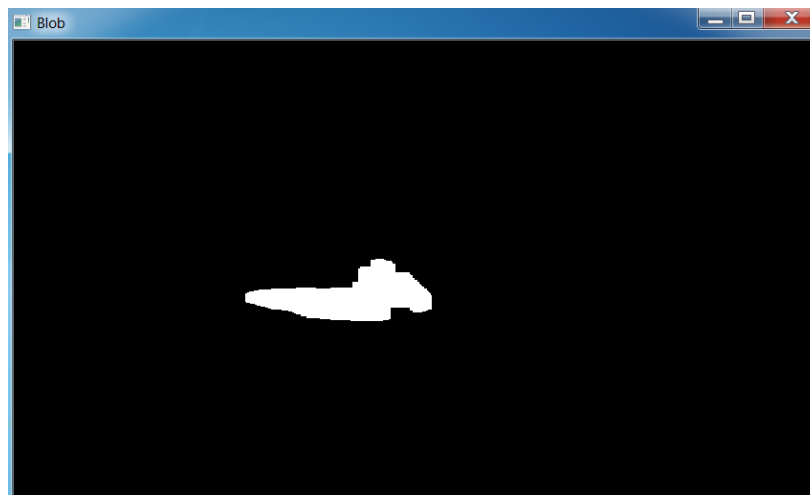


شکل ۳-۶: قاب اصلی

بنابراین برای از بین بردن نویزهای موجود در صحنه، یک سری پس پردازش بر روی نتایج حاصل از مدل مخلوط گوسی اعمال می کنیم. عملگرهای ریخت شناسی نظیر پاک کردن پیکسلهای مجزا، گسترش شی، پر کردن حفره های موجود و در مرحله ی آخر فرسایش شی موردنظر می تواند موثر باشد. در شکل ۳-۷ نتایج اعمال این عملگرها نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۳-۷: نتایج اعمال مدل مخلوط گوسی در چند قاب ابتدایی. (الف) نتیجه اعمال این مدل بر روی چند قاب ابتدایی و وجود نویز بر روی آن. (ب) نتیجه عملگرهای ریخت شناسی بر روی شکل قسمت (ب) جهت حذف نویز های موجود در تصویر

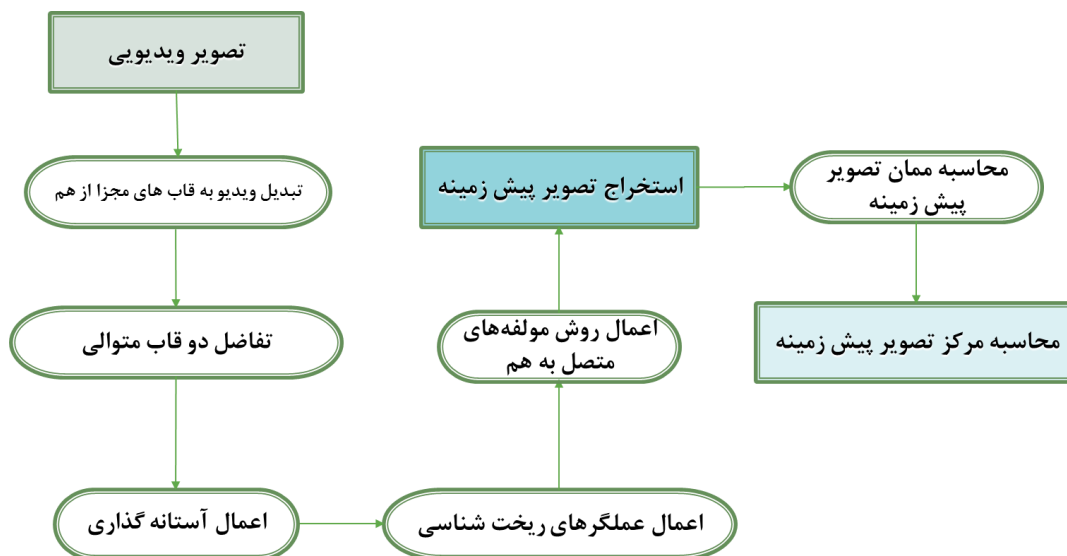
۳-۲-۳ مقایسه روش های استخراج پس زمینه

دو روش برای آشکارسازی اشیا در بخش های قبلی ارائه شد که شامل تفاضل تصویر و تفاضل پس زمینه با استفاده از مدل مخلوط گوسی می باشد. جدول ۳-۱ این روش ها را با هم مقایسه کرده است و به مزایا و معایب آن نیز اشاره شده است.

جدول ۳-۱: مقایسه روش تفاضل تصویر با مدل مخلوط گوسی

مقایسه روش های استخراج پس زمینه			
شماره	مدل مخلوط گوسی	تفاضل تصویر	
۱	پیچیدگی در پیاده سازی	-	سهولت در پیاده سازی +
۲	پیچیدگی محاسباتی بالا	-	پیچیدگی محاسباتی پایین +
۳	قدرتمند در برابر تغییرات نور	+	قدرتمند در برابر تغییرات نور +
۴	برای شناسایی حرکت سریع نیاز به چندین قاب دارد.	-	حرکات را سریعاً شناسایی می کند. +
۵	کل شی را به ما برمی گرداند.	+	کل شی را نمی تواند برگرداند. -
۶	اشیای کوچک را آشکار نمی کند.	-	اشیای کوچک را آشکار نمی کند. -
۷	کارایی روش بستگی به تعداد قاب ها دارد.	-	برای عملکرد صحیح تنها به دو قاب نیاز دارد. +

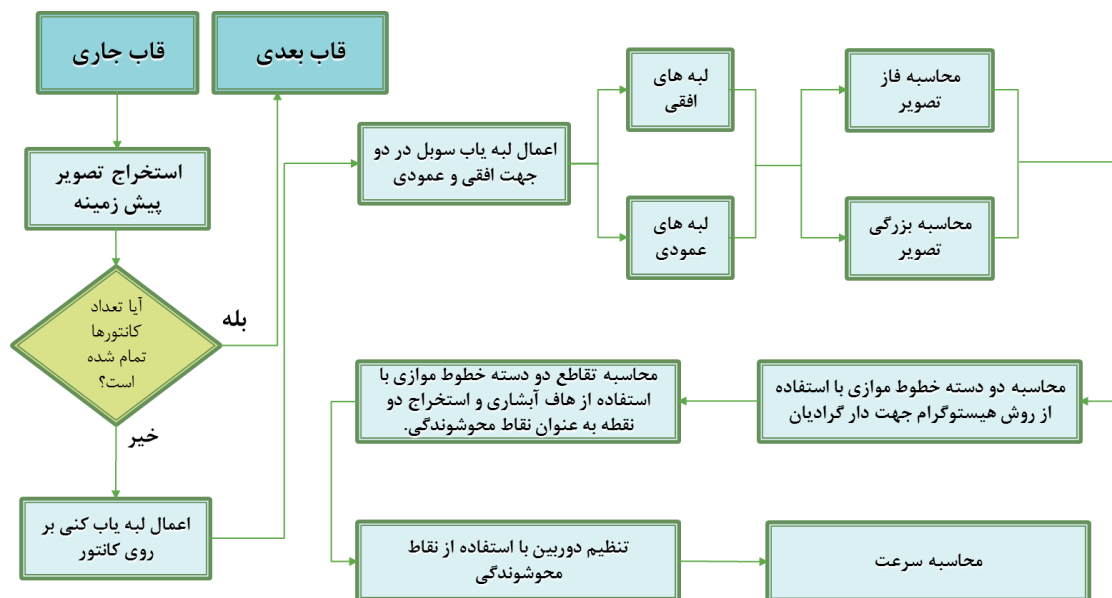
مدل مخلوط گوسی از لحاظ محاسباتی پر هزینه است و همچنین نیاز به اطلاعات قبلی بیشتری نسبت به روش دیگر دارد، ولی دقت نسبتاً خوبی در استخراج پیش زمینه از تصویر دارد. برای پیاده سازی این روش، نیاز به وجود قاب های زیادی می باشد. یکی از مزایای مدل مخلوط گوسی این است که زمانی یک شی وارد صحنه می شود و مدت طولانی ثابت باقی می ماند در این روش این شی را به عنوان پس زمینه تلقی می کند. اما با توجه به مزایا و معایب مدل مخلوط گوسی، در این پایان نامه از روش تفاضل تصویر استفاده شده است. چون اهمیت تشخیص وسیله نقلیه به صورت بلادرنگ بسیار ارجحیت دارد. هر چند که مدل مخلوط گوسی، خودرو را با دقت خوبی به طور کامل از تصویر استخراج می کند. اما با اعمال عملگرهای ریخت شناسی نظیر فرسایش و گسترش به دقت نسبتاً مطلوبی از شناسایی خودرو متحرک می رسیم، چون برای تنظیم دقیق دوربین نیاز به استخراج کلی شی داریم تا بتوانیم از آن برای تخمین نقاط محوشوندگی استفاده کنیم. در شکل ۳-۸ روندنمای استخراج تصویر پیش زمینه نشان داده شده است.



شکل ۳-۸: روندنمای استخراج تصویر پیش زمینه

۳-۳ تنظیم دوربین

همانگونه که از قبل اشاره شد، تنظیم دوربین مهم ترین قسمت در یک دستگاه بینایی ماشین است. دقت در تنظیم، صحت و درستی کل دستگاه را تضمین می کند، این بسیار پراهمیت است که فرایند تنظیم، ساده باشد و نیازی به قرار دادن یک شی خاص روبروی دوربین نباشد. اگر شخصی بدون آن که اطلاعی از نوع دوربین و از محل نصب آن داشته باشد، بخواهد تصاویر ویدیویی را به صورت برون خط، پردازش کند، باید از روش خود تنظیم استفاده کند. خوشبختانه صحنه های ترافیکی اطلاعات لازم برای تحقق این امر را فراهم می کنند. در این بخش ابتدا نحوه ی تخمین نقاط محوشوندگی ارائه می دهیم و بعد به تعیین پارامترهای داخلی و خارجی دوربین می پردازیم و در انتها نحوه ی جمع آوری اطلاعات لازم نظیر سرعت وسیله نقلیه و تعداد آن را بیان می کنیم. در شکل ۳-۹ روندنمایی از تنظیم دوربین نشان داده شده است.



شکل ۳-۹: روندنمای تنظیم دوربین

۳-۳-۱ تخمین نقاط محوشوندگی

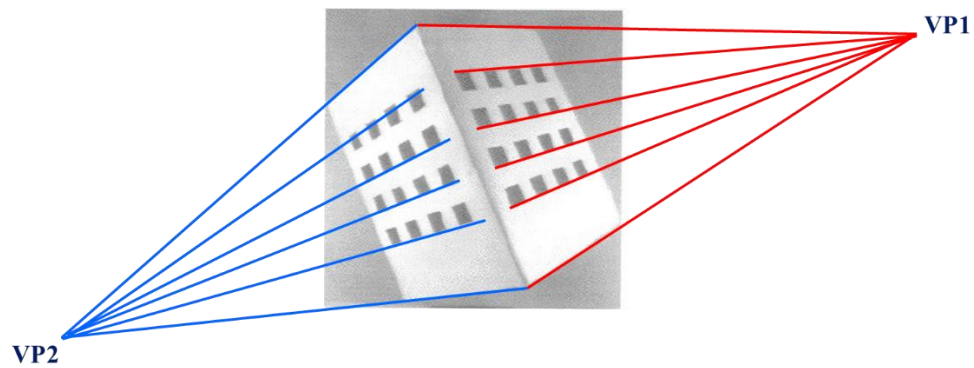
یک نقطه ی محوشونده در یک تصویر، از تقاطع خطوط موازی در دنیای واقعی به دست می آید که از اهمیت فوق العاده ای برای تنظیم دوربین برخوردار است [۴۴]. در این قسمت ما از یک روش برای تخمین سه نقطه محوشونده استفاده می کنیم. در شکل ۳-۱۰ نمایی از نقاط محوشوندگی یک مکعب نشان داده شده است.

برای سهولت در کار، چند فرضیه ارائه شده است:

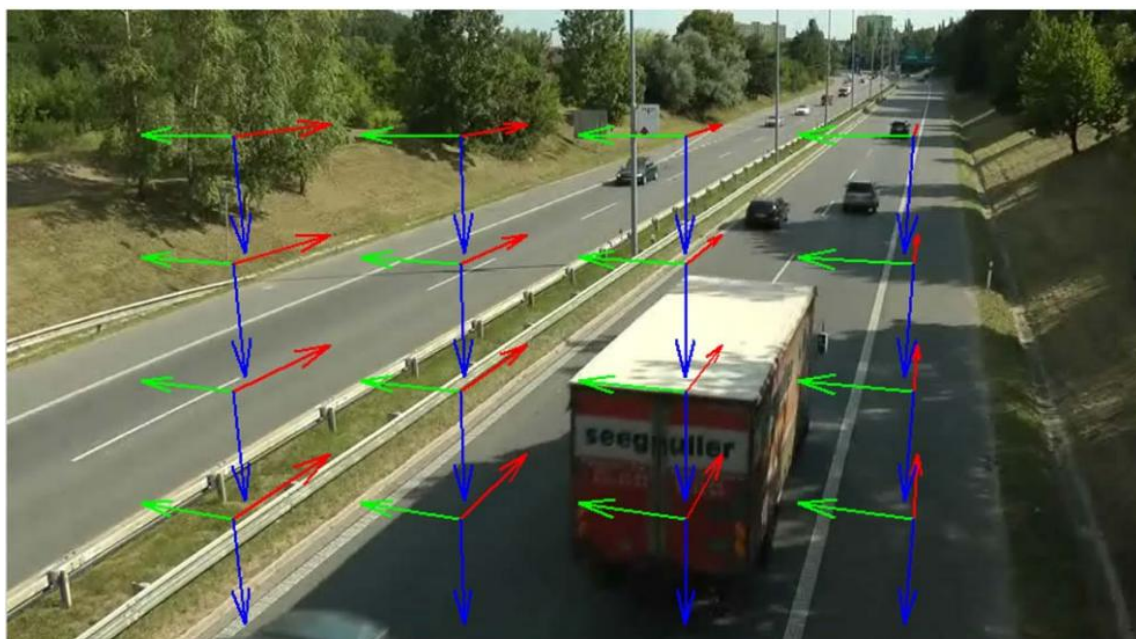
- وسیله نقلیه دارای حرکت مستقیم بر روی جاده است.
- نگاشت وسیله نقلیه بر روی تصویر دارای دو جهت اصلی است، یکی در جهت حرکت آن و دیگری در جهت عمود بر حرکت آن می باشد.

با استفاده از این مفروضات می توان سه نقطه محوشونده متعامد در صحنه را تخمین زد که به تفصیل به آن می پردازیم. البته فرض دیگری نیز وجود دارد که جاده مستقیم در نظر گرفته شده است

و یا در عمل دوربین بر روی پیچ ها نصب نشده است. در شکل ۳-۱۱ نمونه‌ای از نقاط محوشوندگی در جاده نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۰: نمایشی از نقاط محوشوندگی یک مکعب



شکل ۳-۱۱: نمایشی از سه جهت غالب به سمت نقاط محوشوندگی

۳-۱-۳-۳ تخمین معادلات خط

نقاط محوشونده در تصویر در دو مرحله تخمین زده می شوند. ابتدا مجموعه ای از خطوط موازی که بر تصویر نگاشت یافته است، باید تخمین زده شود. در مرحله ی بعد، تقاطع این خطوط

موازی به عنوان نقاط محوشونده معرفی شوند. فرضیاتی که در ابتدا مطرح شد بسیار در آشکارسازی این خطوط موثرند. لذا لازم است، از دو روش شیب جهت دار هیستوگرام، برای تعیین جهت غالب وسیله نقلیه در تصویر و روش تبدیل هاف آبشاری برای یافتن نقاط تقاطع حاصل از خطوط غالب در تصویر استفاده کنیم [۴۵].

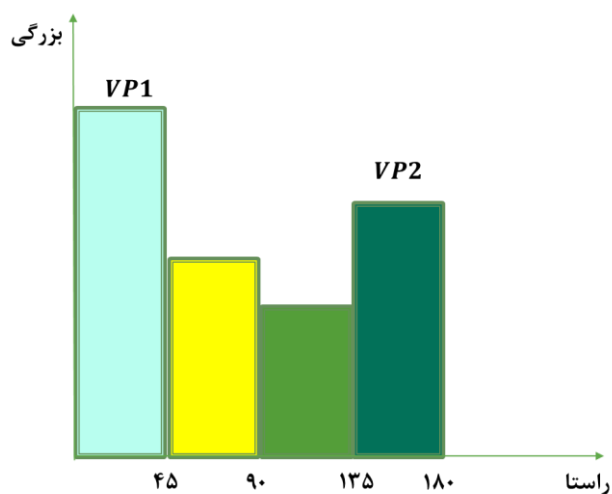
۳-۱-۱-۳ روش شیب جهت دار هیستوگرام

از آنجا که به جهت لبه بیشتر از بزرگی آن می توان اعتنا کرد، به همین دلیل در این روش هیستوگرام مقادیر گرادیان تشکیل می شود، به طوری که قسمت افقی نمودار، مقدار زاویه از مقدار ۰ تا ۳۶۰ به خود اختصاص می دهد و جهت عمودی نمودار مجموع مقدار اندازه گرادیان در آن جهت خاص را نشان می دهد. در مورد قسمت افقی باید خاطر نشان کرد، این بازه ی بین ۰ تا ۳۶۰ درجه، به بازه هایی با فاصله های مساوی تقسیم بندی می شود، به عنوان مثال اگر تعداد بین ها ۴ انتخاب شود، این بازه به صورت ۰ تا ۹۰ درجه، ۹۰ تا ۱۸۰ درجه، ۱۸۰ تا ۲۷۰ درجه و ۲۷۰ تا ۳۶۰ درجه تقسیم بندی می شود. و اگر هم تعداد بازه ۹ انتخاب شود، طول هر بازه از تقسیم ۳۶۰ درجه به ۹ یعنی مقدار ۴۵ درجه به دست می آید.

برای استفاده از این روش که در پایان نامه به کار گرفته شده است، ابتدا بر روی تصویر یک لبه یاب سوبل در دو جهت افقی و عمودی اعمال می شود، بعد با استفاده از تابع فاز مقدار جهت بر روی لبه ها آشکار می شود. این مقدار لبه به صورت یک ماتریس در برنامه تعریف می شود. بعد با استفاده از تابع اندازه، مقدار شدت گرادیان هر پیکسل لبه در تصویر مشخص می شود. یک ماتریس هم به عنوان اندازه گرادیان تعریف می شود.

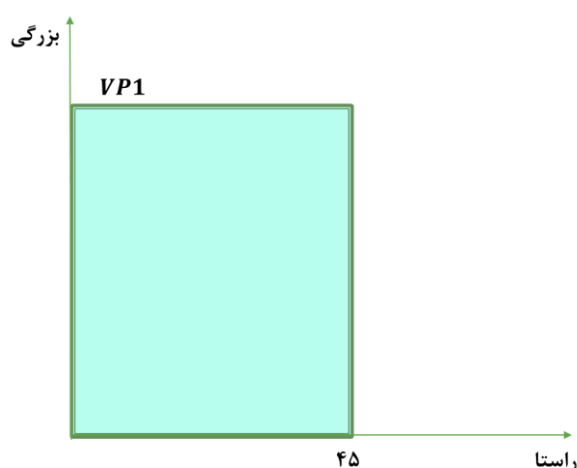
در مرحله بعد، با استفاده از تصویر خودرو که در استخراج پیش زمینه به دست آمده است، ابتدا بر روی هر پیکسل با استفاده از ماتریس لبه، جهت لبه استخراج می شود، با توجه به مقدار آن در بازه مناسب خود قرار می گیرد. و بعد به اندازه ی بزرگی آن لبه رای می گیرد. برای تمامی پیکسل های

خودرو این عمل انجام می شود. تا یک شکل شبیه شکل ۱۲-۳ حاصل شود.

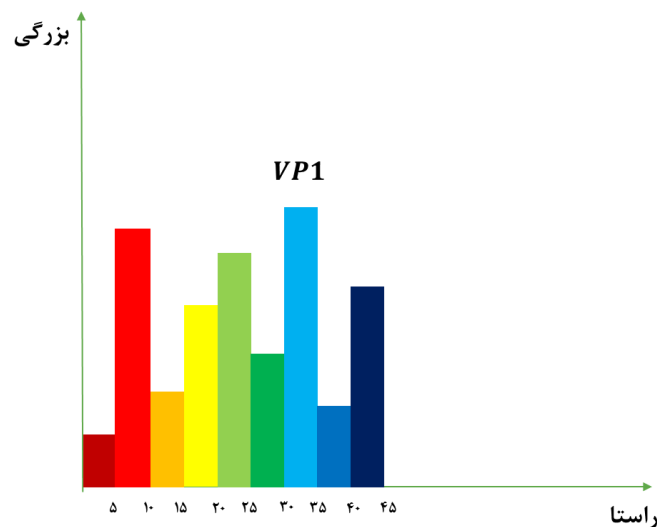


شکل ۱۲-۳: هیستوگرام گرادیان جهتی

در مرحله بعد با استفاده از شکل ۱۲-۳ دو بازه یکی برای نقطه محوشوندگی اول و دیگری برای نقطه محوشوندگی دوم یافت می شود. حال برای تخمین دقیق این نقاط نیاز است تا هیستوگرام آن مجدداً محاسبه شود. در شکل ۱۲-۳ بازه بین ۰ تا ۴۵ درجه به عنوان کاندید اول برای نقطه محوشوندگی اول انتخاب شده است. بنابراین با توجه به شکل ۱۳-۳ و شکل ۱۴-۳ می توان نقطه محوشوندگی اول را به طور دقیق محاسبه کرد.



شکل ۱۳-۳: هیستوگرام گرادیان جهتی برای یافتن نقطه محوشوندگی اول.



شکل ۳-۱۴: جهت اصلی خودرو در بازه بین ۳۵ تا ۴۰ درجه.

۲-۱-۱-۳-۳ تبدیل هاف آبشاری

تبدیل هاف یک روش معروف برای استخراج خطوط مستقیم در صحنه می باشد. در این تبدیل از یک روش به نام رای گیری استفاده می شود. به طوری که با توجه به زاویه و فاصله لبه از مبدا، نقطه مورد نظر در فضایی به نام فضای انباشته رای داده می شود. تبدیل هاف آبشاری همان گونه که از عنوان آن پیداست، متشکل از اعمال چندین تبدیل هاف بر روی تصویر می باشد. تبدیل هاف در مرحله اول تنها خطوط مستقیم را در صحنه پیدا می کند، اعمال این تبدیل در مرحله دوم، نقاط تقاطع خطوط مستقیم یافت شده در مرحله اول را پیدا می کند که در اصطلاح به آن نقاط محوشوندگی گفته می شود. در مرحله بعدی باز با اعمال این تبدیل، خطوطی که نقاط محوشوندگی را به هم متصل می کند، یافت می شود، که به این ها خطوط محوشوندگی گفته می شود. در شکل ۳-۱۵ فلوچارتی از آن ارائه شده است.



شکل ۳-۱۵: روندنمایی از روش هاف آبشاری.

با توجه به روش هایی که در قسمت قبل توضیح داده شد، به اعمال این روش ها می پردازیم. در ساده ترین حالت یک جاده ی مستقیم را در نظر بگیرید، وسایل نقلیه در بیشتر اوقات در امتداد جاده حرکت می کنند که اکثر آنها هم جهت و یا در خلاف جهت همدیگر در حرکت هستند در این حالت خاص می توان نتیجه گرفت که جهت حرکت وسایل نقلیه با یکدیگر موازی هستند و در نتیجه خطوط عمود بر این محورها نیز با یکدیگر موازی اند.

همانطور که در مفروضات اشاره شد، وسیله نقلیه که بر روی تصویر نگاشت شده است، دارای دو جهت اصلی یکی در جهت حرکت خودرو است و دیگری در جهت عمود بر آن می باشد. بنابراین برای جداسازی خطوط در وسیله ی نقلیه، نیاز به استخراج دو دسته خطوط است. خطوطی که انعکاس آن ها بر روی تصویر در نقاط محوشونده متقاطع هستند.

برای صحت و درستی کار، برای هر شی که به عنوان وسیله نقلیه شناخته شده است تنها دو معادله خط را تخمین می زنیم یکی در جهت حرکت آن و دیگری در جهت عمود بر آن در نظر گرفته می شود به جای اینکه از لبه های حساس استفاده کنیم از ترکیب خطوط لبه بهره می گیریم، ابتدا دو جهت اصلی خطوط را بر اساس هیستوگرام گرادیان جهتی در دو مرحله تخمین می زنیم. برای هر شی متحرک در تصویر که به عنوان وسیله نقلیه بر چسب زده شده است. جهت و بزرگی گرادیان در

هر پیکسل درون آن محاسبه می شود. جهت به N بخش تقسیم می شود و هیستوگرام از مجموع مقدار بزرگی های لبه های هم راستا در این ناحیه از تصویر تشکیل می شود.

بعد از آن، دو جهت با بزرگترین مقدار به عنوان جهت اصلی آن ناحیه در نظر گرفته می شوند. در مرحله بعد برای آنکه نتایج دقیق تر شود، آن دو بخش را هر کدام دوباره به N قسمت تقسیم می کنیم و دوباره بزرگترین مقادیر را انتخاب می کنیم، که جهت متناظر با آن دارای دقت مناسبی است. در شکل ۳-۱۶ دو جهت اصلی خودرو نمایش داده شده است.

هر شی که به عنوان وسیله نقلیه شناخته شود، می تواند دو معادله ی خط متناظر با دو جهت عمود بر هم در دنیای واقعی ایجاد کند. جهت حرکت وسیله نقلیه این دو معادله را از هم تمیز می دهد. خطی که جهت آن، به جهت حرکت خودرو در امتداد جاده نزدیکتر باشد، معادل جهت نقطه محوشوندگی اول و دیگری در جهت عمود بر آن و در امتداد نقطه محوشوندگی دوم می باشد.



شکل ۳-۱۶: تخمین جهت غالب وسیله نقلیه

۳-۱-۲ تخمین تقاطع

همان گونه که در بخش قبل اشاره شد، در ساده ترین حالت می توان از یک خودرو که در تصویر آشکار شده است، سه مجموعه خطوط استخراج کرد. یکی در جهت حرکت وسیله نقلیه، دیگری در جهت عمود بر حرکت وسیله نقلیه و سومین خط در جهت عمود بر این دو بر روی زمین می باشد. هر شی که به عنوان وسیله نقلیه برچسب زده می شود، تعداد این مجموعه خطوط افزایش می یابد. از این سه مجموعه خطوط، تقاطع خطوط در هر مجموعه، یک نقطه محو شوندگی را مشخص می کند. روشهای مختلفی برای استخراج نقاط محو شدگی از این سه دسته خط ارائه شده است. همان گونه که در بخش های قبلی توضیح داده شد، در این پایان نامه از یک روش به نام تبدیل هاف آبشاری بهره گرفته شده است. در این روش از یک استراتژی به نام اخذ رای استفاده شده است، به این صورت که هر نقطه روی خطوط که بدست آمده است، می تواند کاندیدی برای انتخاب نقاط محوشوندگی باشد. با استفاده از این روش می توان نقطه محوشوندگی در جهت حرکت وسیله نقلیه و در جهت عمود بر حرکت آن را محاسبه کرد که به ترتیب برابر با (u_0, v_0) و (u_1, v_1) می باشد.

این ابهام وجود دارد که چه لزومی دارد برای تنظیم دوربین از تشخیص نقاط محوشوندگی استفاده کنیم. همانطور که می دانیم، نقاط محو شوندگی از تقاطع خطوط موازی در دنیای واقعی و انعکاس آنها بر تصویر بدست می آید. پس اگر رابطه ای بین یک نقطه در تصویر و نقطه متناظر آن در دنیای واقعی وجود داشته باشد، می توان به نقطه محوشوندگی دست پیدا کرد، روابط مربوطه در پیوست ب آمده است. می توان از روی نقاط محو شوندگی که در اختیار است، رابطه بین دنیای واقعی و تصویر را بدست بیاوریم. در ادامه پس از بیان مدل دوربین به رابطه ی نقاط محوشونده با دنیای واقعی می پردازیم.

۲-۳-۳ تعیین پارامترهای داخلی و خارجی دوربین

در شکل ۱۷-۳ مکان دوربین از دید کنار نسبت به جاده و مکان دوربین از دید بالا نسبت به جاده نشان داده شده است. قبل از اینکه به چگونگی تعیین پارامترهای دوربین، پرداخته شود، مدل دوربین را کمی تشریح می کنیم.

۱-۲-۳-۳ مدل دوربین

یک رابطه بین یک نقطه در دنیای واقعی، (X_w, Y_w, Z_w) و نقطه معادل آن بر روی تصویر (x_{im}, y_{im}) وجود دارد، این رابطه از ضرب پارامترهای داخلی و خارجی دوربین محاسبه می شود که در رابطه (۱۱-۳) و رابطه (۱۲-۳) به آن اشاره شده است:

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = M_{int} M_{ext} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (11-3)$$

$$\begin{bmatrix} x_{im} \\ y_{im} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u/w \\ v/w \end{bmatrix} \quad (12-3)$$

در رابطه (۱۳-۳)، M_{int} ، پارامترهای داخلی، در رابطه (۱۴-۳)، M_{ext} ، پارامترهای خارجی تشریح شده است:

$$M_{int} = \begin{bmatrix} -f_x & 0 & O_x \\ 0 & f_y & O_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (13-3)$$

$$M_{ext} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & T_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & T_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & T_z \end{bmatrix} = [R|T] \quad (14-3)$$

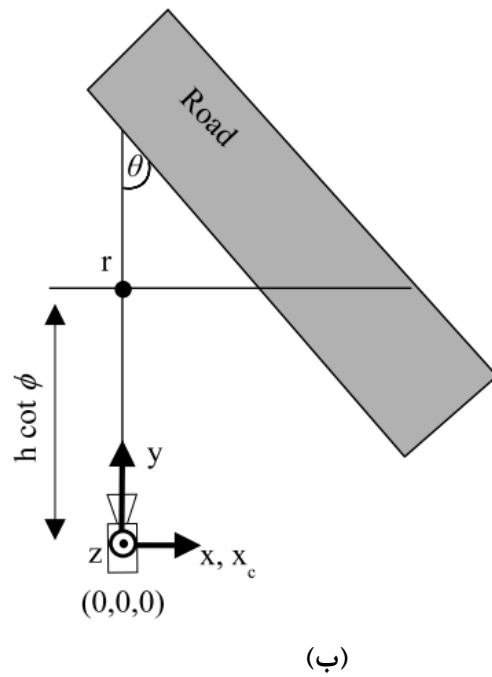
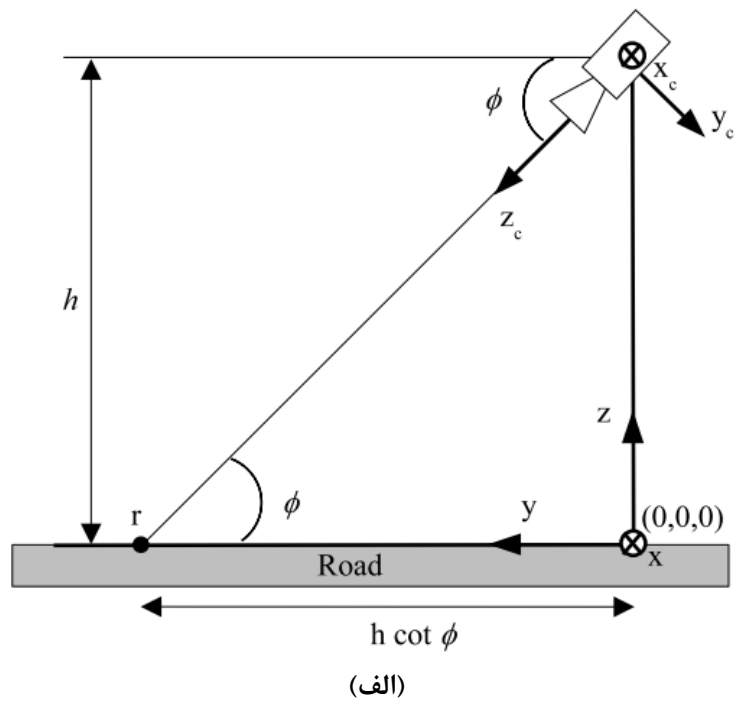
در این روابط (O_x, O_y) مرکز تصویر است. مقادیر r_{xy} مقادیر ماتریس چرخش است.

در رابطه (۳-۱۳) ، $\alpha = f_x / f_y$ به عنوان ضریب مقیاس تعریف می شود. در روابطی که اشاره

شد، پارامترهای داخلی و خارجی تشریح شد، اثبات کامل این روابط در پیوست ب اشاره شده است.

برای سهولت کار در تخمین سرعت وسیله نقلیه فرضیاتی ارائه شده است که عبارتند از:

۱. سطح جاده صاف و مستقیم است.
۲. زاویه چرخش دوربین صفر است.
۳. نقطه اصلی در مرکز تصویر است [۲۷] و [۲۸].
۴. ضریب مقیاس برابر یک می باشد. ($\alpha = 1$)



شکل ۳-۱۷: دستگاه مختصات مورد استفاده. (الف) مکان دوربین دید از کنار نسبت به جاده. (ب) مکان

دوربین از دید بالا نسبت به جاده [۴۶].

۳-۲-۲ تعیین پارامترهای تنظیم

با توجه به شکل ۳-۱۷ زاویه θ نیاز است، تا دوربین هم راستا با جهت جاده شود. فرضیاتی که تا به حال ارائه شد. سه پارامتر را برای نگاشت از دنیای واقعی به تصویر باقی می گذارد که عبارتند از:

۱. فاصله ی کانونی (f)

۲. ارتفاع دوربین از روی جاده (h)

۳. زاویه کجی (φ)

با توجه به اثباتی که در پیوست ب ارائه شده است، این سه پارامتر از روابط زیر محاسبه می شود:

$$f = \sqrt{-v_0^2 - u_0 u_1} \quad (۳-۱۵)$$

$$\varphi = tg^{-1} \left(\frac{-v_0}{f} \right) \quad (۳-۱۶)$$

$$\theta = tg^{-1} \left(\frac{-u_0 \cos \varphi}{f} \right) \quad (۳-۱۷)$$

کاملاً مشخص است به وسیله دو نقطه محو شوندگی، (u_0, v_0) و (u_1, v_1) می توان پارامترهای مورد نیاز برای تنظیم را محاسبه کرد و همچنین به اثبات می رسد، که مقدار $v_0 = v_1$ است، یعنی نقاط محو شوندگی بر روی یک خط موازی قرار می گیرد که به آن خط محو شوندگی^۱ گفته می شود. البته باید توجه کرد که مقادیر نقاط محو شوندگی بر حسب مرکز تصویر به عنوان نقطه مبدا محاسبه می شود.

^۱ Vanishing line

۳-۳-۳ جمع آوری اطلاعات وسیله نقلیه

در این قسمت به جمع آوری اطلاعات نظیر سرعت و تعداد ماشین های عبوری خواهیم پرداخت.

۳-۳-۳-۱ تخمین سرعت وسیله نقلیه

در حال حاضر دوربین تنظیم شده است، محل پیکسل یک وسیله نقلیه در تصویر، (u, v) می باشد. که این نقطه در دنیای واقعی بر روی (x, y) نگاشت می شود، البته توجه داشته باشید، که بر روی جاده مقدار $z = 0$ در نظر گرفته می شود. در صورتی که ارتفاع h معلوم باشد، می توانیم مقادیر x و y را از رابطه (۱۸-۳) و رابطه (۱۹-۳) محاسبه کنیم.

$$x = \frac{uh}{v \cos \theta + f \sin \varphi} \quad (18-3)$$

$$y = \frac{h(f - v \tan \varphi)}{v + f \tan \varphi} \quad (19-3)$$

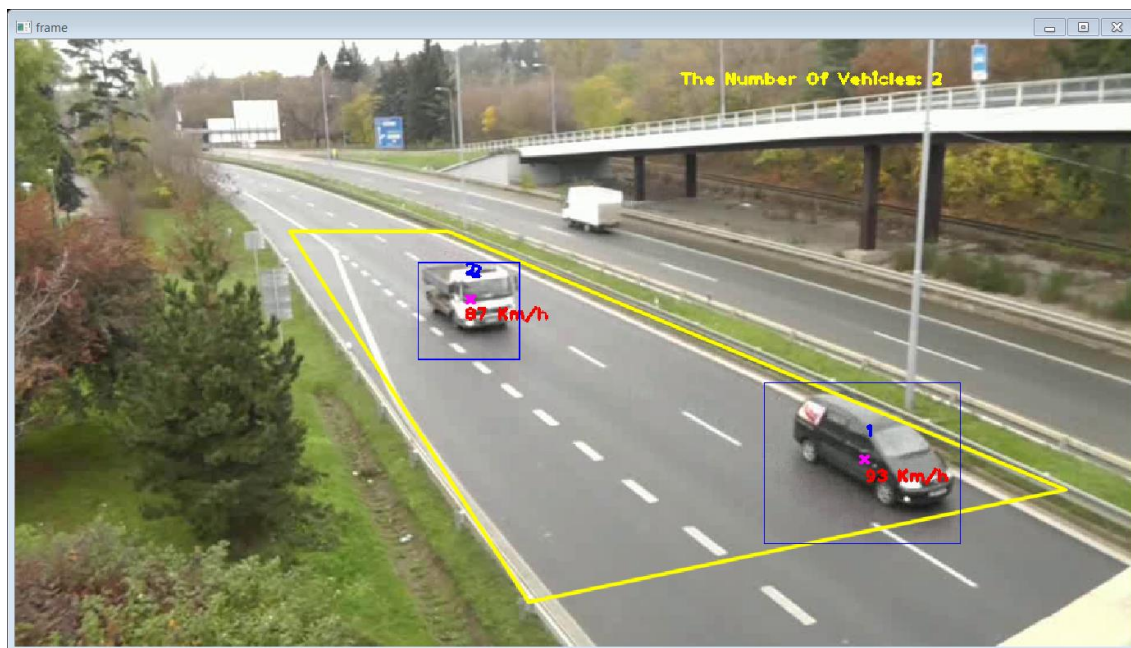
با توجه به رابطه (۲۰-۳) می توان سرعت وسیله نقلیه را محاسبه کرد، البته

$$\tau = 1 / \text{frame rate} \quad \text{در نظر گرفته می شود:}$$

$$v = \frac{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}}{t} \quad (20-3)$$

نقطه (x_0, y_0) مکان وسیله نقلیه در قاب قبلی و مقدار (x_1, y_1) مکان وسیله نقلیه در قاب

جاری می باشد. در شکل ۱۸-۳ نمونه ای از تشخیص سرعت خودرو نمایش داده شده است.



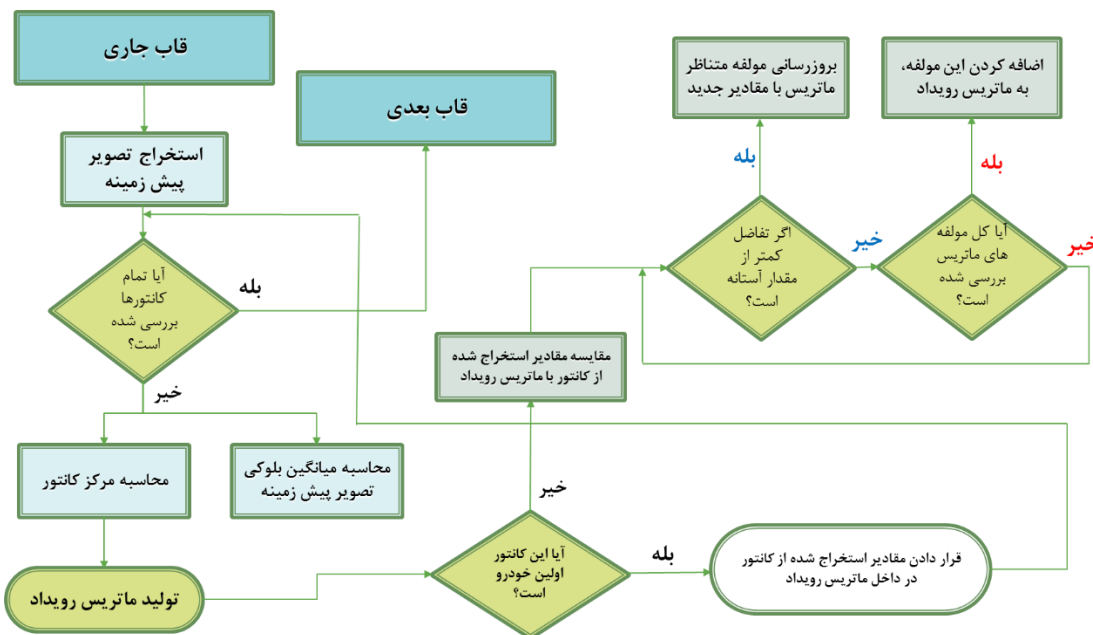
شکل ۳-۱۸: تشخیص سرعت خودرو.

۳-۳-۲ محاسبه ی تعداد وسایل نقلیه عبوری

در بخش قبل وسیله نقلیه توسط روش تفاضل تصویر به صورت بلادرنگ استخراج شد. حال هدف دیگری که در این پایان نامه دنبال می شود، یافتن تعداد خودرو های عبوری از ناحیه مورد علاقه می باشد. روندنمایی از نحوه تخمین تعداد خودرو های عبوری در یک محدوده ی زمانی در شکل ۳-۱۹ نشان داده شده است. که به صورت زیر قابل پیاده سازی است:

۱. ابتدا توسط روش تفاضل تصویر، تصویر پیش زمینه خودرو آشکار می شود.
۲. با اعمال یک آستانه گذاری دودویی نویزهای موجود حذف می شوند.
۳. با اعمال عملگر فرسایش و گسترش با کرنل های متفاوت می توان یک لکه تقریباً پیوسته ایجاد کرد.
۴. در این مرحله با استفاده از روش مولفه های متصل خودرو به صورت پیوسته ایجاد می شود.

۵. با استفاده از تابع ممان، مرکز کانتور تخمین زده می شود.
۶. در این مرحله از میانگین بلوکی کانتور به عنوان ویژگی دیگر استفاده می شود.
۷. در این مرحله یک ماتریس به نام رویداد تعریف می شود که به صورت شکل ۳-۲۰ می باشد. در این ماتریس در هر سطر آن مرکز کانتور و میانگین بلوکی کانتور به عنوان ویژگی هر خودرو اضافه می شود.
۸. ابتدا بررسی می شود که آیا این کانتور اولین است؟ اگر جواب مثبت بود، مقادیر استخراج شده از کانتور به ماتریس رویداد اضافه می شود. در غیر این صورت این مقادیر با مقادیر داخل ماتریس رویداد مقایسه می شود.
۹. در این مرحله اگر تطبیق بین این دو مقدار وجود داشت، مولفه های ماتریس با مقادیر جدید بروزرسانی می شود. در غیر این صورت اگر کل مولفه های ماتریس چک شده بود. این مقدار به عنوان کانتور جدید به ماتریس اضافه می شود. در غیر این صورت مقدار کانتور با مقادیر دیگر ماتریس چک می شود.

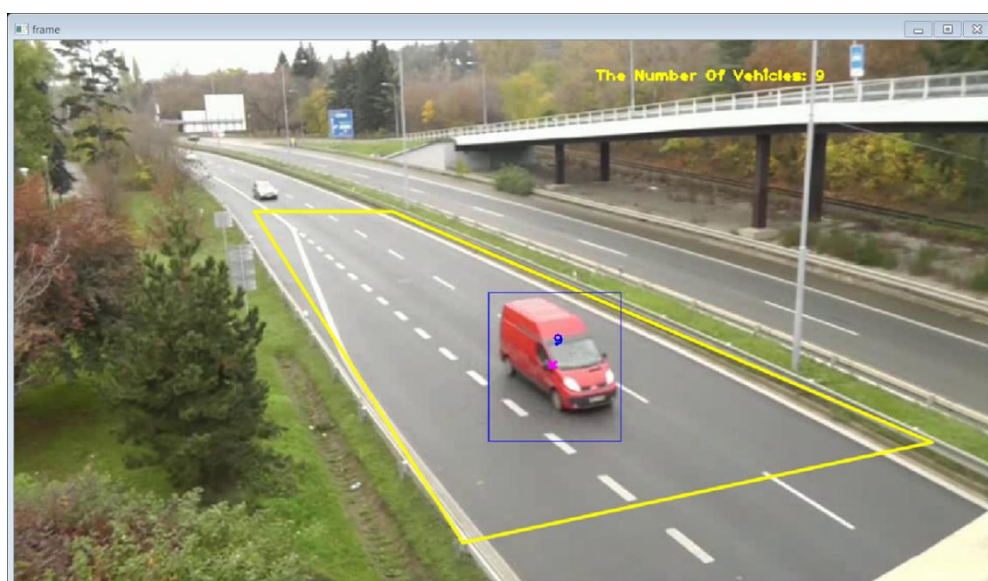


شکل ۳-۱۹: روندنمای تخمین تعداد خودروهای عبوری در یک بازه زمانی.

شماره	میانگین	میانگین	میانگین	مقدار x	مقدار y	برچسب
ماشین	رنگ قرمز	رنگ سبز	رنگ آبی	مرکز تصویر	مرکز تصویر	خودرو
No.	R_{avg}	G_{avg}	B_{avg}	mc_x	mc_y	Lable
خودرو ۱	۱۱۷	۱۲۶	۱۲۸	۷۹۹	۴۱۱	۱
خودرو ۲	۱۵۹	۱۶۰	۱۶۴	۴۰۸	۲۴۲	۲
خودرو ۳	...	...	...	...	...	...
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

شکل ۳-۲۰: ماتریس رویداد.

در شکل ۳-۲۱ نمونه ای از شمارش خودرو به صورت بلادرنگ نشان داده شده است. از ابتدا تعداد خودروهایی که در تصویر آشکار شده است، در گوشه سمت راست تصویر با رنگ زرد مشخص شده است. در شکل ۳-۲۲ نیز خودروهای آشکار شده به طور مجزا ترسیم شده است.



شکل ۳-۲۱: تعقیب خودرو و شمارش آن.



شکل ۳-۲۲: شمارش خودرو.

فصل چہارم

نتائج و پیشہادات

۴-۱ مقدمه

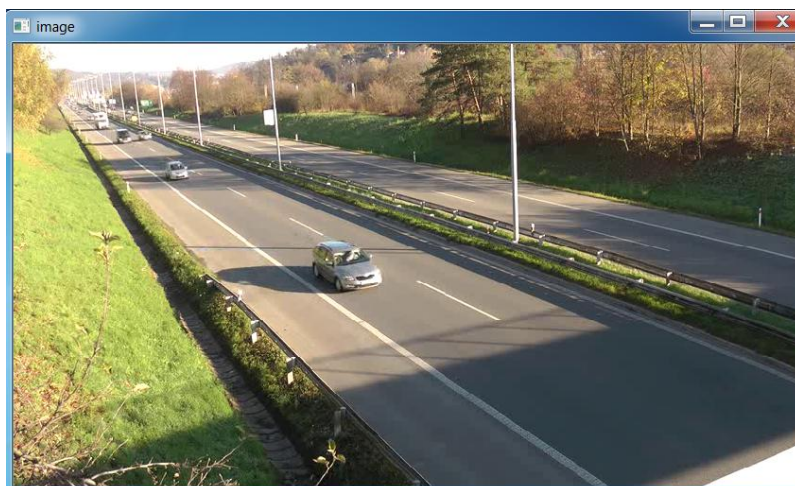
در فصل قبل، مراحل لازم برای تخمین سرعت وسیله نقلیه تشریح شد. که شامل استخراج شی متحرک، تنظیم دوربین و در انتها تخمین سرعت بود. در این فصل نتایج هرکدام از این مراحل نشان داده می شود و در انتها سرعتی که توسط الگوریتم تخمین زده می شود و همچنین تعداد آنها را بررسی می کنیم. قبل از بررسی ابتدا پایگاه داده ای که از آن استفاده شد، معرفی می شود.

۴-۲ پایگاه داده

در این پایان نامه از تصاویر ویدئویی دانشگاه چک استفاده شده است [۴۷]. طول ویدئو حدود ۳ دقیقه و ابعاد هر قاب آن 854×480 پیکسل است. این تصاویر دارای ۵ گروه اصلی است به طوری که هرکدام رنگی و از کیفیت خوبی برخوردار است. در شکل ۴-۱ دو قاب مختلف از این تصاویر را مشاهده می کنید.



(الف)



(ب)

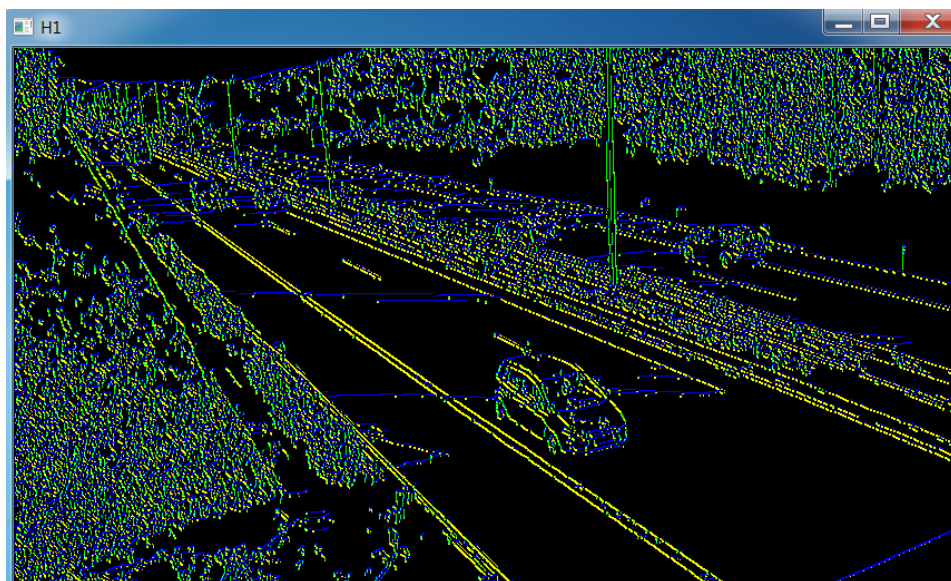
شکل ۴-۱: نمونه ای از تصاویر ویدئویی در دو قاب متفاوت. (الف) تصویر ویدئویی در قاب ۱۰۰. (ب) تصویر ویدئویی در قاب ۳۰۰.

۳-۴ بررسی نتایج

در اولین مرحله باید شی متحرک استخراج شود. برای نیل به این هدف از روش تفاضل تصویر استفاده کردیم. بعد از استخراج این شی، عملیات ریخت شناسی برای حذف نویز بر روی این تصاویر اعمال شد.

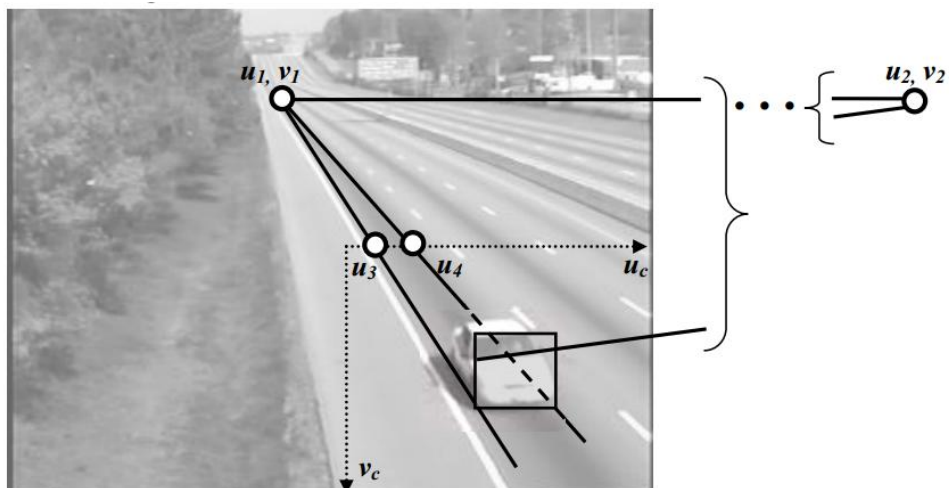
در دومین مرحله، نیاز به تنظیم دوربین است. که این روش توسط استخراج نقاط محوشوندگی انجام شده است. برای استخراج این نقاط، لازم است بر روی تصویر یک لبه یاب (سویل) در دو جهت افقی و عمودی اعمال شود. بعد با استفاده از نتایج فاز، لبه ها با زوایای مختلف رنگ بندی می شوند، به طوری که لبه های $0^\circ < \theta < 45^\circ$ با رنگ آبی، لبه های $45^\circ < \theta < 90^\circ$ با رنگ فیروزه ای، لبه های $90^\circ < \theta < 135^\circ$ با رنگ سبز و لبه های $135^\circ < \theta < 180^\circ$ با رنگ زرد مشخص می شوند.

همانگونه که در شکل نمونه ای از این فرآیند را مشاهده می کنید، لبه های در یک راستا، با چشم به راحتی قابل تمییز است و می توانید نقاط محو شوندگی که از امتداد خطوط موازی حاصل می شوند را به سادگی مشاهده کنید، در شکل تنها لبه های $0^\circ < \theta < 180^\circ$ رنگ بندی شده اند. زیرا با توجه به تصویر، دو نقطه محو شوندگی در بازه ۰ تا ۱۸۰ می باشند.

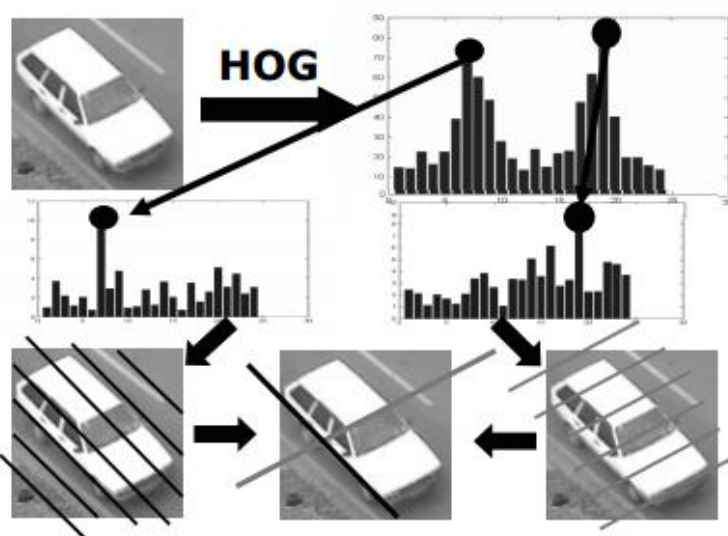


شکل ۴-۲: رنگ بندی جهت های مختلف

بعد از آشکارسازی لبه ها با استفاده از روش هیستوگرام جهتی و در مرحله بعد با استفاده از تبدیل هاف آبشاری، دو نقطه محو شوندگی (u_0, v_0) و (u_1, v_1) پیدا می شود. در شکل ۴-۳ نمونه ای از نحوه استخراج این دو نقطه نمایش داده شده است. همچنین در تصویر شکل ۴-۴ نحوه محاسبه نقاط محوشوندگی با استفاده از روش هیستوگرام گرادیان جهتی به نمایش درآمده است.

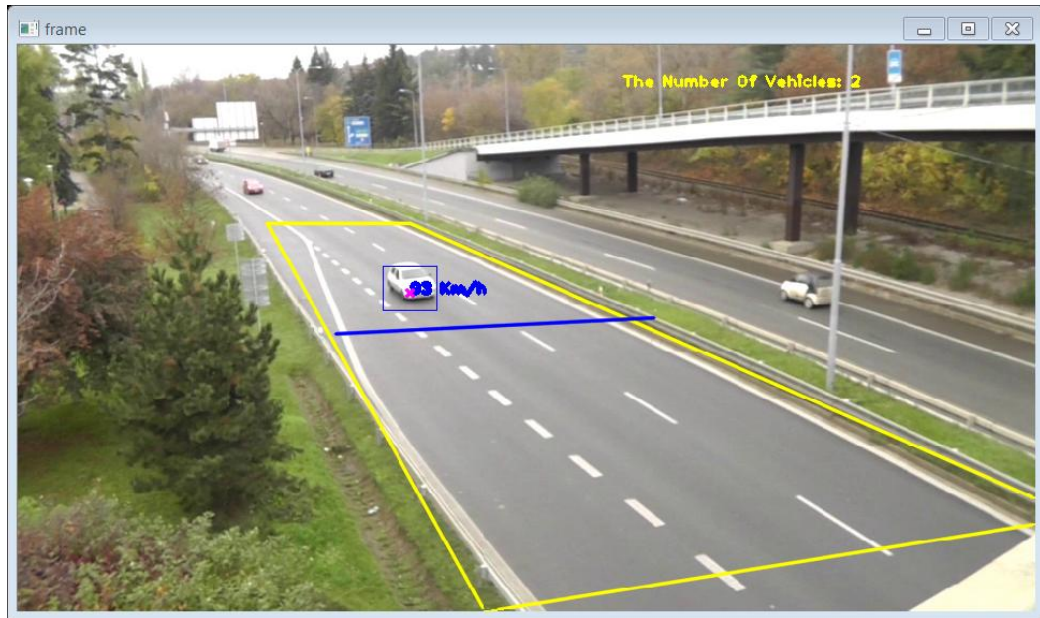


شکل ۴-۳: نحوه استخراج دو نقطه محوشوندگی [۳۱]



شکل ۴-۴: محاسبه نقاط محوشوندگی از طریق هیستوگرام گرادیان جهتی

بعد از محاسبه ی دو نقطه $Vp_0 = (u_0, v_0)$ و $Vp_1 = (u_1, v_1)$ دوربین مدرج می شود. ابتدا با توجه به رابطه ی پارامترهای f ، φ و θ محاسبه می شود. با فرض $h = 5m$ سرعت محاسبه می شود. نمونه ای از تشخیص سرعت در شکل ۴-۵ مشاهده می کنید.



شکل ۴-۵: تخمین سرعت خودرو

در جدول ۴-۱ و جدول ۴-۲ تخمین سرعت خودرو در رشته ویدیویی اول و دوم نشان داده شده است. در این جدول مقادیر سرعت محاسبه شده با سرعت اندازه گیری شده توسط اندازه خطهای روی بزرگراه مقایسه شده است و مقدار خطا محاسبه می شود. در جدول ۴-۳ فاصله کانونی تصاویر ویدیویی در ۵ گروه متفاوت تخمین زده شده است. جدول ۴-۴ مقدار زمان لازم برای تخمین نقطه محوشوندگی نمایش داده شده است. در جدول ۴-۵ پارامترهای تنظیم دوربین در ویدیوی شماره ۱ محاسبه و مقدار خطای آن ذکر شده است و در جدول ۴-۶ همین پارامترها برای ویدیوی شماره ۲ حساب شده است.

جدول ۴-۱: دقت تخمین سرعت در رشته‌ی ویدیویی شماره ۱

رشته اول			
شماره خودرو	شماره مسیر	سرعت اندازه گیری شده	سرعت الگوریتم پیشنهادی
۱	۱	۶۴	۶۳
۵	۲	۶۱	۵۸
۹	۲	۷۵	۷۲
۱۵	۱	۸۳	۸۰
۱۸	۱	۸۹	۸۳
۲۱	۲	۷۹	۷۳
۲۴	۱	۸۴	۷۹
۲۷	۱	۸۵	۷۹
۳۳	۲	۸۹	۸۰
۳۵	۲	۹۷	۹۳
۴۳	۱	۱۰۴	۹۹
۴۷	۱	۱۱۰	۱۰۳
خطای میانگین (km)			۵.۵

جدول ۴-۲: دقت تخمین سرعت در رشته‌ی ویدیویی شماره ۲

رشته دوم			
شماره خودرو	شماره مسیر	سرعت اندازه گیری شده	سرعت الگوریتم پیشنهادی
۵۳	۲	۷۳	۷۰
۵۵	۲	۸۱	۷۷
۶۵	۱	۶۴	۶۰
۶۹	۱	۸۹	۸۴
۷۸	۲	۵۹	۵۳
۸۱	۱	۶۵	۶۲
۹۴	۲	۷۱	۶۷
۹۷	۲	۷۵	۷۱
۱۰۴	۲	۷۸	۷۳
۱۱۵	۱	۸۷	۸۳
۱۲۳	۲	۹۴	۸۹
۱۳۷	۲	۹۸	۹۴
خطای میانگین (km)			۳.۵

جدول ۴-۳: مقایسه فاصله کانونی در تصاویر ویدیویی مختلف

گروه	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
f (پیکسل)	۷۴۵	۶۹۰	۸۰۳	۸۳۰	۸۵۰
درصد خطا	۸,۳	۴,۵	۹,۵	۸,۹	۱۱

جدول ۴-۴: زمان لازم برای محاسبه نقاط محوشوندگی اول و دوم

تفکیک پذیری	شدت ترافیک	VP1	VP2
۴۸۰*۸۵۴	متوسط	۷۰ ثانیه	۲۷۰ ثانیه

جدول ۴-۵: تخمین پارامترهای تنظیم دوربین در ویدیو شماره ۱

ویدیو	پارامترها	مقادیر واقعی	مقادیر اندازه گیری
شماره ۱	فاصله کانونی (پیکسل)	۴۲۷	۵۲۳
	زاویه با خط افق (درجه)	۱۵	۲۶,۳
	زاویه با امتداد جاده (درجه)	۱۲	۱۸,۳
	خطا (فاصله کانونی)	-	٪۱۸,۴

جدول ۴-۶: تخمین پارامترهای تنظیم دوربین در ویدیو شماره ۲

ویدیو	پارامترها	مقادیر واقعی	مقادیر اندازه گیری
شماره ۲	فاصله کانونی (پیکسل)	۸۹۷	۸۱۱
	زاویه با خط افق (درجه)	۱۳,۵	۱۱,۴
	زاویه با امتداد جاده (درجه)	۲۱	۱۷,۴
	خطا (فاصله کانونی)	-	٪۹,۳

در شکل ۴-۶ تصویری از شمارش تعداد خودروهای عبوری نشان داده شده است. در قسمت بالای سمت راست تصویر تعداد خودروهای عبوری در یک بازه زمانی معین نشان داده شده است.



شکل ۴-۶: تصویر تعداد خودروهای عبوری

۴-۴ نتیجه گیری

در سال های اخیر نظارت ترافیکی و جمع آوری اطلاعات ترافیکی نظیر سرعت خودرو، حجم ترافیک بسیار فراگیر شده اند. همین امر تنظیم دوربین برای بدست آوردن سرعت وسیله نقلیه را بسیار حساس و پراهمیت کرده است. بسیاری از محققان روش های مختلفی برای تنظیم دوربین در مقالات مختلف ارائه داده اند.

در این پایان نامه برای تنظیم دوربین از دو نقطه محوشوندگی استفاده شد. فرآیند تنظیم دوربین یک فرایند ظریف و حساس است که به مراقبت های زیادی نیاز دارد تا اطمینان دقیقی از نتایج آن حاصل شود. بعد از تنظیم دوربین توانستیم ارتباط بین پیکسل های تصویر و مقدار فواصل

در دنیای واقعی را پیدا کنیم. همین امر کار ما را در بدست آوردن سرعت وسایل نقلیه آسان کرد و هدف دیگری که در این پایان نامه به دنبال آن بودیم، شمارش خودروهای عبوری از ناحیه مورد علاقه است که این امر با استفاده از عملگرهای ریخت شناسی و استفاده از روش تفاضل تصویر به عنوان استخراج کننده خودرو امکان پذیر است.

روشی که در این پایان نامه ارائه شده است، قادر به شناسایی وسیله نقلیه در یک تصویر ویدئویی می باشد، تصویری که توسط یک دوربین از یک بزرگراه برگرفته شده است. تمامی الگوریتم‌های موردنظر با استفاده از زبان C++ و به کمک کتابخانه OpenCV پیاده سازی شده است. دلیل استفاده از این نرم افزار به دلیل سرعت بالا در پردازش تصاویر ویدئویی می باشد که ما را تخمین بلادرنگ سرعت کمک شایانی می کند.

۴-۵ پیشنهادات و کارهای آینده

- در این پایان نامه، جهت استخراج شی متحرک از روش تفاضل تصویر استفاده شده است، این روش عملکرد نسبتاً خوبی در نیل به این هدف دارد. ولی برای بالا بردن دقت می توان با استفاده از پایگاه داده مربوط به خودرو و بهره گیری از یک طبقه بند آبخاری خودرو موردنظر را آشکار کرد و دیگر درگیر چالشی مثل سایه نخواهیم شد و سرعت محاسبات نیز بالا خواهد رفت.
- در مرحله آخر برای تمیز دادن خودروهای موجود در صحنه، می توان از یک معیار برای تطبیق آن‌ها استفاده کرد. به طوری که با معیاری نظیر مکان خودرو در مختصات دنیای واقعی و اعمال یک آستانه‌ی دلخواه به آن مشخص شود که کدام خودرو در قاب فعلی متناظر چه خودروی دیگری در قاب قبلی می باشد.

- همچنین می توان در این پایان نامه طبقه بندی وسیله نقلیه نیز اضافه کرد تا دقیقاً مشخص شود که وسیله موردنظر آیا خودرو، کامیون، وانت و حتی موتور است.
- برای کارهای آینده می توان، در کل روز این نوع روش را بسط داد، به عنوان مثال دستگاه بتواند در شب، سرعت خودروهای موجود را تخمین بزند و همچنین در شرایط آب و هوایی متفاوت (بارانی، برفی و آفتابی) این الگوریتم به کار خود ادامه دهد.

پوست آ

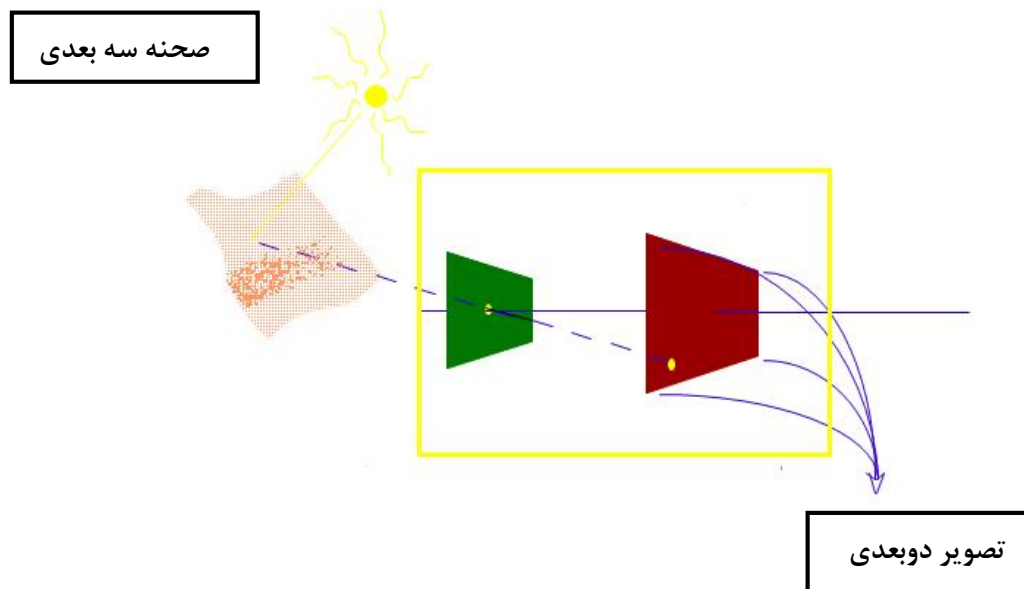
مدل دوربین

أ- ١ تشکیل تصویر

از دیدگاه هندسی، دوربین وسیله ای است که صحنه در فضای سه بعدی را به یک تصویر دو بعدی منعکس می کند. همان گونه که در زندگی روزمره خود با آن برخورد می کنیم، تغییر مکان و جهت دوربین، تصویر متفاوتی برای ما ایجاد می کند. ما نیاز به ایجاد یک رابطه بین تصویر دو بعدی و صحنه ی سه بعدی داریم. پارامترهای دوربین به دو دسته تقسیم بندی می شوند:

- پارامترهای داخلی^١: این پارامترها نقاط ٣ بعدی را به تصویر ٢ بعدی نگاشت می دهند.
- پارامترهای خارجی^٢: این پارامترها نمایش دهنده جهت و موقعیت دوربین نسبت به صحنه می باشند.

در شکل نحوه تشکیل تصویر، به نمایش درآمده است.



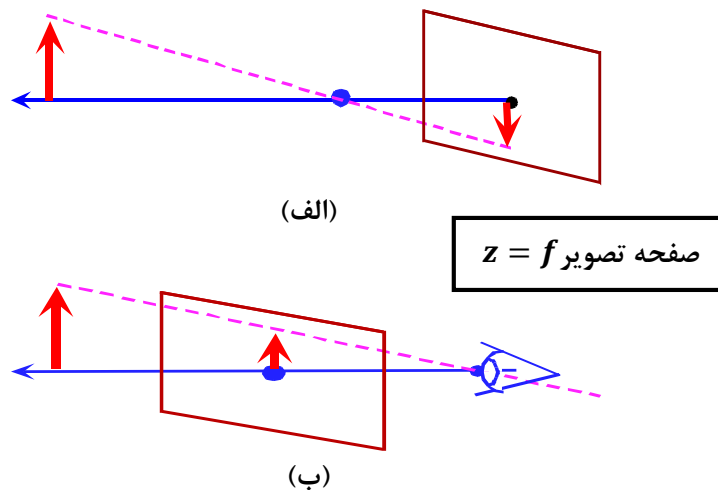
شکل أ- ١: نحوه تشکیل تصویر

^١ Intrinsic

^٢ Extrinsic

أ- ۲ مدل دوربین روزنه ای^۱

ابتدا بدون توجه به موقعیت دوربین، نگاهی به مدل دوربین می اندازیم. در شکل مقدار f ، فاصله‌ی کانونی^۲ لنز می باشد، که مقدار فاصله‌ی صفحه‌ی تصویر از لنز دوربین محسوب می شود. مرکز لنز، نقطه‌ای است که تمام اشعه‌های نوری از آن عبور می کند. همانطور که در شکل أ- ۲ مشاهده می کنید، تصویری که بر روی صفحه‌ی تصویر بدست آمده است، معکوس می باشد. در دستگاه دوربین روزنه ای محوری که در راستای محور نوری است و لنز دوربین را قطع کند، محور Z می باشد.

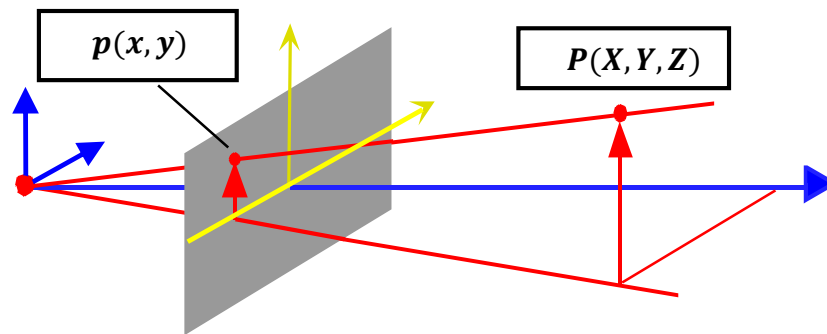


شکل أ- ۲: معادل سازی دو تصویر. (الف) ایجاد تصویر در مدل روزنه ای. (ب) معادل قسمت (الف) برای مثبت شدن مکان تشکیل تصویر.

با این توصیف، صفحه تصویر در مکان $z = -f$ و لنز دوربین در $z = f$ قرار گرفته است. برای اینکه از دست مقدار منفی خلاص شویم، یک معادل سازی انجام شده است که در شکل أ- ۲ مشاهده می کنید.

^۱ Pin hole

^۲ Focal length



شکل أ- ۳: اثر پرسپکتیو

أ- ۳ انعکاس پرسپکتیو

همانگونه که در شکل أ- ۳ نمایش داده شده است، هدف ما این است که تصویر یک نقطه به نام P در مکان (X, Y, Z) در دنیای واقعی بر روی مختصات تصویر را تحت اثر پرسپکتیو محاسبه کنیم، با توجه به معادل سازی که در بخش قبل انجام شد، در حال حاضر صفحه تصویر بر روی $Z = f$ قرار دارد. با توجه شکل می توان از قضیه ی تالس به روابط (أ-۱) و (أ-۲) رسید:

$$x = f \frac{x}{Z} \quad (\text{أ-۱})$$

$$y = f \frac{y}{Z} \quad (\text{أ-۲})$$

أ- ۴ پارامترهای دوربین

تمام داستان مدل دوربین عبارتست از:

- نگاشت از دنیای واقعی به دوربین
- نگاشت از دوربین (سه بعدی) به تصویر قاب^۱ (دو بعدی)

^۱ Image frame

همانگونه که از قبل اشاره شد، پارامترهای دوربین به دو دسته تقسیم می شوند:

۱. پارامترهای داخلی: شامل مشخصات دوربین و جمع کننده ی قاب^۱ می باشد که توسط

کارخانه تعیین می شود.

۲. پارامترهای خارجی: مکان و جهت دوربین نسبت به صحنه ی موردنظر را تعیین می

کند.

قبل از اینکه، پارامترهای داخلی و خارجی را به تفصیل بیان کنیم، چهار نوع دستگاه مختصات

تعریف می کنیم:

مختصات قاب^۲: (x_{im}, y_{im}) ، که واحد آن پیکسل می باشد.

مختصات تصویر^۳: (x, y) که واحد آن میلی متر می باشد.

مختصات دوربین^۴: (X, Y, Z)

مختصات دنیای واقعی^۵: (X_w, Y_w, Z_w)

شکل ۴-۱ نحوه ی تبدیل یک نقطه در دنیای واقعی را به یک نقطه در تصویر تشریح کرده است.

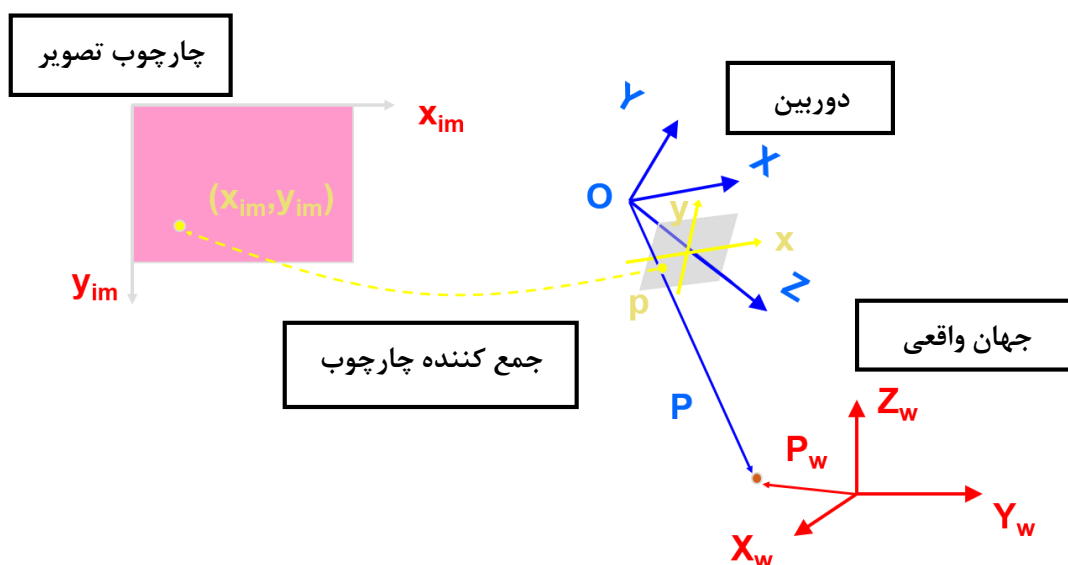
^۱ Frame grabber

^۲ Image frame

^۳ Image coordinate

^۴ Camera coordinate

^۵ World coordiante



شکل ا-۴: شکل نحوه ی تبدیل یک نقطه در دنیای واقعی

ا-۴-۱ پارامترهای داخلی

این پارامترها شامل مرکز تصویر (O_x, O_y) ، سایز موثر پیکسل (واحد میلی متر) (S_x, S_y) و فاصله ی کانونی f می باشد.

دستیابی به این پارامترها، دو نداشت لازم است:

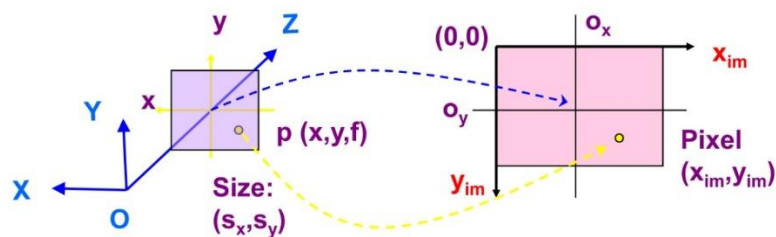
• نداشت از فضای سه بعدی به فضای دو بعدی تصویر، که از روابط (ا-۱) و (ا-۲) تبعیت می کند.

• نداشت از تصویر به قاب، که مطابق روابط (ا-۳) و (ا-۴) محاسبه می شود.

$$x = -(x_{im} - o_x)S_x \quad (ا-۳)$$

$$y = -(y_{im} - o_y)S_y \quad (ا-۴)$$

شکل ا-۵ نحوه نداشت در داخل دوربین را توصیف می کند.



شکل أ- ۵: نحوه ی نگاشت در داخل دوربین

پارامتر داخلی دیگری به نام اعوجاج لنز وجود دارد که بصورت اعوجاج شعاعی مدل می شود در شکل نمونه های مختلفی از اعوجاج لنز را به نمایش گذاشته است. همچنین نحوه محاسبه ی این اعوجاج از طریق روابط (أ-۵) و (أ-۶) می باشد. البته با فرض اینکه $r^2 = x_d^2 + y_d^2$ باشد.

$$x = x_d(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4) \quad (\text{أ-۵})$$

$$y = y_d(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4) \quad (\text{أ-۶})$$



شکل أ- ۶: انواع اعوجاج لنز

أ-۴-۲ پارامترهای خارجی

این پارامترها به دو دسته تقسیم می شوند:

- ماتریس انتقال سه بعدی T که مکان نسبی مختصات دوربین نسبت به مختصات

جهان را محاسبه می کند.

- ماتریس چرخش سه بعدی $R_{3 \times 3}$ که یک ماتریس متعامد می باشد.

قبل از آنکه به تشریح این دو ماتریس پرداخته شود، نحوه ی نمایش بردارهای سه بعدی و دو

بعدی را نشان می دهیم:

- یک نقطه در تصویر: بردار دو بعدی که با $P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ نمایش داده می شود.
- یک نقطه در صحنه: بردار سه بعدی که با $P = (X, Y, Z)^T$ نمایش داده می شود.
- بردار انتقال: بردار سه بعدی که با $T = (T_x, T_y, T_z)^T$ نمایش داده می شود.

أ-۴-۲-۱ ماتریس چرخش

این ماتریس دارای ۹ عنصر می باشد، ماتریس R متعامد می باشد، یعنی از رابطه (أ-۷) پیروی

می کند.

$$RR^T = R^T R = I \quad (\text{أ-۷})$$

این ماتریس طبقه رابطه (أ-۸) نمایش داده می شود:

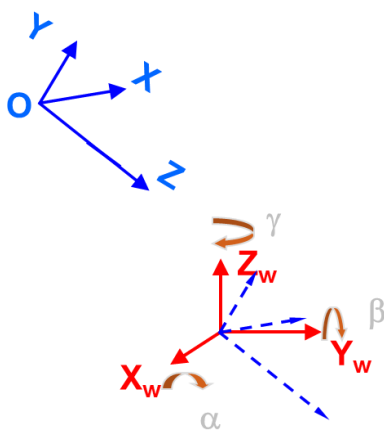
$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad (\text{أ-۸})$$

برای تولید این ماتریس سه نوع چرخش، حول سه محور x و y و z باید صورت گیرد، بنابراین

از رابطه (أ-۹) پیروی می کند:

$$R = R_\alpha R_\beta R_\gamma \quad (\text{أ-۹})$$

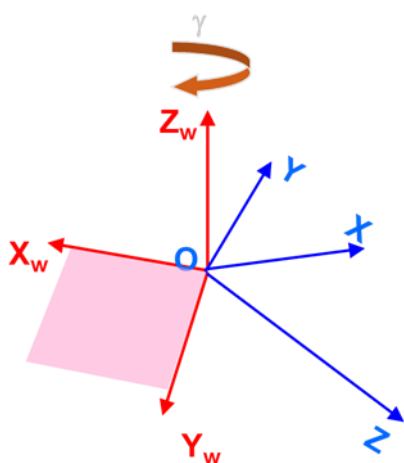
که در شکل أ-۷ نحوه ی چرخش را مشاهده می کنید.



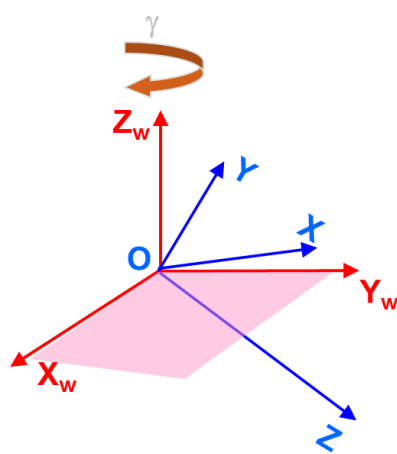
شکل أ- ۷: نحوه چرخش حول ۳ محور

أ-۴-۲-۱ ماتریس چرخش حول محور Z_w

شکل أ-۸ نحوه چرخش حول محور Z_w ، کاملاً تشریح داده شده است.



(ب)



(الف)

شکل أ-۸: نحوه ی چرخش حول محور Z_w (الف) چرخش γ حول محور Z_w در مرحله ی اول (ب) چرخش

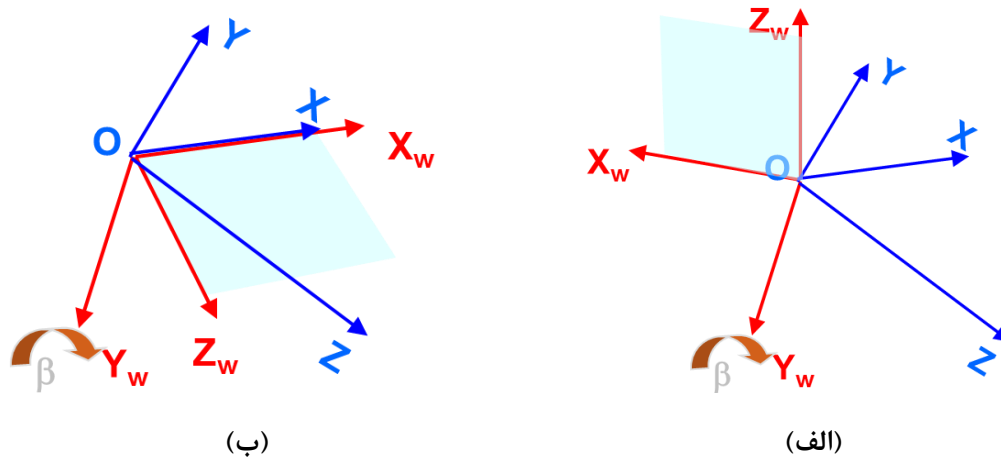
γ حول محور Z_w در مرحله دوم

با توجه به شکل أ-۸ ماتریس R_γ از رابطه (أ-۱۰) محاسبه می شود.

$$R_\gamma = \begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10-أ)$$

أ-۴-۲-۱-۲ ماتریس چرخش حول محور Y_w

شکل أ-۹ نحوه چرخش حول محور Y_w ، کاملاً تشریح داده شده است.



شکل أ-۹: چرخش حول محور Y_w . (الف) چرخش β حول محور Y_w در مرحله ی اول (ب) چرخش β

حول محور Y_w در مرحله دوم

با توجه به شکل أ-۹ ماتریس R_β از رابطه (أ-۱۱) محاسبه می شود.

$$R_\beta = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix} \quad (11-أ)$$

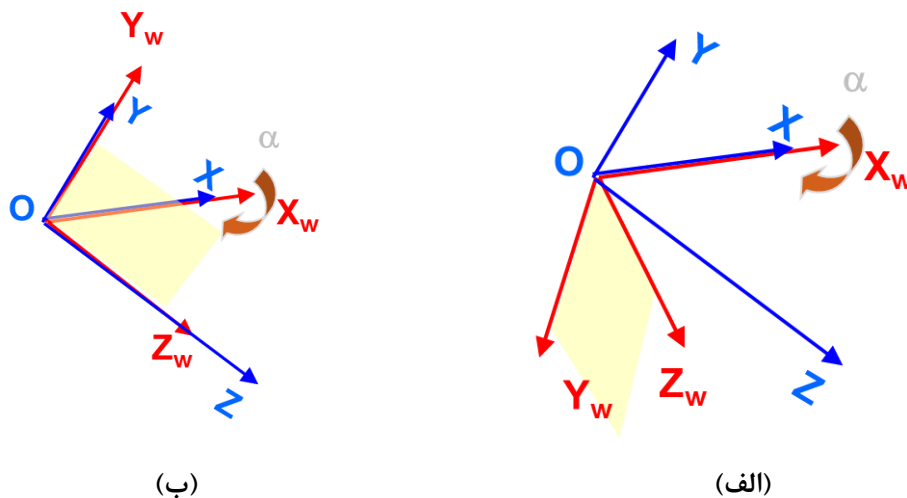
أ-۴-۲-۱-۳ ماتریس چرخش حول محور X_w

شکل أ-۱۰ نحوه چرخش حول محور X_w ، کاملاً تشریح داده شده است. با توجه به شکل أ-۱۰

ماتریس R_α از رابطه (أ-۱۲) محاسبه می شود.

$$R_\alpha = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \quad (\text{أ-۱۲})$$

در انتها از ضرب ۳ ماتریس R_α و R_β و R_γ ماتریس چرخش R محاسبه می شود.



شکل أ-۱۰: چرخش حول محور X_w . (الف) چرخش α حول محور X_w در مرحله ی اول (ب) چرخش α حول محور X_w در مرحله دوم

أ-۲-۲-۲ ماتریس انتقال

به صورت $T = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix}$ محاسبه می شود، که مکان نسبی بین دو دستگاه مختصات دوربین و

جهان واقعی را توصیف می کند.

حالا می توان با استفاده از نسخه خطی اثر پرسپکتیو، یک نقطه در فضای سه بعدی جهان را بر

یک نقطه در فضای سه بعدی دوربین مدل کنیم. که می توان از رابطه (أ-۱۳) برای این نگاشت استفاده

کرد به طوری که نقطه $P = (X, Y, Z)^T$ در فضای دوربین و نقطه $P_w = (X_w, Y_w, Z_w)^T$ در فضای جهان فرض می شود.

$$P = RP_w + T = \begin{bmatrix} r_{11}X_w + r_{12}Y_w + r_{13}Z_w + T_x \\ r_{21}X_w + r_{22}Y_w + r_{23}Z_w + T_y \\ r_{31}X_w + r_{32}Y_w + r_{33}Z_w + T_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1^T P_w + T_x \\ R_2^T P_w + T_y \\ R_3^T P_w + T_z \end{bmatrix} \quad (13-أ)$$

با توجه به روابط (1-أ) و (2-أ) و روابط (3-أ) و (4-أ) می توان به معادلات خطی کلی دست پیدا کرد، که ماتریس افکنش^۱ نامیده می شود و از رابطه (14-أ) محاسبه می شود. که در این رابطه ماتریس M_{int} مربوط به پارامترهای داخلی می باشد، که از رابطه (15-أ) پیروی می کند.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = M_{int} M_{ext} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (14-أ)$$

همچنین M_{ext} ماتریس مربوط به پارامترهای خارجی می باشد و از رابطه (16-أ) محاسبه می شود. برای محاسبه نقطه (x_{im}, y_{im}) از بردار $[x_1, x_2, x_3]$ رابطه (17-أ) پیشنهاد می شود.

$$M_{int} = \begin{bmatrix} -f_x & 0 & O_x \\ 0 & f_y & O_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (15-أ)$$

$$M_{ext} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & T_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & T_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & T_z \end{bmatrix} \quad (16-أ)$$

$$\begin{bmatrix} x_{im} \\ y_{im} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1/x_3 \\ x_2/x_3 \end{bmatrix} \quad (17-أ)$$

^۱ Projective

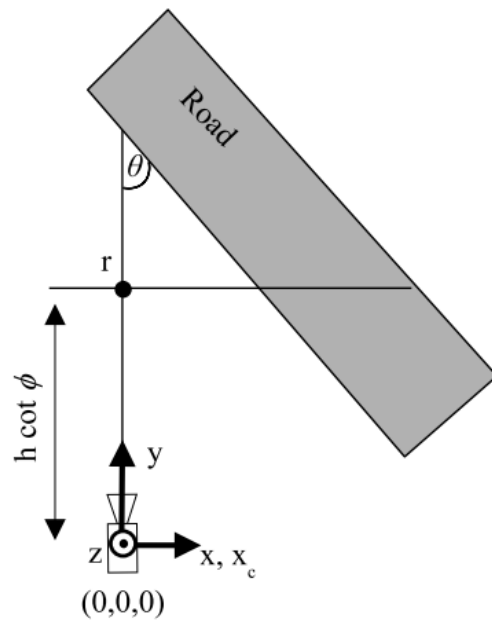
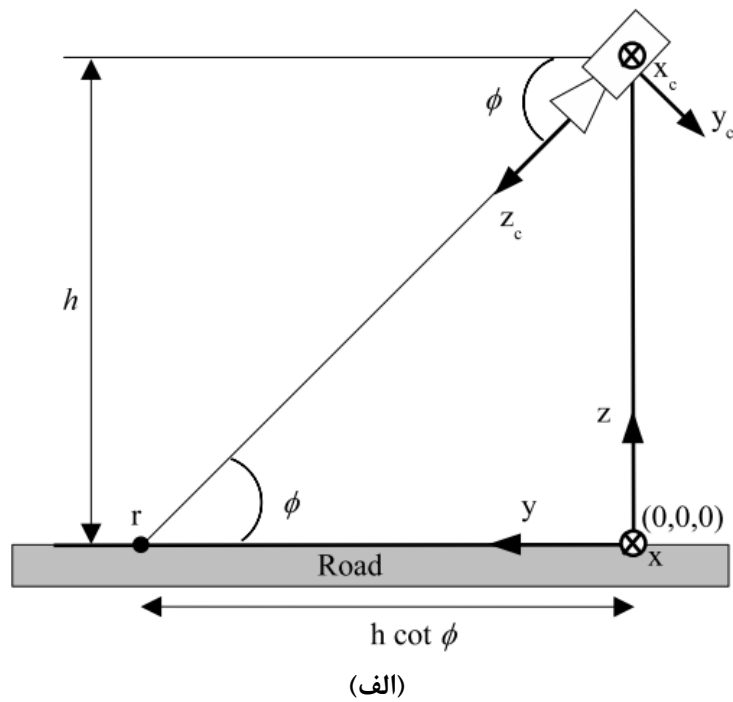
سویست ب

تنظیم دوربین

قبل از آن که به روش تنظیم دوربین از طریق نقاط محوشوندگی بپردازیم، پارامترهایی که جهت تنظیم دوربین لازم است، را بررسی می کنیم.

ب-۱ مدل دوربین

یک دوربین روزنه ای که از جاده ای مستقیم و مسطح تصویربرداری می کند را تصور کنید. فرض می شود که پیکسلها مربعی باشند ($\alpha = 1$). زاویه چرخش برابر صفر و نقطه اصلی در مرکز تصویر می باشد. دو دستگاه مختصات در شکل ب-۱ به نمایش درآمده است. دستگاه مختصات دوربین که مرکز آن در نقطه ی اصلی صفحه ی تصویر قرار گرفته است. دارای دو محور x_c و y_c یکی در امتداد سطر و دیگری در امتداد ستون می باشد. (محور x_c به سمت راست و محور y_c به سمت پایین قرار گرفته است). مرکز مختصات دنیای واقعی، بر روی جاده و درست زیر دوربین قرار گرفته است. محور x با محور x_c موازی می باشد. محور y بر محور x عمود است و طبق قانون دست راست محور z به سمت بالا خواهد شد. در صورتی که $\varphi = 0$ باشد، محور نوری z_c با محور y موازی خواهد شد. (دوربین در جهت افقی قرار گرفته است)، به همین دلیل دو دستگاه مختصات، با یک چرخش $\varphi + \frac{\pi}{2}$ حول محور x به یکدیگر مرتبط می شوند. زاویه θ ، زاویه بین صفحه ی yz و جهت جاده می باشد.



شکل ب-۱: دستگاه مختصات مورد استفاده. (الف) از دید بالا (ب) از دید سمت چپ

انعکاس تصویر یک نقطه (X, Y, Z) در مختصات جهان بر روی نقطه (u, v) در تصویر می تواند به صورت رابطه (ب-۱) بیان شود.

$$p = Px = KRTx \quad (\text{ب-۱})$$

جایی که نقطه $X = [x \ y \ z \ 1]^T$ و $P = [\alpha u \ \alpha v \ \alpha]^T$ می باشد، $\alpha \neq 0$ و

نقطه (u, v) بر طبق فاصله ی کانونی f نسخه مقیاس یافته ی (x_c, y_c) می باشد. ماتریس K طبق

رابطه ی (ب-۲) برای محاسبه ی پارامترهای داخلی استفاده می شود.

$$K = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{ب-۲})$$

برای محاسبه ی ماتریس چرخش R ، که از طرف دوران حول محور x به اندازه $\varphi + \frac{\pi}{2}$ از رابطه

(ب-۳) استفاده می شود.

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -\sin \varphi & -\cos \varphi \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi \end{bmatrix} \quad (\text{ب-۳})$$

و ماتریس انتقال T در جهت عمودی از رابطه (ب-۴) استفاده می شود.

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -h \end{bmatrix} \quad (\text{ب-۴})$$

بخاطر داشته باشید، مقدار f برحسب پیکسل، مقدار h برحسب متر، $0 < \varphi < \pi/2$

و $0 \leq \theta \leq \pi/2$ در نظر گرفته می شود. حالا رابطه (ب-۱) را بسط می دهیم و در رابطه (ب-۵)

نشان می دهیم. در جایی که $P = KRT$ یک ماتریس 3×4 محسوب می شود.

$$\begin{bmatrix} \alpha u \\ \alpha v \\ \alpha \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -f \cos \varphi & -f \sin \varphi & fh \cos \varphi \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi & h \sin \varphi \end{bmatrix}}_{P=KRT} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (\text{ب-۵})$$

از حل رابطه غیرهمگن (ب-۵) به روابط (ب-۶) و (ب-۷) می‌رسیم.

$$u = \frac{\alpha u}{\alpha} = \frac{fx \sec \varphi}{y + h \tan \varphi} \quad (\text{ب-۶})$$

$$v = \frac{\alpha v}{\alpha} = \frac{fh - fy \tan \varphi}{y + h \tan \varphi} \quad (\text{ب-۷})$$

با توجه به روابط (ب-۶) و (ب-۷) قادر خواهیم بود، به پارامترهای تنظیم یعنی f ، φ و θ دست پیدا کنیم. در ادامه به اثبات روابط مربوط به نقاط محو شوندگی (u_0, v_0) و (u_1, v_1) پرداخته می‌شود.

ب-۲ تخمین نقاط محو شوندگی

برای محاسبه نقاط محو شوندگی (u_0, v_0) و (u_1, v_1) ، ابتدا بر طبق شکل ب-۱ روابط (ب-۸) و (ب-۹) محاسبه شده است.

$$y = \frac{w + d}{\tan \theta} + \frac{x}{\tan \theta} \quad (\text{ب-۸})$$

$$x = y \tan \theta - (w + d) \quad (\text{ب-۹})$$

همان گونه که در شکل ب-۲ مشخص شده است، در دو رابطه ی بالا w عرض جاده و d فاصله عمودی از جاده می‌باشد. همان طور که از قبل اشاره شد، نقاط محو شونده در تصویر معادل تقاطع خطوط موازی در دنیای واقعی می‌باشند که در اصطلاح به آن بی نهایت گفته می‌شد به همین دلیل روابط (ب-۱۰) و (ب-۱۱) برای محاسبه ی نقاط محو شوندگی اول، (u_0, v_0) ارائه می‌شوند.

$$\begin{aligned} u_0 &= \lim_{y \rightarrow \infty} u = \lim_{y \rightarrow \infty} \frac{fx \sec \varphi}{y + h \tan \varphi} = \lim_{y \rightarrow \infty} \frac{f(y \tan \theta - w - d)}{y + h \tan \varphi} \quad (\text{ب-۱۰}) \\ &= -fx \tan \theta \sec \varphi \end{aligned}$$

$$v_0 = \lim_{y \rightarrow \infty} v = \lim_{y \rightarrow \infty} \frac{fh - fy \tan \varphi}{y + h \tan \varphi} = -f \tan \varphi \quad (\text{ب-۱۱})$$

با توجه به روابط (ب-۸) و (ب-۹) $\lim_{y \rightarrow \infty} \frac{x}{y} \cong \tan \theta$ می باشد، که در روابط (ب-۱۲) و (ب-۱۳)

(ب-۱۳) از آن استفاده شده است. همچنین برای محاسبه‌ی نقاط محو شوندگی دوم، (u_1, v_1) روابط (ب-۱۲)

و (ب-۱۳) ارائه می شود، در این معادلات از رابطه‌ی $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{y}{x} \cong \tan \theta$ استفاده شده است.

$$u_1 = \lim_{x \rightarrow \infty} u = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{fx \sec \varphi}{y + h \tan \varphi} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f \sec \varphi}{\frac{y}{x} + \frac{h \tan \varphi}{x}} = \frac{f \sec \varphi}{\tan \theta} \quad (\text{ب-۱۲})$$

$$= \frac{f}{\cos \varphi \tan \theta}$$

$$v_1 = \lim_{x \rightarrow \infty} v = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{fh - fx \tan \theta \tan \varphi}{x \tan \theta + h \tan \varphi} = -f \tan \varphi \quad (\text{ب-۱۳})$$

از روابط (ب-۱۱) و (ب-۱۳) نتیجه می شود که $v_0 = v_1$ می باشد، یعنی با اتصال دو نقطه

محو شوندگی، خطی افقی تشکیل خواهد شد که در اصطلاح به آن خط محو شوندگی^۱ گفته می شود.

با توجه به روابطی که برای محاسبه نقاط محو شوندگی (u_0, v_0) و (u_1, v_1) ارائه شد، می توان از

طریق این نقاط، پارامترهای f ، φ و θ را از روابط (ب-۱۴) و (ب-۱۵) و (ب-۱۶) بدست آورد.

$$f = \sqrt{-v_0^2 - u_0 u_1} \quad (\text{ب-۱۴})$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{-v_0}{f} \right) \quad (\text{ب-۱۵})$$

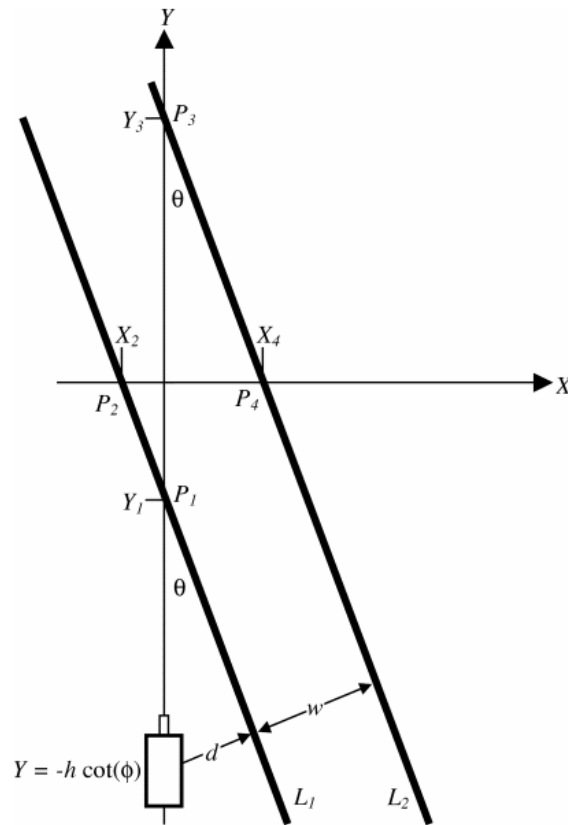
$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{-u_0 \cos \varphi}{f} \right) \quad (\text{ب-۱۶})$$

از آنجا که $\varphi \geq 0$ می باشد، طبق معادله‌ی $v_0 = -f \tan \varphi$ ، مقدار v_0 منفی خواهد شد.

حالا که مقادیر f ، φ و θ محاسبه شده است. روابط (ب-۶) و (ب-۷) به صورت روابط (ب-۱۷) و (ب-۱۸)

(ب-۱۸) بازنویسی می شود.

^۱ Vanishing line



شکل ب-۲: نمایش فاصله دوربین از جاده و مقدار عرض آن.

$$x = \frac{hu}{v \cos \theta + f \sin \varphi} \quad (\text{ب-۱۷})$$

$$y = \frac{h(f - v \tan \varphi)}{v + f \tan \varphi} \quad (\text{ب-۱۸})$$

مشاهده می کنید، با یک مقدار h معین، می توان سرعت وسیله نقلیه را طبق رابطه (ب-۱۹)

محاسبه کرد. یعنی

$$v = \frac{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}}{t} \quad (\text{ب-۱۹})$$

نقطه (x_0, y_0) مکان وسیله نقلیه در قاب قبلی و نقطه (x_1, y_1) مکان وسیله نقلیه در قاب جاری

می باشد. با توجه به روابط (ب-۱۷) و (ب-۱۸) می توان میزان جابجایی پیکسلی هر خودرو در تصویر

را معادل یک جابجایی خاص در دنیای واقعی در نظر گرفت، که این جابجایی از روابط (ب-۱۷) و (ب-۱۸) و (ب-۱۹) محاسبه می شود و از تقسیم آن بر تغییرات زمان مقدار سرعت محاسبه می شود.

- [1] W. Hu, T. Tan, L. Wang, and S. Maybank, "A survey on visual surveillance of object motion and behaviors," *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, 34(3):334-352, 2004.
- [2] D. Koller, "Moving object recognition and classification based on recursive shape parameter estimation," in *Proc. 12th Israel Conf. Artificial Intelligence, Computer Vision*, 1993.
- [3] J. Lou, T. Tan, W. Hu, H. Yang, and S. J. Maybank, "3-D model-based vehicle tracking," *Image Processing, IEEE Transactions on*, vol. 14, pp. 1561-1569, 2005.
- [4] Z. Zivkovic and F. van der Heijden, "Efficient adaptive density estimation per image pixel for the task of background subtraction," *Pattern recognition letters*, vol. 27, pp. 773-780, 2006.
- [5] K. McBride, "Vehicle tracking in occlusion and clutter," Master's thesis, University of Waterloo, 2008.
- [6] A. Bainbridge-Smith and R. G. Lane, "Determining optical flow using a differential method," *Image and Vision Computing*, vol. 15, pp. 11-22, 1997.
- [7] F. Liu and R. W. Picard, "Finding periodicity in space and time," in *Computer Vision, 1998. Sixth International Conference on*, 1998, pp. 376-383.
- [8] C. Ridder, O. Munkelt, and H. Kirchner, "Adaptive background estimation and foreground detection using kalman-filtering," in *Proceedings of International Conference on recent Advances in Mechatronics*, 1995, pp. 193-199.
- [9] L. Wixson, "Detecting salient motion by accumulating directionally-consistent flow," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 22, pp. 774-780, 2000.
- [10] T. Boulton, R. Micheals, X. Gao, P. Lewis, C. Power, W. Yin, *et al.*, "Frame-rate omnidirectional surveillance and tracking of camouflaged and occluded targets," in *Visual Surveillance, 1999. Second IEEE Workshop on*, (VS'99), 1999, pp. 48-55.
- [11] R. P. Rao, "Robust Kalman filters for prediction, recognition, and learning," *Rochester NY: The University of Rochester Computer Science Department*, 1996.
- [12] A. Elgammal, R. Duraiswami, D. Harwood, and L. S. Davis, "Background and foreground modeling using nonparametric kernel density estimation for visual surveillance," *Proceedings of the IEEE*, vol. 90, pp. 1151-1163, 2002.
- [13] K. Kim, D. Harwood, and L. S. Davis, "Background updating for visual surveillance," in *Advances in Visual Computing*, ed: Springer, 2005, pp. 337-346.
- [14] A. Tavakkoli, M. Nicolescu, and G. Bebis, "A novelty detection approach for foreground region detection in videos with quasi-stationary backgrounds," in *Advances in Visual Computing*, ed: Springer, 2006, pp. 40-49.
- [15] J. Batista, J. Dias, H. Araújo, A. T. De Almeida, and A. Tra, "Monoplanar Camera Calibration-Iterative Multi-Step Approach," in *Proc. British Machine Vision Conference*, 1993.
- [16] O. Faugeras, *Three-dimensional computer vision: a geometric viewpoint*: MIT press, 1993.
- [17] S. J. Maybank and O. D. Faugeras, "A theory of self-calibration of a moving camera," *International Journal of Computer Vision*, vol. 8, pp. 123-151, 1992.
- [18] S. Ganapathy, "Decomposition of transformation matrices for robot vision," in *Robotics and Automation. Proceedings. 1984 IEEE International Conference on*,

- 1984, pp. 130-139.
- [19] R. Y. Tsai, "A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses," *Robotics and Automation, IEEE Journal of*, vol. 3, pp. 323-344, 1987.
 - [20] R. I. Hartley, "An algorithm for self calibration from several views," in *CVPR*, 1994, pp. 908-912.
 - [21] Q.-T. Luong and O. D. Faugeras, "Self-calibration of a moving camera from point correspondences and fundamental matrices," *International Journal of computer vision*, vol. 22, pp. 261-289, 1997.
 - [22] M. Trajković, "Interactive calibration of a PTZ camera for surveillance applications," 2002.
 - [23] A. H. Lai and N. H. Yung, "Lane detection by orientation and length discrimination," *Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on*, vol. 30, pp. 539-548, 2000.
 - [24] X. C. He and N. H. Yung, "New method for overcoming ill-conditioning in vanishing-point-based camera calibration," *Optical Engineering*, vol. 46, pp. 037202-12, 2007.
 - [25] D. Beymer, P. McLauchlan, B. Coifman, and J. Malik, "A real-time computer vision system for measuring traffic parameters," in *Computer Vision and Pattern Recognition, 1997. Proceedings., 1997 IEEE Computer Society Conference on*, 1997, pp. 495-501.
 - [26] P. G. Michalopoulos, "Vehicle detection video through image processing: the autoscope system," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, vol. 40, pp. 21-29, 1991.
 - [27] T. N. Schoepflin and D. J. Dailey, "Dynamic camera calibration of roadside traffic management cameras for vehicle speed estimation," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 4, pp. 90-98, 2003.
 - [28] K.-T. Song and J.-C. Tai, "Dynamic Calibration of Pan & Tilt & Zoom Cameras for Traffic Monitoring," *Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on*, vol. 36, pp. 1091-1103, 2006.
 - [29] D. J. Dailey, F. W. Cathey, and S. Pumrin, "An algorithm to estimate mean traffic speed using uncalibrated cameras," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 1, pp. 98-107, 2000.
 - [30] N. K. Kanhere and S. T. Birchfield, "Real-time incremental segmentation and tracking of vehicles at low camera angles using stable features," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 9, pp. 148-160, 2008.
 - [31] N. Kanhere, S. Birchfield, and W. Sarasua, "Automatic camera calibration using pattern detection for vision-based speed sensing," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, pp. 30-39, 2008.
 - [32] G. S. Fung, N. H. Yung, and G. K. Pang, "Camera calibration from road lane markings," *Optical Engineering*, vol. 42, pp. 2967-2977, 2003.
 - [33] C. Zhaoxue and S. Pengfei, "Efficient method for camera calibration in traffic scenes," *Electronics Letters*, vol. 40, pp. 368-369, 2004.
 - [34] S. Gupte, O. Masoud, R. F. Martin, and N. P. Papanikolopoulos, "Detection and classification of vehicles," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 3, pp. 37-47, 2002.
 - [35] E. K. Baş and J. D. Crisman, "An easy to install camera calibration for traffic monitoring," in *Intelligent Transportation System, 1997. ITSC'97., IEEE Conference on*, 1997, pp. 362-366.

- [36] B.-F. Wu, W.-H. Chen, C.-W. Chang, C.-C. Liu, and C.-J. Chen, "Dynamic CCD camera calibration for traffic monitoring and vehicle applications," in *Systems, Man and Cybernetics, 2007. ISIC. IEEE International Conference on*, 2007, pp. 1717-1722.
- [37] Z. Zhang, M. Li, K. Huang, and T. Tan, "Practical camera auto-calibration based on object appearance and motion for traffic scene visual surveillance," in *Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. CVPR 2008. IEEE Conference on*, 2008, pp. 1-8.
- [38] R. T. Collins, A. Lipton, T. Kanade, H. Fujiyoshi, D. Duggins, Y. Tsin, *et al.*, *A system for video surveillance and monitoring* vol. 2: Carnegie Mellon University, the Robotics Institute Pittsburg, 2000.
- [39] D. A. Migliore, M. Matteucci, and M. Naccari, "A revaluation of frame difference in fast and robust motion detection," in *Proceedings of the 4th ACM international workshop on Video surveillance and sensor networks*, 2006, pp. 215-218.
- [40] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," *Automatica*, vol. 11, pp. 23-27, 1975.
- [41] S. Messelodi, C. M. Modena, and M. Zanin, "A computer vision system for the detection and classification of vehicles at urban road intersections," *Pattern analysis and applications*, vol. 8, pp. 17-31, 2005.
- [42] C. Stauffer and W. E. L. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking," in *Computer Vision and Pattern Recognition, 1999. IEEE Computer Society Conference on.*, 1999.
- [43] Z. Zivkovic, "Improved adaptive Gaussian mixture model for background subtraction," in *Pattern Recognition, 2004. ICPR 2004. Proceedings of the 17th International Conference on*, 2004, pp. 28-31.
- [44] R. Hartley and A. Zisserman, *Multiple view geometry in computer vision*: Cambridge university press, 2003.
- [45] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," in *Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005. IEEE Computer Society Conference on*, 2005, pp. 886-893.
- [46] N. K. Kanhere and S. T. Birchfield, "A taxonomy and analysis of camera calibration methods for traffic monitoring applications," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 11, pp. 441-452, 2010.
- [47] http://medusa.fit.vutbr.cz/public/data/roadside_videos/videos.zip

Abstract

Vehicle speed estimation, plays an important role in traffic control and law enforcement. It is a hot but complex topic in intelligent transportation systems. One solution for detecting speed of vehicles is installing cameras on highways, finding vehicles and tracing them in a period of time using image processing techniques. The advantages of these techniques are saving money and less use of operators to monitor real-time video images.

In this thesis, we want to estimate speed of vehicles with extraction of vanishing points in the image. It is used to calculate internal camera parameters and consequently speed of vehicles entering to the region of interest (ROI). The mean error of our algorithm is about 10%. In addition, we also provide a real time method for counting on-roads vehicles.

Keywords: Measuring speed, vehicles, real-time, vanishing points, counting, Region of interested.



University of Shahrood

Faculty of Electrical and Robotics Engineering

**Real-time Speed Estimation of On-Road Vehicles
Based on Monocular Vision**

Mohammad Soltanmohammadi

Supervisor:

Dr. Hossein Khosravi

Advisor:

Dr. Alireza Ahmadifard

September 2015