

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## چکیده

در سال‌های اخیر، با افزایش تعداد خودروها، برقراری امنیت جاده‌ها از اهمیت بالایی برخوردار شده است. یکی از مهم‌ترین دلایل تصادفات جاده‌ای، رعایت نکردن سرعت مطمئنه در جاده‌ها است. به منظور کنترل ترافیک، اعمال قانون و به عنوان یک راه پیش‌گیری، تخمین سرعت خودروها دارای اهمیت است.

در این پایان‌نامه، هدف تعیین بی‌درنگ سرعت وسائل نقلیه به کمک روش‌های بینایی ماشین و پردازش تصویر است. برای تشخیص سرعت خودرو دو روش با استفاده از پردازش ویدیو و به کمک کتابخانه‌ی بینایی ماشین *OpenCV* و زبان برنامه‌نویسی *C++* مورد آزمون قرار گرفته است.

روش اول مبتنی بر استخراج مدل پس‌زمینه و الگوریتم خودهمبستگی است. در این روش در ابتدا مدلی از پس‌زمینه به کمک الگوریتم مخلوط گوسی به دست می‌آید. سپس محدوده‌ای از تصویر را به منظور اندازه‌گیری سرعت انتخاب و یکسو می‌نماییم. توسط عملیات همبستگی بین ناحیه‌ی انتخاب شده‌ی متناظر در مدل پس‌زمینه و تصویر اصلی، ورود خودرو به این ناحیه را تشخیص داده و در نهایت بر اساس زمان حضور خودرو در این ناحیه و همچنین میزان مسافت پیموده شده در این ناحیه (طول ناحیه) و ضریب تبدیل پیکسل بر ثانیه به کیلومتر بر ساعت، سرعت خودرو به دست می‌آید.

در روش دوم، از الگوریتم‌های پیچیده‌ی ردیابی صرف‌نظر کرده‌ایم. در ابتدا ناحیه‌ی مطلوب برای تشخیص سرعت خودرو بر روی تصویر انتخاب شده و سپس این ناحیه توسط تبدیلات افکنشی یکسو می‌شود. پیش‌زمینه، شامل اشیاء متحرک، توسط تفاضل قاب‌های متوالی به دست می‌آید. بازه‌ی جابه‌جایی پیموده شده‌ی هر خودرو توسط جابه‌جایی مرکز ثقل طی قاب‌های متوالی در محدوده‌ی تعیین شده، اندازه‌گیری می‌شود. زمان پیموده شدن این مسافت نیز از طریق شمارش تعداد قاب‌ها به دست می‌آید. در نهایت با تقسیم بازه‌ی جابه‌جایی پیموده شده بر زمان مربوط به هر خودرو و ضرب آنها در ضریبی که پیکسل بر ثانیه را به کیلومتر بر ساعت تبدیل می‌کند، سرعت خودرو به دست می‌آید.

این دو روش بر روی لپ‌تاپ لنوو مدل *i5* با پردازنده‌ی *Intel core i5* با فرکانس کاری ۲٫۵ گیگاهرتز و رم ۶ گیگابایتی و همچنین بر روی برد توسعه‌ی *Odroid XU4* با پردازنده‌ی ۸ هسته‌ای با فرکانس کاری ۲ گیگاهرتز و رم ۲ گیگابایت پیاده‌سازی شد. زمان اجرای برنامه در روش اول بر روی لپ‌تاپ ۵۵ میلی‌ثانیه و بر روی برد توسعه ۱۰۵ میلی‌ثانیه اندازه‌گیری شد. خطای سرعت اعلام شده ۴/۹۹٪ با انحراف معیار ۴/۸۳٪ و اختلاف  $\pm 2/26$  کیلومتر بر ساعت گردید. در روش دوم زمان

اجرای برنامه بر روی لپ تاپ ۳۱ میلی ثانیه و بر روی برد ۴۸ میلی ثانیه گردید. همچنین خطای سرعت اعلام شده %۳/۳۱ با انحراف معیار %۳/۲۸ و اختلاف  $\pm ۱/۳۹$  کیلومتر بر ساعت شد.

کلمات کلیدی- پردازش ویدئو، تبدیل افکنشی، تخمین سرعت، تفاضل قاب ها، عملیات ریخت شناسی.

# فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه .....	۱
۱-۱ مقدمه .....	۲
۲-۱ تعریف مساله، مشکلات موجود و ضرورت انجام تحقیق .....	۲
۳-۱ راه حل های موجود .....	۵
۴-۱ راه حل پیشنهادی .....	۶
۵-۱ مروری بر فصول پایان نامه .....	۸
فصل دوم: مروری بر کارهای انجام شده ی قبلی .....	۹
۱-۲ مروری بر کارهای انجام شده ی قبلی .....	۱۰
فصل سوم: روش پیشنهادی .....	۶۷
۱-۳ مقدمه .....	۶۸
۲-۳ توصیف روش های پیشنهادی به همراه موضوعات و تئوری های مربوطه .....	۷۰
۱-۲-۳ روش اول: مبتنی بر استخراج مدل پس زمینه و الگوریتم خودهمبستگی .....	۷۰
۲-۲-۳ روش دوم: مبتنی بر تفاضل قابهای متوالی و دنبال کردن مرکز ثقل .....	۷۶
فصل چهارم: نتایج عملی و مقایسه با کارهای قبلی .....	۸۵
۱-۴ نتایج حاصل از روش اول: مبتنی بر استخراج مدل پس زمینه و الگوریتم خودهمبستگی .....	۸۶
۲-۴ نتایج حاصل از روش دوم: مبتنی بر تفاضل قابهای متوالی و دنبال کردن مرکز ثقل .....	۸۷
۳-۴ مقایسه ی دو روش پیشنهادی .....	۸۸
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهاد راهکار آینده .....	۹۵
۱-۵ نتیجه گیری و پیشنهاد راهکار آینده .....	۹۶
پیوستها .....	۹۹
۱-۶ مشخصات برد توسعه ی <i>Odroid XU4</i> و نحوه ی کار با آن .....	۱۰۰
۲-۶ مفاهیم و تئوری های مربوط به تبدیلات افکنشی .....	۱۰۶
مراجع .....	۱۱۱

# فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ خطای کسینوس زاویه‌ی لیزر با جهت حرکت خودرو [۲]..... ۳
- شکل ۲-۱ بلوک دیاگرام مربوط به انواع روشهای تخمین سرعت خودرو..... ۵
- شکل ۳-۱ نمودار کلی مراحل کار در روش پیشنهادی..... ۸
- شکل ۱-۲ دیاگرام بلوکی روش تخمین سرعت توسط تصویر تار شده در مرجع [۳]..... ۱۱
- شکل ۲-۲ تصویر اصلی (تار شده) در مرجع [۳]..... ۱۱
- شکل ۳-۲ تصویر بازسازی شده در مرجع [۳]..... ۱۱
- شکل ۴-۲ نتایج حاصل از یکسوسازی تصویر در مرجع [۷]..... ۱۵
- شکل ۵-۲ ردیابی نقاط ویژگی پایدار انتخاب شده توسط الگوریتم شار نوری و تخمین سرعت به کمک مسافت پیموده شده و نرخ قابها در مرجع [۷]..... ۱۵
- شکل ۶-۲ بلوک دیاگرام مربوط به روش پیشنهادی مرجع [۸]..... ۱۶
- شکل ۷-۲ بلوک دیاگرام مربوط به روش ارائه شده در مرجع [۹]..... ۱۹
- شکل ۸-۲ تشخیص پلاک از روی شناسایی متن در مرجع [۹]..... ۲۰
- شکل ۹-۲ حذف داده‌های اشتباه الف) بردارهای حرکتی ب) حذف بردارهای اشتباه (۴ بار تکرار) ج) نتیجه‌ی نهایی (۵ بار تکرار). (مرجع [۹])..... ۲۰
- شکل ۱۰-۲ الف) یکسوسازی تصویر الف) تصویر اصلی دارای اثر پرسپکتیوی ب) تصویر یکسو شده. (مرجع [۹])..... ۲۰
- شکل ۱۱-۲ بلوک دیاگرام کلی روش ارائه شده در مرجع [۱۰]..... ۲۱
- شکل ۱۲-۲ مراحل کار الگوریتم در مرجع [۱۰]..... ۲۲
- شکل ۱۳-۲ دیاگرام کلی الگوریتم به کار رفته در مرجع شماره‌ی [۱۱]..... ۲۲
- شکل ۱۴-۲ نقاط مربوط به اصلاح دو بعدی تصویر در مرجع [۱۱]..... ۲۳
- شکل ۱۵-۲ استخراج گوشه‌ها در مرجع [۱۱]..... ۲۴
- شکل ۱۶-۲ تصویر بعد از تبدیل افکنشی در مرجع [۱۱]..... ۲۴
- شکل ۱۷-۲ تصویری از پس زمینه‌ی ثابت در مرجع [۱۱]..... ۲۵
- شکل ۱۸-۲ تصویر حاصل از تفاضل خاکستری در مرجع [۱۱]..... ۲۵
- شکل ۱۹-۲ تصویر حرکت باینری شده در مرجع [۱۱]..... ۲۶
- شکل ۲۰-۲ منحنی سرعت خودرو تصادفی در مرجع [۱۱]..... ۲۶
- شکل ۲۱-۲ منحنی نرم شده در مرجع [۱۱]..... ۲۷
- شکل ۲۲-۲ مختصات دنیای واقعی و تنظیم دوربین ویدئویی در مرجع [۱۲]..... ۲۸

- شکل ۲-۲۳ مختصات حوزه ی تصویر در مرجع [۱۲] ..... ۲۹
- شکل ۲-۲۴ نقطه ی *Vanishing* و کالیبراسیون در مرجع [۱۲] ..... ۳۲
- شکل ۲-۲۵ خودرو های تشخیص داده شده در مرجع [۱۲] ..... ۳۳
- شکل ۲-۲۶ نتایج ردیابی خودرو در مرجع [۱۲] ..... ۳۳
- شکل ۲-۲۷ مثالی از تخمین سرعت ارائه شده به صورت یک قاب ویدئویی در مرجع [۱۶] ..... ۳۷
- شکل ۲-۲۸ تخمین سرعت ارائه شده به صورت یک قاب ویدئویی در ۳ بعد با پرسپکتیو در مرجع [۱۶] ..... ۳۷
- شکل ۲-۲۹ معماری سیستم در مرجع [۱۷] ..... ۳۸
- شکل ۲-۳۰ نتایج استخراج پس زمینه. (a) قاب شماره ی ۲۲ ویدئو. (b) قاب شماره ی ۲۲ پس زمینه (c) قاب شماره ی ۳۰ ویدئو (d) قاب شماره ی ۳۰ پس زمینه در مرجع [۱۷] ..... ۴۲
- شکل ۲-۳۱ تشخیص شی در حال حرکت بر اساس مقدار. (a) قاب شماره ی ۲۲ ویدئو (b) شی در حال حرکت بر اساس مقدار در مرجع [۱۷] ..... ۴۲
- شکل ۲-۳۲ پس زمینه بر اساس اشباع (a) قاب شماره ی ۲۲ ویدئو (b) قاب بر اساس اشباع (c) پس زمینه بر اساس اشباع در مرجع [۱۷] ..... ۴۲
- شکل ۲-۳۳ پس زمینه بر اساس مقدار (a) قاب شماره ی ۴۳ ویدئو (b) قاب بر اساس مقدار (c) پس-زمینه بر اساس مقدار در مرجع [۱۷] ..... ۴۲
- شکل ۲-۳۴ فلوجارت تشخیص پیش زمینه در مرجع [۱۷] ..... ۴۳
- شکل ۲-۳۶ تشخیص شی در حال حرکت بر اساس اشباع و مقدار (a) قاب شماره ی ۲۲ ویدئو (b) شی در حال حرکت بر اساس اشباع و مقدار در مرجع [۱۷] ..... ۴۴
- شکل ۲-۳۷ حذف نویز و عملیات گسترش. (a) شی در حال حرکت. (b) تصویر باینری. (c) بعد از حذف نویز و پر کردن سوراخ ها در مرجع [۱۷] ..... ۴۴
- شکل ۲-۳۸ کادر مرزی و مرکز ثقل. (a) قاب شماره ی ۴۵. (b) کادر مرزی و مرکز ثقل در قاب شماره ی ۴۵. (c) قاب شماره ی ۵۱ ویدئو. (d) کادر مرزی و مرکز ثقل در قاب ۵۱ در مرجع [۱۷] ..... ۴۴
- شکل ۲-۳۹ مراحل فرآیند اصلاح تصویر در مرجع [۱۸] ..... ۴۷
- شکل ۲-۴۰ لبه های شناسایی شده توسط الگوریتم سوبل (b) خطوط مشخص شده توسط لبه-های ارائه شده در مرجع [۱۸] ..... ۴۷
- شکل ۲-۴۱ مثالی از اعوجاج شکل خودرو به دلیل فرایند اصلاح در مرجع [۱۸] ..... ۴۸
- شکل ۲-۴۲ مثالی از تصویر گرفته شده در سمت چپ و تصویر اصلاح شده در سمت راست در مرجع [۱۸] ..... ۴۸
- شکل ۲-۴۳ تصویر گرفته شده و اصلاح شده در مرجع [۱۸] ..... ۴۹

- شکل ۴۴-۲ ردیابی ویژگی توسط ردیاب *KLT* در مرجع [۲۳] ۵۰.....
- شکل ۴۵-۲ نتایج ردیابی مرکز ثقل در مرجع [۲۳] ۵۱.....
- شکل ۴۶-۲ عملیات بر روی یک دنباله‌ی ویدئویی ترافیکی در مرجع [۲۳] ۵۱.....
- شکل ۴۷-۲ پارامترهای خودرو در مرجع [۲۳] ۵۲.....
- شکل ۴۸-۲ یک قاب ایجاد شده از ویدئو در مرجع [۲۴] ۵۳.....
- شکل ۴۹-۲ نتیجه‌ی تفاضل پس‌زمینه در مرجع [۲۴] ۵۳.....
- شکل ۵۰-۲ معماری سیستم در مرجع [۲۴] ۵۵.....
- شکل ۵۱-۲ تفاضل بین قاب فعلی و قاب قبلی در مرجع [۲۴] ۵۶.....
- شکل ۵۲-۲ آستانه گذاری تصویر خروجی در مرجع [۲۴] ۵۶.....
- شکل ۵۳-۲ اعمال فیلتر میانه بر روی تصویر در مرجع [۲۴] ۵۶.....
- شکل ۵۴-۲ مرکز ثقل و مستطیل محاط شده بر روی خودرو تشخیص داده شده در مرجع [۲۴] ۵۶.....
- شکل ۵۵-۲ مسیر حرکت خودروهای ردیابی شده در مرجع [۲۴] ۵۷.....
- شکل ۵۶-۲ تشخیص و ردیابی شی توسط شار نوری. (*a*) ویدئوی اصلی. (*b*) روش شار نوری برای تنظیم بردار حرکت (*c*) شی، تشخیص و ردیابی اشیایی که از مقدار آستانه بیشتر هستند و اشیای در حال حرکت تلقی می‌شوند. (*d*) پیش‌زمینه‌ی شی در حال حرکت شناسایی شده. در مرجع [۲۴] ۵۷.....
- شکل ۵۷-۲ سیستم مراقبتی ویدئویی در مرجع [۲۵] ۵۸.....
- شکل ۵۸-۲ تصویر تفاضلی باینری شده (*a*) قاب زمان  $t$ ، (*b*) قاب زمان  $t + I$ ، (*c*) تصویر تفاضلی (در مرجع [۲۵]) ۵۹.....
- شکل ۵۹-۲ پردازش‌های گسترش و فرسایش (*a*) تصویر باینری (*b*) بعد از گسترش (*c*) بعد از فرسایش (در مرجع [۲۵]) ۶۰.....
- شکل ۶۰-۲ الگوهای مرسوم خودروهای روی هم افتاده در مرجع [۲۵] ۶۰.....
- شکل ۶۱-۲ جداسازی اشیا. (*a*) ناحیه‌ی تشخیص داده شده‌ی خودرو، (*b*) بزرگنمایی جزئی تصویر (*a*) (در مرجع [۲۵]) ۶۱.....
- شکل ۶۲-۲ پنجره و خودروهای استخراج شده (*a*) پنجره برای ترافیک تکرار (*b*) خودروهای خروجی (در مرجع [۲۵]) ۶۲.....
- شکل ۶۳-۲ بررسی پیوستگی برای اشیای متحرک در مرجع [۲۵] ۶۲.....
- شکل ۶۴-۲ اصول تطبیق بلوکی در مرجع [۲۵] ۶۴.....
- شکل ۶۵-۲ مسیر مربوط به نقاط ویژگی ردیابی شده در مرجع [۲۵] ۶۴.....
- شکل ۱-۳ نمودار کلی مراحل کار در روش اول ۷۰.....

- شکل ۲-۳ تصویر پس زمینه در قاب شماره‌ی ۲۳ - اثر برخی از خودروهای موجود در صحنه‌ی اصلی در بالای پس‌زمینه وجود دارد. ۷۱
- شکل ۳-۳ تصویر پس زمینه در قاب شماره‌ی ۱۷۹ - اثر ناشی از خودروها که در قاب ۲۳ وجود داشت، به دلیل به روزرسانی پس‌زمینه در اینجا ناچیز شده است. ۷۱
- شکل ۴-۳ تصویر پس زمینه در قاب شماره‌ی ۳۸۰ - اثر ناشی از خودروها که در قابهای قبلی وجود داشت، به دلیل به روزرسانی پس‌زمینه در اینجا تقریباً از بین رفته است. ۷۱
- شکل ۵-۳ تصویر پس‌زمینه در قاب شماره‌ی ۱۲۸۴ - از آنجایی که خودروها در صحنه‌ی اصلی متوقف شده‌اند و مدل پس‌زمینه نیز دائماً در حال به روزرسانی است، لذا تصویر کم‌رنگی از خودروها به پس‌زمینه اضافه می‌گردد. با حرکت خودروها و دورشدن از صحنه‌ی اصلی اثر خودروها رفته رفته از پس‌زمینه حذف خواهد شد. ۷۱
- شکل ۶-۳ ناحیه‌ی انتخابی برای یکسوسازی و تعیین ناحیه‌ی تشخیص سرعت ۷۲
- شکل ۷-۳ ناحیه‌ی انتخابی یکسونشده از الف) صحنه‌ی اصلی و ب) پس‌زمینه ۷۲
- شکل ۸-۳ ناحیه‌ی انتخابی یکسونشده از الف) صحنه‌ی اصلی و ب) پس‌زمینه ۷۲
- شکل ۹-۳ سرعت خودرو در قاب شماره‌ی ۲۰۶ - سرعت واقعی برابر با ۵۲,۱۳ کیلومتر بر ساعت - سرعت تخمین زده شده برابر با ۵۲,۱۸ کیلومتر بر ساعت. ۷۴
- شکل ۱۰-۳ سرعت خودرو در قاب شماره‌ی ۳۱۶ - سرعت واقعی برابر با ۴۸,۸۳ کیلومتر بر ساعت - سرعت تخمین زده شده برابر با ۴۵,۰۶ کیلومتر بر ساعت. ۷۴
- شکل ۱۱-۳ سرعت خودرو در قاب شماره‌ی ۴۹۴ - سرعت واقعی برابر با ۵۸,۳۳ کیلومتر بر ساعت - سرعت تخمین زده شده برابر با ۵۸,۳۲ کیلومتر بر ساعت. ۷۵
- شکل ۱۲-۳ سرعت خودرو در قاب شماره‌ی ۸۸۸ - سرعت واقعی برابر با ۵۰,۸۴ کیلومتر بر ساعت - سرعت تخمین زده شده برابر با ۵۲,۱۸ کیلومتر بر ساعت. ۷۵
- شکل ۱۳-۳ سرعت خودرو در قاب شماره‌ی ۲۶۳۰ - سرعت واقعی برابر با ۵۱,۰۲ کیلومتر بر ساعت - سرعت تخمین زده شده برابر با ۵۵,۰۸ کیلومتر بر ساعت. ۷۵
- شکل ۱۴-۳ سرعت خودرو در قاب شماره‌ی ۲۸۸۰ - سرعت واقعی برابر با ۵۰,۰۳ کیلومتر بر ساعت - سرعت تخمین زده شده برابر با ۴۱,۳۱ کیلومتر بر ساعت. ۷۶
- شکل ۱۵-۳ سرعت خودرو در قاب شماره‌ی ۳۱۱۷ - سرعت واقعی برابر با ۵۲,۹۷ کیلومتر بر ساعت - سرعت تخمین زده شده برابر با ۵۸,۳۲ کیلومتر بر ساعت. ۷۶
- شکل ۱۶-۳ نمودار کلی مراحل کار در روش دوم. ۷۷
- شکل ۱۷-۳ تصویر پرسپکتیو شده. ۷۸
- شکل ۱۸-۳ تصویر یکسو شده. ۷۸



- شکل ۱۹-۳ رابطه‌ی غیر خطی بین پیکسل‌های تصویر و اندازه‌های دنیای واقعی قبل از رفع اعوجاج ۷۹.....
- شکل ۲۰-۳ رابطه‌ی خطی بین پیکسل‌های تصویر و اندازه‌های دنیای واقعی پس از رفع اعوجاج ۷۹.....
- شکل ۲۱-۳ ناحیه‌ی انتخابی توسط ۴ نقطه‌ی مرجع ۷۹.....
- شکل ۲۲-۳ تصویر یکسوشده به همراه محدوده‌ی تعیین شده برای اندازه‌گیری سرعت ۸۰.....
- شکل ۲۳-۳ روش تفاضل قابها برای تخمین پیش‌زمینه. الف) تصویر اصلی ب) تصویر پیش‌زمینه ۸۰.....
- شکل ۲۴-۳ نتیجه انجام عملیات ریخت‌شناسی بر روی تصویر ۸۱.....
- شکل ۲۵-۳ نتیجه حاصل از پرکردن بیرونیترین مرز دو شی موجود در تصویر ۸۱.....
- شکل ۲۶-۳ نتیجه‌ی حاصل از به دست آوردن مرکز ثقل، رسم مسیر حرکت خودرو، محاسبه‌ی مسافت پیموده شده بر حسب تعداد پیکسل‌ها و زمان سپری شده بر حسب ثانیه. الف) نتایج مربوط به خط سمت راست جاده (زمان اتلافی: ۰,۱۶ ثانیه و مسافت ۹۰ پیکسل). ب) نتایج مربوط به خط سمت چپ جاده (زمان اتلافی: ۰,۱۹ ثانیه و مسافت ۱۰۱ پیکسل). ۸۳.....
- شکل ۲۷-۳ نتیجه‌ی تشخیص سرعت خودروها در خطوط ۱ (سمت چپ) و ۲ (سمت راست) جاده. الف) سرعت محاسبه شده‌ی خودرو در خطوط ۱ و ۲ جاده در قاب شماره‌ی ۸۸۵ (به ترتیب ۵۲/۸۵ و ۵۲/۳۴). ب) سرعت محاسبه شده‌ی خودرو در خطوط ۱ و ۲ جاده در قاب شماره‌ی ۲۶۳۹ (به ترتیب ۴۹ و ۵۱/۸۳). ج) سرعت محاسبه شده‌ی خودرو در خطوط ۱ و ۲ جاده در قاب شماره‌ی ۴۶۹۲ (به ترتیب ۱۶/۵۱ و ۲۲/۵). د) سرعت محاسبه شده‌ی خودرو در خطوط ۱ و ۲ جاده در قاب شماره‌ی ۴۹۳۰ (به ترتیب ۳۴/۶۹ و ۴۲/۶). ۸۴.....
- شکل ۱-۴ تاثیر ابعاد خودرو بر سرعت در روش پیشنهادی اول ۸۹.....
- شکل ۱-۶ نمایی از برد توسعه‌ی *Odroid XU4* ۱۰۰.....
- شکل ۲-۶ محیط مربوط به سیستم عامل *UBUNTU 16.04* ۱۰۳.....
- شکل ۳-۶ مجموعه تبدیلات هندسی دو بعدی روی تصویر ۱۰۶.....
- شکل ۴-۶ تبدیل هندسی ۱۰۷.....
- شکل ۵-۶ نمونه‌ای از رفع اعوجاج پرسپکتیوی - الف) تصویر دارای پرسپکتیو ب) تصویر یکسو شده ج) اثر پرسپکتیو بر روی خطوط موازی ۱۰۹.....

# فهرست جداول

- جدول ۱-۲ نتایج تعیین سرعت مربوط به روش همبستگی متقابل نرمال شده در مرجع [۵]..... ۱۲
- جدول ۲-۲ نتایج تعیین سرعت مربوط به روش تفاضل قابها و به کارگیری مرکز ثقل در مرجع [۵]..... ۱۳
- جدول ۳-۲ نتایج تعیین سرعت مربوط به روش شارنوری در مرجع [۵]..... ۱۳
- جدول ۴-۲ نتایج مربوط به تعیین سرعت در مرجع [۸]..... ۱۷
- جدول ۵-۲ زمان پردازش مربوط به یک قاب در روش مرجع [۸]..... ۱۸
- جدول ۶-۲ نتایج تجربی سامانه‌ی تعیین سرعت در مرجع [۱۷]..... ۴۵
- جدول ۷-۲ نتایج تجربی تعیین سرعت با مدل‌های پس زمینه‌ی مختلف در مرجع [۱۷]..... ۴۵
- جدول ۱-۴ مقایسه‌ی سرعت تخمین زده شده و سرعت اصلی چند خودرو در روش اول..... ۸۶
- جدول ۲-۴ مقایسه‌ی سرعت تخمین زده شده و سرعت اصلی چند خودرو..... ۸۸
- جدول ۳-۴ مقایسه‌ی کیفی دو روش پیشنهادی..... ۹۰
- جدول ۴-۴ مقایسه‌ی کمی دو روش پیشنهادی..... ۹۱
- جدول ۱-۵ نتایج حاصل شده از دو روش پیشنهادی..... ۹۷
- جدول ۱-۶ مشخصات برد *Odroid xu4*..... ۱۰۱
- جدول ۲-۶ مقایسه‌ی ای از سرعت خواندن و نوشتن انواع حافظه‌های خارجی..... ۱۰۳

# فهرست نمودارها

- نمودار ۱-۲ مقایسه ی سرعت واقعی و تخمین زده شده در مرجع [۸] ..... ۱۸
- نمودار ۲-۲ مقایسه ی سرعت واقعی و تخمین زده شده در مرجع [۹] ..... ۲۰
- نمودار ۳-۲ سرعت خودرو هدف در قابهای دنباله ی ویدئویی در مرجع [۱۶] ..... ۳۶
- نمودار ۴-۲ سرعت موتورسیکلت هدف در قابهای دنباله ی ویدئویی در مرجع [۱۶] ..... ۳۶
- نمودار ۵-۲ سرعت اندازه گیری شده ی چندین خودرو در مرجع [۱۸] ..... ۴۹
- نمودار ۶-۲ خودرو شناسایی و ردیابی شده با شماره ی قاب مربوطه در مرجع [۲۴] ..... ۵۸
- نمودار ۱-۴ مقایسه ی سرعت تخمین زده شده با سرعت اصلی در هر خودرو در روش اول ..... ۸۶
- نمودار ۲-۴ مقایسه ی سرعت تخمین زده شده با سرعت اصلی در هر خودرو ..... ۸۷
- نمودار ۱-۶ نمودار مربوط به سرعت خواندن و نوشتن انواع حافظه های خارجی ..... ۱۰۲

## فصل اول: مقدمه

## ۱-۱ مقدمه

در سال‌های اخیر، با افزایش تعداد خودروها، برقراری امنیت جاده‌ها از اهمیت بالایی برخوردار شده است. بدین منظور تحقیقات زیادی برای نظارت بر جریان‌های ترافیکی صورت گرفته است. هوشمندسازی سیستم‌های ترافیکی راه حلی مناسب برای افزایش دقت و صرفه جویی در وقت و هزینه است. از این رو محققان زیادی راه حل‌های وسیعی را به همین منظور پیشنهاد داده‌اند. سامانه‌ی نظارتی بصری هوشمند، شامل نظارت بی درنگ اشیای ثابت یا گذرا درون یک محیط خاص است. هدف اصلی این سیستم‌ها فراهم نمودن یک تفسیر خودکار از صحنه‌ها و درک و پیش بینی کنش و واکنش‌های شی مشاهده شده بر اساس اطلاعات به دست آمده از سنسورها است. فرآیند اصلی در یک سیستم نظارتی هوشمند شامل تشخیص و شناسایی شی در حال حرکت، ردیابی، تحلیل‌های رفتاری و بازیابی است. این فرآیندها اصولاً تکنیک‌های بینایی ماشین، تحلیل‌های الگویی، هوش مصنوعی و مدیریت داده را اعمال می‌کنند.

با افزایش تقاضا برای امنیت جامعه نیاز برای فعالیت‌های نظارتی در بسیاری از محیط‌ها شامل فرودگاه‌ها، دریا و خطوط راه آهن و مکان‌های عمومی، بیش از پیش شده است.

یکی از مهم‌ترین دلایل تصادفات جاده‌ای، رعایت نکردن سرعت مطمئنه در جاده‌ها است. به منظور اعمال قانون و به عنوان یک راه پیش‌گیری، تخمین سرعت خودروها دارای اهمیت زیادی است. سرعت خودرو می‌تواند توسط تکنولوژی‌های تخریبی<sup>۱</sup> یا غیر تخریبی<sup>۲</sup> اندازه‌گیری شود که در ادامه به بیان هر یک از این روش‌ها و مزایا و معایب هر یک می‌پردازیم.

## ۲-۱ تعریف مساله، مشکلات موجود و ضرورت انجام تحقیق

به منظور تعیین سرعت وسائل نقلیه، دو تکنولوژی تخریبی و غیر تخریبی، به کار می‌رود. سیستم‌های تخریبی، معمولاً بر اساس آشکارسازهای حلقه‌ی سلفی هستند که حساس و دقیق هستند اما هزینه‌ی نصب بالایی دارند و می‌تواند به جاده آسیب برساند. سیستم‌های غیر تخریبی اغلب بر اساس سنسورهای لیزری، مادون قرمز، رادار داپلری یا سنسورهای صوتی و دوربین هستند. استفاده از تجهیزات راداری و لیزری در مقایسه با یک سامانه‌ی دوربین با دقتی مشابه، گران قیمت‌تر هستند. همچنین تشخیص سرعت بیش از یک خودرو به طور هم‌زمان توسط یک روش مبتنی بر تجهیزات راداری و لیزری امکان‌پذیر نیست در حالی که به کمک دوربین و الگوریتم‌های پردازشی می‌توان سرعت چندین خودرو را به طور هم‌زمان اندازه‌گیری کرد. همچنین ساخت یک بستر مناسب بر روی

<sup>۱</sup> Intrusive

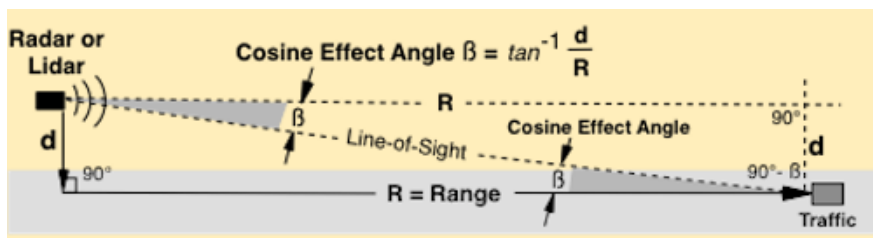
<sup>۲</sup> Non-intrusive

## فصل اول : مقدمه

جاده برای قرارگیری تجهیزات راداری و لیزری بسیار ضروری است در حالی که نصب یک دوربین ویدئویی ملاحظات خاصی ندارد. یک مزیت دیگر به کارگیری دوربین این است که در کنار محاسبه‌ی سرعت، اطلاعات مختلف دیگری از وضعیت ترافیکی نیز می‌تواند ارائه شود. اگر اطلاعات سرعت بتواند از داده‌ی تصویر در دسترس استخراج شود ما به یک سیستم غیر تخریبی می‌رسیم که به طور قابل توجهی هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. اطلاعات مربوط به سرعت خودروها ممکن است صرفاً برای کنترل رانندگانی که از حد سرعت تجاوز می‌کنند نباشد بلکه برای سیستم‌های کنترل ترافیک به کار روند.

در سرعت سنج‌های لیزری دستی، به وجود یک اپراتور نیاز است که از جمله مشکلات آن بروز خطرات جانی مخصوصاً در بزرگراه‌های پرتردد است. در این سرعت سنج‌ها مبنای اندازه‌گیری سرعت، فاصله‌ی زمانی بین دو بازگشت متوالی اشعه‌های لیزری است. در سرعت سنج‌های لیزری محل استقرار تجهیزات باید ثابت باشد و همچنین یکی از مشکلات اصلی استفاده از لیزر خطای کسینوس زاویه‌ی لیزر با جهت حرکت خودرو است به این معنا که بهترین موقعیت برای استفاده از آن رو به روی خودرو است. اگر موج به صورت زاویه‌دار به خودرو برخورد نماید سرعت محاسبه شده توسط لیزر در کسینوس زاویه‌ی بین لیزر و حرکت ماشین ضرب می‌شود و در بدترین حالت که عمود بر خودرو است لیزر سرعت صفر را نشان می‌دهد [1].

خطای کسینوس زاویه‌ی لیزر با جهت حرکت خودرو از طریق فرمول زیر قابل محاسبه است [2]:



شکل 1-1 خطای کسینوس زاویه‌ی لیزر با جهت حرکت خودرو [2]

$$V_m = v_0 \cos \beta = v_0 \frac{R}{(R^2 + d^2)^{0.5}} \quad (\text{معادله 1-1})$$

در فرمول بالا  $V_0$  سرعت اصلی هدف،  $\beta$  زاویه‌ی اثر کسینوسی،  $R$  فاصله‌ی هدف تا رادار و  $d$  نیز فاصله‌ی آنتن تا وسط خط هدف می‌باشد.

در سرعت سنج‌های راداری اصول کار بر مبنای پدیده‌ی داپلر است. موج رادیویی از دستگاه خارج می‌شود، به جسم برخورد کرده و با مقداری تغییر (بسته به سرعت جسم) به دستگاه باز می‌گردد. با محاسبه‌ی زمان رفت و برگشت موج و مقدار تغییر فرکانس آن، فاصله و سرعت جسم محاسبه می‌گردد. از جمله مشکلات اصلی این سرعت‌سنج‌ها، در ادامه آورده شده است:

- ۱- محل و زاویه‌ی آنتن: به دلیل آنکه معیاری دقیق برای محدوده‌ی تحت نظر رادار وجود ندارد و رادار نیز تفکیک زاویه‌ای ندارد، در صورت وجود چند شی روبروی آنتن رادار، نمی‌توان اطمینان حاصل کرد که سرعت داده شده توسط رادار مربوط به کدام شی است.
- ۲- دید عبوری: حتی زمانی که محل نصب و زاویه‌ی رادار بسیار دقیق تنظیم شده باشد، به دلیل آنکه امواج رادیویی تا حدی از اشیاء عبور می‌کنند، ممکن است بازتاب قوی‌تری با شی پستی ایجاد شود تا با شی جلویی. پس به جای سرعت جسم نزدیکتر، سرعت جسم پستی نشان داده می‌شود.
- ۳- تداخل اشیاء: در صورتی که رادار بر روی جسم متحرکی نصب شده باشد، سرعت محاسبه شده توسط رادار نسبی بوده، تغییر سرعت‌های ناگهانی شی حامل رادار در سرعت محاسبه شده توسط رادار تاثیر ناگهانی گذاشته، خطای خروجی رادار را بالا می‌برد و آن را غیر قابل استناد می‌کند.
- ۴- خطای کسینوس: مانند خطای سرعت سنچ لیزری، کسینوس زاویه‌ی مابین جهت حرکت شی و جهت موج رادار در سرعت واقعی ضرب شده و سرعتی کمتر از سرعت واقعی گزارش داده می‌شود.
- ۵- جهش مجدد: موج رادیویی تنها یک بار بازتاب نمی‌کند. به این معنا که ممکن است قسمتی از موج فرستاده شده ابتدا به شی اول و سپس به شی دوم برخورد کرده و در انتها به آنتن رادار برسد. در چنین حالتی سرعتی متشکل از مجموع یا اختلاف دو سرعت در رادار دیده می‌شود.
- ۶- خطای بازتاب: وابسته به نوع و محیط نصب، در صورتی که محافظی در جلوی رادار قرار داده شود (برای مثال شیشه‌ی محافظ یا شیشه‌ی جلوی خودرو)، ممکن است بازتاب اولیه‌ی بر روی جنس محافظ انجام شده و مقداری از پالس موج به پشت رادار فرستاده شود و به اشتباه سرعت جسم پشت رادار را نمایش دهد.
- ۷- خطای تابلوی راهنما: همان خطای بازتاب مجدد در حالت وجود تابلوی فلزی بزرگ در محدوده‌ی روبروی رادار است که ایجاد خطا در سرعت‌سنجی می‌کند.
- ۸- تداخل رادیویی: به دلیل استفاده‌ی رادار از امواج رادیویی، امواج رادیویی دیگر با آن تداخل کرده، سرعت‌های بدست آمده را غیر قابل استناد می‌کند. برای مثال، بیسیم پلیس، دکل‌های فشار قوی برق و دستگاه‌های میکروویو در رادار ایجاد خطا می‌کنند.
- ۹- تداخل پروانه: این اصطلاح به دلیل تاثیر چرخش پروانه‌ی خنک کننده‌ی خودرو بر رادار بوجود آمده و خاص پروانه نیست. به صورت کلی رادار سرعت جسم روبروی خود را تعیین

فصل اول : مقدمه

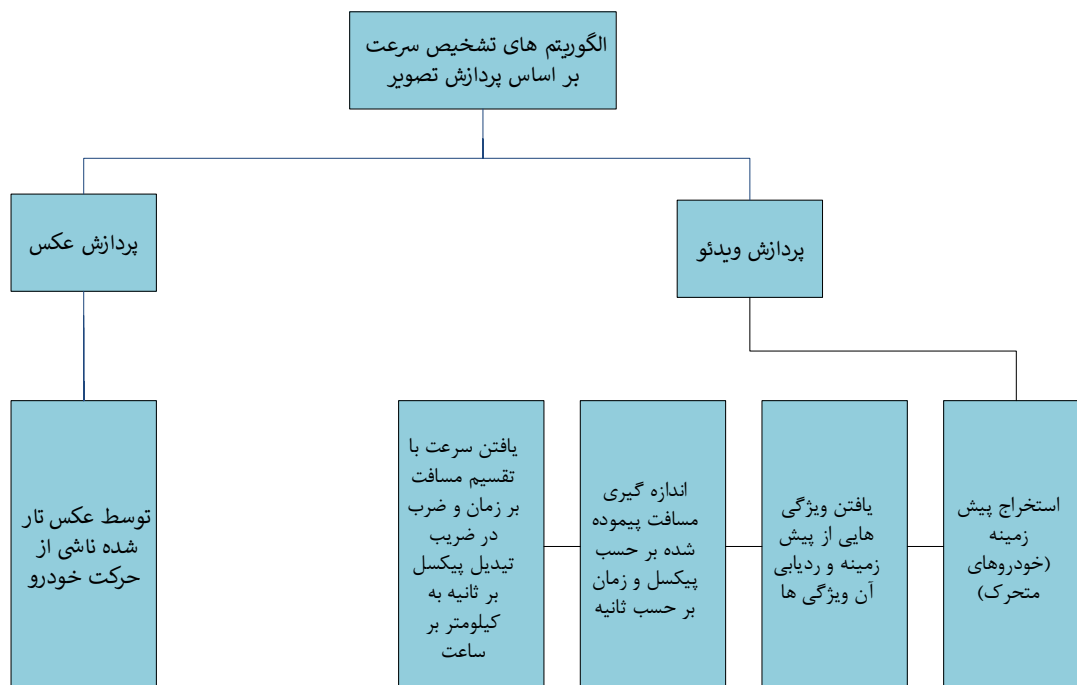
می‌کند. این سرعت ممکن است سرعت خودروی مقابل، سرعت پروانه‌ی آن خودرو یا سرعت لرزش بار داخل آن خودرو باشد [1].

در این پایان‌نامه، به منظور تعیین سرعت وسائل نقلیه، دو روش مبتنی بر سامانه‌های دوربینی پیشنهاد شده است. در این روش‌ها از الگوریتم‌های بینایی ماشین و پردازش تصویر استفاده شده و بر روی برد توسعه‌ی *Odroid XU4* بر مبنای پردازنده‌ی *ARM* پیاده‌سازی شده اند.

### ۱-۳ راه حل‌های موجود

در رابطه با موضوع تخمین سرعت به کمک پردازش تصویر کارهای زیادی از گذشته تا به امروز صورت گرفته است. در ادامه به معرفی روش‌های موجود تخمین سرعت وسائل نقلیه به کمک پردازش تصویر و کارهای انجام شده در این رابطه توسط سایر افراد، می‌پردازیم. در فصل ۲ به بررسی دقیق‌تر این روش‌ها خواهیم پرداخت.

در دیاگرام بلوکی شکل ۱-۲ انواع روش‌های تخمین سرعت خودرو در بلوک دیاگرام زیر آورده شده است.



شکل ۱-۲ بلوک دیاگرام مربوط به انواع روش‌های تخمین سرعت خودرو

نقطه‌ی تمایز این روش‌ها در نحوه‌ی یافتن اشیای پیش‌زمینه (خودرو) و همچنین در روش‌های ردیابی آن‌ها به منظور اندازه‌گیری سرعت می‌باشد.