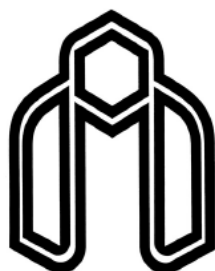


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی برق

گروه الکترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

طراحی و پیاده سازی سامانه ی بلادرنگ آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو در تصاویر ویدئویی

میترا عبداللهی

استاد راهنما:

دکتر حسین خسروی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۴

تقدیم بہ

پدرو مادر عزیزم

کہ حیاتم باوجود آہنا معنی گرفت

و، ہمسر مہربانم

بہ پاس ہمہ صبوری ہائش

باشکر و سپاس فراوان

از زحمات استاد کراتقدر

جناب آقای دکتر خسروی

تعهد نامه

اینجانب میترا عبداللهی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق الکترونیک (سیستم) دانشکده مهندسی برق دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌ی بلادرنگ آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو در تصاویر ویدئویی تحت راهنمایی دکتر حسین خسروی متعهد می‌شوم .

- 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 صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه شاهرود » و یا « University of Shahrood » 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 می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای 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 شاهرود می‌باشد . 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 نمی‌باشد.

چکیده

مساله تشخیص خودکار شماره پلاک خودروها از جنبه‌های مختلف از اوایل دهه‌ی ۹۰ میلادی مورد مطالعه قرار گرفته است. البته هنوز چالش‌های زیادی برای تشخیص پلاک، مانند حرکت سریع خودروها در صحنه، زاویه‌ها و فاصله‌های مختلف، پس‌زمینه‌های پیچیده و غیر قابل پیش‌بینی، تصاویر دارای چرخش و با کیفیت نامناسب، تغییرات مقیاس، وجود پلاک‌های متعدد در یک تصویر، روشنایی غیر یکنواخت و متغیر در طول شبانه‌روز، و غیره وجود دارد.

در این پایان‌نامه، الگوریتمی بلادرنگ برای آشکارسازی و شناسایی پلاک در قاب‌های ویدئو (frames) و شناسایی همزمان چند پلاک در یک قاب ویدئویی طراحی و پیاده‌سازی می‌کنیم. قبلا در زمینه‌ی تشخیص و شناسایی یک پلاک خودرو در یک صحنه، کارهایی صورت گرفته است که در اکثر آنها به بلادرنگ بودن الگوریتم، توجه کمی شده است در حالی که مساله افزایش سرعت شناسایی پلاک‌ها به همراه آشکارسازی و شناسایی صحیح چند پلاک خودرو در صحنه برای کاربردهای آن، از اهمیت بالایی برخوردار است. برخلاف روش‌هایی با پیچیدگی محاسباتی بالا، ما تکنیک‌های موثر و ساده‌ای را برای بلادرنگ بودن به کار گرفتیم. ابتدا قاب‌های حاوی اشیای در حال حرکت با استفاده از مدل مخلوط گوسی (GMM) بدست می‌آیند. سپس نواحی کاندید با لبه‌یابی عمودی و افکنش افقی پیدا می‌شوند. بعد از آن، پلاک‌ها با عملیات مورفولوژی و آنالیز اجزای متصل به هم، تعیین محل و استخراج می‌شوند. وقتی پلاک‌ها آشکارسازی شدند با الگوریتم دیگری نویسه‌هایشان جدا شده و به سیستم شناسایی پلاک داده می‌شوند تا ارقام پلاک بازشناسی شده و در نهایت پلاک‌ها شناسایی شوند.

روش پیشنهادی روی ویدئوهایی از دوربین‌های بزرگراه‌ها ارزیابی شده و درصد آشکارسازی $98/79\%$ حاصل شد. این سیستم به زبان ++C و با استفاده از کتابخانه‌ی OpenCV پیاده‌سازی شده است. میانگین زمان پردازش هر قاب در مرحله‌ی آشکارسازی پلاک ۲۵ میلی‌ثانیه و میانگین زمان کلی پردازش هر قاب ۴۰ میلی‌ثانیه است که می‌تواند در کاربردهای بلادرنگ استفاده شود. درصد بازشناسی ارقام پلاک نیز $97/83\%$ بدست آمد. سیستم بلادرنگ پیشنهادی می‌تواند چند پلاک از انواع مختلف را در هر قاب تشخیص دهد و شناسایی کند. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که روش و نحوه‌ی پیاده‌سازی ما نسبت به کارهای گذشته سرعت بالاتر و درصد آشکارسازی و بازشناسی بهتری دارد طوری که آن را برای کاربردهای بلادرنگ بسیار مناسب ساخته است.

کلمات کلیدی: آشکارسازی پلاک خودرو، شناسایی پلاک خودرو، سامانه‌ی بلادرنگ، مدل مخلوط گوسی، لبه‌یابی، افکنش، عملیات مورفولوژی، آنالیز اجزای متصل به هم، آستانه‌گذاری، شبکه عصبی.

مقالات مستخرج از پایان نامه

1. Mitra Abdollahi, and Hossein Khosravi, "A Real-Time License Plate Localization Method in Video Sequences," in *Proceedings of the 2th National Conference on Computer Engineering and Information Technology Management*, 1394, Shahid Beheshti University, Tehran, IRAN.

۲. میترا عبداللهی، و حسین خسروی، "طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌ی بلادرنگ آشکارسازی و شناسایی همزمان چند پلاک خودرو در تصاویر ویدئویی،" در کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین پژوهشی در مهندسی برق و علوم کامپیوتر، ۱۳۹۴، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول (مقدمه)
۲.....	۱-۱ مقدمه
۳.....	۲-۱ ضرورت انجام پژوهش
۶.....	۳-۱ کاربردهای سامانه ی آشکارسازی و شناسایی پلاک
۷.....	۱-۳-۱ کنترل و اخذ عوارض ورود به محدوده طرح ترافیک
۸.....	۲-۳-۱ اخذ عوارض جاده ها و بزرگراه ها به صورت خودکار
۸.....	۳-۳-۱ محاسبه مدت سفر
۸.....	۴-۳-۱ اندازه گیری سرعت متوسط خودروها
۹.....	۵-۳-۱ سرعت سنجی خودرو
۱۲.....	۶-۳-۱ پلاک خوانی خودرو
۱۳.....	فصل دوم (مروری بر کارهای انجام شده)
۱۴.....	۱-۲ مروری بر کارهای انجام شده
۱۴.....	۱-۱-۲ برخی روش های آشکارسازی پلاک خودرو
۱۵.....	۱-۱-۱-۲ استفاده از ویژگی رنگ
۱۶.....	۲-۱-۱-۲ لبه یابی

۱۸	۳-۱-۱-۲ لبه یاب رنگی
۱۹	۴-۱-۱-۲ تبدیل هاف
۱۹	۵-۱-۱-۲ منطق فازی
۲۰	۶-۱-۱-۲ عملگرهای مورفولوژی
۲۰	۷-۱-۱-۲ تبدیل ها
۲۱	۸-۱-۱-۲ آستانه گیری
۲۳	۹-۱-۱-۲ مشخصات هندسی
۲۳	۱۰-۱-۱-۲ چگالی گوشه
۲۴	۱۱-۱-۱-۲ تعداد قطعات تصویر
۲۵	۲-۱-۲ برخی روش های شناسایی نویسه های پلاک خودرو
۲۹	فصل سوم (روش پیشنهادی)
۳۱	۱-۳ روش ۱: استفاده از ویژگی های SIFT
۳۴	۲-۳ روش ۲: استفاده از افکنش ها
۳۷	۳-۳ روش ۳: روش پیشنهادی
۳۷	۱-۳-۳ آشکارسازی پلاک
۳۷	۱-۱-۳-۳ تخمین پس زمینه
۳۹	۲-۱-۳-۳ کاهش نویز

- ۴۰ بهبود کیفیت تصویر ۳-۱-۳-۳
- ۴۱ لبه یابی عمودی ۴-۱-۳-۳
- ۴۳ تشخیص نواحی کاندید ۵-۱-۳-۳
- ۴۴ عملیات مورفولوژی ۶-۱-۳-۳
- ۴۵ آنالیز اجزای متصل به هم ۷-۱-۳-۳
- ۴۶ جداسازی نویسه های پلاک ۲-۳-۳-۳
- ۴۸ بازشناسی ارقام پلاک ۳-۳-۳-۳
- ۴۹ مجموعه داده ۱-۳-۳-۳
- ۵۰ استخراج ویژگی ۲-۳-۳-۳
- ۵۲ آموزش سیستم ۳-۳-۳-۳
- ۵۳ فصل چهارم (نتایج تجربی)
- ۵۴ ۱-۴ نتایج تجربی
- ۵۴ ۱-۱-۴ نتایج آشکارسازی پلاک
- ۵۸ ۲-۱-۴ نتایج بازشناسی ارقام پلاک
- ۶۳ فصل پنجم (نتیجه گیری و پیشنهادات)
- ۶۴ ۱-۵ نتیجه گیری
- ۶۵ ۲-۵ پیشنهادات

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۳.....	شکل ۱-۱: دوربین سامانه ی شناسایی پلاک خودرو.....
۳.....	شکل ۲-۱: دوربین نصب شده سامانه ی تشخیص پلاک خودرو.....
۱۱.....	شکل ۳-۱: سرعت سنج ثابت (استقراری).....
۱۱.....	شکل ۴-۱: یک سیستم شناسایی پلاک خودرو.....
۱۸.....	شکل ۱-۲: ماسک استفاده شده برای تیز کردن لبه ها [۱۸].....
۱۹.....	شکل ۲-۲: حل مشکل زاویه دار بودن پلاک با تبدیل هاف [۱۸].....
۲۲.....	شکل ۳-۲: مقایسه ی روش های آستانه گیری [۱۸].....
۳۱.....	شکل ۱-۳: ساختار کلی سیستم خودکار آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو.....
۳۴.....	شکل ۲-۳: مثالی از نتیجه ی الگوریتم SIFT.....
۳۶.....	شکل ۳-۳: مثالی از نتیجه ی روش افکنش ها.....
۳۷.....	شکل ۴-۳: روش پیشنهادی در بخش آشکارسازی پلاک.....
۳۹.....	شکل ۵-۳.....
۴۰.....	شکل ۶-۳.....
۴۱.....	شکل ۷-۳.....
۴۲.....	شکل ۸-۳.....
۴۳.....	شکل ۹-۳: یک نقشه لبه باینری.....
۴۴.....	شکل ۱۰-۳: تشخیص نواحی کاندید.....

- شکل ۳-۱۱ ۴۵
- شکل ۳-۱۲: مثال هایی از نواحی پلاک استخراج شده ۴۶
- شکل ۳-۱۳: مثال هایی از نواحی غیرپلاک استخراج شده ۴۶
- شکل ۳-۱۴: روش پیشنهادی در بخش جداسازی نویسه های پلاک ۴۷
- شکل ۳-۱۵ ۴۷
- شکل ۳-۱۶: جداسازی نویسه های یک پلاک ۴۸
- شکل ۳-۱۷: روش پیشنهادی در بخش بازشناسی ارقام پلاک ۴۸
- شکل ۴-۱: مثال هایی از آشکارسازی پلاک در قاب های ویدئو ۵۵
- شکل ۴-۲: مثال هایی از آشکارسازی چند پلاک در یک قاب ۵۶
- شکل ۴-۳: مثال هایی از بازشناسی ارقام پلاک خودرو در قاب های ویدئویی ۶۱

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۳۶	جدول ۱-۳: انواع پلاک‌های خودروهای ایران.....
۴۹	جدول ۲-۳: مثال‌هایی از نمونه‌های آموزش.....
۵۷	جدول ۱-۴: مقایسه‌ی روش پیشنهادی با کارهای قبلی.....
۶۱	جدول ۲-۴: مقایسه‌ی روش پیشنهادی با کارهای گذشته.....

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

سیستم شناسایی خودکار شماره پلاک خودرو^۱ سامانه‌ای برای خواندن پلاک وسیله‌ی نقلیه با استفاده از نویسه‌خوان نوری است. شماره پلاک خودرو یکی از مناسب‌ترین اقلام اطلاعاتی جهت احراز هویت خودروها می‌باشد. این سیستم، سامانه‌ای کاملاً مکانیزه است که با استفاده از پردازش تصویر خودروهای عبوری از یک مکان، شماره پلاک آنها را استخراج می‌کند. برای استفاده از این سامانه، نیازی به نصب و تجهیز خودروها به وسیله‌ی دیگری (مانند GPS یا برچسب‌های رادیویی - RFID برچسب) وجود ندارد. این سامانه با استفاده از دوربین‌های مخصوص (شکل ۱-۱ و شکل ۱-۲)، تصویری از خودروی در حال عبور اخذ می‌کند و آن تصویر را جهت پردازش توسط نرم‌افزار تشخیص پلاک خودرو به رایانه ارسال می‌کند. از این سامانه می‌توان در زمینه‌های امنیتی و ترافیکی بسیار بهره گرفت.

مساله مورد پژوهش ما طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌ای برای آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو در تصاویر ویدئویی و همین‌طور تشخیص و شناسایی چند پلاک خودرو در یک صحنه است و تلاشمان بر آن است تا سامانه‌ای پیاده‌سازی کنیم که بلادرنگ^۲ باشد و تا حد امکان سرعت بالایی در تشخیص و شناسایی صحیح پلاک‌ها داشته باشد.

^۱ License Plate Recognition

^۲ Real-Time



شکل ۱-۱: دوربین سامانه‌ی شناسایی پلاک خودرو



شکل ۲-۱: دوربین نصب شده سامانه‌ی تشخیص پلاک خودرو

در این فصل، ضرورت انجام پژوهش و کاربردهای فراوان آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو را بیان

می‌کنیم.

۲-۱ ضرورت انجام پژوهش

امروزه با افزایش وسایل نقلیه در جاده‌ها به طور مداوم، روند کنترل ترافیک کاری سخت و خسته کننده

است. داده‌های ترافیکی ممکن است از سنسورهای مختلفی آمده باشند اما دوربین‌های ویدئویی که بسیاری از

آنها در حال حاضر برای بررسی شبکه های جاده ای نصب هستند همراه با تکنیک های بینایی ماشین، جایگزین مناسبی برای سنسورهای ترافیکی می باشند.

شناسایی پلاک خودرو^۱، VLPR، که به عنوان شناسایی خودکار پلاک هم شناخته می شود، یک کاربرد جالب سیستم های نظارت تصویری است که در سال ۱۹۷۶ با پیشرفت سریع دوربین ها و قابلیت های محاسباتی کامپیوتر اختراع شد. VLPR یک سامانه ی پردازش تصویر است که شماره پلاک را از یک قاب^۲ دیجیتال حاوی خودرو استخراج می کند. این سامانه شامل یک دوربین فیلمبرداری است که تصویر خودرو را می گیرد، موقعیت پلاک را در تصویر پیدا می کند و سپس نویسه ها را جدا می کند. در آخر یک طبقه بند^۳ تصاویر نویسه ها را به رشته ی الفبایی ترجمه می کند.

فناوری هایی نظیر سامانه ی شناسایی با فرکانس رادیویی^۴، RFID، نیز برای شناسایی خودروها استفاده می شود. یکی از کاربردهای بسیار شایع استفاده از فناوری RFID کنترل ورود و خروج وسایل نقلیه در محل هایی است که امنیت ورود و خروج ماشین ها بسیار مهم و ضروری به نظر می رسد. این سیستم با چسباندن یک برچسب^۵ بر روی وسیله نقلیه و قراردادن کلیه اطلاعات مربوط به این وسیله در حافظه ی آن امکان پذیر می شود. قبل از رسیدن وسیله نقلیه به درب ورودی یا خروجی؛ ماشین از محلی که در آن یک آنتن جهت دریافت اطلاعات برچسب چسبیده شده بر روی وسیله نقلیه وجود دارد؛ عبور می کند. دستگاه Reader اطلاعات موجود بر روی برچسب را از آنتن بازخوانی می کند و در صورتی که اطلاعات موجود بر روی برچسب نشانگر مجوز ورود یا خروج باشد، گیت ورودی یا خروجی باز می شود. در صورتی که هیچ گونه برچسبی بر روی ماشین وجود نداشته

^۱ Vehicle License Plate Recognition (VLPR)

^۲ Frame

^۳ Classifier

^۴ Radio Frequency Identification

^۵ Tag

باشد و یا در صورتی که اطلاعات موجود بر روی برچسب نشانگر مجوز عدم خروج یا ورود باشد، افراد امنیتی مستقر در محل درب ورودی یا خروجی گیت جهت بازرسی وسیله نقلیه اقدام می کنند. سیستم‌های نام برده، دارای مزایایی چون دقت بالا و پیچیدگی کم هستند اما به علت اینکه همه‌ی خودروها مجهز به آن نیستند و نصب تجهیزات لازم برای این سیستم‌ها هزینه‌ای را برای صاحبان خودروها به همراه دارد از سیستم‌های خودکار تشخیص و شناسایی پلاک خودرو استفاده می شود. از معایب این سیستم‌ها می توان گفت که هزینه‌ی راه‌اندازی آنها در مقایسه با سیستم‌های دیگر بیشتر است، ممکن است با سایر فرکانس‌ها و فلزات تداخل ایجاد کند، عدم شناسایی در محیط‌های مایع و حایل‌های فلزی در بعضی از برچسب‌ها وجود دارد، امکان تجاوز به حریم خصوصی افراد وجود دارد (می توان به طور غیرمحسوس حریم خصوصی افراد را کنترل کرد).

به طور کلی، یک سیستم خودکار شناسایی پلاک خودرو شامل یک دوربین، یک فریم کننده^۱، یک کامپیوتر، و نرم افزار طراحی شده کاربر برای پردازش تصویر، تحلیل و شناسایی است. که باید (۱) در فضای باز و بسته عمل کند، (۲) در طیف گسترده‌ای از شرایط نور کار کند، (۳) نسبت به اندازه، مقیاس، و تغییرات فونت ثابت باشد، (۴) نسبت به شکستگی‌ها، نقص‌های چاپ، و انواع دیگری از نویزها مقاوم باشد، (۵) نسبت به موقعیت نسبی دوربین و خودرو در یک بازه فاصله معقول حساس نباشد، (۶) یک پاسخ بلادرنگ را فراهم کند، (۷) با جایگزین تجهیزات تهیه تصویر و همچنین با تصاویر از قبل گرفته شده و تصاویر آرشیو شده کار کند [۱].

تنوع محیط زیست و شرایط ویدئو همچنین تغییرات در بافت پلاک چالش‌های اصلی سیستم‌های تشخیص پلاک می‌باشند. تصویر می‌تواند در شرایط نوری مختلف گرفته شود و ممکن است شامل یک یا چند پلاک در اندازه‌ها و مکان‌های مختلف باشد. بافت پلاک می‌تواند به دلیل سایه‌ها، آلودگی و انواع پلاک تغییر کند. همچنین یک پس‌زمینه ممکن است شامل درختان، ساختمان‌ها، نرده‌ها، طبقه‌ها، چراغ‌های جلو و سپر اتومبیل‌ها و ... و

^۱ frame grabber

حاوی الگوهای شبیه به پلاک باشد.

نتایج گزارش شده در مقالات نشان می‌دهند که هنوز روش قابل اطمینانی برای آشکارسازی و شناسایی بلادرنگ پلاک خودرو و تشخیص و شناسایی چند پلاک خودرو در یک صحنه وجود ندارد و این مساله ما را بر آن داشت تا به پژوهش در این راستا بپردازیم و برای طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌ی بلادرنگ آشکارسازی و شناسایی پلاک تلاش کنیم.

از طرف دیگر بیشتر کارهای انجام شده در زمینه‌ی تشخیص و شناسایی یک پلاک خودرو در یک صحنه می‌باشد و در زمینه‌ی تشخیص و شناسایی چند پلاک خودرو در یک صحنه کارهایی با نتایج قابل قبول صورت نگرفته است. همچنین در اکثر کارهای انجام شده به بلادرنگ بودن سیستم توجه کمی شده است در حالی که سرعت تشخیص و شناسایی صحیح پلاک‌ها در قاب‌های ویدئویی و بلادرنگ بودن الگوریتم برای کاربردهای آن اهمیت بسیاری دارد. در این پایان‌نامه علاوه بر رفع این مسائل، تلاش می‌کنیم مشکلات دیگری که بر سر راه این سیستم‌ها وجود دارد را نیز رفع نماییم. مطالعه‌ی روش‌های انجام شده دید کلی و عمیقی از موضوع و محدودیت‌ها و کاستی‌های پیش رو به ما می‌دهد که پژوهش خود را در راستای حل بهتر مسائل موجود قرار دهیم.

۱-۳ کاربردهای سامانه‌ی آشکارسازی و شناسایی پلاک

امروزه با پیشرفت تجهیزات تصویربرداری و الگوریتم‌های پردازش تصویر شاخه‌های جدیدی در این علم به وجود آمده است و هر روز شاهد عرضه‌ی سیستم‌های تصویری پیشرفته در کاربردهای گوناگون آن هستیم. یکی از کاربردهای پردازش تصویر، در زمینه‌ی حمل و نقل می‌باشد.

سیستم‌های شناسایی پلاک خودرو کاربردهای گسترده‌ای دارند که از آن جمله می‌توان به سیستم‌های پرداخت الکترونیکی پارکینگ، پرداخت خودکار عوارض در بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها، مدیریت هوایی برای نظارت

ترافیک، بازیابی اتومبیل‌های به سرقت رفته و شناسایی اتومبیل‌ها با حکم باز برای دستگیری، دیده‌بانی معابر و گلوگاه‌ها و مرزها و گزارش سریع خودروهای سرقتی عبور کرده از آنها، ثبت اطلاعات ترافیکی دقیق و جامع از تردد خودروها در معابر، گرفتن اتومبیل‌های سرعت بالا با مقایسه‌ی متوسط زمانی که طول می‌کشد تا خود را از یک دوربین ثابت به دوربین ثابت دیگری برسانند، تعیین اینکه خودروها به یک پارکینگ تعلق دارند یا ندارند، تسریع پارکینگ با حذف نیاز به تایید انسان برای عبور از پارکینگ، محاسبه‌ی مدت سفر، برآورد مسیر سفر [۲]، اندازه‌گیری سرعت متوسط خودروها، کنترل سرعت، اجرای قوانین راهنمایی و رانندگی، ثبت تخلفات، کنترل جریان ترافیک، آنالیز ترافیک، آمارگیری رفت و آمد در جاده‌ها، سیستم مدیریت پارکینگ‌های عمومی و خصوصی، شناسایی وسایل نقلیه سرقت رفته، تعیین فقدان پلاک، ردیابی خودروها، زمینه‌های انتظامی، امنیتی و نظامی اشاره کرد [۳] [۴] [۵]. علاوه بر آن، در این تکنولوژی نیاز به نصب هیچ ابزاری بر روی اتومبیل مانند فرستنده^۱ و یا پاسخ دهنده^۲ نداریم.

۱-۳-۱ کنترل و اخذ عوارض ورود به محدوده طرح ترافیک

امروزه شهرهای بسیاری (از جمله تهران) ورود خودروها به منطقه مرکزی شهر را به منظور کنترل ترافیک آن محدود ساخته‌اند. از آنجا که استفاده از روش‌های سنتی (قرار دادن نیروهای پلیس در تمامی مبادی محدوده) هم پرهزینه و هم کم دقت است، راه حل‌های جدیدی برای کنترل و اخذ عوارض ورود به محدوده پرتردد شهرها پیشنهاد شده است. یکی از این راه حل‌ها (که برای مثال در استکهلم و لندن استفاده می‌شود) استفاده از فناوری شناسایی پلاک خودرو است. در این راه حل، دوربین‌های شناسایی پلاک خودرو در تمامی مبادی طرح نصب می‌شوند و ورود هر خودرو به محدوده طرح ثبت می‌شود. سپس مانند روش اخذ عوارض، فرصتی به راننده داده می‌شود تا عوارض ورود به طرح را تا زمان مقرر پرداخت کند. در غیر این صورت، راننده طبق قانون ملزم به

^۱ Transmitter

^۲ Responder

پرداخت جریمه خواهد بود.

۱-۳-۲ اخذ عوارض جاده‌ها و بزرگراه‌ها به صورت خودکار

از آنجا که وجود مانع بر سر راه خودروها در عوارضی باعث کند شدن حرکت، ایجاد ترافیک، و به تبع آن آلودگی محیط زیست می‌شود، راه‌های مختلفی برای حذف موانع موجود در عوارضی‌ها پیشنهاد شده است. یکی از این راه‌ها استفاده از سامانه‌ی شناسایی پلاک خودرو می‌باشد. در این راه حل، خودروها بدون نیاز به توقف از عوارضی‌ها عبور می‌کنند و سامانه‌ی شناسایی پلاک خودرو شماره پلاک آنها را ثبت می‌کند. براساس شماره پلاک، عوارض مربوطه محاسبه می‌شود و راننده ملزم به پرداخت عوارض در زمان مشخصی خواهد بود. در صورت عدم پرداخت عوارض در زمان مقرر، خودرو طبق قانون جریمه خواهد شد.

۱-۳-۳ محاسبه مدت سفر

تخمین مدت زمان سفر یکی از کاربردهای مهم سیستم‌های ترافیک هوشمند می‌باشد. در این کاربرد، مسافران می‌توانند پیش از سفر به آمارها و اطلاعات مربوطه مراجعه کنند و تخمینی از مدت زمان سفر میان مبدا و مقصد خود داشته باشند. سامانه شناسایی پلاک خودرو یکی از راه‌های مناسب جهت این کاربرد به شمار می‌رود. در این راه حل، سامانه‌ی شناسایی پلاک خودرو در نقاط مختلف یک جاده نصب می‌شود (برای مثال در مبدا و مقصد) و بنابراین مدت زمان سفر را به صورت تفکیک شده برای هر خودرو محاسبه می‌کند. با تحلیل آماری این مدت برای تمامی خودروها می‌توان با دقت مطلوبی، متوسط و تغییرات آن در زمان‌های مختلف روز و هفته را در جاده اندازه گرفت و برای تصمیم‌گیری در اختیار عموم قرار داد.

۱-۳-۴ اندازه‌گیری سرعت متوسط خودروها

علاوه بر روش‌های معمول اندازه‌گیری سرعت که در یک نقطه‌ی خاص سرعت خودروها را محاسبه می‌کنند، روش‌هایی نیز جهت محاسبه سرعت متوسط خودروها در یک مسیر وجود دارد. جهت اندازه‌گیری

سرعت متوسط نیاز به تشخیص هویت خودروها در ابتدا و انتهای مسیر می‌باشد. تشخیص و شناسایی پلاک خودرو یکی از راه‌های مناسب جهت تشخیص هویت خودروها و به تبع آن اندازه‌گیری سرعت متوسط آنها می‌باشد. در این راه حل، دوربین‌های تشخیص پلاک در چندین نقطه از مسیر نصب می‌شوند و با ثبت زمان تردد خودرو از مقابل هر یک از آنها، امکان محاسبه سرعت متوسط خودرو میان هر دو نقطه متوالی وجود دارد. در این راه حل، حتی اگر رانندگان در مقابل این دوربین‌ها ترمز کنند تاثیر چندانی در سرعت متوسط محاسبه شده در مسیر نخواهند گذاشت و بنابراین تا حدی در مقایسه با روش‌های مبتنی بر سرعت نقطه‌ای برتری دارد.

۱-۳-۵ سرعت‌سنجی خودرو

رشد استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند سرعت و ثبت تخلف در سال‌های اخیر مشهود بوده است. این سیستم‌ها برای تشخیص سرعت خودروهای عبوری، از روش‌های متفاوتی استفاده می‌کنند. در این زمینه می‌توان از الگوریتم‌های پردازش تصویر استفاده کرد. با استفاده از دو دوربین و کالیبره کردن آنها و پردازش تفاوت دید موجود در تصاویر بدست آمده از دو دوربین امکان تشخیص عمق خودروی عبوری فراهم می‌شود و با توجه به مکان خودرو در لحظه‌های مختلف، سرعت خودرو قابل محاسبه است. از مزایای استفاده از روش سرعت‌سنجی خودروها به کمک پردازش تصویر نسبت به دیگر روش‌ها مانند رادار و یا لیزر، پسیو بودن این روش است. بدین ترتیب امکان ثبت نشدن تخلف به علت استفاده متخلف از دستگاه‌های مختل کننده^۱ وجود ندارد. همچنین دستگاه‌های هشدار دهنده وجود سیستم‌های سرعت‌سنج که با آشکارسازی امواج رادار به متخلف هشدار می‌دهند نیز دیگر کاربری خواهند داشت. این سیستم‌های سرعت‌سنج دارای دو نوع هستند: [۶]

- سرعت‌سنج ثابت (شکل ۱-۳) که بر روی پایه‌هایی در کنار بزرگراه‌ها و جاده‌ها نصب می‌شوند.

این سیستم که وظیفه‌ی تشخیص سرعت و خواندن پلاک خودروهای عبوری را برعهده دارد، از

^۱ Jammer

الگوریتم‌های پیچیده پردازش تصویر جهت سنجش سرعت و قرائت پلاک وسایل نقلیه بهره می‌برد. خطای سرعت‌سنجی این سیستم ۰.۱٪ و دقت پلاک‌خوانی آن بیش از ۹۵٪ می‌باشد و با این وصف سامانه مذکور تخصصی‌ترین سیستم در این زمینه می‌باشد. با بهره‌گیری از چند سیستم در یک مسیر و پلاک‌خوانی تمامی خودروها می‌توان سرعت متوسط خودروهای عبوری را استخراج کرد و از آن جهت اعمال قانون استفاده کرد.

سیستم (شکل ۱-۴) با استفاده از نورپردازی در محدوده‌ی مرئی و مادون قرمز؛ توانایی کار در همه ساعات شبانه‌روز و انواع شرایط آب و هوایی را دارا می‌باشد. استفاده از پردازش تصویر استریو^۱ این امکان را برای سیستم مهیا می‌سازد که تردها را مستقل از اندازه و شکل خودرو ثبت کرده و در دو دسته خودروهای سبک و سنگین طبقه‌بندی کند.

توانایی پلاک‌خوانی این سیستم بسیار پایدار است و در صورتی که پلاک‌ها سایه‌دار، تاریک و کثیف و یا مخدوش باشند تا حدی که برای چشم قابل تشخیص باشند سامانه تا حد چشمگیری از عهده قرائت آنها برمی‌آید.^۲

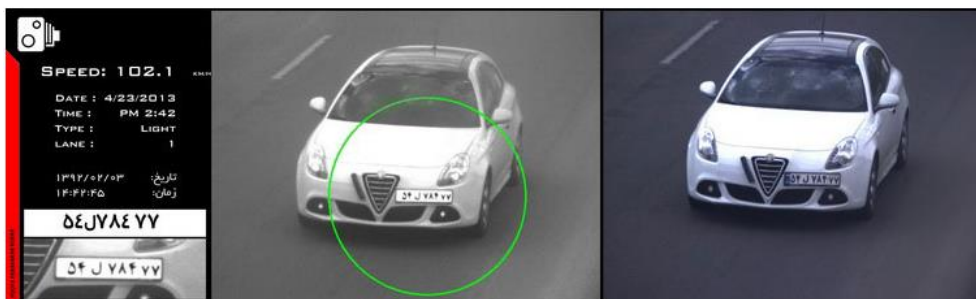
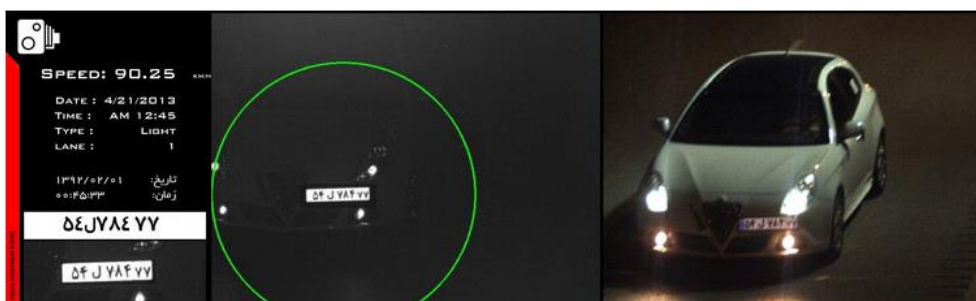
- سرعت‌سنج خودرویی که بر روی خودروی پلیس سوار می‌شود. به علت حرکت خودروی پلیس استفاده از الگوریتم‌های ثابت کننده تصویر به منظور حذف حرکت خودروی پلیس لازم می‌باشد. از این نمونه بر روی خودروهای زانتیای کنترل نامحسوس پلیس ایران نصب شده است.

^۱ Stereo Vision

^۲ <http://www.pfkvision.com>



شکل ۳-۱: سرعت‌سنج ثابت (استقراری)



شکل ۴-۱: یک سیستم شناسایی پلاک خودرو

۱-۳-۶ پلاک خوانی خودرو

با آموختن نویسه‌هایی که پلاک خودرو از آن تشکیل شده است می‌توان در تصویر بدست آمده از دوربین پلاک‌خوان به دنبال آن نویسه‌ها گشت. سیستم‌های پلاک‌خوان خودرو کاربردهای مختلفی دارد که می‌توان به چند نمونه اشاره کرد:

- پلاک‌خوانی پارکینگ‌های مجتمع‌های بزرگ
- پلاک‌خوانی جهت کنترل عبور و مرور در مرزها
- پلاک‌خوانی خودروهای متخلف در سیستم‌های ثبت تخلف و اعمال جریمه

سیستم حمل و نقل هوشمند^۱ یک ابزار مهم برای تجزیه و تحلیل و کنترل وسایل نقلیه در حال حرکت در شهرها و بزرگراه‌هاست و در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی بر روی آن انجام شده است. امروزه تشخیص و شناسایی خودکار پلاک خودرو، یک عنصر کلیدی برای هر سیستم حمل و نقل هوشمند در هر یک از کاربردهای گفته شده می‌باشد.

در ادامه ساختار پایان‌نامه به این ترتیب است: در فصل دوم پایان‌نامه به مرور روش‌ها و کارهای انجام شده‌ی گذشته در این زمینه می‌پردازیم، در فصل سوم روش پیشنهادی خود را شرح می‌دهیم، در فصل چهارم نتایج حاصل از روش پیشنهادی را ارائه می‌نماییم و در فصل پنجم نتیجه‌گیری کلی پژوهش خود و پیشنهاداتی را برای کارهای آینده مطرح می‌کنیم.

^۱ Intelligent Transportation Systems (ITS)

فصل دوم

مروری بر کارهای انجام شده

۲-۱ مروری بر کارهای انجام شده

پیشرفت سریع تکنولوژی در هوش مصنوعی و دانش علوم کامپیوتر و سپس احساس نیاز به جستجو و امنیت سیستم‌های خودکار باعث ظهور سیستم‌های هوشمند مبتنی بر پردازش تصویر و گسترش این دانش هستند. یکی از این سیستم‌های هوشمند در پردازش تصویر، سیستم شناسایی خودکار پلاک خودرو است. به صورت کلی یک سیستم خودکار شناسایی پلاک خودرو^۱، ALPR، از سه بخش اصلی تشکیل شده است: تشخیص محل پلاک یا آشکارسازی پلاک، جداسازی نویسه‌ها، و شناسایی آنها. در کارهای پیشین یا به هر سه بخش مذکور پرداخته شده و یا به یکی از این سه موضوع پرداخته‌اند که در ادامه برخی روش‌های به کار گرفته شده را در بخش‌های مختلف بیان می‌کنیم.

۲-۱-۱ برخی روش‌های آشکارسازی پلاک خودرو

یکی از مسائلی که امروزه با پیشرفت علم و فن آوری مطرح شده است، شناسایی خودکار خودروها می‌باشد. برای این امر باید سیستمی طرح شود تا با عکس گرفتن از خودرو، بتواند پلاک آن را بخواند. خواندن پلاک خودرو از روی تصاویر پیچیده دو مرحله دارد. در مرحله اول، محل پلاک در تصویر مشخص می‌شود و شناسایی ارقام و حروف پلاک در مرحله دوم صورت می‌گیرد. از آنجا که شناسایی ارقام و حروف پلاک، مبتنی بر تصویر استخراجی مرحله اول است، لذا کارایی و دقت سیستم تا حد زیادی به مرحله‌ی اول بستگی دارد و یافتن محل دقیق پلاک از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. کیفیت پایین تصاویر، شرایط نوری مختلف، زوایای دید مختلف دوربین، پشت صحنه پیچیده، و انعکاس و شکست نور از مشکلات کار هستند.

با توجه به کاربردهای زیاد موجود، روش‌های متفاوتی برای شناسایی پلاک خودرو در مراجع مختلف ارائه

^۱ Automatic License Plate Recognition (ALPR)

شده است. به طور کلی می توان روش های موجود را به سه دسته تقسیم کرد [۷]:

الف) روش هایی که از اطلاعات بافت در تصاویر سطح خاکستری استفاده می کنند.

ب) روش هایی که از تصویر گرادیان استفاده می کنند.

ج) روش هایی که از اطلاعات رنگی پلاک استفاده می کنند.

همانطور که گفته شد راهکارهای مختلفی وجود دارد که برخی از آنها را دسته بندی نموده و در ادامه شرح می دهیم.

۲-۱-۱-۱ استفاده از ویژگی رنگ

چناقلو و رحمتی [۸] ابتدا با استفاده از اطلاعات رنگی، نواحی کاندید را استخراج می کنند. سپس با استفاده از تعریف جدیدی که برای مورفولوژی ریاضی ارائه کرده اند، وجود ارقام در نواحی کاندید بررسی می شوند. در انتها با توجه به اینکه باید در ناحیه پلاک چندین رقم پشت سر هم موجود باشند، ناحیه پلاک مشخص می شود. اشتري و فتحي [۹] روش جدیدی را برای مکان یابی پلاک خودرو با استفاده از اطلاعات رنگ تصویر و با انجام پیمایش ستونی، ارائه و مورد بررسی قرار داده است. در این روش با گسترش تکنیک های شناسایی الگو، مکان پلاک تعیین می شود. رادمرد و فیضی [۱۰] ابتدا به کمک اطلاعات بافت تصویر، کیفیت تصویر را بهبود می دهند. سپس با تکنیک سازی تصویر و استفاده از تکنیک شمارش تعداد دفعات تغییر سطح رنگ، محل کاندیدهای احتمالی پلاک تشخیص داده می شوند. بعد با استفاده از روش های مورفولوژی و روش های آماری، نویزهای تصویر حذف شده، سپس صحت کاندیدها بررسی شده و محل پلاک تعیین می گردد. Jia و همکارانش [۱۱] از تقسیم بندی رنگی میانگین-شیفت^۱ استفاده می کنند تا نواحی کاندید پیدا شوند. آنها به منظور جدا

^۱ mean-shift color segmentation

کردن منطقه‌ی پلاک از مناطق نامزد دیگر سه ویژگی را تعریف کردند. براساس تحلیل آماری آنها، می‌توان پلاک را با ترکیبی منحصر به فرد از سه ویژگی مشخص کرد: مستطیل بودن، نسبت ابعاد و تراکم لبه. این الگوریتم می‌تواند با دقت ناحیه پلاک را استخراج کند اما نیاز دارد که رنگ پلاک از رنگ خودرو متفاوت باشد. علاوه بر آن، این روش محاسبات زیاد و فشرده‌ای حتی برای تصاویر رنگی کوچک (۲۴۳×۳۲۴) دارد. در روش‌هایی که بر پایه‌ی اطلاعات رنگی پلاک‌ها مطرح شده‌اند، شرایط نوری خیلی مهم و مساله‌ساز می‌شود. در روش‌های مبتنی بر رنگ هنگامی که شرایط نوری تغییر می‌کند رنگ نیز پایداری خود را از دست می‌دهد و عوض می‌شود. پلاک‌های رنگی زمان پردازشی زیادی نسبت به پلاک‌های خاکستری می‌برند.

۲-۱-۱-۲ لبه‌یابی

عطاران و جاهد [۱۲] از فیلتر سوبل^۱ برای استخراج پلاک استفاده کرده‌اند. در این روش، حجم گرادیان و واریانس محلی در یک تصویر محاسبه می‌شود. اساس این روش مبتنی بر این است که تغییر روشنایی در پلاک نسبت به قسمت‌های دیگر تصویر بسیار چشمگیرتر و تکرارشونده‌تر است. در روش ارائه شده توسط Zheng و همکارانش [۱۳]، بعد از بهبود تصویر، لبه‌های عمودی با عملگر سوبل استخراج می‌شوند، سپس با الگوریتمی خاص لبه‌های نویزی و مربوط به پس‌زمینه حذف شده و در نهایت به کمک یک پنجره مستطیلی جستجویی برای یافتن پلاک در نواحی باقیمانده انجام می‌گردد به این صورت که پنجره‌ی جستجو با تصویر کانوال می‌شود تا پلاک را پیدا کند. اگر همه‌ی پلاک‌ها در تصاویر اندازه‌ی مشابه داشته باشند این روش در بهترین حالت کار می‌کند. برومندی و فتحی [۱۴] از جستجوی چند ردیف در میان تصویر، برای تعیین محل پلاک خودرو استفاده می‌کنند. در این مقاله از روش شبکه عصبی به عنوان روشی ناکارآمد یاد شده است. در این روش ارائه شده برای پیدا نمودن پلاک خودرو، تصویر با N ردیف فاصله جاروب شده و لبه‌های موجود شمرده می‌شود. اگر تعداد لبه‌ها

^۱ sobel

بزرگتر از یک مقدار آستانه شد، حضور یک پلاک مشخص می‌شود. در صورتی که در اولین پردازش جاروب، پلاک پیدا نشود الگوریتم با کاهش مقدار سطح آستانه جهت شمردن تعداد لبه‌ها تکرار می‌شود. این روش نسبتاً سرعت اجرای بهتری دارد به دلیل اینکه فقط چند ردیف در میان یک تصویر جاروب می‌شود. آقاپناه و رودسری [۱۵] نیز جهت شناسایی موقعیت پلاک از ویژگی لبه استفاده کرده‌اند. ویژگی‌های تراکم لبه می‌تواند علاوه بر روش پردازش تصویری به ورودی سیستم شبکه‌های عصبی مصنوعی تزریق گردد اما برای بالاتر بودن سرعت پردازش در این روش از شبکه عصبی استفاده نشده است. در این مقاله نشان داده که استفاده از این ویژگی‌ها می‌تواند جهت شناسایی موقعیت و محتوای پلاک قابل اعتماد باشد. علاوه بر این در صورت یافتن چندین پلاک در تصویر، پلاکی که با احتمال بیشتر پلاک خودرو است، انتخاب و کد می‌شود. در این روش از پنجره لغزان جهت یافتن ویژگی‌ها استفاده شده است و سپس موقعیت نواحی مشکوک به پلاک با توجه به خصوصیات ژئومتریک و ساختارهای موازی و مداوم، استخراج می‌شود. همچنین در صورت نیاز به چرخش، تصویر پلاک چرخیده می‌شود. در [۱۶] ابتدا کیفیت تصویر ورودی را افزایش داده‌اند، سپس تصویر را به چهار قسمت تقسیم کرده و بعد هر قسمت را به صورت سطر به سطر پیمایش کردند و تعداد لبه‌ها در هر قسمت را مشخص نمودند. پس از انتخاب نواحی کاندید ناحیه‌ای که تعداد عناصر آن به اندازه نویسه‌های پلاک بود آن ناحیه به عنوان ناحیه پلاک انتخاب می‌شود. روش پیشنهادی این مقاله در تصاویری که دارای پس‌زمینه پیچیده، کیفیت نامناسب، روشنایی کم، فاصله‌های متفاوت دوربین از ماشین، پلاک با شیب‌های متفاوت، تصاویر تار شده و انواع پلاک باشند عملکرد بسیار بهتری دارد. در روش استفاده از چگالی لبه [۱۷]، ابتدا لبه‌های موجود در تصویر استخراج و سپس مکان‌هایی از تصویر که نسبت به مساحت خود دارای تعداد لبه‌های بیشتری هستند، بدست می‌آیند. از آنجا که تصویر ممکن است در اثر لرزش، آب و هوای مه‌آلود یا بارانی مات شود، از تیز کردن لبه استفاده می‌کنند. این کار به تشخیص لبه‌ها کمک می‌کند. در [۱۸] برای تیز کردن لبه از ماسکی مشابه ماسک لاپلاس استفاده کرده که در شکل ۱-۲ آمده است:

۰	-۱	۰
-۱	+۵	-۱
۰	-۱	۰

شکل ۱-۲: ماسک استفاده شده برای تیز کردن لبه‌ها [۱۸]

در [۱۹] نواحی با لبه‌های عمودی بسیار، نواحی خاکستری و نواحی پس‌زمینه‌ی روشن برای پیدا کردن کاندیدهای پلاک با هم ترکیب شده و عملیات مورفولوژی و لبه‌یابی استفاده می‌شوند تا این لبه‌ها را پیدا کنند. بعد از آن که کاندیدها پیدا می‌شوند، فرآیند تایید یا راستی‌آزمایی اعمال می‌شود. برای تشخیص پلاک در اندازه‌های مختلف، اندازه تصویر به تدریج عوض شده و فرآیند تعیین محل پلاک انجام می‌شود تا پلاک تشخیص داده شود. این فرآیند فقط تشخیص یک پلاک را در هر تصویر تضمین می‌کند. علاوه بر آن، در این روش نویسه‌ها در پلاک باید تاریک‌تر از پس‌زمینه‌ی پلاک باشند. یک روش استخراج پلاک ترکیبی مبتنی بر آمار لبه و مورفولوژی در [۲۰] پیشنهاد شده است که در آن ابتدا کاندیدها به صورت سلسله‌مراتبی براساس آمار لبه واقع می‌شوند. سپس اگر هیچ ناحیه‌ی کاندیدی پیدا نشد تعیین محل براساس مورفولوژی به کار گرفته می‌شود. در این مقاله، تصاویر از یک فاصله‌ی ثابت بدست آمده‌اند و همچنین تعداد کاندیدهای اشتباه که به طور مستقیم در این مقاله اشاره نشده است می‌تواند بالا باشد. مزیت روش لبه‌یابی این است که ساده و سریع پیاده‌سازی می‌شود ولی عیب آن، این است که به تنهایی کاربرد ندارد و بسیاری از نقاط خارج از پلاک را هم به عنوان پلاک شناسایی می‌کند.

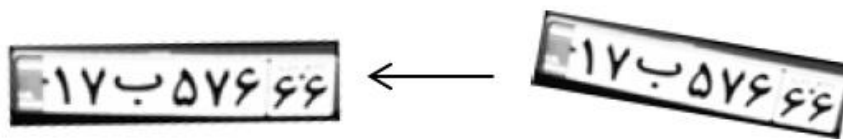
۳-۱-۱-۲ لبه‌یاب رنگی

مقاله [۷] پلاک خودروهای ایران را بر ۳ نوع در نظر گرفته است و چون پلاک در مکانی قرار دارد که میزان زیادی لبه به طور مکرر کنار هم قرار گرفته‌اند بر این اساس یک آشکارساز لبه رنگی طراحی کرده است. آشکارساز لبه طراحی شده‌ی این مقاله به سه نوع لبه، سفید-مشکی، زرد-مشکی و قرمز-سفید حساس است. در

این مقاله از اطلاعات رنگ و لبه استفاده شده است. به این صورت که ابتدا به جستجوی نوار آبی رنگ پرداخته شده و بعد از آن با استفاده از لبه یاب رنگی و با یک آستانه گذاری ابتکاری محل پلاک مشخص شده است. عیب روش‌هایی که از اطلاعات رنگی استفاده می‌کنند این است که برای تصاویر IR (دید در شب) که اطلاعات رنگ نداریم مناسب نیست.

۲-۱-۱-۴ تبدیل هاف

تبدیل هاف به منظور پیدا کردن خطوط، در مواردی که بخواهیم پلاک را با خطوط کناری‌اش شناسایی کنیم، می‌تواند مفید واقع شود. در روش استفاده از تبدیل هاف [۲۱] ابتدا لبه‌های تصویر ورودی به دست می‌آیند، سپس تبدیل هاف برای پیدا کردن ناحیه پلاک به کار گرفته می‌شود. این روش هرگاه که تصاویر به خودرو محصور شده باشد نتایج خوبی از خود نشان می‌دهد اما عیب این روش این است که به تغییر شکل مرزهای پلاک حساس بوده و زمان پردازشی آن زیاد است. تبدیل هاف، نوعی انتقال تصویری است که در طی آن خط‌های موجود در تصویر پیدا می‌شوند. پس از یافتن خط‌های تصویر، شیب خط‌هایی که دارای طول به نسبت زیاد هستند، جهت پیدا کردن درجه‌ی انحراف محاسبه می‌شود. تبدیل هاف جهت رفع مشکل زاویه‌دار بودن پلاک به کار می‌رود. شکل ۲-۲ نمونه‌ای از پلاک را که مشکل زاویه‌دار بودن آن به کمک تبدیل هاف حل شده است نشان می‌دهد [۱۸]:



شکل ۲-۲: حل مشکل زاویه‌دار بودن پلاک با تبدیل هاف [۱۸]

۲-۱-۱-۵ منطق فازی

در این روش، تعدادی قوانین شهودی تعریف شده که با آنها ناحیه پلاک توصیف می‌شود. این روش به رنگ

و روشنایی پلاک خودرو بسیار حساس بوده و نیاز به زمان پردازش طولانی تری نسبت به روش های مبتنی بر رنگ دارد [۲۲].

۶-۱-۱-۲ عملگرهای مورفولوژی

روشی مبتنی بر مورفولوژی در [۲۳] پیشنهاد می شود که می تواند از ویدئوهایی با وضوح پایین پلاک ها را استخراج کند. عملگر bottom-hat که می تواند لبه را بهبود دهد و ناحیه همگن را از بین ببرد، بر روی تصویر اعمال می شود. از آنجایی که این عملگر می تواند انواع مختلف بافت را بهبود دهد، گرادیان مورفولوژی برای تشخیص مناطق متراکم تر استفاده می شود. اجزای متصل به هم در تصویر باینری شده و close شده شناسایی می شوند و هر جز براساس خواص بافتی و هندسی تایید می گردد. در طول تشخیص پلاک فرض بر این است که یک قسمت پیش پردازش برای تشخیص ناحیه حرکت خودرو وجود دارد تا جستجو فقط در این منطقه محدود انجام شود. فرض دیگر آن است که فاصله بین دوربین ویدئویی و خودروی دیده شده در محدوده ای مشخص بیفتد.

۷-۱-۱-۲ تبدیل ها

در [۲۴] تشخیص پلاک خودرو در قابی از یک فیلم ویدئویی بررسی شده است. در این روش برای تشخیص پلاک در یک قاب از فیلم ویدئویی، روشی مبتنی بر تبدیل فوریه به نام تحلیل طیفی مطرح شده است. مقاله [۲۵] از تبدیل IFT^۱ برای تشخیص محل پلاک خودرو استفاده کرده است. در این روش ابتدا لبه های عمودی تصویر استخراج می شود. نواحی با چگالی لبه ی زیاد می توانند جزو کاندیدهایی برای پلاک باشند. به منظور تشخیص این نواحی، چگالی لبه ها در یک همسایگی محلی محاسبه می شود. این کار با شمارش لبه های موجود در همسایگی محلی هر نقطه تصویر صورت می گیرد. بدین ترتیب ماتریسی به ابعاد تصویر اولیه ساخته

^۱ Image Foresting Transform

می‌شود که ارزش هر پیکسل آن چگالی لبه‌ها در محل متناظر در تصویر اولیه می‌باشد. این ماتریس را می‌توان یک تصویر سطح خاکستری در نظر گرفت. با در نظر گرفتن روشنایی پیکسل‌ها، نواحی با بیشترین روشنایی در این تصویر به عنوان کاندیدهای محل پلاک انتخاب می‌شود. در نهایت تبدیل IFT را برای شناسایی مرزهای دقیق پلاک در محل‌های کاندید اعمال می‌کنند. در الگوریتم تبدیل IFT یک تصویر که عموماً تصویر گرادیان است با یک گراف مدل می‌شود. پیکسل‌های تصویر گره‌ها و معیار ارتباط پیکسل‌ها (همسایه چهارتایی، هشت تایی و غیره) با کمان‌ها در گراف معادل می‌شوند. با انتخاب یک گره در درون شی که همان پلاک است شروع به حرکت روی شاخه‌ی گراف می‌کنند. در طی این مسیر به هر شاخه ارزشی نسبت داده می‌شود. با اعمال تابعی به نام تابع ارزش^۱ مسیره‌های با کمترین ارزش به عنوان مسیر بهینه انتخاب می‌شود. Wang و همکارانش [۳] الگوریتمی را برای تعیین محل پلاک مبتنی بر تبدیل موجک گسسته، DWT^۲، پیشنهاد می‌کنند. در این الگوریتم پلاک می‌تواند از تصاویری با کیفیت متفاوت در محیط‌های پیچیده با استفاده از دو فرکانس زیرباند استخراج شود. ابتدا از زیرباند HL برای جستجوی ویژگی‌های پلاک استفاده می‌شود و سپس ویژگی‌ها با چک کردن اینکه آیا در زیرباند LH یک خط افقی اطراف ویژگی وجود دارد یا خیر، بررسی می‌شوند. تقریباً در هر یک از پلاک‌ها می‌توان دو خط افقی و تعداد زیادی خطوط عمودی پیدا کرد. این روش می‌تواند هر دو پلاک جلو و عقب وسایل نقلیه مختلف را استخراج کند. در مواردی که رنگ پلاک خیلی نزدیک به رنگ پس‌زمینه پشت پلاک باشد ممکن است که تعیین محل پلاک مشکل شود. متوسط زمان اجرای الگوریتم‌های مذکور نیز به دلیل پیچیدگی‌های محاسباتی برای کاربردهای بلادرنگ مناسب نیست.

۸-۱-۱-۲ آستانه‌گیری

مرجع [۲۶] با استفاده از آستانه‌گیری و سپس شناسایی حوضچه‌های سفید رنگ پیوسته‌ای که جزیره‌های

^۱ Cost Function

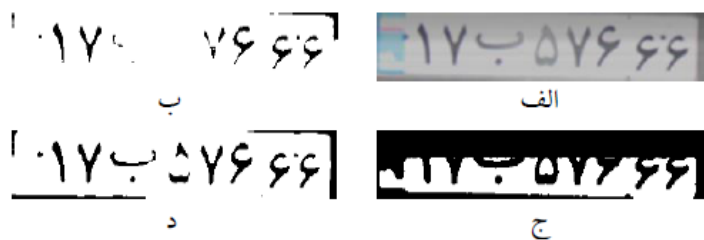
^۲ Discrete Wavelet Transform

سیاه رنگ درون خود دارند (پلاک سفید با عناصر سیاه درونش) و با در نظر گرفتن مساحت این حوضچه‌ها به عنوان یک معیار که نباید از حد آستانه بیشتر یا کمتر باشد، نامزدهایی برای مکان پلاک خودرو معرفی می‌کند. در طی فرآیند آستانه‌گیری [۱۸]، مقادیر پیکسل‌های موجود در تصویر به دو کلاس سیاه و سفید تقسیم می‌شود. به صورت کلی الگوریتم آستانه‌گیری را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود:

- ۱- اگر مقدار پیکسل بزرگتر یا مساوی t بود مقدار آن را برابر مقدار رنگ سفید قرار بده.
- ۲- و اگر نه، مقدار آن را برابر مقدار سیاه قرار بده.

که در آن t مقدار آستانه است.

استفاده از الگوریتم ساده‌ی بالا باعث می‌شود که تشخیص پلاک در هنگامی که نور کم یا زیاد باشد و یا بر روی آن سایه افتاده باشد، در عمل امکان‌پذیر نباشد. برای حل این مشکل از آستانه‌گیری تطبیقی استفاده می‌شود. شکل ۲-۳ مقایسه‌ای از روش آستانه‌گیری با حد آستانه‌ی ثابت و آستانه‌گیری تطبیقی را نشان می‌دهد:



شکل ۲-۳: مقایسه‌ی روش‌های آستانه‌گیری [۱۸]

در شکل ۲-۳، قسمت (الف) تصویر اصلی یک پلاک که بر روی آن سایه افتاده است را نشان می‌دهد و قسمت‌های (ب)، (ج) و (د) به ترتیب تصویر حاصل از آستانه‌گیری با حد بالا، تصویر آستانه‌گیری با حد پایین و آستانه‌گیری تطبیقی را نشان می‌دهند. در برخی کارهای تحقیقاتی، تعیین محل پلاک شامل دو مرحله می‌شود:

تشخیص کاندید^۱ و تایید کاندید^۲. مرجع [۲۷] روش تایید کاندید را براساس باینری کردن وفقی پیشنهاد داده است که در آن به تدریج، سه روش متفاوت باینری کردن برای استخراج پلاک‌های متفاوت استفاده می‌شود. در هر مرحله شرایط مبنی بر خود همبستگی^۳، افکنش و موقعیت نویسه برای تشخیص پلاک چک می‌شوند.

۹-۱-۱-۲ مشخصات هندسی

پلاک‌های خودروهای شخصی ایران، با استاندارد اروپا تهیه شده است، همین دلیل باعث می‌شود تا عرض پلاک‌های خودرو ۱۱/۵ سانتی‌متر و طول آن ۵۲ سانتی‌متر باشد. نسبت طول به عرض برای این نوع پلاک‌ها حدود ۴/۵ است. البته باید توجه داشت در صورت زاویه‌دار بودن پلاک این مقدار تغییر می‌کند بنابراین آن را باید به صورت بازه‌ای از اعداد حقیقی تعریف نمود. مجموعه نواحی بسته‌ی موجود در پلاک، می‌تواند ناحیه‌ی آبی رنگ، حرف، عدد، لکه یا خوردگی باشد. با توجه به مکان و نسبت طول به عرض می‌توان نواحی بسته را به یکی از ۳ زیرمجموعه‌ی مذکور نسبت داد. بررسی‌های انجام شده بر روی پلاک‌ها نشان داد که نسبت ارتفاع حروف و اعداد به ارتفاع پلاک، در بازه‌ای از اعداد حقیقی بین ۰/۲ تا ۰/۸ و نسبت پهنای حروف و اعداد به پهنای پلاک، در بازه‌ای از اعداد حقیقی بین ۰/۰۵ تا ۰/۲ قرار دارد [۱۸].

۱۰-۱-۱-۲ چگالی گوشه

رنگ‌های به کار رفته در پلاک به گونه‌ای هستند که بتوان اجزای مختلف پلاک را به راحتی تفکیک نمود. این تفاوت رنگ سبب می‌شود که تضاد رنگ در این ناحیه زیاد شود. برای یافتن گوشه‌های موجود در تصویر ابتدا باید لبه‌های تصویر پیدا شوند. گوشه را می‌توان اشتراک بین دو لبه یا دو ناحیه‌ی مختلف از تصویر تعریف نمود. چگالی لبه از رابطه‌ی (۱-۲) به دست می‌آید:

^۱ Candidate Detection

^۲ Candidate Verification

^۳ Auto-correlation

$$\rho_E = \frac{n_E}{A} \quad (1-2)$$

که ρ_E ، n_E و A به ترتیب چگالی گوشه، تعداد گوشه‌های ناحیه محصور و مساحت ناحیه‌ی محصور هستند. بررسی‌های انجام شده بر روی چگالی گوشه‌های نواحی مختلف بر روی تصاویر با ابعاد حدودی 400×600 نشان داد که با احتمال ۹۹٪ چگالی گوشه‌ی ناحیه‌هایی که در آن پلاک قرار دارد در بازه‌ی $0/02$ تا $0/05$ قرار دارد [۱۸].

۲-۱-۱-۱۱ تعداد قطعات تصویر

منظور از قطعات تصویر همان نواحی بسته‌ی موجود در پلاک است. این قطعات برای انواع پلاک محدود است. برای مثال پلاک خودروهای شخصی در ایران دارای ۹ قسمت است که به ترتیب از سمت چپ به راست تصویر عبارتند از: روبان آبی رنگ، «۲» رقم، «۱» حرف، «۳» رقم و «۲» رقم دیگر با اندازه قلم کوچکتر. در یافتن پلاک به کمک این مشخصه باید این نکته را در نظر گرفت که گاه نویز، میخ پرچ‌های موجود بر روی پلاک و گرد و غبار باعث افزایش یا کاهش تعداد قطعات تصویر می‌شوند [۱۸].

تکنیک‌های بسیاری برای تشخیص ناحیه پلاک خودرو استفاده شده است. بسیاری از روش‌های پیشنهاد شده برخی از این محدودیت‌ها شامل تشخیص پلاک با اندازه ثابت و تشخیص فقط یک پلاک در هر تصویر را دارند. آنها همچنین به میزان بالایی تشخیص اشتباه در پس‌زمینه‌های پیچیده و پیچیدگی محاسباتی بالا دارند. نقطه ضعف دیگر این روش‌ها که بسیار مهم است سرعت کم آنهاست [۲۸] [۲۹] [۳۰]، میانگین زمان اجرایشان بیش از یک ثانیه است که این زمان برای یک کاربرد بلادرنگ بیش از حد بزرگ است.

۲-۱-۲ برخی روش‌های شناسایی نویسه‌های پلاک خودرو

برای الگوریتم‌های بازشناسی نویسه‌ها در LPR^۱ می‌توان از روش‌های مبتنی بر یادگیری و تطبیق الگو استفاده نمود. در روش‌های مبتنی بر یادگیری نشان داده شده است که با داشتن مجموعه بزرگ داده‌های آموزشی، شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توانند به نتایج بازشناسی خوبی دست پیدا کنند و لذا رایج‌ترین روش مورد استفاده در سیستم‌های LPR هستند.

شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه،^۲ MLPs، از جمله شبکه‌های عصبی مصنوعی هستند که در [۳۱] برای شناسایی نویسه‌های فارسی پلاک‌های ایران و در [۳۲] برای شناسایی نویسه‌های لاتین در پلاک خودروها به کار رفته‌اند. برای آموزش این نوع شبکه‌ها از روش پس انتشار خطا استفاده می‌گردد و تعداد نرون‌های لایه مخفی نیز با آزمایش و خطا تعیین می‌شود. در [۳۲]، برای شناسایی نویسه‌های مختلف روی پلاک که شامل نویسه‌های چینی، حروف و اعداد انگلیسی هستند، از چهار شبکه عصبی پرسپترون چند لایه به ترتیب برای طبقه‌بندی حروف چینی، حروف انگلیسی، ترکیب حروف و اعداد انگلیسی و همچنین اعداد استفاده گردیده است. برای بهبود سرعت آموزش پس انتشار خطا نیز الگوریتم ارتجاع^۳ به کار رفته است. به عنوان نمونه، [۳۳] دو نوع شبکه پس انتشار خطای سه لایه با تابع انتقال تانژانت سیگموئید و شبکه کوانتیزاسیون برداری یادگیر،^۴ LVQ، را برای بازشناسی نویسه‌ها در یک سیستم LPR به کار برده و مقایسه‌ای را بین این دو نوع شبکه بر مبنای دقت بازشناسی انجام داده است. استفاده از شبکه‌های عصبی احتمالی،^۵ PNNs، برای بازشناسی پلاک خودرو اولین بار توسط آناگ نوستوپولوس^۶ و همکارانش [۳۴] معرفی شد. در روش معرفی شده آنها، از دو شبکه احتمالی، یکی

^۱ License Plate Recognition

^۲ Multilayer Perceptron

^۳ resilient

^۴ Learning Vector Quantization

^۵ Probabilistic Neural Network

^۶ Anagnostopoulos

برای بازشناسی حروف الفبا و دیگری برای بازشناسی نویسه‌های عددی استفاده شده است. مشابه همین روش نیز در [۳۵]، برای مرحله‌ی بازشناسی در یک سیستم LPR به کار رفته است با این تفاوت که تنها از یک شبکه PNN برای بازشناسی کل نویسه‌های عددی و الفبایی موجود در پلاک استفاده شده است. تعداد نرون‌های مورد نیاز در شبکه‌های عصبی احتمالی معمولاً بیشتر از شبکه‌های استاندارد پس انتشار پیشخور^۱ است اما شبکه‌های PNN در کسری از زمان مورد نیاز برای آموزش شبکه‌های پیشخور، آموزش می‌بینند البته این خصیصه مفید همراه با ایرادهایی مانند نیاز به حافظه بیشتر و زمان اجرای کندتر در مقایسه با شبکه‌های عصبی مرسوم می‌باشد. ماشین‌های بردار پشتیبان، SVMs^۲، نیز از دیگر روش‌های مبتنی بر یادگیری به کار رفته در بازشناسی نویسه‌های پلاک خودرو است. در [۳۶]، از چهار طبقه‌بند مبتنی بر SVM برای شناسایی نویسه‌ها و اعداد ردیف بالا و پایین در پلاک خودروهای کشور کره جنوبی استفاده شده است. در هر یک از این طبقه‌بندها به تعداد کلاس‌های آن طبقه‌بند، SVM در نظر گرفته شده و با استراتژی یکی در برابر همه آموزش دیده‌اند. شبکه بازگشتی هاپفیلد [۳۷] و شبکه عصبی خود سازمانده مبتنی بر نگاشت‌های خود سازمانده کهنن^۳ [۳۸]، از دیگر شبکه‌های عصبی می‌باشد که به طور محدود در بازشناسی نویسه‌های پلاک به کار رفته‌اند.

سیستم‌های یادگیر در روش‌های ذکر شده فوق همگی بر روی کل فضای ورودی آموزش می‌بینند یعنی به دنبال پیدا کردن مدلی هستند که بتوانند در کل فضای مساله، پیش‌بینی‌های خوبی انجام دهند. با این حال در مسائل پیچیده، پیدا کردن یک مدل خوب بسیار مشکل است. روش مناسب‌تر در این موارد، افراز مساله به چند زیرمساله کوچکتر، حل کردن آنها و سپس ترکیب جواب‌هاست. ترکیب طبقه‌بندها^۴ در زمینه مسائل طبقه‌بندی با سیستم‌های یادگیر نیز از روش‌های معروفی است که برای افزایش دقت و بهبود کارایی در مسائل پیچیده

^۱ Feed forward back propagation

^۲ Support Vector Machine

^۳ Kohonen

^۴ Ensembles of classifiers

طبقه‌بندی استفاده می‌شود. در این روش، از چندین طبقه‌بندی برای حل یک مساله یکسان استفاده شده و پاسخ آنها با روش مشخصی در یک پاسخ ترکیب می‌شود. این شیوه در مدلی که نمایش می‌دهد، می‌تواند انعطاف‌پذیری بیشتری داشته باشد. ترکیب طبقه‌بندها می‌تواند در دو ساختار استاتیک یا دینامیک انجام گیرد که در حالت دینامیک، سیگنال ورودی طبقه‌بندها به طور مستقیم در مکانیزم ترکیب خروجی‌ها دخالت دارد [۳۹]. اختلاط خبره‌ها که اولین بار توسط جاکوبس^۱ و دیگران [۴۰] معرفی گردید، مشهورترین روش در ساختار دینامیکی ترکیب طبقه‌بندهاست [۴۱]. اصل ضمنی در این ساختار، این است که طبقه‌بندهای سازنده قادر خواهند بود که به بخش‌های خاصی از فضای ورودی تخصص پیدا کنند و فضای ورودی به نوعی بین این طبقه‌بندهای خبره تقسیم می‌شود. در [۴۲] برای افزایش نرخ بازشناسی نویسه‌های پلاک خودرو، از مدل ترکیبی براساس ساختار اختلاط خبره‌ها استفاده می‌شود. در این مدل، پرسپترون‌های چند لایه به عنوان بلوک‌های سازنده ساختار اختلاط استفاده می‌شوند. یک بردار ویژگی مستخرج از تصاویر باینری نویسه‌های پلاک به عنوان ورودی این طبقه‌بند ترکیبی به آن اعمال می‌شود. در روش پیشنهادی این مقاله از تصویرهای جهتی، خروجی آشکارساز لبه کیرش و میانگین‌های محلی به عنوان بردار ویژگی توصیفگر نویسه‌های باینری استفاده می‌گردد. سپس این بردارهای ویژگی با استفاده از یک ساختار دینامیکی ترکیب طبقه‌بندها، با نام اختلاط خبره‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. این ساختار شامل سه شبکه عصبی پرسپترون به عنوان طبقه‌بندهای پایه و یک شبکه پرسپترون دیگر به عنوان شبکه میانجی است که در یک فرآیند رقابتی، تقسیم فضای ورودی بین طبقه‌بندهای پایه را یاد می‌گیرد و همزمان ضریب صلاحیتی را متناسب با داده ورودی، به خروجی هر طبقه‌بند پایه اعمال می‌نماید. نتایج تجربی نشان می‌دهند که در مقایسه با شبکه‌های عصبی پرسپترون، ساختار اختلاط خبره‌ها منجر به افزایش دقت در بازشناسی نویسه‌های فارسی پلاک خودرو می‌گردد اما سرعت بیشتر سیستم و بلادرنگ بودن الگوریتم را فراهم نمی‌کند.

^۱ Jacobs

فصل سوم

روش پیشنهادی

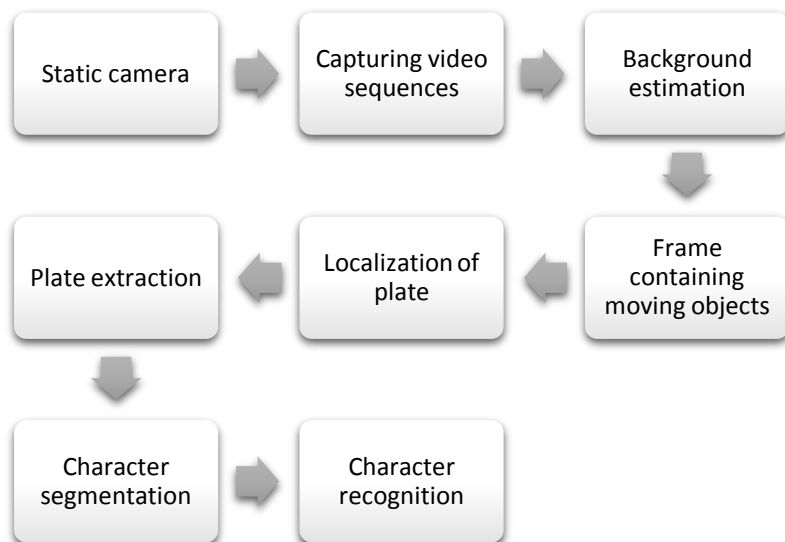
سیستم هوشمند حمل و نقل به بخش جدایی‌ناپذیری از این صنعت تبدیل شده است. با توجه به نصب دوربین‌های مختلف در چهارراه‌ها و مسیرهای پر رفت‌وآمد، وجود سیستم‌های کارآمد شناسایی خودکار شماره پلاک، ضروری و مهم به نظر می‌رسند. یک سیستم هوشمند حمل و نقل دارای بخش‌های مختلفی از جمله تشخیص پلاک، تشخیص کلاس خودرو، تعیین سرعت، تشخیص تخلف، تشخیص رنگ خودرو و ... می‌باشد. سیستم شناسایی پلاک قسمتی از این سیستم هوشمند به شمار می‌آید. در یک سیستم شناسایی خودکار شماره پلاک خودرو هدف اصلی، شناسایی محل پلاک خودرو در یک تصویر طبیعی دیجیتالی جهت خواندن شماره پلاک و تبدیل به کد اسکی معادل می‌باشد.

امروزه بیشتر سیستم‌های شناسایی پلاک، سخت‌افزار خاصی را استفاده می‌کنند مثل دوربین‌های وضوح بالا یا سنسورهای مادون قرمز تا کیفیت تصویر ورودی را بهبود دهند و آنها در شرایط کنترل شده‌ای عمل می‌کنند. یک راه حل متفاوتی که در این کار پیشنهاد شده است، تحلیل پیوسته و توجه به قاب‌های بعدی است. با توجه به پژوهش‌های انجام شده در این زمینه در ویدئوها، باید حداقل ۲۰ قاب را در ثانیه پردازش کنیم تا الگوریتممان بلادرنگ باشد. با این حال ممکن است قاب بر ثانیه^۱ بیشتری برای جاده‌ها و بزرگراه‌های کشور نیاز باشد چرا که در آنها رانندگان با سرعت‌های بالاتری می‌رانند. در این پایان‌نامه عملیات بلادرنگ یعنی عملیاتی به اندازه کافی سریع، که حتی یک وسیله نقلیه در حال حرکت در صحنه را صرف نظر از سرعتش از دست ندهیم.

یک سیستم VLPR معمول از چهار بخش تشکیل شده است: تهیه‌ی ویدئو، آشکارسازی پلاک، جداسازی نویسه‌های پلاک، و بازشناسی ارقام پلاک. شکل ۱-۳ ساختار کلی یک سیستم خودکار آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو را نشان می‌دهد. در بین اینها مرحله‌ی آشکارسازی و تعیین محل پلاک خودرو مهم‌ترین بخش است چرا که این بخش پرچالش‌ترین مرحله می‌باشد. برای آن که سیستم شناسایی پلاک دقت لازم را داشته

^۱ Frame per Second (fps)

باشد، باید این مرحله در شرایط متفاوت به درستی پلاک را تشخیص دهد همچنین باید برای رفع نیازهای سیستم انتقال هوشمند، به اندازه کافی سریع باشد.



شکل ۳-۱: ساختار کلی سیستم خودکار آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو

الگوریتم پیشنهادی ابتدا محل پلاک ها را در هر قاب ویدئو پیدا کرده سپس نویسه‌های هر پلاک را جدا می‌کند و در انتها ارقام پلاک‌ها را شناسایی می‌نماید.

در این پایان‌نامه، برای رسیدن به اهداف سرعت و یافتن چندین پلاک روش‌های مختلفی را آزمایش کردیم و در نهایت روش پیشنهادی خود را در سه بخش شرح دادیم.

۳-۱ روش ۱: استفاده از ویژگی‌های SIFT

تبدیل مستقل از مقیاس ویژگی، SIFT^۱، یک الگوریتم در بینایی ماشین است که برای استخراج ویژگی‌های مشخص از تصاویر، برای استفاده در کارهایی چون تطبیق نماهای مختلف یک جسم یا صحنه (برای

^۱ Scale Invariant Feature Transform

نمونه در دید دوچشمی) و شناسایی اجسام به کار می‌رود. ویژگی‌های بدست آمده به مقیاس تصویر و چرخش وابسته نیست و به تغییر دیدگاه و تغییرات نورپردازی نیز تا اندازه‌ای وابسته نیست. نام تبدیل مقیاس‌ناسته ویژگی از آن سو که الگوریتم، داده‌های تصویر را به مختصات مقیاس‌ناسته‌ای نسبت به ویژگی‌های محلی تبدیل می‌کند بر آن نهاده شد. این الگوریتم توسط دیوید لوو [۴۳] در دانشگاه بریتیش کلمبیا ساخته شد، که امتیاز ثبت اختراع آن در ایالات متحده را نیز دارد.

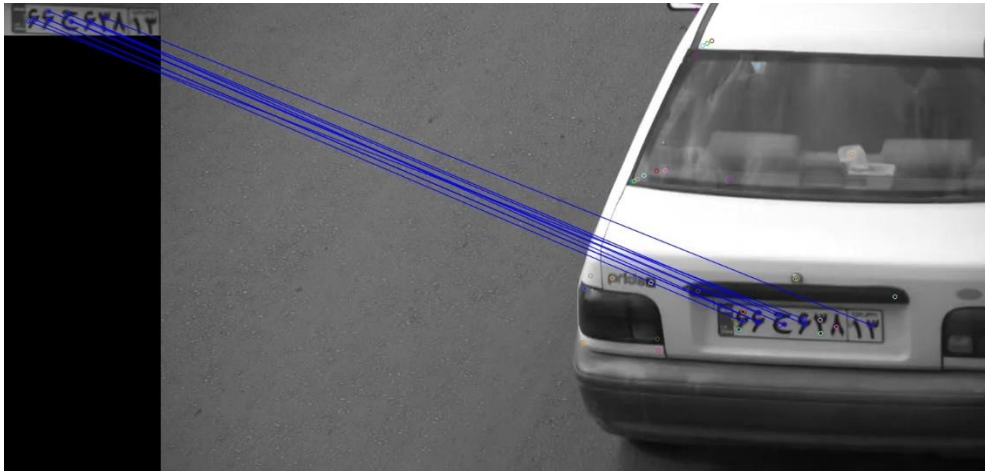
تبدیل SIFT که توصیف‌کننده ویژگی‌های محلی است یک روش قوی و قابل اطمینان برای بسیاری از اهداف تشخیص الگو است و می‌تواند به طیف گسترده‌ای از مسائل که در آن ویژگی‌های محلی مهم و مفید می‌باشد اعمال شود، مانند شناسایی حروف پلاک خودرو. در [۴] نمونه‌ای از یک سیستم تشخیص پلاک خودرو مبتنی بر ویژگی‌های SIFT بررسی شده که برخی موارد نارسایی و یا تشخیص بد را با روش‌های مختلف پردازش تصویر بهبود داده است، اما بعضی انواع نارسایی تشخیص پلاک اتومبیل به بررسی بیشتر و روش‌های جایگزین نیاز دارد. بنابراین، یک روش مبتنی بر توزیع لبه‌های عمودی را برای تشخیص موقعیت پلاک اتومبیل به کار گرفتیم. یافتن و توصیف ویژگی‌های محلی نقاط کلیدی تصویر در جهت شناسایی اشیاء در تصاویر داده شده می‌باشد. در این روش، توصیف ویژگی‌های مناسب از یک شی نقش مهمی برای شناسایی و تشخیص آن شی خاص در هر تصویر دارد. بنابراین، مجموعه‌ای از ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر آموزشی باید نسبت به تغییرات مقیاس تصویر، نویز و نور مقاوم باشند تا تشخیص قابل اعتمادی انجام شود. توصیف‌کننده ویژگی SIFT اغلب نسبت به جهت‌گیری و اعوجاج تکراری ثابت است. بنابراین نقاط کلیدی SIFT اشیاء از مجموعه‌ای از تصاویر مرجع استخراج شده و در یک پایگاه داده ذخیره می‌شوند. در مرحله بعد، این روش یک تصویر را به یک مجموعه‌ی بزرگ از بردارهای ویژگی تبدیل می‌کند که با جابه‌جایی تصویر، چرخش و تغییر مقیاس ثابت هستند و تا حدی نسبت به تغییرات نور نیز ثابت می‌شوند. با توجه به نیرومندی ویژگی‌های SIFT، انتظار می‌رود با استفاده از ویژگی‌های SIFT خالص و بدون هرگونه اصلاحی بتوان به میزان شناسایی قابل قبولی رسید اما به

دلیل بسیاری از نارسایی‌های رخ داده نتیجه درصد آشکارسازی ما حدود ۸۱٪ شد. آزمایش‌ها نشان می‌دهند که بسیاری از نارسایی‌هایی که اتفاق می‌افتند ناشی از تطبیق نقاط کلیدی به ناحیه‌ای که شامل برخی از اشیاء در پس‌زمینه مانند سطح جاده که لبه‌های بسیاری دارد می‌باشد. مرجع [۴] آنالیز خطای SIFT را بررسی کرده است که نشان می‌دهد موارد نارسایی در تصاویری که در شرایط نوری ضعیف گرفته شده‌اند، ماتی، کجی زیاد، وجود بسیاری از خطوط عمودی و افقی در تصویر و یا وجود ماشین دیگری در تصویر اتفاق می‌افتد. بنابراین به منظور غلبه بر مشکلی که در این برنامه رخ داده، با توجه به کاستی‌های ویژگی‌های SIFT برای این کاربرد، از یک پیش‌پردازشی استفاده می‌کنند که میزان درصد تشخیص را بهبود دهند اما این پیش‌پردازش‌ها زمان زیادی را لازم دارد. توصیفگر SIFT یکی از پرکاربردترین توصیفگرهایی است که در مقابل تغییراتی مانند چرخش^۱، بزرگنمایی^۲، کشیدگی^۳ تصویر و نورپردازی استواری بالایی دارد. این روش بر پایه نقاط ویژگی استخراج شده بر روی تصویر کار می‌کند که بالا بودن تعداد این نقاط نیاز به صرف زمان زیادی در فاز تطبیق و تشخیص دارد و در نتیجه برای کاربرد مورد نظر ما که طراحی یک سیستم بلادرنگ می‌باشد مناسب نیست. مثالی از نتیجه‌ی پیاده‌سازی این الگوریتم در شکل ۳-۲ آورده شده است.

^۱ Rotation

^۲ Scale

^۳ Affine



شکل ۳-۲: مثالی از نتیجه‌ی الگوریتم SIFT

۳-۲ روش ۲: استفاده از افکنش‌ها

بعد از آن که قاب‌های ویدئوی مورد نظرمان را جدا کردیم و با استفاده از مدل مخلوط گوسی‌ها پس‌زمینه‌ی قاب‌ها را تخمین زدیم که در روش پیشنهادی آن را شرح خواهیم داد، قاب‌های پس‌زمینه به تنهایی را حذف نموده و پردازشمان را روی قاب‌های حاوی پیش‌زمینه انجام دادیم. پردازش ما به این صورت بود که قاب حاوی پیش‌زمینه را ابتدا خاکستری کرده و سپس تصویر باینری را با آستانه‌گذاری همزمان اتسو و باینری معکوس بدست آوردیم. تصویر باینری را به صورتی معکوس می‌کنیم که ارقام پلاک سیاه و پس‌زمینه‌ی پلاک سفید شود و افکنش افقی را روی این تصویر باینری حساب می‌کنیم. افکنش افقی را به این صورت حساب می‌کنیم که تعداد پیکسل‌های سفید در هر سطر تصویر را می‌شماریم و برای هر قاب یک منحنی بدست می‌آوریم. این منحنی‌های افکنش افقی در فاصله‌های بسیار کم، پستی بلندیهای بسیار زیادی دارند برای همین منحنی‌ها را با فیلتر میانگین‌گیر^۱ نرم می‌کنیم که این فیلتر بر روی منحنی جلو می‌رود و آن را نرم می‌کند. در شکل ۳-۳ منحنی افکنش افقی برای یک تصویر نمونه آورده شده است.

^۱ Moving Average Filter



شکل ۳-۳: افکنش افقی

حال در منحنی نرم شده‌ی افکنش افقی مینیمم‌های محلی را پیدا می‌کنیم. در نقاط مینیمم محلی به شرط آن که فاصله دو مینیمم محلی متوالی بیشتر از حداقل عرض تقریبی پلاک باشد قاب اصلی را برش می‌زنیم و پردازش‌های بعدی خود را روی این قاب‌های برش خورده انجام می‌دهیم. حال دوباره قاب‌های برش خورده را خاکستری کرده و آستانه‌گذاری‌های گفته شده را به گونه‌ای انجام می‌دهیم که در تصاویر باینری حاصل ارقام پلاک سفید و پس‌زمینه‌ی پلاک سیاه باشد. افکنش عمودی به این صورت حساب می‌شود که تعداد پیکسل‌های سفید در هر ستون تصویر را می‌شمارد و برای هر تصویر یک منحنی بدست می‌آورد. این منحنی‌های افکنش عمودی هم در فاصله‌های بسیار کم، پستی بلندی‌های بسیار زیادی دارند برای همین منحنی‌های آن را نیز با فیلتر میانگین‌گیر نرم می‌کنیم. در شکل ۳-۴ منحنی افکنش عمودی آورده شده است.



شکل ۳-۴: افکنش عمودی

حال در منحنی نرم شده‌ی افکنش عمودی مینیمم‌های محلی را پیدا می‌کنیم. در نقاط مینیمم محلی به شرط آن که فاصله دو مینیمم محلی متوالی بیشتر از حداقل طول تقریبی پلاک باشد تصویر را برش می‌زنیم و تصاویر برش خورده را ذخیره می‌کنیم و پلاک‌ها بدست می‌آیند. درصد آشکارسازی درست پلاک در این روش حدود ۸۹٪ شد. پس از انجام آزمایش‌ها روی ویدئوهای مختلف به این نتیجه رسیدیم که روش به کار گرفته شده دقت و سرعت قابل قبولی ندارد و در مواقع بسیاری امکان دارد دچار اشتباه شود. مثالی از نتیجه‌ی پیاده‌سازی

روش افکنش‌ها در شکل ۳-۵ آمده است.



قاب اصلی:



نتیجه‌ی افکنش افقی:



نتیجه‌ی افکنش عمودی:

شکل ۳-۵: مثالی از نتیجه‌ی روش افکنش‌ها

همانطور که در جدول ۳-۱ آورده شد چهار نوع پلاک در ایران وجود دارد. از آنجایی که در پلاک‌ها همیشه مجموعه‌ای ارقام هست به گونه‌ای که بین رنگ ارقام و رنگ پس‌زمینه تضاد بسیاری وجود دارد بنابراین فرآیند لبه‌یابی باید جز لاینفک الگوریتم ما باشد.

جدول ۳-۱: انواع پلاک‌های خودروهای ایران

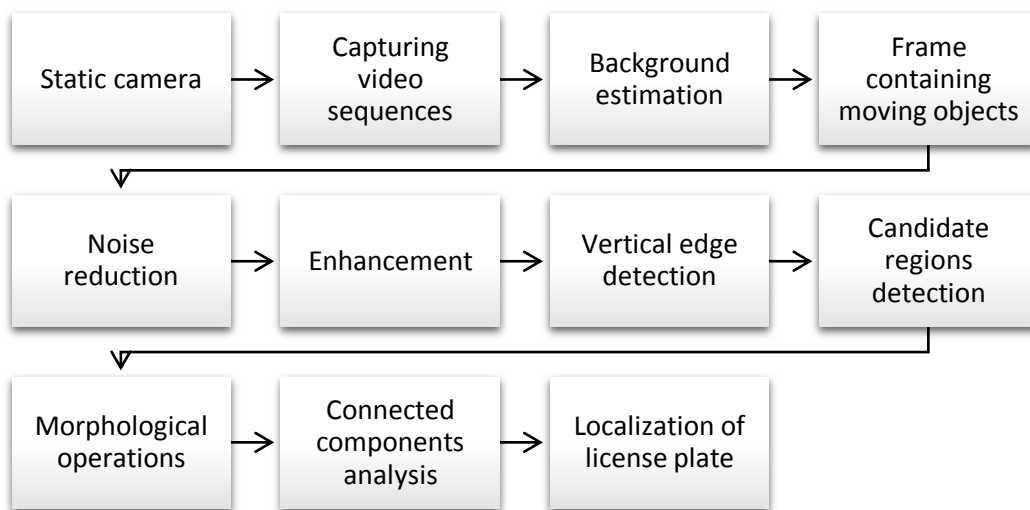
رنگ حروف	رنگ پلاک	دسته‌بندی خودروها
مشکی	سفید	خودرو شخصی
مشکی	زرد	تاکسی
سفید	قرمز	خودرو دولتی
سفید	سبز	خودرو پلیس

پس روش پیشنهادی خود را به صورت زیر ارائه کردیم که هدف‌های پژوهشمان را به درستی رقم می‌زند.

۳-۳ روش ۳: روش پیشنهادی

۱-۳-۳ آشکارسازی پلاک

در این بخش رویکردی جدید و کارآمد را برای آشکارسازی و تعیین محل بلادرنگ پلاک با استفاده از نسخه‌ی اصلاح شده‌ی روش‌های موجود پیشنهاد می‌کنیم. این سیستم در صحنه‌های پویا برای شناسایی، تشخیص و پیگیری خودرو از قاب‌های ورودی و سپس استخراج پلاک از آنها استفاده می‌شود. شکل ۳-۶ نمای کلی از روش به کار گرفته شده را در این بخش نشان می‌دهد.



شکل ۳-۶: روش پیشنهادی در بخش آشکارسازی پلاک

۱-۱-۳-۳ تخمین پس‌زمینه

وظیفه اصلی در بسیاری از سیستم‌های نظارت تصویری عبارتند از تشخیص حرکت، طبقه‌بندی^۱ شی،

^۱ Classification

ردیابی، درک فعالیت و توصیف معنایی. سیستم‌های نظارت تصویری با تشخیص شی در حال حرکت در قاب‌های ویدئو کار خود را آغاز می‌کنند و پس‌زمینه‌ای قابل اعتماد از قاب‌های تصویری ورودی می‌سازند. ما از مدل مخلوط گوسی^۱ برای جدا کردن شی در حال حرکت پیش‌زمینه از پس‌زمینه استفاده کردیم.

یک پیکسل در زمان t به صورت ترکیبی از K توزیع گوسی مدل می‌شود [۴۴]. احتمال مشاهده مقدار فعلی پیکسل در معادله (۱-۳) آمده است.

$$P(X_t) = \sum_{i=1}^k w_{i,t} * \varphi(X_t, \mu_{i,t}, C_{i,j}) \quad (1-3)$$

جایی که $w_{i,t}$ ، $\mu_{i,t}$ و $C_{i,j}$ وزن تخمینی، مقدار میانگین و ماتریس کواریانس گوسی i ام در مخلوط در زمان t هستند. $\varphi(X_t, \mu_{i,t}, C_{i,j})$ تابع چگالی احتمال گوسی است که در معادله (۲-۳) آمده است.

$$\varphi(X_t, \mu_{i,t}, C_{i,j}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |C|^{\frac{1}{2}}} \exp\left(-\frac{1}{2} (X_t - \mu_t)^T C^{-1} (X_t - \mu_t)\right) \quad (2-3)$$

بعد از آن که از مدل مخلوط گوسی برای تخمین پس‌زمینه استفاده کردیم. قاب‌های پس‌زمینه به تنهایی حذف شده و قاب‌های حاوی اطلاعات پیش‌زمینه برای پردازش‌های بعدی بدست می‌آیند. قاب‌های حاوی پیش‌زمینه همان اشیای در حال حرکت هستند که قاب‌های مطلوب می‌باشند. پیش‌زمینه و پس‌زمینه‌ی یک قاب مطلوب در شکل ۷-۳ نشان داده شده‌اند که اینها با استفاده از الگوریتم GMM بدست آمده‌اند.

^۱ Gaussian Mixture Model (GMM)



یک قاب مطلوب



پس‌زمینه‌ی یک قاب مطلوب



پیش‌زمینه‌ی یک قاب مطلوب

شکل ۳-۷

۳-۱-۳-۲ کاهش نویز

همانطور که مشاهده می‌کنید نویزهای بسیاری در قاب‌های مطلوب وجود دارد که برای حذف نویزها ابتدا قاب‌ها را خاکستری کرده سپس با استفاده از یک فیلتر میانه^۱ نویز را کاهش می‌دهیم. فیلتر میانه، فیلتری است که بر روی هر عنصر سیگنال می‌رود و هر پیکسل را به میانگی پیکسل‌های همسایه‌اش تغییر می‌دهد (این پیکسل‌های همسایه در یک همسایه‌ی مربعی اطراف پیکسل ارزیابی شده قرار گرفته‌اند). مثالی از به کار بردن این فیلتر در شکل ۳-۸ نشان داده شده است.

^۱ Median Filter



یک قاب اصلی



قاب اصلی پس از کاهش نویز

شکل ۳-۸

۳-۱-۳-۳ بهبود کیفیت تصویر

وقتی که قاب‌ها خیلی تیره هستند یا تضاد^۱ روشنایی مناسبی در قاب‌های ویدئو وجود ندارد، از الگوریتم‌های بهبود تصویر استفاده می‌کنیم تا کیفیت قاب‌ها را ارتقا دهیم. الگوریتم پیشنهادی ما در این قسمت که کیفیت تصاویر را بهبود می‌دهد متشکل از یک تابع انتقال تکه‌ای خطی است. انتخاب این تابع خطی باید براساس اطلاعات هیستوگرام تصویر باشد طوری که از پایین تا شدت روشنایی‌ای که هیستوگرام تجمعی کمتر از ۲ درصد مجموع هیستوگرام می‌شود و از بالا هم از جایی که هیستوگرام تجمعی بیش از ۹۸ درصد مجموع هیستوگرام می‌شود، به عنوان نقاط شروع و پایان تابع تبدیل انتخاب شوند. نتیجه‌ی الگوریتم بهبود پیشنهادی در شکل ۳-۹ نشان داده شده است.



^۱ Contrast



قاب‌های کنتراست پایین

قاب‌های بهبودیافته

شکل ۳-۹

۳-۱-۳-۴ لبه‌یابی عمودی

هر پلاک خودرو عموماً حاوی تعدادی عدد و حرف است که رنگ آنها به طور قابل توجهی از پس‌زمینه‌اش متفاوت است. این به این معناست که منطقه پلاک اطلاعات بافت و لبه‌ی بسیار زیادی دارد. لبه‌ها نسبت به تغییرات نور مقاوم هستند. از لبه‌یابی عمودی استفاده می‌کنیم زیرا این لبه‌یابی، اکثر اطلاعات لبه را در ناحیه پلاک حفظ می‌کند و تعداد زیادی از لبه‌های افقی اطراف پلاک را حذف می‌کند. این باعث می‌شود فرآیند تعیین محل پلاک آسان‌تر گردد. روش‌های مناسب بسیاری برای لبه‌یابی عمودی وجود دارد. ما عملگر سوبل^۱ را انتخاب کردیم چرا که به لحاظ محاسباتی کم هزینه است و مقاومت قابل قبولی نسبت به نویز دارد. عملگر سوبل مشتقات یک تصویر را محاسبه می‌کند.

^۱ Sobel Operator

عملگر سوبل یک عملگر دیفرانسیلی گسسته است که تقریبی از گرادیان تابع چگالی یک تصویر را محاسبه می‌کند. عملگر سوبل نرم کننده‌ی گوسی و دیفرانسیل^۱ را ترکیب می‌کند.

با فرض اینکه تصویر مورد نظر I باشد، این توسط کانولوشن I با یک کرنل G_x با اندازه فرد حساب می‌شود. به عنوان مثال برای یک کرنل با اندازه ۳، G_x با معادله (۳-۳) حساب می‌شود و G_x عملگر سوبل برای لبه‌یابی عمودی می‌باشد.

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * I \quad (3-3)$$

ما عملگر سوبل را به کار می‌بریم و تصویر خروجی تصویری با لبه‌های مشخص روشن روی پس‌زمینه‌ی تیره است (شکل ۱۰-۳).



لبه‌یابی عمودی



لبه‌یابی افقی

شکل ۱۰-۳

در برخی موارد، مثلاً وقتی که قاب‌های ویدئو خیلی مات هستند عملگر scharr می‌تواند به جای عملگر سوبل استفاده شود. عملگر scharr مشتق دقیق‌تری را برای یک کرنل با اندازه ۳ حساب می‌کند. وقتی که اندازه کرنل ۳ است کرنل سوبل نشان داده شده در بالا ممکن است اشتباهات قابل توجهی را تولید کند، چرا که سوبل تنها یک تقریب مشتق است. این عملگر هم سریع است اما دقت بیشتری از تابع سوبل استاندارد دارد. آن با کرنل

^۱ Differentiation

معادله (۴-۳) برای لبه‌یابی عمودی پیاده‌سازی می‌شود.

$$G_x = \begin{bmatrix} -3 & 0 & +3 \\ -10 & 0 & +10 \\ -3 & 0 & +3 \end{bmatrix} * I \quad (4-3)$$

سپس لبه‌های عمودی تشخیص داده می‌شوند و یک نقشه‌ی لبه باینری^۱ با آستانه‌گذاری اتسوا^۲ بدست

می‌آید. مثالی از یک نقشه لبه باینری در شکل ۱۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۳: یک نقشه لبه باینری

۳-۱-۳-۵ تشخیص نواحی کاندید

نواحی کاندید، نواحی‌ای در هر قاب هستند که پلاک‌ها با احتمال بیشتری حضور دارند. برای پیدا کردن

نواحی کاندید، افکنش^۳ افقی را بر روی نقشه‌های لبه باینری اعمال می‌کنیم. افکنش افقی با شمردن تعداد

پیکسل‌های سفید در هر سطر تصویر و رسم نمودار بدست می‌آید. به دلیل ریزموج‌های شدیدی که در دامنه‌ی

منحنی‌های افکنش افقی وجود دارد، افکنش افقی را با فیلتر میانگین‌گیر^۴ نرم می‌کنیم. بعد از آن ماکزیمم

افکنش افقی نرم شده پیدا می‌شود. سطرهایی از نقشه‌های لبه باینری حذف می‌شوند که مقدار افکنش افقی نرم

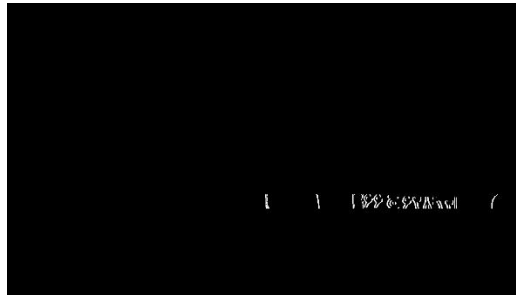
شده‌ی آنها کمتر از ۵۰ درصد ماکزیمم است بنابراین شکل ۱۲-۳ بدست می‌آید.

^۱ Binary Edge Map

^۲ Otsu Thresholding

^۳ Projection

^۴ Moving Average Filter



شکل ۳-۱۲: تشخیص نواحی کاندید

۳-۱-۳-۲ عملیات مورفولوژی

عملیات مورفولوژی، عملیاتی هستند که تصاویر را بر مبنای شکل‌هایی خاص پردازش می‌کنند. آنها یک عنصر ساختاری را بر روی تصویر ورودی اعمال می‌کنند و تصویر خروجی را بدست می‌آورند.

پایه‌ای‌ترین عملیات مورفولوژی دو تاسست: ساییش^۱ و انبساط^۲. کاربردهای آنها طیف گسترده‌ای دارد که

عبارتند از:

- حذف نویز
- جداسازی عناصر منحصر به فرد و پیوستن عناصر ناهمگون در یک تصویر
- یافتن شدت برجستگی‌ها یا سوراخ‌ها در یک تصویر

عملیات انبساط شامل کانوال کردن تصویر A با کرنل B می‌باشد که کرنل B می‌تواند هر شکل یا اندازه‌ای معمولاً یک مربع یا دایره، داشته باشد. کرنل B یک نقطه‌ی لنگر تعریف شده دارد که معمولاً وسط کرنل است. همانطور که این کرنل تصویر را جاروب می‌کند، بیشترین مقدار پیکسل همپوشانی شده با B حساب می‌شود و پیکسل تصویر در محل نقطه لنگر با آن بیشترین مقدار جایگزین می‌شود. همانطور که می‌بینید، این عملیات به

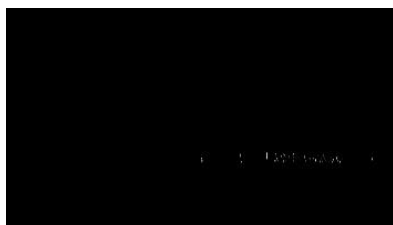
^۱ Erosion

^۲ Dilation

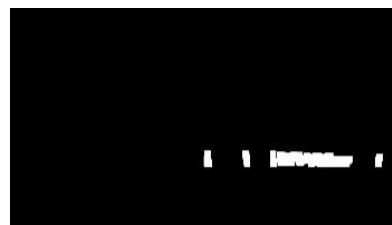
حداکثر رساندن باعث می‌شود نواحی روشن در یک تصویر رشد کند بنابراین انبساط نام دارد.

عملیات سایش یک مینیمم محلی را در ناحیه کرنل محاسبه می‌کند. همانطور که کرنل B تصویر را جاروب می‌کند، کمترین مقدار پیکسل همپوشانی شده با B حساب می‌شود و پیکسل تصویر در محل نقطه لنگر با آن کمترین مقدار جایگزین می‌شود. همانطور که می‌بینید، این عملیات نواحی روشن در یک تصویر را نازک‌تر می‌کند در حالی که مناطق تاریک بزرگتر می‌شوند.

ابتدا در تصاویر نواحی کاندید از سایش استفاده می‌کنیم و بعد از آن، انبساط را در تصاویر سایش به کار می‌بریم. شکل ۳-۱۳ نتیجه‌ی این عملیات‌ها را نشان می‌دهد و در پایان این مرحله تصویر سمت راست شکل ۳-۱۳ بدست می‌آید.



تصویر حاصل از سایش



تصویر حاصل از انبساط بعد از سایش^۱

شکل ۳-۱۳

۳-۱-۳-۳ آنالیز اجزای متصل به هم^۲

بعد از عملیات انبساط، اجزای متصل به هم پیدا می‌شوند. این اجزا با توجه به نسبت ابعاد پلاک‌ها و اندازه‌ی آنها چک شده و پلاک‌ها آشکارسازی می‌گردند. اندازه یک پلاک خودرو بر مبنای وضوح^۳ قاب‌های ویدئو و با در نظر گرفتن فاصله بین دوربین و وسایل نقلیه تعیین می‌شوند. شکل ۳-۱۴ و شکل ۳-۱۵ مثال‌هایی از

^۱ Opening

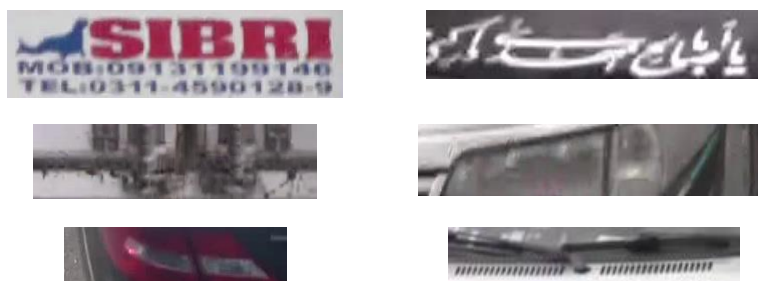
^۲ Connected Components Analysis

^۳ Resolution

نواحی استخراج شده توسط روش پیشنهادی را نشان می‌دهند. مثال‌هایی از نواحی پلاک پیدا شده در شکل ۱۴-۳ و مثال‌هایی از نواحی غیرپلاک پیدا شده در شکل ۱۵-۳ نشان داده شده است.



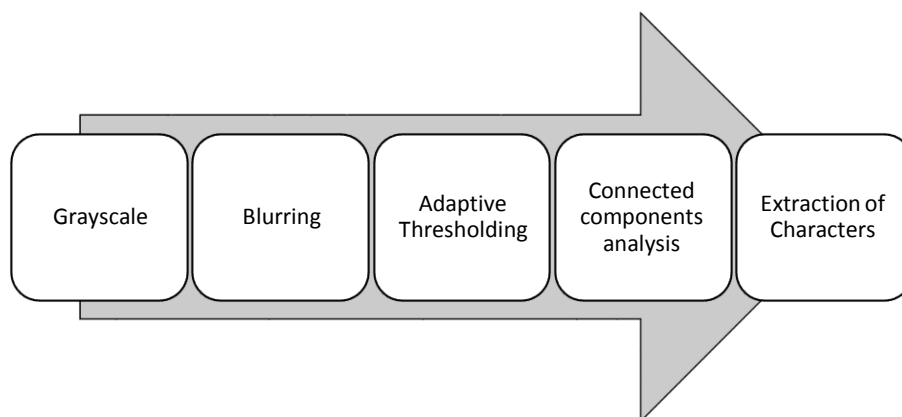
شکل ۱۴-۳: مثال‌هایی از نواحی پلاک استخراج شده



شکل ۱۵-۳: مثال‌هایی از نواحی غیرپلاک استخراج شده

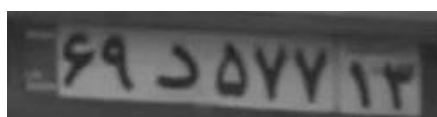
۲-۳-۳ جداسازی نویسه‌های پلاک

نمای کلی از روش به کار گرفته شده در این بخش در شکل ۱۶-۳ نشان داده شده است.

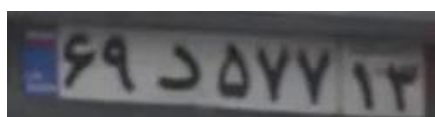


شکل ۳-۱۶: روش پیشنهادی در بخش جداسازی نویسه‌های پلاک

ابتدا پلاک استخراج شده از مرحله قبل را خاکستری کرده و سپس آن را با کرنلی مشخص اندکی مات نمودیم^۱. با استفاده از پلاک خاکستری و مات شده، آستانه‌گذاری وفقی مورد نظرمان را بر روی پلاک انجام دادیم به این صورت که اگر روشنایی پیکسل پلاک خاکستری کمتر یا مساوی ۹۵ درصد روشنایی پیکسل پلاک مات شده بود آن پیکسل در تصویر باینری سفید شود. در نتیجه‌ی این عمل، پلاک باینری یا آستانه‌گذاری شده بدست آمد که مثالی از آن در شکل ۳-۱۷ نشان داده شده است.



پلاک خاکستری



پلاک رنگی



پلاک آستانه‌گذاری شده



پلاک مات شده

شکل ۳-۱۷

سپس بر روی تصویر آستانه‌گذاری شده، آنالیز اجزای متصل به هم را انجام دادیم و نویسه‌های پلاک را

^۱ blurring

جدا نمودیم. حاصل کار در مثال شکل ۳-۱۸ آورده شده است.



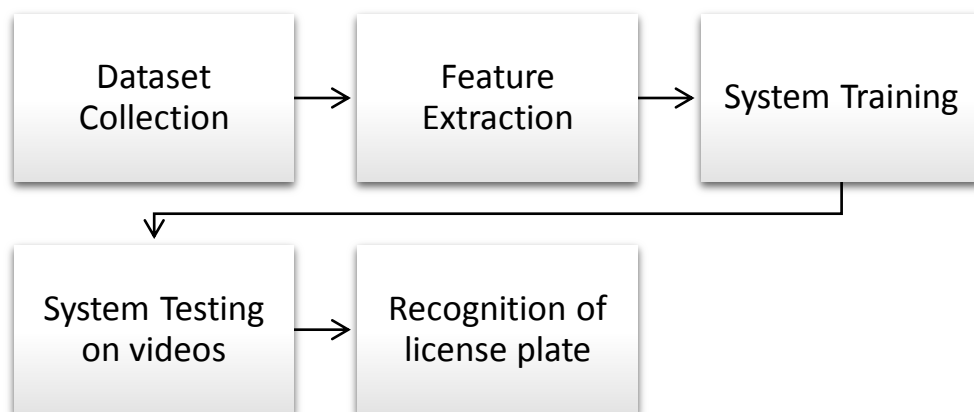
شکل ۳-۱۸: جداسازی نویسه‌های یک پلاک

لازم به ذکر است که زمان اجرای این الگوریتم بسیار کوتاه است و برای تمام پلاک‌ها در کسری از صدم

ثانیه انجام می‌گیرد.

۳-۳-۳ بازشناسی ارقام پلاک

در شکل ۳-۱۹ نمای کلی مراحل بخش شناسایی ارقام پلاک نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۹: روش پیشنهادی در بخش بازشناسی ارقام پلاک

۳-۳-۱-۳ مجموعه داده

در این مرحله باید سیستم را آموزش دهیم تا بتواند پلاک‌ها را شناسایی کند. برای آموزش سیستم ابتدا مجموعه داده‌ای متشکل از ۲۷۰۳۰ نمونه‌ی آموزش را در ۳۰ کلاس فراهم نمودیم. در جدول ۳-۲ برخی از این نمونه‌های آموزش نشان داده شده‌اند و نمادهای هر کلاس در مرحله‌ی بازشناسی ارقام به کار می‌روند.

جدول ۳-۲: مثال‌هایی از نمونه‌های آموزش

کلاس	نماد	مثال‌ها	کلاس	نماد	مثال‌ها
نا معتبر	*	۱۱	۱۰	A	۱۰
۱	۱	۱۱	۲۱	B	۱۱
۲	۲	۱۲	۲۲	P	۱۲
۳	۳	۱۳	۲۳	T	۱۳
۴	۴	۱۴	۲۴	D	۱۴
۵	۵	۱۵	۲۵	J	۱۵
۶	۶	۱۶	۲۶	C	۱۶
۷	۷	۱۷	۲۷	S	۱۷
۸	۸	۱۸	۲۸	Ta	۱۸
۹	۹	۱۹	۲۹	Aa	۱۹

هر پلاک شامل ۷ رقم از ۱ تا ۹ و یک حرف از ۱۸ حرف بالا که می‌تواند در پلاک باشد، می‌شود. یک نویسه‌ی صندلی چرخ‌دار نیز مخصوص خودروهای معلولان امکان دارد در پلاک وجود داشته باشد. در بالای سمت راست همه‌ی پلاک‌ها کلمه‌ی ایران با فونت کوچکی نوشته شده است که معمولا در طول شناسایی پلاک

به دلیل اندازه‌ی کوچکش حذف خواهد شد. نسبت ابعاد همه پلاک‌ها حدوداً ۹ به ۲ است و پرچم ایران هم در بالای سمت چپ پلاک‌ها قرار دارد.

۳-۳-۲ استخراج ویژگی

بعد از فراهم کردن نمونه‌های آموزش، باید از نمونه‌ها ویژگی مناسبی استخراج کنیم و سیستم را آموزش دهیم. ویژگی استخراج شده، هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار^۱ است که در ادامه نحوه‌ی استفاده و چگونگی عملکرد آن را شرح می‌دهیم.

هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار به شدت روشنایی حساس نیست بلکه به تغییرات شدت روشنایی حساس است. برای استخراج ویژگی، ابتدا نمونه‌های آموزش یا تصویر نویسه‌های رنگی را خاکستری می‌کنیم سپس اندازه‌ی همه‌ی آنها را به 40×40 تغییر می‌دهیم این اندازه که متوسط اندازه‌ی نویسه‌ها در پلاک است به طور تجربی بدست آمده است. هر تصویر نویسه را به ۱۶ بلوک 10×10 تقسیم می‌کنیم. در هر بلوک یک هیستوگرام گرادیان با ۱۶ بین محاسبه می‌شود یعنی از هر بلوک ۱۶ ویژگی استخراج می‌گردد، پس در مجموع بردار ویژگی ناشی از هر تصویر نویسه ۲۵۶ تایی است. حال در این الگوریتم به ازای هر پیکسل تصویر 40×40 یک زاویه و یک اندازه بدست آوردیم به این صورت که ابتدا تصویر با استفاده از کرنل‌های سوبل در جهت x و y فیلتر می‌شود تا گرادیان تصویر در راستای x و y بدست آید.

$$G_x = I * D_x \quad (5-3)$$

$$G_y = I * D_y \quad (6-3)$$

که در روابط (۵-۳) و (۶-۳)، I تصویر اصلی، D_x و D_y کرنل‌های سوبل در راستای x و y ، G_x و G_y گرادیان تصویر در راستای x و y و علامت * عمل کانولوشن را نشان می‌دهند. سپس اندازه و جهت گرادیان در

¹ Histograms of Oriented Gradients (HOG)

هر پیکسل با معادله‌های (۷-۳) و (۸-۳) بدست می‌آیند.

$$|G(i, j)| = \sqrt{(G_x(i, j))^2 + (G_y(i, j))^2} \quad (۷-۳)$$

$$\theta_G(i, j) = \tan^{-1}\left(\frac{G_y(i, j)}{G_x(i, j)}\right) \quad (۸-۳)$$

که $|G|$ اندازه‌ی گرادیان، θ_G جهت گرادیان و i و j به ترتیب نشان دهنده‌ی شماره سطرها و ستون‌های تصویر هستند. برای محاسبه‌ی هیستوگرام گرادیان در هر بلوک، ابتدا زاویه‌ی گرادیان که فاصله‌ی بین ۰ تا ۳۶۰ درجه است به ۱۶ فاصله‌ی مساوی تقسیم می‌شود که ۱۶، تعداد جهت‌های گرادیان یا همان بین‌های هیستوگرام را نشان می‌دهد و هر کدام از این فاصله‌ها یک کانال هیستوگرام را تشکیل می‌دهند. همانطور که گفته شد از هر بلوک ۱۶ ویژگی استخراج می‌شود و چون در هر تصویر ۱۶ بلوک داریم در مجموع از هر تصویر ۲۵۶ ویژگی استخراج خواهد شد. هر ویژگی استخراج شده در هر بلوک با رابطه‌ی (۱۰-۳) بدست آمده است.

$$A = |G(i, j)| \quad (۹-۳)$$

$$f_\theta = \sum_k A_k \quad (۱۰-۳)$$

که k نشان دهنده‌ی شماره‌ی اندازه‌ها در یک بلوک است. بنابراین در هر بلوک هر ویژگی، مجموع اندازه‌هایی است که زاویه‌ی آنها در بلوک جاری θ می‌باشد. بعد از آن که بردارهای ویژگی نمونه‌های آموزش را بدست آوردیم لازم است مقادیر این بردارها را به مقادیری بین صفر و یک نرمال کنیم و سپس آنها را برای آموزش سیستم به کار بریم. نرمال کردن مقادیر بردار ویژگی به این صورت انجام شد که تمام عناصر بردار ویژگی به اندازه بردار ویژگی تقسیم می‌شوند و نرم^۱ بردار بعد از نرمال شدن یک خواهد شد. استخراج ویژگی این تعداد

^۱ Norm

نمونه‌های آموزش در حدود ۱۳۲ ثانیه طول کشید که می‌توان گفت به طور متوسط زمان استخراج ویژگی هر نمونه ۴/۸ میلی‌ثانیه می‌باشد.

۳-۳-۳-۳ آموزش سیستم

در این مرحله، ابتدا بردارهای ویژگی نمونه‌های آموزش را تصادفی کردیم و بعد سیستم را آموزش دادیم. پس از بررسی‌های انجام شده در زمینه‌ی الگوریتم‌های یادگیری مانند آدابوست و مقایسه‌ی آنها به این نتیجه رسیدیم که شبکه‌ی عصبی با یک لایه‌ی مخفی بیشترین سرعت و دقت را برای کاربرد ما خواهد داشت بنابراین این شبکه را برای آموزش سیستم به کار بردیم به این صورت که تعداد نرون‌های ورودی به تعداد ویژگی‌ها یعنی ۲۵۶ تاست، تعداد نرون‌های خروجی به تعداد کلاس‌ها یعنی ۳۰ تاست و تعداد نرون‌های مخفی را به صورت تجربی ۵۰ در نظر گرفتیم. آموزش سیستم در طی ۲۰۰ دوره‌ی آموزش ۳۱۰ ثانیه طول کشید و درصد آموزش ۹۸/۵٪ بدست آمد.

فصل چہارم

نتائج تجربی

۴-۱ نتایج تجربی

۴-۱-۱ نتایج آشکارسازی پلاک

آزمایش‌ها بر روی پایگاه داده‌های ویدئویی انجام شده‌اند. این ویدئوها شامل ۴۹۸ قاب حاوی پلاک‌های فارسی در شرایط مختلف از دوربین‌های بزرگراه‌ها بودند. وضوح قاب‌ها از ۹۶۰×۵۴۰ تا ۱۹۲۰×۱۰۸۰ پیکسل متفاوت بود. روش پیشنهادی تقریباً می‌تواند همه‌ی پلاک‌ها را در قاب‌های حاوی پلاک تشخیص دهد و در این قسمت درصد آشکارسازی صحیح پلاک $۹۸/۷۹\%$ است. اما از آنجایی که بیشتر قاب‌های ویدئو حاوی پلاک‌های تکراری هستند می‌توان گفت تقریباً ۱۰۰% پلاک‌های متفاوت در ویدئوها یعنی پلاک‌های همه‌ی خودروها با روش ما به صورت بلادرنگ تشخیص داده می‌شوند. چرا که پلاک خودرو حداقل در یک قاب از قاب‌های حاوی پلاک تکراری، استخراج خواهد شد.

روش پیشنهادی در $VC++$ ، با استفاده از کتابخانه‌ی OpenCV پیاده‌سازی شده است و بر روی ویدئوهای HD آزمایش‌هایمان را انجام دادیم. مساله مهم دیگر در کار ما، مدت زمان اجراست. آزمایش‌های ما در این بخش در یک کامپیوتر $۲/۸$ GHZ با یک Corei7 CPU و رم ۶ گیگا بایت انجام شده است و میانگین زمان اجرا برای آشکارسازی و تعیین محل پلاک با روش ما حدود ۲۵ میلی‌ثانیه در وضوح ۱۲۸۰×۷۲۰ بدست آمد. این یعنی ۴۰ قاب بر ثانیه که می‌تواند در کاربردهای بلادرنگ استفاده شود. این زمان، میانگین زمان پردازش هر قاب است که با کاهش رزولوشن، زمان پردازش کاهش خواهد یافت.

مثال‌هایی از آشکارسازی پلاک با روش پیشنهادی در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. همانطور که می‌بینید در برخی قاب‌ها یک یا دو ناحیه‌ی غیرپلاک نیز استخراج می‌شوند. این موارد مشکلی به وجود نمی‌آورند چون در مرحله بعدی سیستم ALPR یعنی جداسازی نویسه‌ها که نویسه‌های پلاک جدا شده و با استفاده از آنالیز اجزای متصل به هم استخراج می‌شوند، نواحی غیرپلاک نیز به طور خودکار دور انداخته خواهند شد.



شکل ۴-۱: مثال‌هایی از آشکارسازی پلاک در قاب‌های ویدئو

همچنین، روش ما می‌تواند چند پلاک از انواع مختلف را به طور همزمان در هر قاب آشکارسازی کند.

مثالی از آن در شکل ۴-۲ نشان داده شده است.



شکل ۴-۲: مثال‌هایی از آشکارسازی چند پلاک در یک قاب

یک مقایسه‌ی عادلانه بین روش‌های متفاوت نیاز به پایگاه داده‌ای مشابه دارد. ما روی پلاک‌های فارسی کار می‌کنیم و تاکنون هیچ پایگاه داده‌ای عمومی برای محققان در این زمینه به وجود نیامده است. با این وجود، مقایسه‌ی درصد آشکارسازی پلاک و زمان اجرای روشمان را با کارهای قبلی در جدول ۴-۱ ارائه می‌دهیم.

جدول ۴-۱: مقایسه‌ی روش پیشنهادی با کارهای قبلی

زمان آشکارسازی	درصد آشکارسازی	تشخیص چند پلاک	رزولوشن	تنوع پلاک‌ها	روش‌ها
۴۲۰۰ ms	۹۳/۹۹ %	-	۱۲۸۰×۱۰۲۴	-	چناقلو و رحمتی، [۸]۱۳۸۷
۳۰۰۰ ms	۹۶/۵ %	-	۱۰۲۴×۷۶۸	آبی	Li و Xie، ۲۰۰۷ [۳۰]
۲۵۶۰ ms	۹۹/۴ %	-	۶۴۰×۴۶۰	سفید	رستگار و همکارانش، ۲۰۰۹ [۲۹]
۲۰۰۰ ms	۹۲ %	-	-	سفید	Yu، ۲۰۱۲ [۲۸]
۲۰۰۰ ms	۸۸/۵ %	-	۶۴۰×۴۸۰	-	ابوالقاسمی و احمدی‌فرد، ۱۳۸۶ [۲۵]
۸۰۰ ms	۹۳/۵ %	-	-	سفید	Zhang و همکارانش، ۲۰۰۶ [۵۵]
۶۵۰ ms	۹۸/۸ %	-	۸۰۰×۶۰۰	سفید	Duan و همکارانش، ۲۰۰۴ [۴۵]
۴۰۰ ms	۹۷/۹ %	-	-	-	Jo و Deb، ۲۰۰۹ [۴۶]
۳۰۰ ms	۹۹/۳ %	-	-	-	Anagnostopoulos و همکارانش، ۲۰۰۶ [۴۷]
۲۰۰ ms	۹۸ %	-	۷۶۸×۲۵۶	-	Lee و Wang، ۲۰۰۷ [۴۸]
۱۸۰ ms	۹۷/۳۳ %	-	۴۰۰×۳۰۰	سفید	Wang و همکارانش، ۲۰۱۱ [۳]
۱۱۱ ms	۹۶/۵ %	-	-	-	Shi و همکارانش، ۲۰۰۵ [۴۹]
۱۰۰ ms	۹۹/۶ %	-	۷۶۸×۵۳۴	سفید	Sarfraz و همکارانش، ۲۰۰۳ [۵۰]
۷۵ ms	۹۴/۴ %	-	-	-	Lee و همکارانش، ۲۰۰۴ [۵۱]
۲۵ ms	۹۴ %	-	۳۶۰×۲۸۸	سفید	Sarfraz و همکارانش، ۲۰۱۳ [۵۷]
۲۵ ms	۹۸/۷۹ %	✓	۱۲۸۰×۷۲۰	انواع پلاک	روش پیشنهادی

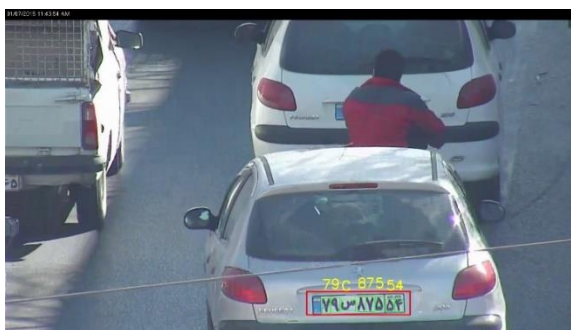
همانطور که در این جدول مشاهده می‌کنید روش پیشنهادی از همه‌ی روش‌های قبلی در زمان اجرا بهتر عمل کرده است و درصد قابل قبولی برای آشکارسازی پلاک دارد، همچنین می‌تواند در هر قاب چند پلاک را تشخیص دهد و انواع پلاک‌ها را شناسایی نماید.

۲-۱-۴ نتایج بازشناسی ارقام پلاک

پس از آموزش سیستم، به آزمایش آن بر روی ویدئوهای مختلف پرداختیم و درصد بازشناسی % ۹۷/۸۳ را بدست آوردیم. در کل سرعت پردازش هر قاب ویدئو از ابتدا یعنی آشکارسازی پلاک تا بازشناسی ارقام پلاک‌های هر قاب به طور متوسط ۰/۰۴ ثانیه شد که این یعنی پردازش ۲۵ قاب بر ثانیه خواهیم داشت. بنابراین توانستیم به سامانه‌ای بلادرنگ در آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو در تصاویر ویدئویی برسیم که نسبت به کارهای پیشین سرعت بالاتر و درصد شناسایی بهتری دارد (جدول ۴-۲). مثال‌هایی از نتایج طراحی و پیاده‌سازی این سیستم در شکل ۳-۴ نشان داده شده است.



52 Ta 513 54



79 C 875 54



45 S 547 54



78 J 254 54

82 C 584 54



22 L 544 65



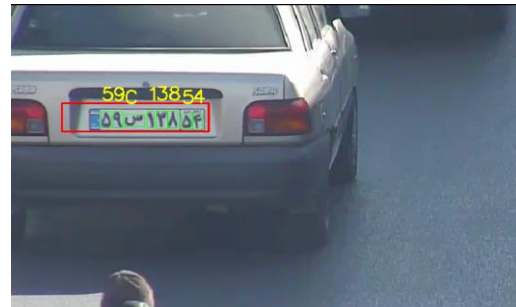
29 C 473 54



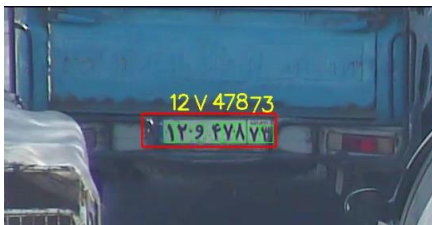
66 S 452 54



57 D 383 54



59 C 138 54



12 V 478 73



85 V 192 55



75 S 391 54



65 C 359 54 14 L 849 64



97 C 685 54 37 S 952 64



99 J 648 54 37 S 952 64



46 D 189 54 6 J 669 54



47 C 168 54 36 B 577 33



639 58587



61 gh 832 12

شکل ۳-۴: مثال‌هایی از بازشناسی ارقام پلاک خودرو در قاب‌های ویدئویی

مانند قسمت قبل، مقایسه‌ی درصد بازشناسی پلاک و زمان اجرای کلی الگوریتممان را با برخی کارهای

گذشته در جدول ۲-۴ ارائه می‌کنیم.

جدول ۲-۴: مقایسه‌ی روش پیشنهادی با کارهای گذشته

زمان کلی پردازش هر قاب	درصد بازشناسی	شناسایی چند پلاک	رزولوشن	تنوع پلاک‌ها	روش‌ها
۱۵ s	۹۸ %	-	-	-	Wang و همکارانش، ۲۰۱۰ [۵۲]
۳/۱۲ s	۹۴/۲ %	-	-	-	Chang و همکارانش، ۲۰۰۴ [۳۸]
۲/۷ s	۹۹/۲ %	-	۶۴۰×۴۶۰	سفید	رستگار و همکارانش، ۲۰۰۹ [۲۹]
۲/۴ s	۹۵/۶ %	-	-	-	Jo و Deb، ۲۰۰۹ [۴۶]
۱/۱ s	۹۸/۶ %	-	-	-	Comelli و همکارانش، ۱۹۹۵ [۵۳]
۱ s	۹۷/۲ %	-	۶۴۰×۴۸۰	-	Naito و همکارانش، ۲۰۰۰ [۵۴]
۰/۷۵ s	۹۷/۵ %	-	۸۰۰×۶۰۰	سفید	Duan و همکارانش، ۲۰۰۴ [۴۵]
۰/۶۵ s	۹۲/۸۵ %	-	۸۰۰×۶۰۰	سفید	Duan و همکارانش، ۲۰۰۵ [۲۱]
۰/۲۷۶ s	۸۹/۱ %	-	-	-	Shi و همکارانش، ۲۰۰۵ [۴۹]
۰/۰۶ s	۹۷/۸ %	-	۴۰۷×۳۰۹	انواع پلاک	خسروی، ۲۰۱۵ [۵۶]
۰/۰۴ s	۹۷/۸۳ %	✓	۱۲۸۰×۷۲۰	انواع پلاک	روش پیشنهادی

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه‌گیری

در این پایان‌نامه، یک روش دقیق و بلادرنگ برای آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو در قاب‌های ویدئویی طراحی و پیاده‌سازی شد تا در کمترین زمان ممکن پلاک‌ها را آشکارسازی و شناسایی کند و در کاربردهای صنعتی مفید واقع شود. از مدل مخلوط گوسی به منظور تخمین پس‌زمینه و بدست آوردن قاب‌های حاوی اشیای در حال حرکت استفاده کردیم. برای بهبود دقت تشخیص، از الگوریتم‌های بهبود تصویر استفاده کردیم. به دلیل شرایط چگالی لبه در پلاک‌ها، لبه‌یابی عمودی را به کار گرفتیم. بعد از آن از افکنش افقی استفاده کردیم تا نواحی کاندید پلاک و در نتیجه ناحیه‌ی دقیق پلاک‌ها را بیابیم. سپس از عملگرهای مورفولوژی استفاده کردیم. در نهایت، آنالیز اجزای متصل به هم پلاک‌ها را تعیین محل و استخراج کرد. روش پیشنهادی را روی ۴۹۸ قاب حاوی پلاک از دوربین‌های بزرگراه‌ها اجرا کردیم و درصد تشخیص صحیح $98/79\%$ را به صورت بلادرنگ بدست آوردیم. اما از آنجایی که بیشتر قاب‌های ویدئوها حاوی پلاک‌های تکراری هستند، روش ما توانست تقریباً 100% پلاک‌های خودروهای متفاوت را در قاب‌های ویدئو تشخیص دهد. در روش پیشنهادی ما میانگین زمان اجرای هر قاب برای تعیین محل پلاک حدود ۲۵ میلی‌ثانیه و میانگین زمان کلی پردازش هر قاب $0/04$ ثانیه در رزولوشن 1280×720 است که برای کاربردهای بلادرنگ مناسب عمل می‌کند. درصد بازشناسی ارقام پلاک نیز $97/83\%$ بدست آمده است. این روش می‌تواند قاب‌های ویدئوها را به صورت بلادرنگ پردازش کند و همچنین می‌تواند چند پلاک از انواع مختلف را به صورت همزمان در یک قاب تشخیص دهد و شناسایی کند. این سیستم در C++ با استفاده از کتابخانه‌ی OpenCV پیاده‌سازی شده است. نتایج آزمایش‌ها کارایی روش پیشنهادی را اثبات می‌کند و اینکه روش و نحوه‌ی پیاده‌سازی ما برای کاربردهای بلادرنگ بسیار مناسب است چرا که نسبت به کارهای گذشته سرعت بالاتر و درصد آشکارسازی و بازشناسی بهتری دارد.

۲-۵ پیشنهادات

از جمله پیشنهاداتی که برای فعالیت‌های آینده‌ی این پژوهش می‌توان مطرح کرد این است که جهت بهبود بیشتر نتایج الگوریتم پیشنهادی در شرایط مختلف، راهکارها و یا پیش پردازش‌های دیگری ارائه شود و الگوریتم‌های یادگیری دیگری جهت آموزش سیستم و بازشناسی ارقام پلاک به کار گرفته شود، به گونه‌ای که همچنان اهداف کاهش زمان و افزایش سرعت و دقت را در پی داشته باشند.

ما برای تحقق هر چه بیشتر این اهداف راهکارهای زیر را پیشنهاد می‌کنیم:

✓ استفاده از پردازش موازی

✓ استفاده از پردازشگر گرافیکی به کمک کتابخانه‌ی CUDA یا OpenCL

- [1] Z. Zhu and G. Xu, "VISATRAM: A real-time vision system for automatic traffic monitoring," *Image processing and Computer vision*, vol. 18, no. 10, pp. 781–794, July 2000.
- [2] H. Chen, X. Xie, Y. Feng and J. Zhou, "A Novel Method of Trip Route Estimation Based on Vehicle License Plate Recognition System," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 96, pp. 643-652, 2013.
- [3] Y. Wang, W. Lin and S. Horng, "A sliding window technique for efficient license plate localization based on discrete wavelet transform," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, pp. 3142-3146, 2011.
- [4] M. Zahedi and S. Salehi, "License Plate Recognition System Based on SIFT Features," *Procedia Computer Science*, vol. 3, pp. 998-1002, 2011.
- [5] F. Öztürk and F. Özen, "A New License Plate Recognition System Based on Probabilistic Neural Networks," *Procedia Technology*, vol. 1, pp. 124-128, 2012.
- [6] H. Tohidi, A. Mustafa, A. Sojoodi, M. Kaviani, A. Ostadi, H. Khaledi, M. Rahimi, M. Noghani, A. Poursaberi and S. Salem, "A Vision Based Law Enforcement System," in *Proceedings of the International Conference on Image Processing, Computer Vision and Pattern Recognition*, United States , 2009.

[۷] س. سرافرازی، م. عباسی و ح. نظام آبادی پور، "آشکارسازی پلاک خودرو در تصاویر رنگی با استفاده از اطلاعات لبه،" در ششمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر، اصفهان، ایران.

.۱۳۸۹

[۸] ب. چناقلو و م. رحمتی, "تشخیص بر خط مکان پلاک خودرو در تصاویر با پس زمینه پیچیده با استفاده از مورفولوژی ریاضی فازی," در پنجمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر, تبریز, ایران, ۱۳۸۷.

[۹] ا. اشتری و م. فتحی, "روش جدید مکان یابی پلاک خودرو در تصاویر رنگی," در پنجمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر, تبریز, ایران, ۱۳۸۷.

[۱۰] غ. رادمرد و م. فیضی درخشی, "تشخیص شماره پلاک خودروهای ایرانی توسط تکنیک های پردازش تصویر و شبکه های عصبی," در پنجمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر, تبریز, ایران, ۱۳۸۷.

[11] W. Jia, H. Zhang, X. He and M. Piccardi, "Mean shift for accurate license plate localization," in *Proceedings of 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITS)*, 2005.

[۱۲] ب. عطاران و م. جاهد, "استخراج و شناخت حروف و اعداد در پلاک خودرو توسط فیلتر sobel, شبکه های عصبی و ممان های Hu," در اولین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر, بیرجند, ایران, ۱۳۷۹.

[13] D. Zheng, Y. Zhao and J. Wang, "An efficient method of license plate location," *Pattern Recognition Letters*, vol. 26, no. 15, pp. 2431–2438, 2005.

[۱۴] ع. برومندنیا و م. فتحی, "تشخیص اتوماتیک پلاک خودرو با استفاده از پردازش تصویر," در سومین کنفرانس مهندسی برق, تهران, ایران, ۱۳۷۴.

[۱۵] ح. آقاپناه رودسری و س. سیدی سیاهکله, "شناسایی بلادرنگ خودکار پلاک خودرو به

روش تراکم،" در اولین کنفرانس ملی رویکردهای نوین در مهندسی کامپیوتر و بازیابی اطلاعات
ایران، رودسر و املش، ایران، ۱۳۹۲.

[۱۶] ح. نجاتیان شجاعی و ح. حسن پور، "تشخیص محل پلاک خودرو در تصاویر با کیفیت
نامناسب،" در هشتمین کنفرانس پیشرفت های علم و فناوری، مشهد، ایران، ۱۳۹۲.

[17] V. Abolghasemi and A. Ahmadifard, "An edge-based color-aided method for
license plate detection," *Image and Vision Computing*, vol. 27, pp. 1134-1142, 2009.

[۱۸] ب. آباد فومنی، م. احمدی و ا. شاه بهرامی، "تشخیص خودکار پلاک خودروهای شخصی
ایران با استفاده از تکنیک های پردازش تصاویر دیجیتال،" در هشتمین کنفرانس ماشین بینایی و
پردازش تصویر، زنجان، ایران، ۱۳۹۲.

[19] H. Mahini, S. Kasaei and F. Dorri, "An efficient features based license plate
localization method," in *Proceedings of 18th ICPR*, 2006.

[20] B. Hongliang and L. Changping, "A hybrid license plate extraction method based
on edge statistics and morphology," in *Proceedings of 17th ICPR*, 2004.

[21] T. Duan, T. Hong Du, T. Phuoc and N. Hoang, "Building an automatic vehicle
license plate recognition system," in *International Conference Computer Science*, Can
Tho, Vietnam, 2005.

[22] J. Nijhuis, M. Brugge, K. Helmholt, J. Pluim, L. Spaanenburg, R. Venema and
M. Westenberg, "Car license plate recognition with neural networks and fuzzy logic,"
in *IEEE, International Conference on Neural Networks (ICNN)*, 1995.

[23] P. Wu, H. Chen, R. Wu and D. Shen, "License plate extraction in low resolution
video," in *Proceedings of 18th ICPR*, 2006.

- [۲۴] م. روحانی و ح. عامری, "جایابی پلاک خودرو در یک فریم از فیلم ویدیویی با استفاده از تحلیل طیفی اصلاح شده," در سومین کنفرانس اطلاعات و دانش, مشهد, ایران, ۱۳۸۶.
- [۲۵] و. ابوالقاسمی و ع. احمدی فرد, "کاربرد تبدیل IFT در سیستم شناسایی پلاک خودرو," در سومین کنفرانس اطلاعات و دانش, مشهد, ایران, ۱۳۸۶.
- [26] S. Youssef and S. AbdelRahman, "A smart access control using an efficient license plate location and recognition approach," in *Expert systems with applications*, Egypt, 2008.
- [27] H. Tan and H. Chen, "A novel car plate verification with adaptive binarization method," in *Proceedings of 7th ICMLC*, 2008.
- [28] L. Yu, "Research on Edge Detection in License Plate Recognition," in *Proceedings of International Conference on Computer Application and System Modeling*, 2012.
- [29] S. Rastegar and et al., "An intelligent control system using an efficient License Plate Location and Recognition Approach," *International Journal of Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 252-264, 2009.
- [30] J. Li and M. Xie, "A color and texture feature based approach to license plate location," in *international conference on computational intelligence and security*, 2007.
- [31] A. Broumandnia and M. Fathy, "Application of pattern recognition for Farsi license plate recognition," in *International Conference GVIP*, Cairo, Egypt, 2005.
- [32] L. Fuliang and G. Shuangxi, "Character Recognition System Based on Back Propagation Neural Network," in *International Conference on Machine Vision and Human-Machine Interface (MVHI)*, 2010.

- [33] A. Nagare, "License plate character recognition system using neural network," *International Journal of Computer Applications*, vol. 25, no. 10, July 2011.
- [34] C. Anagnostopoulos, E. Kayafas and V. Loumos, "Digital image processing and neural networks for vehicle license plate identification," *Journal of Electrical Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 2-7, 2000.
- [35] C. Anagnostopoulos, I. Anagnostopoulos, V. Loumos and E. Kayafas, "A license plate recognition algorithm for intelligent transportation system applications," *IEEE Transaction on intelligent transportation system*, vol. 7, no. 3, pp. 377-392, September 2006.
- [36] K. Kim, K. Kim, J. Kim and H. Kim, "Learning-Based Approach, for License Plate Recognition," *IEEE Signal Processing Society Workshop, Neural Networks for Signal Processing*, vol. 2, pp. 614-623, 2000.
- [37] H. Sulehria, Y. Zhang, D. Irfan and A. Sulehria, "Vehicle number plate recognition using mathematical morphology and neural networks," *WSEAS Transaction on Computer*, vol. 7, no. 6, pp. 781-790, June 2008.
- [38] S. Chang, L. Chen, Y. Chung and S. Chen, "Automatic License Plate Recognition," *IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems*, vol. 5, no. 1, pp. 42-53, 2004.
- [39] R. Ebrahimpour, E. Kabir, H. Esteky and M. Yousefi, "A mixture of multilayer perceptron experts network for modeling face/nonface recognition in cortical face processing regions," *Intelligent Automation and Soft Computing*, vol. 14, no. 2, pp. 145-156, 2008.
- [40] R. Jacobs, M. Jordan, S. Nowlan and G. Hinton, "Adaptive mixtures of local experts," *Neural Computation*, vol. 3, no. 1, pp. 79-87, 1991.

- [41] R. Ebrahimpour, E. Kabir and M. Yousefi, "Face detection using mixture of MLP experts," *Neural Processing Letters*, vol. 26, pp. 69-82, 2007.
- [42] م. نجاتی و ح. پورقاسم, "بازشناسی کاراکترهای پلاک خودرو با استفاده از ساختار اختلاط خبره ها," *فصلنامه صنایع الکترونیک*, جلد ۳, شماره ۲, صفحات ۴۱-۶۰, ۱۳۹۱.
- [43] D. Lowe, "Object Recognition from Local Scale-Invariant Features," in *Proceedings of the International Conference on Computer Vision*, Corfu, 1999.
- [44] C. Stauffer, W. Eric and L. Grimson, "Learning patterns of activity using real-time tracking," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, pp. 747-757, 2000.
- [45] T. Duan, D. Duc and T. Du, "Combining Hough transform and contour algorithm for detecting vehicles' license-plates," in *Proceedings of International Symposium on Intelligent Multimedia Video Speech Processing*, 2004.
- [46] K. Deb and K. Jo, "A vehicle license plate detection method for intelligent transportation system applications," *Cybernetic System International Journal*, vol. 40, no. 8, pp. 689-705, 2009.
- [47] C. Anagnostopoulos, T. Alexandropoulos, V. Loumos and E. Kayafas, "Intelligent traffic management through MPEG-7 vehicle flow surveillance," in *Proceedings of IEEE International Symposium Modern Computing*, 2006.
- [48] S. Wang and H. Lee, "A cascade framework for a real-time statistical plate recognition system," *IEEE Transactions on Information Forensics Security*, vol. 2, no. 2, pp. 267-282, June 2007.
- [49] X. Shi, W. Zhao and Y. Shen, "Automatic license plate recognition system based on color image processing," *Lecture Notes computer science*, vol. 3483, pp. 1159-1168,

2005.

- [50] M. Sarfraz, M. Ahmed and S. Ghazi, "Saudi Arabian license plate recognition system," in *Proceedings of International Conference on Geom. Model. Graph.*, 2003.
- [51] H. Lee, S. Chen and S. Wang, "Extraction and recognition of license plates of motorcycles and vehicles on highways," in *Proceedings of International Conference on Pattern Recognition*, 2004.
- [52] M. Wang,, Y. Liu, B. Liao, Y. Lin and M. Horng, "A vehicle license plate recognition system based on spatial/frequency domain filtering and neural networks," in *Proceedings of Computing Collective Intelligence Technology Application, LNCS 6423*, 2010.
- [53] P. Comelli, P. Ferragina, M. Granieri and F. Stabile, "Optical recognition of motor vehicle license plates," *IEEE Transaction on Vehicles Technology*, vol. 44, no. 4, pp. 790–799, November 1995.
- [54] T. Naito, T. Tsukada, K. Yamada, K. Kozuka and S. Yamamoto, "Robust license-plate recognition method for passing vehicles under outside environment," *IEEE Transaction on Vehicles Technology*, vol. 49, no. 6, pp. 2309–2319, November 2000.
- [55] H. Zheng, et al., "Learning-based license plate detection using global and local features," *Pattern Recognition*, pp. 1102–1105, 2006.
- [56] H. Khosravi, "A Sliding and Classifying Approach Towards Real Time Persian License Plate Recognition," *International Journal of Engineering*, vol. 28, no. 1, pp. 74–80, January 2015.
- [57] M.S. Sarfraz, et al., "Real-time automatic license plate recognition for CCTV forensic applications," *Journal of Real-Time Image Processing*, vol. 8, pp. 285–295, 2013.

Abstract

Automatic license plate recognition problem from different aspects of the early 90s were studied. There are still many challenges for license plate recognition, such as fast moving vehicles at the scene, angles and different distances, so complex and unpredictable backgrounds, poor quality images and rotation of them, scaling, existence of multiple plates within an image, non-uniform and variable lighting throughout the day, and so on.

In this thesis, a real-time algorithm is designed and implemented for detection and recognition of plates in video sequences, and simultaneous recognition of multiple plates in a video frame. Already, in the field of detection and recognition of one plate in a scene is being done works that in most of them has been little attention to systems with real-time algorithms, while acceleration problem of recognition with correct detection and recognition of multiple plates on the scene is very important for its applications. Unlike methods with high computational complexity, we apply simple and effective techniques for being real-time. First, frames containing moving objects are obtained by using Gaussian Mixture Model (GMM). Then, candidate regions are found by vertical edge detection and horizontal projection. After that, license plates are localized and extracted by morphological operations and connected components analysis. When plates were detected, their characters are separated with another algorithm and recognized plate numbers with license plate recognition system. Finally, the plates are recognized.

The proposed method is evaluated on videos from highways cameras and correct detection rate is obtained 98.79 %. This system is implemented in C++ using OpenCV library. The average processing time of 25 ms per frame and the overall average processing time 40 ms per frame was achieved that can be used in real-time applications. Correct recognition rate is obtained 97.83 %. Our real-time system can also recognize multiple plates of different types in each frame. Experimental results show that our method and how to implement have higher speed and better recognition rate than previous works therefore it is suitable for real-time applications.

Keywords: License plate detection, License plate recognition, Real-time system, Gaussian mixture model, Edge detection, Projection, Morphological operations, Connected components analysis, Thresholding, Neural network.



University of Shahrood

Faculty of Electrical Engineering

**Design and Implementation of Real-Time License
Plate Recognition System in Video Sequences**

Mitra Abdollahi

Supervisor:

Dr. Hossein Khosravi

September 2015