

اسد الحق



دانشکده مهندسی برق و رباتیک
رشته مهندسی برق گرایش الکترونیک
پایان نامه کارشناسی ارشد

حذف اثر سایه بر روی نویسه های پلاک خودرو مبتنی بر پردازش فضای رنگ

نگارنده : وحید کاملی

استاد راهنما :
دکتر هادی گرایلو

شهریور ۱۳۹۵

تقدیم بہ:

چشمہ ہای جوشان محبت

جلوہ ہای مہر و عطف الہی

لبنندہای پر مہر زندگی ام

پدر و مادر عزیزم

کہ تمام مراحل زندگی، بہ من راہ و رسم دست زیستن را آموختند.

تقدیر و تشکر:

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از تلاش‌ها و زحمات بی‌دریغ و راهنمایی‌های ارزنده استاد گران-
قدر و دلسوزم، جناب آقای دکتر هادی گرایلو و جناب آقای دکتر حسین خسروی صمیمانه
تقدیر و تشکر نمایم.

تعهد نامه

اینجانب وحید کاملی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق/الکترونیک

دانشکده مهندسی برق و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه "حذف اثر سایه بر

روی نویسه های پلاک خودرو مبتنی بر پردازش فضای رنگ" تحت راهنمایی دکتر هادی گرایلو

متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های 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 می باشد و مقالات مستخرج بانام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا چینی جاهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضای دانشجو :

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده فارسی

سیستم‌های ترابری هوشمند امروزه به عنوان راه‌حلی گریزناپذیر برای مشکلات عدیده ترافیکی و تلفات زمانی، مالی و جانی ارائه شده‌اند. قابلیت شناسایی اتومبیل متخلف و نظارت بر اجرای قانونی آن امری حیاتی است. یکی از مواردی که در الگوریتم‌های تشخیص تصویر پلاک مدنظر قرار می‌گیرد، حذف سایه و رفع ابهام است. در نظر گرفتن سایه به عنوان بخشی از یک جسم در تصاویر سایه دار، سبب بروز مشکلاتی در پردازش تصویر می‌گردد. از این‌رو تاکنون تکنیک‌ها و الگوریتم‌های مختلفی به منظور تشخیص و حذف سایه مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در این پایان‌نامه، پیش‌پردازشی برای اصلاح غیریکنواختی روشنایی پلاک ارائه شده‌است. روش رتینکس برای اصلاح روشنایی برای اولین بار روی پلاک‌های فارسی استفاده شده و نتایج قابل قبولی حاصل شده است. سپس خروجی این پیش‌پردازش به نرم افزار تشخیص پلاک گروه پردازشگران فارسی و گروه گلبافان داده شد که موجب بهبود نتایج گردید. به عنوان مثال در سایه سخت احتمال تشخیص نادرست پلاک از ۶۸/۷۵ درصد به ۲/۵ درصد در سیستم گروه پردازشگران فارسی و از ۸۰ درصد به ۵۸/۷۵ درصد در گروه گلبافان بهبود یافته است.

کلمات کلیدی: سیستم‌های ترابری هوشمند، حذف سایه، اصلاح روشنایی، رتینکس

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه	۱
۱-۱. مقدمه	۲
۲-۱. تشخیص و حذف سایه	۳
۳-۱. سایه	۳
۱-۳-۱. مدل پایه‌ای سایه	۶
۴-۱. پایگاه داده‌ها	۳
۵-۱. معیارهای ارزیابی تشخیص سایه	۷
۶-۱. هدف و ساختار پایان‌نامه	۱۰
فصل ۲: مروری بر کارهای انجام شده	۱۱
۱-۲. مقدمه	۱۲
۲-۲. تشخیص سایه و حذف آن بر پایه تصویر ثابت	۱۳
۱-۲-۲. جمع‌بندی بحث	۱۵
۳-۲. تشخیص سایه بر پایه استخراج ویژگی و یادگیری	۱۵
۱-۳-۲. جمع‌بندی بحث	۱۷
۴-۲. تکنیک‌های محو سایه	۱۹
۱-۴-۲. روش‌های تعاملی حذف سایه	۱۹
۲-۴-۲. جمع‌بندی بحث	۲۰
۳-۴-۲. روش‌های حذف سایه خودکار	۲۲

۲۳	۴-۴-۲. جمع‌بندی بحث
۲۴	۵-۲. روش‌های دیگر
۲۴	۱-۵-۲. روش بر اساس ناحیه
۲۴	۲-۵-۲. روش برپایه رنگ سطح
۲۵	۳-۵-۲. روش آماری
۲۵	۴-۵-۲. روش فازی
۲۵	۵-۵-۲. درگیرکردن سایه
۲۵	۶-۲. ارزیابی عملکرد
۲۷	۱-۶-۲. معیارهای ارزیابی
۲۷	۲-۶-۲. ارزیابی کمی و کیفی
۲۹	۷-۲. مروری کوتاه بر پیاده‌سازی رتینکس
۳۱	فصل ۳: مباحث تئوری
۳۲	۱-۳. پردازش تصویر
۳۳	۱-۱-۳. تاریخچه و کاربرد پردازش تصویر
۳۳	۲-۱-۳. حل معادلات پواسن به روش ماتریسی
۳۳	۲-۳. فیلترگذاری روی تصاویر و انواع فیلترهای مکانی خطی و غیر خطی
۳۳	۱-۲-۳. فیلترهای خطی
۳۵	۲-۲-۳. فیلترهای غیرخطی
۳۵	۳-۲-۳. فیلتر گوسی و لاپلاسین

۳_۳. آستانه‌گذاری ۳۷

۳-۳-۱. تصویر دودویی (سیاه و سفید) ۳۸

۳-۳-۲. هیستوگرام تصویر خاکستری ۳۸

۳_۴. الگوریتم برنسن ۳۹

۳_۵. مدل رتینکس ۴۱

۳_۶. پایگاه داده فارسی تهیه‌شده ۴۲

۳_۷. فضای رنگ ۴۳

۱-۷-۳. فضای رنگ HSV ۴۳

فصل ۴ : روش پیشنهادی و نتایج ۴۵

۴-۱. روش پیشنهادی ۴۶

۴-۱-۱. بدست آوردن مقدار متغیر ۴۹

۴-۲. نتایج ۵۰

۴-۲-۱. ارزیابی کمی تشخیص سایه ۵۰

۴-۲-۲. مقایسه دیداری ۵۴

۴-۳. تشخیص کاراکترها ۵۶

۴-۴. مقایسه احتمال تشخیص نادرست پلاک ۶۰

۴-۵. روش برسن ۶۲

فصل ۵ : نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۶۷

مراجع ۶۹

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱. سایه خودی و سایه جسم خارجی ۵
- شکل ۲-۱. مناطق سایه و نیم‌سایه ۵
- شکل ۳-۱. انواع سایه ۹
- شکل ۱-۲. : نتایج تشخیص سایه برای مقایسه معیارهای کمی ۲۶
- شکل ۱-۳. مراحل مختلف سامانه شناسایی پلاک خودرو ۳۲
- شکل ۲-۳. مراحل پردازش تصویر ۳۴
- شکل ۳-۳. نحوه کانولوشن و اعمال فیلتر بر روی پیکسل‌های یک تصویر ۳۵
- شکل ۴-۳. اعمال فیلتر گوسی ۳۶
- شکل ۵-۳. جداسازی قسمت‌های هدف از تصویر موردنظر ۳۷
- شکل ۶-۳. جداسازی با استفاده از هیستوگرام ۳۸
- شکل ۷-۳. تأثیر β در برسن ۴۰
- شکل ۸-۳. مخروط فضای رنگ HSV ۴۳
- شکل ۱-۴. نمونه‌های از پایگاه داده ۴۸
- شکل ۲-۴. فلوچارت روش پیشنهادی ۴۷
- شکل ۳-۴. ضریب اصلاح سایه ۴۹
- شکل ۴-۴. مکان‌یابی پلاک ۴۹
- شکل ۵-۴. مقایسه دیداری تصاویر بعد اصلاح ۵۱
- شکل ۶-۴. ایجاد ماسک ۵۱

- شکل ۴-۷. نحوه تشکیل ماسک ۵۳
- شکل ۴-۸. نتایج روش برسن ۵۴
- شکل ۴-۹. مقایسه دیداری روش پیشنهادی با رتینکس معمول ۵۵
- شکل ۴-۱۰. کاراکترهای از دست رفته سایه سخت در پردازشگران فارسی ۵۶
- شکل ۴-۱۱. کاراکترهای از دست رفته سایه نرم در پردازشگران فارسی ۵۷
- شکل ۴-۱۲. کاراکترهای از دست رفته سایه سخت در سیستم گلبافان ۵۸
- شکل ۴-۱۳. کاراکترهای از دست رفته سایه نرم در سیستم گلبافان ۵۸
- شکل ۴-۱۴. تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست سایه سخت در پردازشگران فارسی ۶۰
- شکل ۴-۱۵. تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست سایه نرم در پردازشگران فارسی ۶۱
- شکل ۴-۱۶. تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست سایه سخت در سیستم گلبافان ۶۱
- شکل ۴-۱۷. تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست سایه نرم در سیستم گلبافان ۶۲
- شکل ۴-۱۸. برسن با تصاویر ورودی با کیفیت ۶۳
- شکل ۴-۱۹. برسن با تصاویر ورودی جدا شده از پایگاه داده ۶۳
- شکل ۴-۲۰. نمونه‌های از نتایج تصاویر اصلی و نتایج روش پیشنهادی ۶۵
- شکل ۵-۱. تصاویر با بازتاب روشنایی زیاد ۶۸

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲. تشخیص سایه و حذف آن بر اساس کارهای برجسته برپایه تصویر ثابت ۱۶
- جدول ۲-۲. تشخیص سایه با استفاده از استخراج ویژگی و یادگیری: نقاط برجسته ۱۸
- جدول ۳-۲. روش‌های حذف سایه تعاملی: تکنیک‌های استفاده‌شده و کارهای برجسته ۲۱
- جدول ۴-۲. فن‌ها، مزایا و اشکالات روش‌های حذف سایه خودکار ۲۳
- جدول ۵-۲. مقادیر معیار کیفیت ادراکی برای تصویر شکل ۴-۱ ۲۶
- جدول ۶-۲. ارزیابی کمی و کیفی تشخیص سایه ۲۸
- جدول ۷-۲. ارزیابی کیفی حذف سایه ۲۸
- جدول ۱-۴. بررسی کمی تشخیص ناحیه سایه توسط روش پیشنهادی ۵۳
- جدول ۲-۴. احتمال تشخیص نادرست پلاک در انواع سیستم با ورودی‌های مختلف ۵۹
- جدول ۳-۴. نتایج تصاویر ورودی و روش پیشنهادی در گروه گلبافان ۶۶

فصل ۱

مقدمه

۱-۱ مقدمه

در سالهای اخیر استفاده از خودروها به دلیل رشد جمعیت و نیاز انسان‌ها رو به افزایش است. بنابراین کنترل خودروها بسیار مهم می‌باشد. در فضایی تکنولوژی موجود استفاده از سیستم‌های هوشمند رو به افزایش است. در این بین سیستم‌های حمل نقل هوشمند با ترکیب فناوری‌های ارتباطات، کنترل و پردازش اطلاعات نقش بسیار مهمی در مدیریت و کنترل هوشمند حمل و نقل و امور ترافیکی ایفا می‌کند. سیستم خودکار تشخیص پلاک خودرو یکی از مهمترین وظایف در سیستم‌های حمل و نقل هوشمند را برعهده دارد. یک سیستم خودکار تشخیص پلاک خودرو با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و تشخیص الگو شماره پلاک خودرو را در تصویر تشخیص می‌دهد.

سیستم خودکار تشخیص پلاک خودرو کاربردهای زیادی دارد از جمله کنترل ترافیک، محاسبه خودکار عوارض جاده‌ای، شناسایی خودروهای مسروقه و متخلف تشخیص هوشمند سرعت خودروها، مدیریت هوشمند پارکینگ و الگوریتم سیستم خودکار تشخیص پلاک خودرو از سه مرحله، مکان‌یابی پلاک (جهت یافتن محل پلاک در تصویر)، جداسازی و استخراج کاراکترهای موجود در پلاک به صورت بلوک‌های تصویری مجزا از هم و تشخیص نویسه‌ها جداسازی شده در مرحله قبل تشکیل شده است. اگرچه سیستم‌های خودکار تشخیص پلاک خودرو پیشرفت‌های زیادی در دهه‌های اخیر داشته‌اند، اما هنوز مشکلات زیادی مانند سازگاری این سیستم‌ها با شرایط محیطی مختلف باقی مانده است. به عنوان مثال اگر تصویر گرفته شده دارای سایه باشد سیستم‌های موجود کارایی لازم را ندارند. از آنجائیکه دوربین‌های دیجیتال با توانایی وضوح بالای عکسبرداری بسیار گران قیمت هستند، یافتن راهی جهت افزایش وضوح و یکنواختی روشنایی تصاویر موجود ضروری به نظر می‌رسد. یکی از رویکردهای امید بخش استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر جهت تبدیل تصاویر کم‌کیفیت به تصاویری با کیفیت بالا می‌باشد.

اخیراً، روش‌های بهبود وضوح جهت افزایش وضوح تصویر به یکی از حوزه‌های فعال تحقیقاتی تبدیل شده است. مزیت مهم روش‌های پردازش تصویر، هزینه پایین آن است و بنابراین کاربردهای زیادی در سیستم‌های تصویربرداری هوشمند یافته است. تشخیص سایه و حذف آن در کاربردهای گوناگون پردازش تصویر مانند نظارت ویدئو، تفسیر صحنه و تشخیص شیء استفاده می‌شود. نادیده گرفتن وجود سایه‌ها در تصاویر باعث به وجود آمدن مشکلات جدی مانند ادغام اشیاء، از دست دادن جزئیات شیء، سوء تفسیر در کاربردهای گوناگون پردازش تصویر، مانند قطعه بندی، تحلیل صحنه، ردیابی و غیره می‌شود. الگوریتم‌های زیادی در این پایان‌نامه بررسی شده است که با تشخیص سایه و حذف آن از تصاویر سروکار دارند. یک ارزیابی مقایسه‌ای و تجربی روش‌های موجود گزارش شده است، اما روش‌های کمی برای حذف سایه از پلاک خودرو در تصاویر ثابت وجود دارد. این فصل یک درک مفهومی از الگوریتم‌های موجود تشخیص سایه و حذف آن در زمینه تصاویر ثابت ارائه می‌دهد. سپس در مورد معیارهای ارزیابی روش‌های تشخیص سایه و حذف آن بحث می‌شود و بازده معیارهای متعارف مانند: صحت در هر پیکسل، دقت، فراخوانی، امتیاز F و غیره در فاز تشخیص سایه مورد بررسی قرار می‌گیرد و بهترین معیار برای تشخیص محل سایه با توجه به نتایج معرفی می‌شود.

۲-۱ تشخیص و حذف سایه

روش و هدف استخراج سایه در تصویر ثابت و فیلم مشابه نیست. در ویدئوها اطلاعات از فریم‌های قبل برای تشخیص سایه در دسترس است، درحالی‌که در تصاویر مجبوریم به ویژگی‌های هندسی و آماری سایه در یک تصویر تکی تکیه کنیم تا سایه را جداسازی کنیم.

اکثر کارهای گزارش شده در زمینه تشخیص سایه به دامنه خاصی از کاربردها نظیر نظارت بر ترافیک و دستگاه‌های نظارت بر فیلم اختصاص دارد. حتی در زمینه تشخیص سایه تصاویر ثابت، سایه نرم [۱] و سایه سخت [۲] (شکل ۱-۳) را به‌طور مجزا در نظر گرفته‌اند. روش کلی که می‌تواند به‌صورت رایج به تمام گروه‌ها اعمال شود تاکنون ارائه نشده است. روش‌های پیشرفته که از تصاویر چندتایی و

فریم ویدئوها استفاده می‌کنند نتایج چشمگیری داده‌اند اما جدا کردن صحیح سایه از یک تصویر در فضای داخل یا خارج که ویژگی‌های هندسی گوناگون و محدودیت‌های روشنایی دارد، چالش‌برانگیز است. این امر به خاطر این است که ظاهر و شکل سایه‌ها در فضای داخل (مسقف) یا خارج به فاکتورهای مختلفی نظیر جهت، رنگ، هندسه، شکل و خواص جنس شیء مسدودکننده نور و سطح بستگی دارد تا بتوان دریافت که کدام سایه ناشی از جسم خارجی است. محققان الگوریتم‌های گوناگونی را استفاده کرده‌اند و سازگار کردن آن روش‌ها با روش‌های دیگر مشکل است. به‌طور کلی حذف سایه دو بخش اساسی دارد:

۱- تشخیص نواحی سایه که به‌طور معمول به‌صورت تشخیص شکل لبه‌های سایه صورت می‌گیرد.

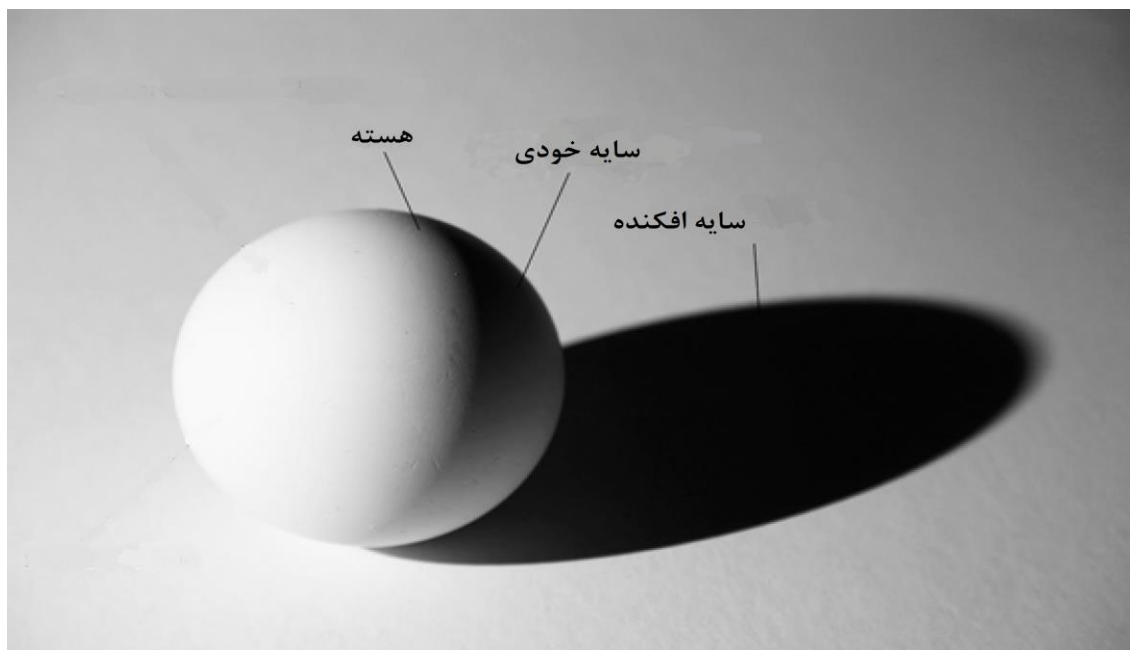
۲- حذف سایه‌های تشخیص داده شده

حذف سایه شامل تصاویر ثابت رویکرد مختلفی را می‌طلبد. در اینجا کار اصلی تولید یک تصویر ثابت، بدون سایه است. بسته به روش‌های درگیر در این موضوع کارهای تشخیص سایه و حذف آن در چند سال اخیر را به گروه‌های زیر طبقه‌بندی می‌گردد.

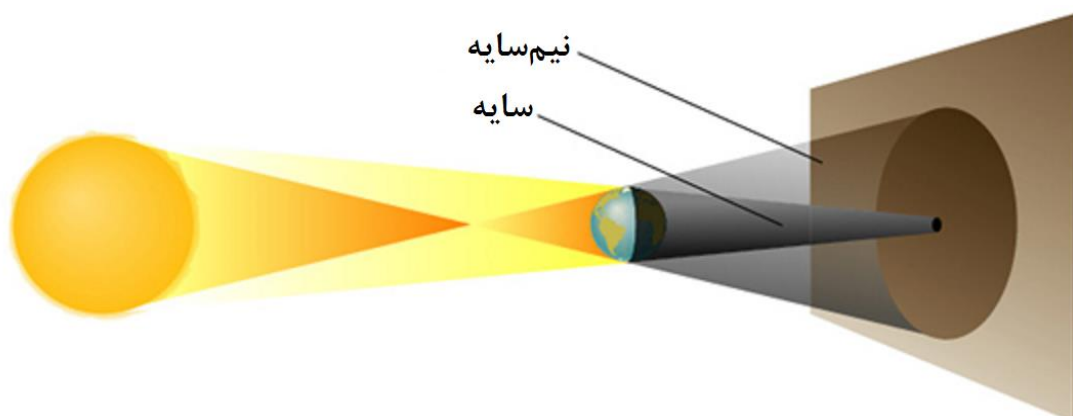
- تشخیص سایه و حذف آن بر پایه تصویر ثابت
- تشخیص سایه بر پایه استخراج ویژگی
- تکنیک‌های تعاملی حذف سایه
- روش‌های آماری و فازی

۱-۳ سایه

سایه زمانی شکل می‌گیرد که یک شیء مات مانع مسیر مستقیم نور شود. فیزیکدان‌ها سایه را مانند یک توهم نوری در نظر می‌گیرند. یک سایه خاصیت طول موجی ندارد لذا از نظر علمی غیرقابل اندازه‌گیری است.



شکل ۱-۱: سایه خودی و سایه افکنده خارجی



شکل ۱-۲: مناطق سایه و نیم سایه

به طول کلی سایه‌ها دو نوع هستند: سایه خودی^۱ و سایه افکنده^۲ (شکل ۱-۱ را مشاهده کنید). یک سایه خودی قسمتی از سایه است که نور به طور کامل غایب است. سایه افکنده به وسیله یک شیء بر روی زمینه صحنه، سایه خارجی نامیده می‌شود. برای یک منبع نور غیر نقطه‌ای، سایه افکنده به دو ناحیه تاریک و نیم سایه تقسیم می‌شود. ناحیه تاریک بخش مرکزی تاریک‌تر است که هیچ نوری را عبور

۱- Self Shadow

۲- Cast Shadow

نمی‌دهد بخش‌های دیگر سایه‌روشن تر است و نیم‌سایه نامیده می‌شود. (شکل ۱-۲ را ببینید) اجتماع ناحیه تاریک و نیم‌سایه سایه را تشکیل می‌دهد. [۳].

۱-۳-۱ مدل پایه‌ای سایه

مرجع [۴] در سال ۱۹۷۸ مدلی را در مورد تشکیل تصویر ارائه کرد. مطابق زیر مدل تصویر $I(x,y)$ را به‌عنوان ترکیبی از اجزاء بازتاب $R(x,y)$ و تابش $L(x,y)$ تعریف کردند.

$$I_k(x, y) = R_k(x, y) \cdot L_k(x, y) \quad (1 - 1)$$

که $k \in (R, G, B)$ و " " نشان‌دهنده ضرب به روش پیکسلی است. در نواحی سایه تابش کاهش می‌یابد و چگالی تصویر توسط ضرب اسکالر^۱ $C_k(x, y)$ کاهش می‌یابد. بنابراین رابطه (۱-۱) را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$I_k(x, y) = R_k(x, y) \cdot L_k(x, y) \cdot C_k(x, y) \quad (2 - 1)$$

بنابراین در حوزه لگاریتمی، سایه تغییر مضاعفی را بر شدت (نور) اعمال می‌کند. کارهای زیادی در مقاله‌های مختلف گزارش شده است که تلاش در کاهش قسمت مضاعف سایه دارند. به‌هر حال، جدا کردن نواحی سایه از نواحی نزدیک به سیاه نیاز به روش‌های هوشمند قسمت‌بندی سایه دارد و از این‌رو، مطالعه و بررسی آن اهمیت زیادی دارد. سایه‌خودی، بازتاب‌داخلی، سایه غیریکنواخت، هندسه شی به وجود آورنده سایه و لوازم عکاسی قدیمی در عکس گرفتن فرآیند تشخیص سایه را پیچیده‌تر می‌کند.

البته مدل‌های پیچیده‌تری در سال‌های اخیر توسط پژوهشگران برای سایه مطرح شده‌است. مدل آورده شده در این بخش مدل خلاصه و کاربردی است که برای روشنایی مطرح شده و در حذف سایه از نویسه‌های پلاک خودرو به کار گرفته شده است.

^۱- Scalar

۴-۱ پایگاه داده‌ها

در این بخش پایگاه‌های داده استاندارد که برای مقایسه روش‌های تشخیص و حذف سایه مورد استفاده قرار می‌گیرند معرفی شده‌اند، متأسفانه پایگاه داده استاندارد برای پلاک‌های سایه دار موجود نیست. در فصل ۳ یک پایگاه داده برای پلاک‌های سایه‌دار فارسی معرفی شده است. پایگاه‌های داده استاندارد برای تحقیق تشخیص سایه مانند پایگاه داده دانشگاه مرکزی فلوریدا که در مرجع [۵] معرفی شده در دسترس است. این پایگاه داده شامل ۲۴۵ تصویر است و مناطق سایه در تصویر به صورت دستی به عنوان نقاب‌های سایه برچسب زده شده‌اند و برای ارزیابی تشخیص سایه مفید است.

در مرجع [۶] پایگاه داده حذف سایه شامل ۱۸۶ مورد امتحان شده فراهم شده است که شامل گروه‌های چالش برانگیز سایه‌های نرم، رنگی و شکسته شده افتاده بر روی سطوح بافت قوی و همچنین سایه‌های ساده بعلاوه ۲۸ مثال از [۷] که در ۲۱۴ آزمون نتیجه داده‌اند، می‌شود. پایگاه داده‌ها در وبسایت دانشگاه بس^۱ در دسترس است و برای تشویق مقایسه کردن آزاد حذف سایه در یک تصویر، این پایگاه یک سایت معیار آنلاین فراهم کرده است.

در مرجع [۷] گروه‌های داده برای تشخیص سایه و حذف آن فراهم شده که در پایگاه داده‌های دانشگاه النویس^۲ در دسترس است. این گروه داده‌ها شامل ۱۰۸ جفت تصویر داخلی و فضای آزاد است که در شرایط روشنایی گوناگون عکس‌برداری شده‌اند. این گروه داده مرجع صحت (تصاویر بدون سایه) مناسبی را فراهم می‌کند بنابراین گروه داده برای ارزیابی تشخیص سایه و حذف مفید است.

۵-۱ معیارهای ارزیابی تشخیص سایه

۱- Bath

۲- Illinois

اکثر کارهای تشخیص سایه که در تصاویر ثابت انجام شده‌اند ارزیابی کمی نتایج را انجام نداده‌اند. کارهای خیلی کمی ارزیابی را در مقیاس درستی در هر پیکسل انجام داده‌اند [۵] معیارهای کمی ادراکی که در تشخیص سایه قابل اعمال هستند عبارت‌اند از: صحت یا PPA^1 (۳-۱)، دقت (۴-۱)، فراخوانی (۵-۱)، F نمره (۶-۱) و ضریب همبستگی متیوز (MCC^2) (۷-۱). این معیارها با استفاده از واژه‌های مثبت درست (TP^3) منفی درست (TN^4) مثبت نادرست (FP^5) منفی نادرست (FN^6) که در هر پیکسل محاسبه می‌شوند یک ارزیابی برای درستی تشخیص سایه ارائه می‌دهند.

$$PPA = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \quad (3-1)$$

$$precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (4-1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (5-1)$$

$$FScore = \frac{precision * Recall}{precision + Recall} \quad (6-1)$$

$$MCC = \frac{TP * TN - FP * FN}{\sqrt{(TP+FP)(TP+FN)(TN+FP)(TN+FN)}} \quad (7-1)$$

TP = تعداد پیکسل‌های سایه که به درستی به عنوان سایه طبقه‌بندی شده‌اند.

TN = تعداد پیکسل‌های غیر سایه که به درستی به عنوان غیر سایه طبقه‌بندی شده‌اند.

FP = تعداد پیکسل‌های سایه که نادرست به عنوان غیر سایه طبقه‌بندی شده‌اند.

FN = تعداد پیکسل‌های غیر سایه که نادرست به عنوان سایه طبقه‌بندی شده‌اند.

۱- per pixel accuracy

۲- Mathews Correlation Coefficient

۳- true positives

۴- true negatives

۵- false positives

۶- false negatives

معیارهای (۳-۱) تا (۶-۱) اغلب در تشخیص الگو بکار می‌روند. MCC تعریف شده در رابطه (۷-۱) مقداری بین +۱ و -۱ را باز می‌گرداند. ضریب +۱، نشان‌دهنده پیش‌بینی ۱۰۰ درصد خوب است و -۱، نشان‌دهنده مخالفت بین پیش‌بینی و مشاهده است. یعنی بهتر از پیش‌بینی تصادفی است. شانس این که یک پیکسل به صورت تصادفی به عنوان ناحیه سایه درست تشخیص داده شود یک دوم است.

مرجع [۸] آزمایشاتی روی امکان استفاده از معیارهای بالا در محدوده تشخیص سایه انجام داده است. این آزمایش‌ها، نشان دادند که صحت در هر پیکسل به‌تنهایی معیار بهتری در زمینه تشخیص سایه فراهم نمی‌کند. این نکته در زمینه تصاویر وجود دارد که سایه محدوده بسته‌ای از پیکسل‌ها را اشغال می‌کند.



(ب)

(الف)

شکل ۳-۱: انواع سایه، شکل (الف) نشان‌دهنده سایه نرم (مرز سایه زیاد مشهود نیست) و شکل (ب) سایه سخت (سایه دارای لبه‌ها تیز می‌باشد) را نشان می‌دهد. در فضای RGB مؤلفه‌های رنگ در سایه سخت به صفر نزدیک هستند و مرز بین روشنایی و ناحیه تاریک کاملاً مشهود است.

۱-۶ هدف و ساختار پایان نامه

در این فصل، مراحل تشخیص و حذف سایه موجود را به صورت مفهومی مطرح کردیم، مقدمه‌ای از سایه و معیارهای ارزیابی تکنیک‌های تشخیص و حذف سایه نیز بیان شد. روش‌هایی که از چند تصویر استفاده می‌کردند یا روش‌هایی که اجازه دخالت کاربر را می‌دهند نتایج بهتری دارند. فرضیات معرفی شده در اکثر مطالعات پیچیدگی حذف سایه از تصویر را نشان می‌دهد و کلاس تصاویر سایه‌دار را که می‌تواند به وسیله این روش‌ها اداره شود را محدود می‌کند. روش بازسازی تصویر برای ناحیه کوچک خوب عمل می‌کند در حالی که گسترش بازسازی تصویر برای ناحیه‌های بزرگ محاسبات سنگینی دربردارد. همچنین اشیاء تیره به اشتباه سایه تلقی می‌شوند. خیلی از روش‌های موجود که برای توالی فیلم قابل اعمال هستند برای کاربرد خاصی هستند و برای تصاویر ثابت قابل استفاده نیستند. تشخیص سایه و حذف آن از یک تصویر تکی که ویژگی‌های هندسی گوناگون و بافت‌های گوناگونی دارد و پارامترهای بازتاب مختلفی دارد هنوز یک مشکل چالش برانگیز باقی مانده است. هدف پایان نامه پیشنهاد یک روش برای بهبود روشنایی تصویر و عملکرد سیستم‌های پلاک خوان موجود است. در فصل دوم مروری بر کارهای پیشین در موضوعات مرتبط با پایان نامه مطرح شده است، مباحث تئوری به صورت خلاصه در فصل سوم جمع آوری شده و فصل چهارم را به روش پیشنهادی و نتایج و مقایسه نتایج با روش‌های مثل برنسن^۱ اختصاص داده ایم، در نهایت فصل پنجم (به عنوان پیشنهادی برای کارهای آینده) یک مشکل دیگر در تشخیص درست نویسه‌های پلاک مطرح کرده است.

^۱ bernsen

فصل ۲

مروری بر کارهای انجام شده

۲-۱ مقدمه

در دو دهه اخیر، الگوریتم‌های گوناگونی جهت تشخیص و حذف سایه در مقالات برای تصاویر ثابت، تصاویر ماهواره‌ای و فیلم‌ها ارائه شده که از تکنیک‌های یادگیری، مدل‌های رنگ و تصاویر ثابت برای تشخیص سایه و حذف آن استفاده می‌کردند. تشخیص سایه در سیستم نظارت بر فیلم به‌عنوان گام پیش‌پردازش استفاده می‌شود تا باعث عملکرد بهتر سیستم‌های مانند ردیابی شیء [۹] و رانندگی خودکار [۱۰] شود. در حالی که در تصاویر بسته به نوع تصاویر ورودی مانند تصاویر خانگی، تصاویر در هوای آزاد یا تصاویر ماهواره‌ای، تشخیص سایه و حذف آن کاربردهایی در تشخیص شیء [۱۱] و تفسیر صحنه [۱۲] دارد. برای مثال، تصاویر اغلب برای استخراج شکل هندسی اشیاء به وجود آورنده سایه یا برای به دست آوردن آنالیز سه‌بعدی اشیاء برای استخراج شکل هندسی شیء [۱۲] یا برای یافتن جهت منبع نور [۱۳] تحلیل می‌شوند. سایر کاربردهای مهم تشخیص و حذف سایه شامل تشخیص ساختمان‌ها [۱۵]، [۱۱]، [۱۴] برای بازسازی سه‌بعدی صحنه [۱۶] یا تشخیص ابرها و سایه‌هایشان [۱۷] در تصاویر هوایی هستند.

یک ارزیابی مقایسه‌ای و تجربی روش‌های تشخیص سایه موجود در فیلم در مرجع [۱۸] در سال ۲۰۰۳ و در مرجع [۱۹] و [۲۰] در سال ۲۰۱۲ ارائه شده است. الگوریتم‌های تشخیص سایه در مرجع [۱۸] به‌صورت دولایه آماری و تصادفی طبقه‌بندی شده‌اند و ۴ الگوریتم با عنوان نمونه در جزئیات شرح داده شده‌اند. در مرجع [۱۹] روش‌ها را بر اساس وابستگی به اشیاء محیط و دامنه اجرا طبقه‌بندی شده‌اند. مؤلفان در مرجع [۲۰] کارهای گزارش شده تا آن تاریخ را به چند دسته مبتنی بر ویژگی‌های: کیفیت رنگ، فیزیکی، هندسی و بافت طبقه‌بندی کرده‌اند. نویسندگان [۲۰-۱۹] ارزیابی کمی و کیفی از کارهای انجام شده تا آن زمان را با استفاده از مجموعه‌ای از معیارهای موجود برای فیلم ارائه کرده‌اند. دیدگاه جالب دیگر در مرجع [۲۱] ارائه شده است که بحث بین‌رشته‌ای در مورد سایه خارجی است که نور و تشکیل سایه خارجی را از جنبه تئوری مورد بررسی قرار می‌دهد. این دیدگاه در مورد ادراک سایه در

انسان و دید ماشینی و راه‌هایی که سیستم ادراک انسان را قادر به استفاده از اطلاعات سایه‌ها می‌سازد، بحث می‌کند. اما دیدگاه‌های بالا [۱۸-۲۰] مختص فیلم است. دیدگاه انحصاری برای تصاویر برای محققان که در حال برنامه‌ریزی برای کار در یک ناحیه هستند، مفید و کمک‌کننده است.

۲-۲ تشخیص سایه و حذف آن بر پایه تصویر ثابت

برای تشخیص و حذف سایه در تصویر ثابت از مدل پایه صحبت شده در بخش ۱-۳-۱ فصل قبل استفاده می‌کنیم و هدفش جدا کردن تصویر به اجزا تابش و بازتاب خودش است. قسمت بازتاب در مقابل تغییر رنگ و شدت صحنه ثابت خواهد بود [۴]، و از این‌رو بدون سایه خواهد بود. مشکل اصلی بازیافت یک تصویر ثابت مربوط به ویژگی‌های ذاتی عکس دیجیتال است که ویژگی‌های پیکسل فقط به یک مقدار شدت خلاصه شده است. قبلاً، جدا کردن تصویر (ثابت) به بازتاب و تابش نیاز به دوربین کالیبره شده و یک سری تصاویر متوالی داشت. بعدها، بیشتر نویسندگان از اجزا فیزیکی و طبیعی تصویر برای تجزیه آن به دو بخش ذکر شده بهره می‌گرفتند. این بخش خلاصه‌ای از ایده‌های موجود در مورد روش‌های تشخیص سایه و حذف آن از تصویر ثابت را بیان می‌کند.

در مرجع [۲۲] روشی با استفاده از مدل‌های رنگ ثابت، برای تشخیص و طبقه‌بندی سایه‌ها در تصاویر رنگی ارائه شده است. این روش همچنین سایه خودی و سایه جسم خارجی را نیز طبقه‌بندی می‌کند. اما الگوریتم محدودیت‌های بیشتری ایجاد می‌کند، که باعث می‌شود روش برای یک گروه خاص تصاویر که محیط ساده است و سایه‌ها باید روی سطح مسطح یا تقریباً مسطح یا سطوح غیر بافت بیافتند، محدود شود. محدودیت‌های دیگر اشیاء هستند که باید به‌طور یکنواخت رنگی باشند و باید یک منبع نور قوی وجود داشته باشد که محیط را روشن کند. یک‌بار که این شرایط مهیا شود نتیجه نیز رضایت‌بخش خواهد بود. تعداد قابل‌توجهی از کارها در زمینه تشخیص سایه و حذف آن با استفاده از تصویر ثابت به‌وسیله فاینالسون^۱ و همکارانش ارائه شده است [۲۳-۲۴] به‌طور کلی اکثر این روش‌ها بر

۱- Finalyson

پایه تشکیل یک تصویر ثابت بدون سایه است. بخش خیلی دشوار این رویکرد تشکیل تصویر ثابت بعد از حذف سایه است.

فاینالسون و همکارانش [۲۳] روشی را برای مکان‌یابی سایه به‌وسیله یک تصویر با روشنایی ثابت به‌گونه‌ای که سایه‌ها آشکار نشوند، معرفی کردند. تصویر با روشنایی ثابت با تصویر رنگی اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد تا لبه‌های سایه را مکان‌یابی کند. نمایش لبه مجدداً انجام می‌شود و لبه‌ها به صفر می‌رسند و تصویری بدون سایه به دست می‌آید. این روش نیاز به تصاویری دارد که با استفاده از یک دوربین کالیبره شده گرفته شده است تا یک تصویر با روشنایی ثابت تولید شود.

در کار دیگری که به‌وسیله فاینالسون و همکارانش ارائه شده [۲۴] روند حذف سایه شامل سه مرحله است. در مرحله اول تصویر به سه بعد (مؤلفه‌ها رنگ) با روشنایی ثابت در فضای خاکستری بدون سایه تجزیه می‌شود. سپس در مرحله دو نمایش بدون سایه با کیفیت رنگی دوبعدی بدست می‌آید. در مرحله ۳ یک نمایش تصویر تمام‌رنگ بدون سایه سه‌بعدی بازسازی می‌شود. تعدادی از پارامترها در الگوریتم بازسازی آورده می‌شوند که روش را بیشتر پیچیده می‌کند. اگر سایه دارای لبه‌های قوی در تصویر باشد الگوریتم خوب کار می‌کند [۲۵].

در مرجع [۲۶] روشی برای حذف سایه با استفاده از فیلتر دوجانبه^۱ و تصویر داخلی دوبعدی ارائه شده است. تصویر RGB ورودی و تصویر داخلی به یک‌لایه پایه و یک‌لایه جزئی تقسیم می‌شوند. تصویر بدون سایه پایانی به‌وسیله ترکیب لایه پایه از تصویر RGB ورودی و لایه جزئی از تصویر داخلی تشکیل می‌شود. کاهش روشنایی در تصویر داخلی سه‌بعدی به‌دست آمده به‌وسیله انتقال جزئیات تصویر داخلی تصحیح می‌شود. نویسندگان ارزیابی کمی را انجام نداده است اما تصاویر به‌دست آمده به‌صورت بصری رضایت‌بخش است.

1- bilateral filtering

روشی برای حذف سایه با استفاده از مفهوم فیلتر دوجانبه و حس گرهای دوربینی باریک در مرجع [۲۷] نشان داده شده است. روش بر پایه فرضیات بازتاب لمبرشن^۱ و تابش پلنکین^۲ است. در اینجا حذف سایه هدف ثانویه است و هدف اولیه یافتن تصویر داخلی بازتاب پذیر است. در مرجع [۲۷] نتیجه حذف سایه مناسب نیست و به صورت کمی نتایج را ارزیابی نکرده است.

۲-۲-۱ جمع بندی بحث

کارهای برجسته [۲۲-۲۷] مرور شده در این بخش در جدول (۱-۲) خلاصه شده است. الزامات اصلی این روش تشکیل تصویر ثابت است که نیاز به یک دوربین کالیبره شده یا توالی تصاویر دارد. تشکیل تصویر ثابت روشنایی باعث از دست دادن کیفیت عکس می شود. به عنوان یک پس پردازش اکثر کارها به بازسازی تصویر برای وضوح بهتر تصویر بستگی دارد.

۲-۳ تشخیص سایه بر پایه استخراج ویژگی و یادگیری

روش های بر پایه یادگیری نیاز به استخراج ویژگی به وسیله آموزش و طبقه بندی دارند. این روش ها برای جدا کردن درست ناحیه سایه از ویژگی های هندسی، آماری و ویژگی های رنگی استفاده کرده اند. در مرجع [۲۸] برای تشخیص سایه از ویژگی های هندسی و فتومتریک استفاده شده است. در ابتدا تصویر به هزاران قسمت تقسیم می شود سپس قسمت ها با توجه به اینکه شامل یک لبه سایه هستند یا نه برچسب گذاری می شوند. سپس، ویژگی های هندسی این تکه ها تحلیل می شوند و یک طبقه بند برای تشخیص دادن تکه های دارای سایه و بدون سایه آموزش داده می شود. ترکیب ویژگی های هندسی و فتومتریک برای طبقه بندی لبه های سایه در کنار ویژگی های فتومتریک و یا هندسی استفاده می شوند. نویسندگان ارزیابی صحت را با استفاده از منحنی (AUC) و مشخصه عملکرد سیستم (ROC) با استفاده از پایگاه داده خودشان انجام دادند.

۱- Lambertian

۲- Planckian

جدول ۱-۲: تشخیص سایه و حذف آن بر اساس کارهای برجسته برپایه تصویر ثابت

نویسنده ، سال	تشخیص / حذف	توضیحات
Salvador,Cavallaro [۲۲] ۲۰۰۱	تشخیص	قابل اعمال به محیط داخلی (مسقف) محدودیت‌ها: سایه باید روی سطوح مسطح و غیر بافت بیافتد. منبع نور باید قوی و یگانه باشد.
Finlayson,Hordley,Drew [۲۳] ۲۰۰۲	تشخیص و حذف	نیاز به دوربین کالیبره شده دارد. عکس‌های باکیفیت را به دست نمی‌دهد.
Finlayson,Hordley,Drew [۲۴] ۲۰۰۶	حذف	نمایش سه‌بعدی پیچیده است. تصاویر باکیفیت تولید می‌کند. پس پردازش: بازسازی
Finlayson,Drew,C.Lu [۲۵] ۲۰۰۹	حذف	نیازی به کالیبراسیون دوربین و پیش‌فرض‌های تصویر نیست. برای تصاویر رنگی کار می‌کند
Yang,Tan,Ahuja [۲۶] ۲۰۱۲	حذف	از فیلتر دوجانبه برای بازیابی تصویر سه‌بعدی داخلی استفاده می‌کند. برای تصاویر رنگی کار می‌کند.
Zhu,Chen,Xia,Zhang [۲۷] ۲۰۱۵	حذف	بر پایه فضای رنگی و مفهوم فیلتر دوجانبه است. روی تصاویر رنگی کار می‌کند.

یک روش برپایه یادگیری در مرجع [۵] برای تشخیص سایه از تصویر تک‌رنگ با استفاده از یک سایه متغیر، سایه یکسان و ویژگی‌های نزدیک به سیاه ارائه شده است. این روش برپایه طبقه‌بند درخت تصمیم‌گیری بهبود یافته با یک میدان تصادفی شرطی (CRF^1) است. در مرجع [۵] برای یاد دادن پارامترهای CRF از مدل میدان تصادفی مارکوف (MRF^2) برای برچسب زدن استفاده شده است. بعد از اعمال مدل میدان تصادفی مارکوف، MRF و CRF باهم درستی ۸۷٫۳٪ را داشتند.

در مرجع [۲۹] از یک طبقه‌بند درخت تصمیم آموزش داده شده برای تشخیص لبه‌های سایه روی زمین در تصاویر محیط باز استفاده شده است. لبه‌های سایه به وسیله بهینه‌ساز CRF طبقه‌بندی شده‌اند. این روش اساساً روی سایه‌هایی که به وسیله اشیا روی زمین می‌افتند تمرکز دارد لذا نوع مواد روی زمین برای این روش در صحنه‌های محیط باز محدود به گل، علف، آجر و ... است.

۲-۳-۱ جمع‌بندی بحث

جدول (۲-۲) کارهای برجسته روش‌های تشخیص سایه برپایه یادگیری مرور شده در این بخش [۲۸-۲۹] - [۵] را خلاصه کرده است. تکنیک‌های برپایه ویژگی، سایه‌ها را با استفاده از ویژگی‌های آن تشخیص می‌دهند. قابل‌توجه‌ترین ویژگی یک سایه تیرگی روی سطحی است که روی آن می‌افتد، از این رو سایه‌ها معمولاً ارزش‌های پیکسلی کمتری دارند.

اما پیکسل‌هایی که ارزش‌های کمتری دارند ممکن است سایه نباشند. تکنیک‌های بینایی کامپیوتر نمی‌تواند تعیین کند که یک ناحیه تاریک، سایه است یا شیء تاریک. بنابراین اکثر روش‌ها بیشتر از یک ویژگی را مانند لبه، بافت، ویژگی هندسی، نمودار هیستوگرام و نسبت رنگ را باهم ترکیب می‌کنند. روش‌های برپایه ویژگی انعطاف‌پذیرتر هستند یعنی با ترکیب ویژگی‌ها می‌توان سایه را از تصاویر متنوع-تری استخراج کرد و محدود به تصویر در شرایط خاص نبود.

1- Conditional Random Field
2- Markov Random Field

جدول ۲-۲: تشخیص سایه با استفاده از استخراج ویژگی و یادگیری : نقاط برجسته

نویسنده، سال	تشخیص/ حذف	ویژگی‌های استفاده‌شده و طبقه‌بند	نقاط برجسته	معیارهای ارزیابی و پایگاه داده‌ها
Gijsenij و همکاران [۲۸] ۲۰۰۹	تشخیص	ویژگی‌ها: SIFT هندسی، الگوی محلی دودویی، ماتریس‌های ثابت فیزیکی فتومتریک هم وقوع سطح خاکستری، ثبات رنگ در یک پیکسل، RGB نرمالیزه شده طبقه بند: طبقه بند نزدیک‌ترین همسایگی	ویژگی‌های هندسی اطلاعات لبه را نیز در نظر می- گیرد.	صحت = ۸۲٪ پایگاه داده خود
Zhu و همکاران [۵] ۲۰۱۰	تشخیص	ویژگی‌ها: سایه ثابت، سایه متغیر و ویژگی‌های نزدیک به سیاه طبقه بند: درخت تصمیم تقویت‌شده با میدان تصادفی شرطی (CRF)	قابل‌اعمال به تصاویر تک‌رنگ داخلی و خارجی	صحت = ۸۷٫۳٪ پایگاه داده [۱۸]
Lalonde و همکاران [۲۹] ۲۰۱۰	تشخیص سایه زمینی	ویژگی‌ها: شدت، ویژگی‌های بافت و رنگ در دوروی لبه طبقه بند: طبقه بند درخت تصمیم و CRF	فقط سایه در محیط باز. در تشخیص سایه نرم ناتوان است.	صحت = ۸۰٫۵٪ پایگاه داده [۲۵]

۲-۴ تکنیک‌های محو سایه

محو سایه شامل تکنیک‌های تعاملی و خودکار است.

۲-۴-۱ روش‌های تعاملی حذف سایه

اکثر کاربردها نیاز به تصاویر باکیفیت بعد از حذف سایه دارند. یک‌بار که سایه‌ها به صورت دستی/تعاملی تشخیص داده می‌شوند خیلی از الگوریتم‌ها تصاویر بدون سایه باکیفیتی را تولید می‌کنند. بنابراین این روش‌ها، روش‌های نیمه خودکار تلقی می‌شوند.

در روش بیزین^۱ برای تشخیص سایه ارائه شده در مرجع [۳۰] کاربر یک نقشه چهارگانه را عرضه می‌کند. این نکات عرضه شده توسط کاربر، رمزگذاری شده و در راستی آزمایی مؤثر و توابع ابتدایی برای بهینه‌سازی بیزین بکار گرفته می‌شود. برای حل بهینه‌سازی، تخمین خوبی از تصاویر بدون سایه به وسیله حل معادله پواسون با شرایط مرزی لازم به دست می‌آید. بیزین سایه‌های آرام را استخراج می‌کند درحالی که بافت ظاهری زیر سایه‌های استخراج شده را حفظ می‌کند.

روش هرمی تشخیص سایه و حذف آن در مرجع [۳۱] نیاز به کمک کاربر برای تشخیص مناطق سایه دار و روشن دارد. این مناطق برای تخمین پارامترهای مدل تشکیل سایه استفاده می‌شود. فرآیند ترمیم هرمی سپس برای تولید یک تصویر بدون سایه اعمال می‌شود. برای شدت سایه متغیر در داخل ناحیه سایه دار آن‌ها را از مناطق دور از مرز به سمت مرزهای محدود پردازش می‌کنند. برای اطمینان از انطباق یکپارچه بین مناطق اصلی و مناطق بازسازی شده، آن‌ها بازسازی عکس بدون سایه را در مرزهای باریک سایه انجام می‌دهند.

۱- Bayesian

یک روش تعاملی برای استخراج سایه از تصویر در مرجع [۳۲] ارائه شده است. تصویر نمایش داده می شود و به کاربر اجازه داده شده تا نواحی دارای سایه، بدون سایه و پس زمینه را مشخص کند. این روش حذف سایه را با الگوریتم برش گراف انجام می دهد.

در مرجع [۳۳] روشی برای حذف سایه با استفاده از شدت سطوح و نقاط نگه دارنده بافت ارائه شده است. بخش تشخیص سایه برای برچسب زدن ناحیه سایه نیاز به ورودی کاربر دارد. این روش بافت اصلی را در نواحی بدون سایه و نواحی نیم سایه گسترده حفظ می کند و در جاهایی که سایه روی سطوح صاف یا خمیده می افتد قابل اعمال است. پس پردازش، وضوح تصویری را تقویت می کند و اثرات نویز را کاهش می دهد.

روش حذف سایه در مرجع [۳۴] به این صورت است که دو ورودی، یکی برای پیکسل های سایه و دیگری به عنوان ناحیه روشن از کاربر گرفته می شود. با استفاده از این روش آن ها تصویر ادغامی که تغییر شدت مرز سایه را به واسطه تغییرات روشنایی تشدید می کرد را به دست می آوردند. بعد از تشخیص، حذف سایه به وسیله منطبق کردن نیم سایه به یک چهارچوب نرمالیزه شده که اجازه تخمین تغییرات روشنایی غیریکنواخت سایه و انجام حذف را می دهد، انجام می شود.

۲-۴-۲ جمع بندی بحث

جدول (۳-۲) معایب و مزایای روش های تعاملی محو سایه مرور شده در این بخش [۳۰-۳۴] خلاصه کرده است. کاربردهایی که نیاز به تصاویر بدون سایه باکیفیت دارند می توانند به روش های حذف سایه تعاملی وابسته باشند. به دلیل اینکه آن ها نیاز به کمک کاربر دارند نمی توانند در ردیف روش های تمام خودکار قرار گیرند.

جدول ۲-۳: روش‌های حذف سایه تعاملی: تکنیک‌های استفاده‌شده و کارهای برجسته

نویسنده، سال	روش	ملاحظات
Wu,Tang [۳۰] ۲۰۰۵	ورودی کاربر: نقشه چهارگانه حذف: نکات تأمین‌شده توسط کاربر رمزگذاری می‌شوند و در توابع اولیه و راستی آزمایی برای بهینه‌سازی بیزین به‌کاربرده می‌شوند که این بهینه‌سازی با استفاده از معادلات پواسون با شرایط مرزی لازم حل می‌شوند	بیزین سایه‌های هموار را هنگامی که ظاهر بافت تحت سایه استخراج‌شده حفظ می‌شود، استخراج می‌کند.
Yael Shor,Dani Lischinski [۳۱] ۲۰۰۸	ورودی کاربر: کاربر نقاط دانه‌دار را از نواحی سایه‌دار انتخاب می‌کند. حذف: فرآیند بازسازی مبتنی بر هرم برای تولید یک تصویر بدون سایه به کار می‌رود.	پس پردازش بازسازی تصویر
Miyazaki و همکاران [۳۲] ۲۰۱۰	ورودی کاربر: ناحیه سایه‌دار، بدون سایه و پس‌زمینه حذف: حداقل سازی انرژی برش گراف	کاربردی برای سایه‌های ملایم و زیاد
Eli Arbel,Hagit Helor [۳۳] ۲۰۱۱	ورودی کاربر: ناحیه سایه‌دار حذف: هر کانال تصویر به‌عنوان یک سطح شدت در نظر گرفته می‌شود و شکل سطح شدت را در ناحیه سایه‌دار تقریب می‌زند.	حفظ بافت اصلی در مناطق بدون سایه و در نواحی نیم‌سایه. یک تصویر باکیفیت بدون سایه به دست می‌آید.
Han Gong,Darren Cosker [۳۴]	ورودی کاربر: پیکسل‌های ناحیه سایه‌دار و ناحیه روشن حذف: نگاشت ناحیه نیم‌سایه به چهارچوب نرمالیزه شده که اجازه تخمین مؤثر تغییرات غیریکنواخت نور را می‌دهد و به‌موجب آن سایه حذف می‌شود.	بافت حفظ می‌شود. برای تصاویر رنگی کاربرد خوبی دارد

۲-۴-۳ روش‌های حذف خودکار سایه

روش‌های زیاد دیگری وجود دارند که اثر سایه را از بین می‌برند. می‌توانند برپایه ادغام مجدد یا ضرب پیکسل‌های سایه با استفاده از ضریب مقیاس باشند [۳۵]. حذف سایه‌ها با استفاده از ضرب مسیرهای رتینکس در مرجع [۳۵] معرفی شده است. ادغام مجدد به وسیله حل معادله پواسون و استفاده از یک حجم بزرگی از اعداد مسیرهای تصادفی در روش رتینکس برای محاسبه هزینه‌بر است. به جای مسیرهای رتینکس میانگین نتایج ادغام مجدد در طول یک مسیر انتخاب شده همیلتونین^۱ در تصویر در مرجع [۳۶] ارائه شده است.

در مرجع [۳۷] اثبات شده که به وسیله بستن لبه‌های سایه قبل از انتگرال‌گیری، انتشار خطا می‌تواند کاهش یابد. این الگوریتم برپایه این فرض است که سایه‌ها در تصویر مناطق بسته هستند و اگر مناطق سایه بسته نباشند، در طول انتگرال‌گیری مجدد تصویر حاصل طبیعی به نظر نمی‌رسد. برای طبیعی‌تر شدن تصویر مناطق سایه‌دار و بی‌سایه به طور مجزا انتگرال‌گیری مجدد (ادغام مجدد) می‌شوند. انتگرال‌گیری مجدد در طول مسیرهای همیلتونین در تصویر انجام می‌شود که فقط یک بار وارد ناحیه سایه می‌شود و خارج می‌شود. اما انتگرال‌گیری مجدد با استفاده از معادله پواسون نتایج بهتری می‌دهد [۳۳].

مرجع [۳۸] نشان داده که نواحی سایه‌دار و بی‌سایه به وسیله یک ثابت باهم تفاوت دارند که به سادگی برای کانال‌های R, G, B به طور مجزا می‌تواند محاسبه شود. ابتدا مرز ناحیه سایه مشخص می‌شود ثابت از اختلاف ارزش پیکسل‌های داخل و خارج ناحیه سایه بدست می‌آید، ثابت وقتی به ناحیه سایه‌دار اضافه می‌شود اختلاف بین ناحیه سایه و پس‌زمینه را کاهش می‌دهد. روشی برای حذف سایه‌ها از مناطق خمیده در [۳۹] آورده شده است. سایه‌ها اثر یکدیگر را به وسیله محاسبه ضریب مقیاس‌های متفاوت برای مناطق نیم‌سایه و مناطق سایه‌دار خنثی می‌کنند. این روش همچنین در حال محاسبه ضرایب مقیاس، ساختار هندسی سطح را هم می‌دهد.

^۱ - Hamiltonian

جدول ۲-۴: فن‌ها، مزایا و اشکالات روش‌های حذف سایه خودکار

نویسنده، سال	روش	ملاحظات
Finlayson و همکاران [۳۵] ۲۰۰۲	دنبال کردن مسیرهای رتینکس حذف: ضرب با ضرایب مقیاس	بر پایه پیکسل. محاسبات هزینه‌بر
Fredembach, Finlayson [۳۷] ۲۰۰۴	دنبال کردن مسیرهای همیلتونین اما یک‌بار وارد شدن به و یک‌بار خارج شدن از ناحیه سایه حذف: نواحی سایه و بی‌سایه به‌طور مجزا انتگرال‌گیری مجدد می‌شوند.	نویز رنگی وجود دارد.
Fredembach, Finlayson [۳۶] ۲۰۰۵	دنبال کردن مسیرهای همیلتونین حذف: به‌وسیله تنظیم مقدار گرادیان در ناحیه سایه به مقدار صفر	به‌طور محاسبه‌ای از [۲۲] ساده‌تر است. تصنعات بصری بعد از حذف وجود دارد
Fredembach, Finlayson [۳۸] ۲۰۰۶	حذف: ثابت کانال‌های R,G,B به‌طور مجزا محاسبه می‌شود. به ناحیه سایه اضافه می‌شود.	ساده، سریع. به‌طور محاسبه‌ای ساده‌تر و تصنعات کمتری نسبت به [۵]، [۲۲] دارد. پس‌پردازش بازسازی تصویر
Arbel, Hel-Or [۳۹] ۲۰۰۷	حذف: محاسبه ضرایب مقیاس متفاوت برای نواحی سایه و نیم- سایه	بافت حفظ می‌شود. برای سطوح خمیده و تصاویر محیط باز قابل‌اعمال است.

۲-۴-۴ جمع‌بندی بحث

خیلی از روش‌ها نیاز به مداخله دستی یا نیاز به اطلاعات مفید نظیر منطقه زمانی و پارامترهای

دوربین برای انجام حذف سایه دارند [۳۹-۳۵].

۲-۵ روش‌های دیگر

بعضی روش‌های برجسته دیگر در این زمینه، برپایه ناحیه، برپایه رنگ سطح، آماری، برپایه دامنه گرادیان و درهم درگیر کردن سایه هستند. این روش‌ها به‌طور مختصر در زیر بخش‌های زیر آورده شده‌اند.

۲-۵-۱ روش بر اساس ناحیه

دو روش برپایه ناحیه برای تشخیص و حذف سایه از یک تصویر در مرجع [۷] ارائه شده است. با استفاده از روش‌شنایی مربوطه و برش گراف، نواحی سایه‌دار و بدون سایه برچسب زده می‌شوند. سایه‌های تشخیص داده شده به وسیله درگیر کردن تصویر و دوباره روشن کردن پیکسل‌ها، حذف می‌شوند تا تصویر بدون سایه را بازسازی کنند. نویسندگان ارزیابی کمی و کیفی را با استفاده از پایگاه داده استاندارد انجام داده است.

۲-۵-۲ روش برپایه رنگ سطح

در مرجع [۴۰] یک روش تشخیص سایه که براساس آستانه گذاری روی تصویر کار می‌کند نشان داده شده است. پیکسل‌هایی که مقدار شدت کمتری از حد آستانه دارند به عنوان پیکسل‌های سایه و باقی به عنوان پیکسل‌های غیر سایه طبقه‌بندی می‌شوند. روش فقط برای تصاویری که نسبت رنگ زرد به آبی در یک محدوده حفظ شده است به خوبی کار می‌کند. حذف سایه به وسیله ضرب مناطق سایه در یک مقدار انجام می‌شود. به عنوان قدم پس پردازش تصحیح لبه سایه برای کاهش خطای ناشی از انتشار محدوده سایه انجام می‌شود. اشکال روش این است که اشیاء تاریک به عنوان مناطق سایه طبقه‌بندی می‌شوند.

۲-۵-۳ روش آماری

در مرجع [۴۱] روشی را برپایه نقشه احتمال سایه ارائه شده است. روش تشخیص سایه از یک تصویر نزدیک به مادون قرمز همراه با تصویر رنگی برای تشخیص سایه‌ها استفاده می‌کند. در اینجا، حذف سایه به وسیله روشن کردن محدوده سایه تا زمانی که به روشنایی اطرافش برسد انجام می‌شود. بافت حفظ می‌شود و در حذف نیم‌سایه و سایه توانمند است.

۲-۵-۴ روش فازی

یک الگوریتم کلاس‌بندی بر مبنا تقسیم و ادغام که در قطعه‌بندی تصویر استفاده می‌شود. در مرجع [۴۲] روشی برای تشخیص سایه با استفاده از تقسیم و ادغام فازی ارائه شده است. این روش، از یک روش بازگشتی تقسیم یک تصویر به بلوک‌های درخت چهارتایی^۱ همگن پیروی می‌کند، که به وسیله ادغام نواحی تکی مجاور دنبال می‌شود.

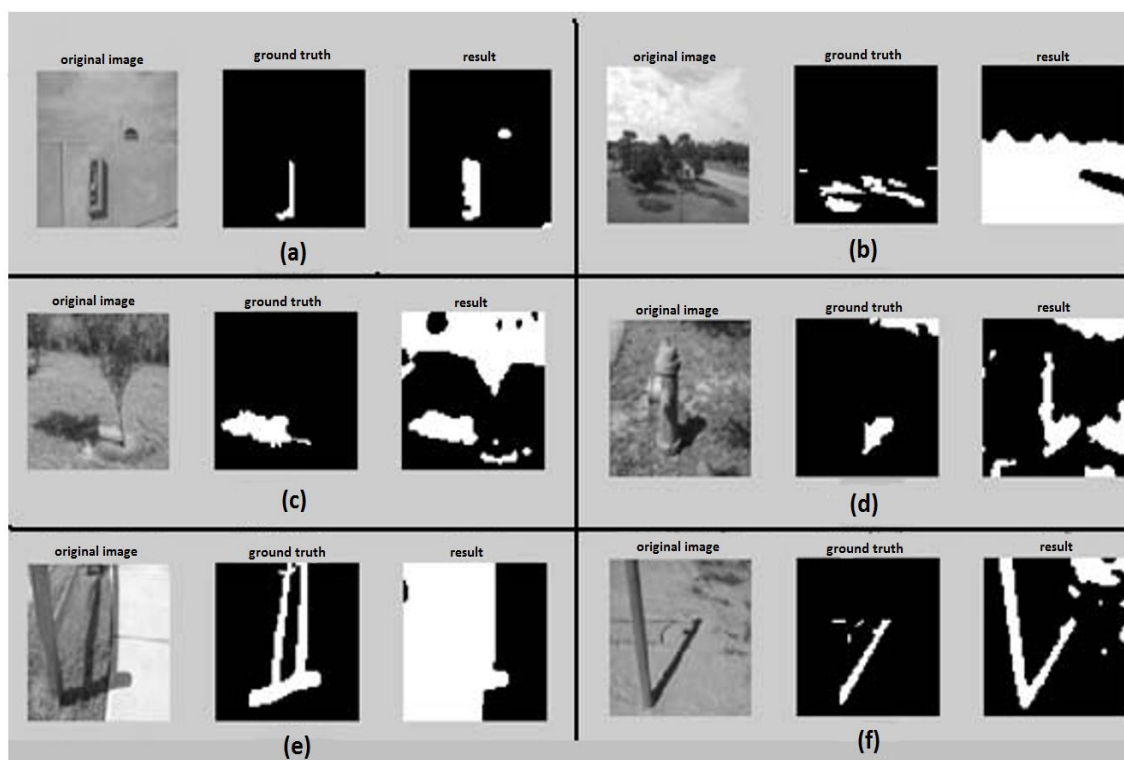
۲-۵-۵ در گیر کردن سایه

در مرجع [۴۳] روشی با استفاده از در گیر کردن سایه برای حذف سایه ارائه شده است. این روش، شدت سایه را برپایه نسبت‌های سایه و غیر سایه در سایه کامل پیدا کرده و از یک چهارچوب بیزین برای تنظیم ضرایب مقیاس سایه در نواحی نیم‌سایه و سایه کامل استفاده می‌کنند. روش سایه‌های نرم را حذف کرده و بافت را در محدوده‌های سایه حفظ می‌کند.

۲-۶ ارزیابی عملکرد

این بخش به مقایسه ارزیابی کمی و کیفی و پارامترهای کیفی روش‌های گذشته در تشخیص و حذف سایه می‌پردازد.

۱- quadtree



شکل ۲-۱: نتایج تشخیص سایه برای مقایسه معیارهای کمی، تصویر اصلی، مرجع صحت و نتیجه تشخیص سایه در شکل آمده است [۸].

جدول ۲-۵: مقادیر معیار کیفیت ادراکی برای تصویر شکل ۲-۱

شکل	PPA	دقت	فراخوانی	نمره F	MCC
شکل a	۰,۹۶۶۳	۰,۹۸۴۴	۰,۹۶۶۶	۰,۹۷۵۴	۰,۵۴۶۹
شکل b	۰,۵۵۳۹	۱	۰,۶۷۸۷	۰,۸۰۸۶	۰,۲۴۵۹
شکل c	۰,۶۷۲۱	۰,۹۲۹۳	۰,۷۲۸۱	۰,۸۱۶۵	۰,۳۰۳۲
شکل d	۰,۸۶۸۶	۰,۹۹۵۸	۰,۸۷۷۳	۰,۹۳۲۸	۰,۵۱۲۶
شکل e	۰,۵۰۹۰	۱	۰,۶۳۷۶	۰,۷۷۸۷	۰,۳۰۶۲
شکل f	۰,۸۵۷۱	۰,۹۰۱۴	۰,۸۶۱۹	۰,۸۸۱۲	۰,۳۶۸۱

۲-۶-۱ معیارهای ارزیابی

مرجع [۳۲] و [۷] کارهای در دسترسی هستند که ارزیابی کمی را روی میانگین مربعات خطا انجام داده‌اند و مرجع [۳۳] ارزیابی نسبت خطا را انجام داده است. کارهای قابل توجه دیگر فقط مقایسه دیداری را انجام داده‌اند. ارزیابی کمی روی تشخیص سایه می‌تواند فقط اگر مرجع صحت در دسترس باشد انجام شود.

۲-۶-۲ ارزیابی کمی و کیفی

درستی معیارهای کیفیت ادراکی و MCC برای ارزیابی تشخیص سایه استفاده می‌شود. در جدول (۲-۶) عملکرد کمی و کیفی مرجع [۵] را با [۷] در محدوده تشخیص سایه باهم مقایسه می‌کند. جدول (۲-۷) ارزیابی کیفی ۴ الگوریتم حذف سایه [۴۳]، [۷]، [۳۲]، [۲۹] را انجام داده و عملکرد آن‌ها را با استفاده از خصوصیات نظیر زمان بارگذاری محاسبه و حفظ بافت بعد از حذف سایه باهم مقایسه می‌کند.

علاوه بر آن آزمایش‌هایی روی گروهی از شش تصویر در این مرجع انجام شده است که نتایج و مرجع صحت آن‌ها در شکل (۲-۱) نشان داده شده است. مقادیر معیارهای کمی (۱-۳) تا (۱-۷) مربوط به این شش تصویر در جدول (۲-۵) داده شده‌اند. نتایج تشخیص سایه که در شکل (۲-۱) آورده ایم صرفاً جهت مقایسه معیارهای ارزیابی کمی سایه بوده است و از مرجع [۸] اقتباس شده‌اند با مقایسه کردن مقدار معیارها در جدول (۲-۵) توانستیم نتیجه بگیریم که MCC معیار مناسب‌تری نسبت به معیارهای درستی، دقت، فراخوانی، و نمره F است.

جدول ۲-۶: ارزیابی کمی و کیفی تشخیص سایه

روش	پارامترهای کیفی			ارزیابی کمی			
	طیف	فضا	بارگذاری محاسبات	گروه داده‌های UCF [۵]		گروه داده‌های ILLINOIS [۷]	
				PPA	MCC	PPA	MCC
Zhu و همکاران [۵] ۲۰۱۰	تک-رنگ	پیکسل	بالا	۰/۸۸۷	۰/۵۹۹	-	-
Guo و همکاران [۷] ۲۰۱۳	رنگی	محدوده	متوسط	۰/۹۰۲	۰/۶۸۴	۰/۸۹۱	۰/۶۸۷

جدول ۲-۷: ارزیابی کیفی حذف سایه

نویسنده	تعاملی / خودکار	طیف	حفظ بافت	بارگذاری محاسبات
Wu et.al. [۴۳] ۲۰۰۷	تعاملی	رنگی	خوب	بالا
Lalonde et.al. [۲۹] ۲۰۱۰	خودکار	رنگی	عالی	پایین
Miyasaki et.al. [۳۲] ۲۰۱۰	تعاملی	رنگی	عالی	پایین
Guo et.al. [۷] ۲۰۱۳	خودکار	رنگی	عالی	متوسط

۷-۲ مروری کوتاه بر پیاده‌سازی رتینکس

رتینکس‌های قابل اجرا براساس بازیابی و آستانه گذاری به دو کلاس اساسی تقسیم می‌شوند. سومین کلاس قابل اجرا که توسط لند^۱ پیشنهاد شده بر اساس فناوری تناوب است که روشنایی را مانند نسبت چگالی محلی مقایسه شده با چگالی میانگین محیط (دایره‌ای) بدون استفاده کردن از آستانه یا بازیابی تعیین می‌کند [۴۴].

در ۱۹۷۴، با توجه به این که تغییرات انعکاس به جز در لبه‌های مرزی نزدیک صفر خواهد شد [۴۵]. هورن پیشنهاد ریاضی برای الگوریتم رتینکس براساس آستانه روی انعکاس ارائه کرد.

فرانکلی^۲ الگوریتم رتینکس بدون آستانه و استناد کامل روی سازوکار بازیابی را ارائه کرد [۴۶]. الگوریتم فرانکی با به ترتیب جایگزین کردن نتایج در طول مسیر با توجه به نسبت پیکسل‌های نمونه گرفته شده در طول یک مارپیچ کار می‌کند.

یک الگوریتم ساده رتینکس بر اساس آستانه و بازیابی توسط لند پیشنهاد داده شده است [۴۴]. ایده اصلی این است که اجزا فرکانس پایین به خاطر روشنایی هستند درحالی که جزئیات فرکانس بالا از ویژگی‌ها بازتابش هستند. تنها ده سال بعد، این ایده به عنوان رتینکس مرکز فراگیر یک یا چند مقیاس فرمول بندی شده است [۴۷-۴۸].

۱- land

۲- Frankle

فصل ۳

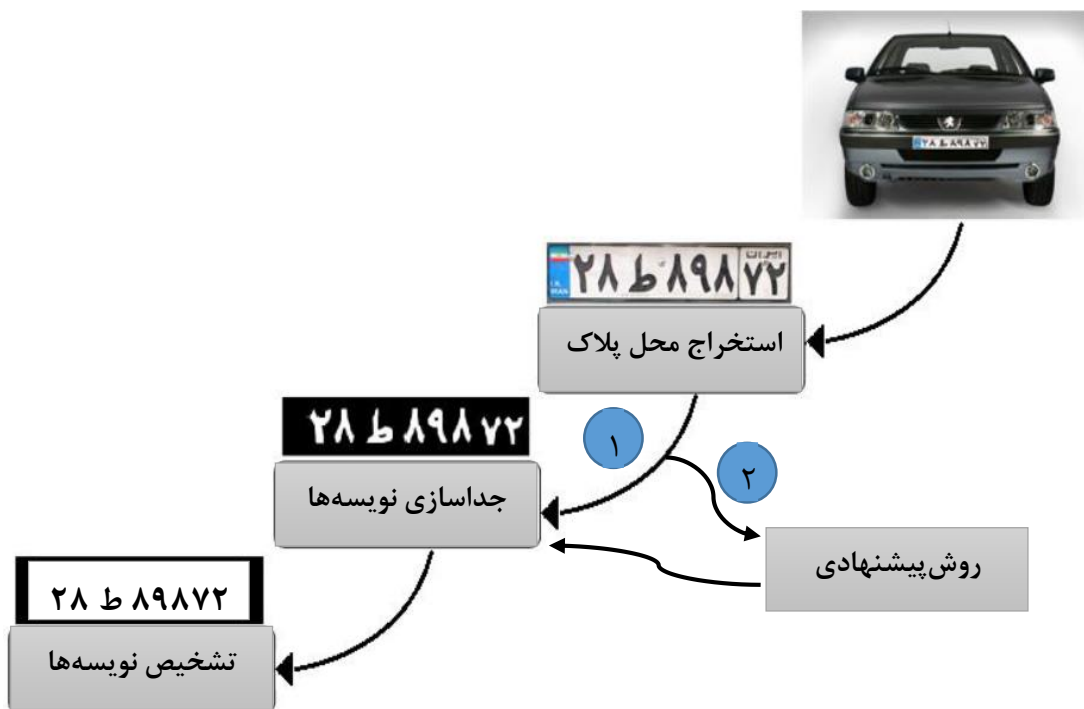
مباحث تئوری

۱-۳ پردازش تصویر

پردازش تصویر روشی برای تبدیل یک تصویر به صورت دیجیتال و انجام برخی از عملیات بر روی آن، به منظور دریافت یک تصویر بهبود یافته و یا برای استخراج برخی از اطلاعات مفید از آن است.

۱-۱-۳ سامانه شناسایی پلاک خودرو

در مرحله اول مکان پلاک در تصویر خودرو جستجو و یافت می‌شود. بنابراین خروجی این مرحله تصویر قالب پلاک است. جداسازی تصویر شناسه از پلاک در مرحله دوم صورت می‌گیرد. چرا که برای شناسایی پلاک، نیاز به تصاویر مجزای شناسه‌های نوشته شده بر روی آن است به طوری که هر تصویر شامل تنها یک شناسه باشد [۴۹]. نهایتاً در مرحله سوم این تصاویر شناسایی شده و نمایش متنی آن‌ها حاصل می‌گردد. شکل (۱-۳) این مراحل را به صورت شماتیک نشان می‌دهد. روش پیشنهادی یک پیش‌پردازش قبل از جداسازی نویسه‌های پلاک است یعنی باید از مسیر دو برای شناسایی پلاک خودرو استفاده شود.



شکل ۱-۳ مراحل مختلف سامانه شناسایی پلاک خودرو

بدیهی است که در یک سیستم شناسایی و تشخیص الگوهای تصویر درجه کیفیت تصویر تأثیر زیادی در نتیجه کار دارد. حذف سایه باعث بهبود کیفیت تصویر و در نتیجه بهبود نتیجه می شود.

۳-۱-۲ حل معادلات پواسن به روش ماتریسی

اگر معادله پواسن برابر با صفر ($f = 0$) قرار گیرد همان معادله لاپلاسین حاصل می شود، در معادله Δ عملگر لاپلاسین است و φ و f توابع با مقادیر حقیقی یا مختلط هستند.

$$\Delta\varphi = f = \text{div grad}\varphi \quad (۱-۳)$$

در معادله ۱-۳ div دیورژانس و grad گرادیان است، ابتدا از تصویر گرادیان گرفته می شود سپس با ضرب ماتریسی مانند شکل ۲-۳ از تصویر لاپلاسین گرفته می شود. برای ساخت این ماتریس از ماتریس قسمت (ب) استفاده شده است.

۳-۲ فیلترگذاری روی تصاویر و انواع فیلترهای مکانی خطی و غیر خطی

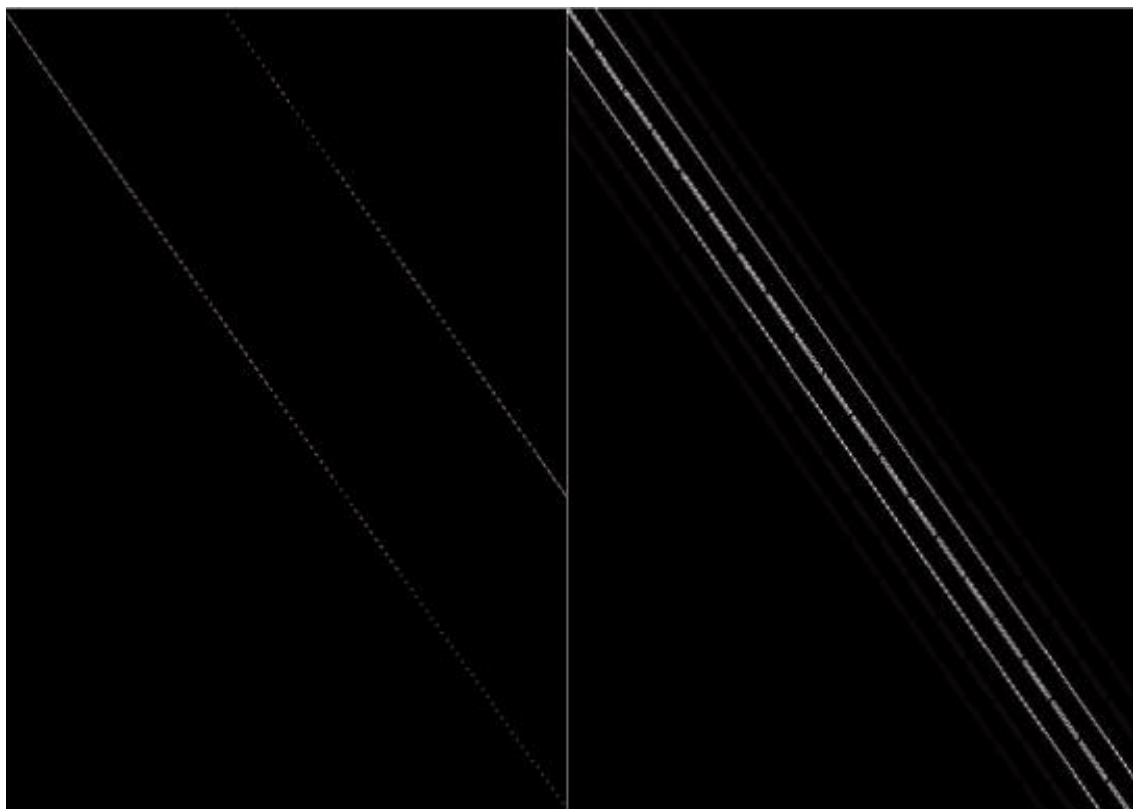
فیلترهای مکانی^۱، به گونه ای روی یک تصویر اعمال می شوند که مقدار پیکسل را با توجه به مقدار پیکسل های همسایگی آن تغییر می دهند [۵۰]. مثلاً می توان مقدار یک پیکسل را با اعمال یک فیلتر میانگین، برابر مقدار میانگین هشت پیکسل همسایگی آن قرار داد. فیلترها به دو نوع خطی و غیرخطی تقسیم می شوند :

۳-۲-۱ فیلترهای خطی

نوع خطی را کانولوشن مکانی هم می نامند. در بکارگیری فیلترهای خطی، همسایگی های یک پیکسل با وزن های مشخص شده با هم جمع می شوند و نرمال سازی می شوند و به عنوان مقدار پیکسل قرار داده می شوند. برای مشخص کردن وزن ها از یک ماتریس استفاده می کنیم ، به ماتریسی که در این

۱- Spatial Filter

بخش استفاده می‌کنیم ماتریس وزن‌ها (ضرایب)، ماسک، کرنل، پنجره، ماسک فیلتر و ... گفته می‌شود. ابعاد همسایگی با ابعاد ماتریس مشخص است. مثلاً اگر می‌خواهیم مقدار یک پیکسل مرکزی را متناسب با وزن‌های خاصی از هشت همسایگی آن بدست آوریم، کافی است یک ماتریس سه در سه شامل مقادیر وزن‌ها تعریف کرده و نظیر به نظیر در همسایگی‌ها ضرب کرده و جمع آن‌ها را به عنوان مقدار پیکسل مرکزی قرار می‌دهیم [۵۰]. بطور کلی از جمع وزن‌دار همسایگی‌های یک پیکسل، مقدار جدیدی برای آن پیکسل بدست می‌آید بنابراین این نوع از فیلترها را خطی می‌نامیم.



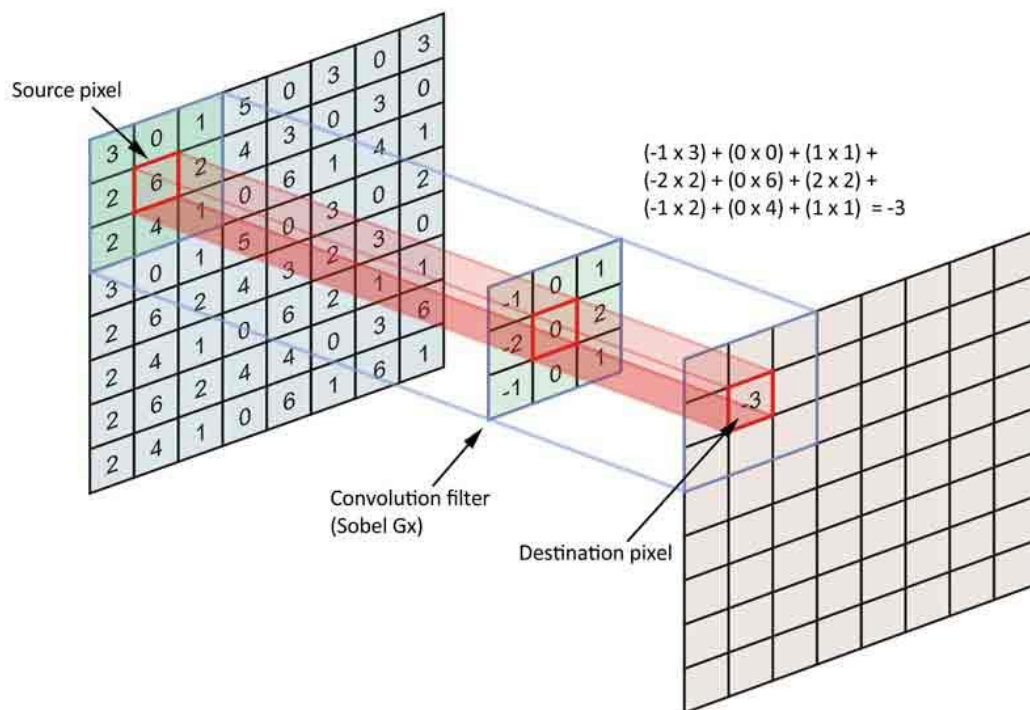
(ب)

(الف)

شکل ۳-۲: مراحل پردازش تصویر

۲-۲-۳ فیلترهای غیرخطی

نوع دیگر فیلترهای پردازش تصویر، فیلترهای غیر خطی هستند. در استفاده از فیلترهای خطی، تمامی پیکسل‌های تصویر تحت تاثیر ضرایب قرار می‌گیرند برای اجتناب از این مشکل از فیلترهای غیرخطی می‌توان استفاده کرد. در این نوع، مقدار یک پیکسل همسایگی را براساس ویژگی خاص به‌عنوان مقدار پیکسل مرکزی در نظر می‌گیریم. مثلاً می‌توان مقدار ماکزیمم همسایگی را به‌عنوان مقدار مرکزی در نظر گرفت.



شکل ۳-۳: نحوه کانولوشن و اعمال فیلتر بر روی پیکسل‌های یک تصویر

۳-۳-۳ فیلتر گوسی و لاپلاسی

به طور کلی در هر تصویر دو دسته پیکسل با فرکانس بالا و پایین وجود دارند. پیکسل فرکانس پایین پیکسلی است که اختلاف شدت روشنایی آن پیکسل با پیکسل‌های همسایه‌اش کم باشد (نقاط آرام تصویر). در مقابل پیکسل فرکانس بالا پیکسلی است که اختلاف شدت روشنایی آن پیکسل با

پیکسل‌های همسایه‌اش زیاد باشد (لبه‌ها و نویزها). برای انجام تبدیلات در هر دو حوزه مکانی و فرکانس از فیلترها استفاده می‌کنیم [۵۰]. فیلترها به دو دسته تقسیم می‌شوند.

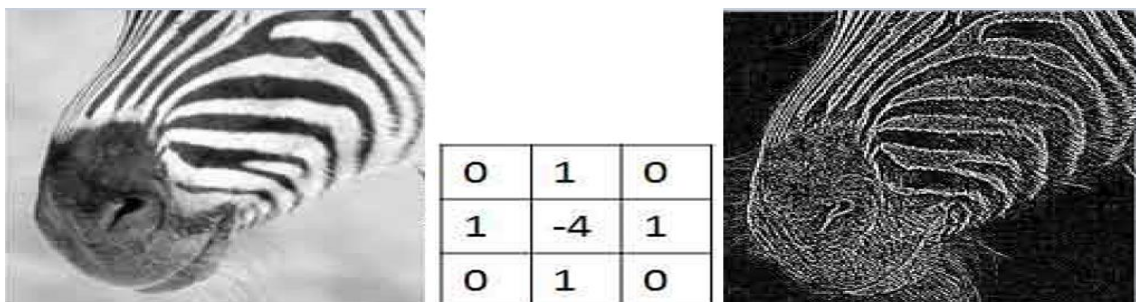
• فیلترهای پایین‌گذر^۱:

این فیلترها با عبور از پیکسل‌های با فرکانس کم، بر روی پیکسل‌های با فرکانس بالا تغییرات ایجاد می‌کنند. نتیجه اعمال فیلترهای پایین‌گذر، تصویری آرام خواهد بود (لبه‌ها و نویزها تا حدودی آرام می‌شوند). در زیر فیلتر آرام‌کننده دیگری که به فیلتر پایین‌گذر گاوس^۲ مشهور است، نمایش داده شده است.

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (۲-۳)$$

• فیلترهای بالاگذر^۳:

این فیلترها با عبور از پیکسل‌های با فرکانس بالا، بر روی پیکسل‌های با فرکانس پایین تغییرات ایجاد می‌کنند. اعمال فیلتر بالاگذر نیز تصویری با جزئیات بیشتر به دست می‌آید. به این فیلترها آشکارکننده لبه نیز می‌گویند. فیلترهای تیزکننده لاپلاس جزئیات بیشتری از تصویر را مشخص می‌کنند. به عنوان مثال تصویر زیر نتیجه اعمال فیلترهای تیزکننده مذکور را نشان می‌دهند:



شکل ۳-۴: اعمال فیلتر لاپلاسی

۱- Low Pass Filter

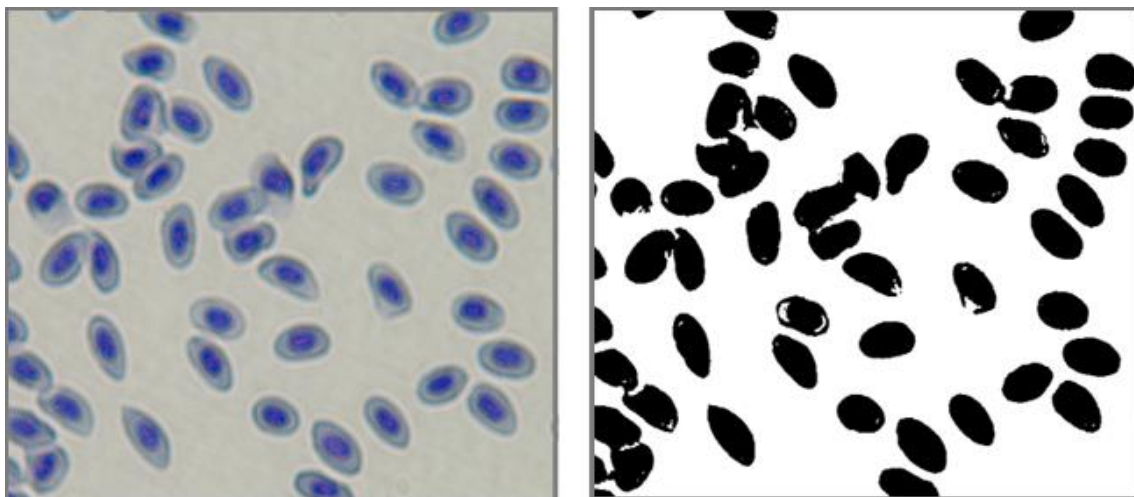
۲- Gaussian

۳- High Pass Filter

۳-۳ آستانه‌گذاری

تابع آستانه‌گذاری^۱ یکی از مهمترین قسمت‌های یک سیستم پردازش تصویر است. آستانه‌گذاری به معنای جدا کردن آن قسمتی از تصویر که با اهمیت است و دارای اطلاعات مفید می‌باشد از قسمتی از تصویر که اطلاعات مفیدی در آن وجود ندارد. روش‌های مختلفی برای این عمل در علم پردازش تصویر وجود دارد، همچنین بعضی روش‌های جداسازی برای تصاویر خاص به کار می‌رود.

ساده‌ترین نوع جداسازی، جداسازی عمومی نام دارد که روش انجام این جداسازی بر اساس هیستوگرام تصویر می‌باشد. ورودی این تابع یک تصویر خاکستری^۲ و یا یک تصویر رنگی می‌باشد. همچنین خروجی آن یک تصویر سیاه و سفید^۳ می‌باشد. اصول کار این طور است که ابتدا بازه‌ای بین عدد ۰ تا ۲۵۵ انتخاب می‌شود [۵۰]. سپس نقاطی از تصویر که شدت رنگ آن بین بازه انتخابی است مقدار ۱ و بقیه نقاط مقدار ۰ می‌گیرند. معمولاً بازه انتخاب شده، مانند شکل (۳-۴) قسمتی از تصویر است که دارای اطلاعات مفید می‌باشد. همچنین هیستوگرام تصویر کمک بسیار خوبی برای انتخاب درست بازه می‌باشد.



شکل ۳-۵: جداسازی قسمت‌های هدف از تصویر موردنظر

۱- Threshold

۲- Gray Scale

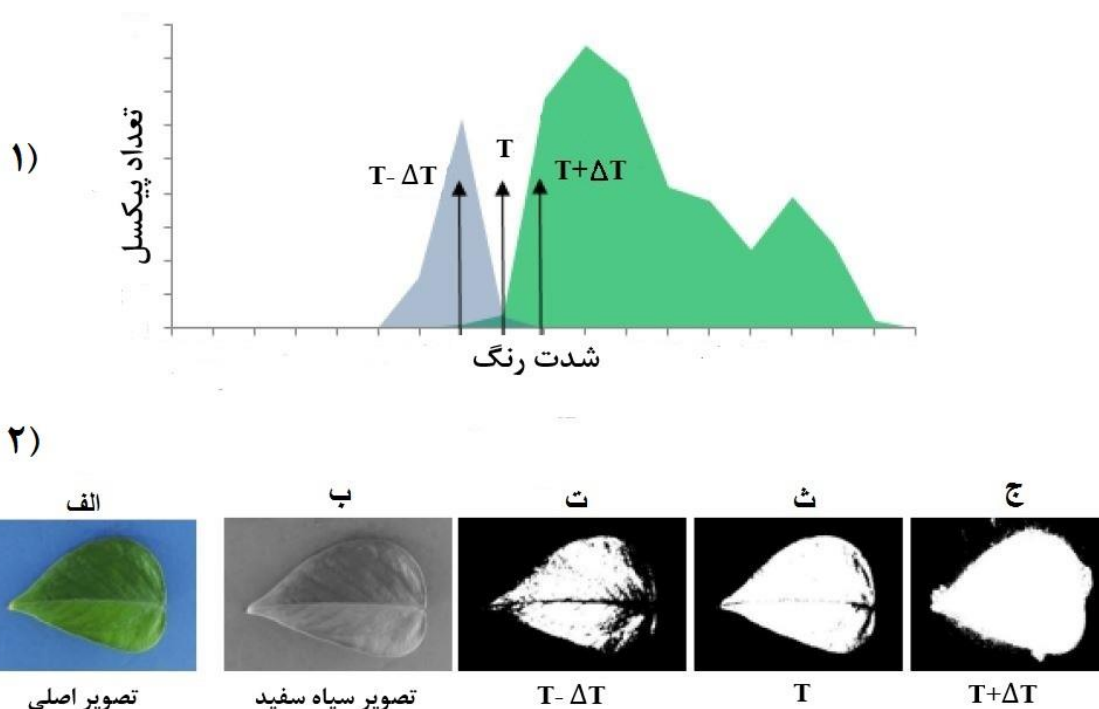
۳- Binary

۳-۳-۱ تصویر دودویی (سیاه و سفید)

به تصویری گفته می‌شود که تمام نقاط آن یا سفید باشند و یا سیاه که معمولا رنگ سیاه با عدد صفر و رنگ سفید با عدد یک نشان داده می‌شود.

۳-۳-۲ هیستوگرام تصویر خاکستری

اگر تمام نقاط یک تصویر خاکستری به صورت یک نمودار فرض شود به طوریکه محور افقی شدت رنگ خاکستری نقاط و محور عمودی تعداد نقاط تصویر مربوط به یک شدت رنگ باشد، آنگاه نمودار به وجود آمده را هیستوگرام تصویر می‌نامند.



شکل ۳-۶ : جداسازی با استفاده از هیستوگرام، قسمت یک هیستوگرام تصویر را نشان می‌دهد. قسمت دو مربوط به تصویر اصلی و نتایج آستانه‌گذاری‌های مختلف روی تصویر است.

۳-۴ الگوریتم برنسن

به منظور جدا کردن نویسه‌ها پلاک از پس زمینه تصویر پلاک می‌توان از هیستوگرام دارای دو مد تصویر ورودی استفاده کرد، روش‌های دودویی آستانه گذاری سرتاسری مانند روش اوتسو نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهند. اما اگر به دلیل نویزهای مختلف هیستوگرام تصویر دارای دو مد نباشد نتایج آستانه‌گذاری سرتاسری رضایت بخش نخواهند بود [۵۱]. عموماً برای تصاویر دارای روشنایی غیریکنواخت یا اعوجاج، که بیشتر تصاویر طبیعی این‌گونه هستند، روش‌های آستانه‌گذاری محلی مانند الگوریتم برنسن استفاده می‌شود.

فرض کنید تابع $f(x,y)$ نشان‌دهنده ارزش خاکستری پیکسل (x,y) است. یک پنجره به مرکز (x,y) و اندازه $(2\omega+1)*(2\omega+1)$ در نظر بگیرید. آستانه محلی این پنجره به صورت فرمول زیر در برنسن محاسبه می‌شود.

$$T_1(x, y) = \frac{\max_{-\omega \leq k, l \leq \omega} f(x+l, y+k) + \min_{-\omega \leq k, l \leq \omega} f(x+l, y+k)}{2} \quad (3-3)$$

سپس ارزش دودویی جدید پیکسل از رابطه (۳-۳) محاسبه می‌شود.

$$b(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{if } f(x, y) < T_1(x, y) \\ 255, & \text{else.} \end{cases} \quad (4-3)$$

الگوریتم برنسن حساس به نویز است که این امر باعث تخریب کاراکترهای پلاک می‌شود. در این پایان‌نامه حذف نویز و حفظ کاراکترهای تصویر اهمیت دارد. الگوریتم برنسن بهبود یافته نتایج بهتری برای حذف سایه از پلاک ارائه می‌دهد. فرض کنید که $\hat{f}(x, y)$ نشان‌دهنده ارزش خاکستری پیکسل (x,y) در تصویر، بعد از گرفتن فیلتر گوسی از تصویر ورودی است. در برنسن l و k پارامترهای پنجره هستند و برای بدست آوردن مقدار آستانه جدید مراحل زیر را طی می‌کنیم.

۱- ابتدا $T_1(x,y)$ برای تصویر $f(x,y)$ مطابق فرمول (۳-۳) بدست می آوریم.

۲- سپس فیلتر گوسی تصویر $\hat{f}(x,y)$ مطابق فرمول زیر بدست آوریم. S محیط پنجره فیلتر است.

$$\hat{f}(x,y) = \frac{1}{(2\omega+1)^2} \sum_{x,y \in S} f(x,y) * \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\left(\frac{x}{\sigma} \right)^2 + \left(\frac{y}{\sigma} \right)^2 \right] \right\} \quad (۳-۵)$$

۳- حال آستانه $T_2(x,y)$ برای تصویر گوسی $\hat{f}(x,y)$ بدست می آوریم.

$$T_1(x,y) = \frac{\max_{-\omega \leq k,l \leq \omega} \hat{f}(x+l,y+k) + \min_{-\omega \leq k,l \leq \omega} \hat{f}(x+l,y+k)}{2} \quad (۳-۶)$$

۴- سپس ارزش دودویی پیکسل جدید از رابطه زیر بدست می آید.

$$b(x,y) = \begin{cases} 0, & \text{if } f(x,y) < \beta ((1-\alpha) T_1(x,y) + \alpha T_2(x,y)); \beta \in (0,1) \\ 255, & \text{else.} \end{cases} \quad (۳-۷)$$

پارامتر α بین الگوریتم برنسن بهبود یافته با الگوریتم برنسن، تعادل ایجاد می کند و مقادیر بین صفر و یک را می پذیرد ($\alpha \in [0,1]$). اگر α صفر باشد، مقدار دودویی بدست آمده حاصل الگوریتم برنسن است و هنگامی که یک باشد مقدار دودویی بدست آمده حاصل الگوریتم برنسن با فیلتر گوسی است. مقدار β روی کل آستانه تاثیر می گذارد با تنظیم این مقدار می توان الگوریتم برنسن را برای کاربرد-های خاص کالیبره کرد [۵۲].



(الف)

(ب)

(پ)

شکل ۳-۷: تأثیر β در برنسن، قسمت (الف) تصویر اصلی، در قسمت (ب) $\beta = 0.65$ و در قسمت (پ) $\beta = 0.9$

است.

۳-۵ مدل رتینکس

مرجع [۴] در سال ۱۹۷۸ مدلی را در مورد تشکیل تصویر ارائه کرد. مطابق زیر مدل تصویر $I(x,y)$ را به عنوان ترکیبی از اجزاء بازتاب^۱ $R(x,y)$ و تابش^۲ $L(x,y)$ تعریف کردند.

$$I_k(x,y) = R_k(x,y).L_k(x,y) \quad (۳-۸)$$

که در معادله بالا $k \in R,G,B$ و " " نشان دهنده ضرب به روش پیکسلی است.

انعکاس $R(x,y)$ و روشنایی $L(x,y)$ مولفه های مؤثر بر شکل دهی یک تصویر می باشند که توسط رابطه (۳-۸) قابل تعریف هستند. روشنایی، $L(x,y)$ میزان نور رسیده از منبع به هر نقطه شیء و انعکاس، $R(x,y)$ میزان نور منعکس شده از هر نقطه شیء است. برای تخمین تابع روشنایی می توان ابتدا چند فیلتر گوسی پایین گذر با پهناهای مختلف به تصویر اصلی اعمال نموده و سپس این تصاویر را با در نظر گرفتن وزن مناسب ترکیب کرد [۵۳].

$$L(x,y) = \sum_{s=1}^S \omega_s (I(x,y) * G_s(x,y)) \quad (۳-۹)$$

$$G_s(x,y) = Ke^{-\frac{x^2+y^2}{\sigma_s^2}} \quad (۳-۱۰)$$

ω_s عبارت وزن دهنده و $G_s(x,y)$ تابع گوسی با پهنای σ_s در مقیاس S است. بدیهی است با تخمین مناسب مؤلفه روشنایی می تواند اثر تغییرات شدت روشنایی را حذف کرد.

با لگاریتم گیری از معادله (۳-۸) می توانیم مؤلفه انعکاس و مؤلفه روشنایی تابع تصویر را جدا نمود.

$$\ln I(x,y) = \ln R(x,y) + \ln L(x,y) \quad (۳-۱۱)$$

۱- reflectance

۲- illumination

سپس با تبدیل فوریه گرفتن از معادله (۱۱-۳) نتیجه می‌دهد:

$$F(\ln I(x, y)) = F(\ln R(x, y)) + F(\ln L(x, y)) \quad (۱۲-۳)$$

که به صورت جمع دو تابع در حوزه فرکانس به شکل معادله (۱۲-۳) قابل بیان است.

$$Z(u, v) = F_L(u, v) + F_R(u, v) \quad (۱۳-۳)$$

در معادله بالا F_R بیشتر شامل مؤلفه‌های فرکانس بالا و F_L بیشتر شامل مؤلفه‌های فرکانس پایین می‌شود. با کانوالو Z با یک فیلتر بالاگذر با تابع تبدیل $H(u, v)$ کنتراست بهبود و رنج دینامیکی کاهش می‌یابد.

$$H(u, v) * Z(u, v) = H(u, v) * F_L(u, v) + H(u, v) * F_R(u, v) \quad (۱۴-۳)$$

تصویر پردازش شده با تبدیل فوریه معکوس گرفتن و بدنبال آن اعمال تابع نمایی از معادله (۱۴-۳) حاصل می‌شود.

$$I_{\text{new}}(x, y) = e^{F^{-1} \{ H(u, v) \cdot Z(u, v) \}} \quad (۱۵-۳)$$

در این روش تابع روشنایی بعنوان یک نسخه مات شده از تصویر اصلی تخمین زده می‌شود.

۳-۶ پایگاه داده فارسی تهیه شده

این پایگاه داده شامل ۱۶۰ تصویر از پلاک‌های خودرو همچنین اولین پایگاه تخصصی برای بررسی روشنایی غیر یکنواخت در پلاک‌های فارسی است. برای جمع‌آوری آن هیچ سخت افزار اضافی یا نور پردازشی ویژه به کار نرفته است. تصویربرداری به صورت تصادفی بوده همچنین سعی شده انواع خودرو با رنگ‌های مختلف و محل قرارگیری پلاک در تصویر متنوع باشد.

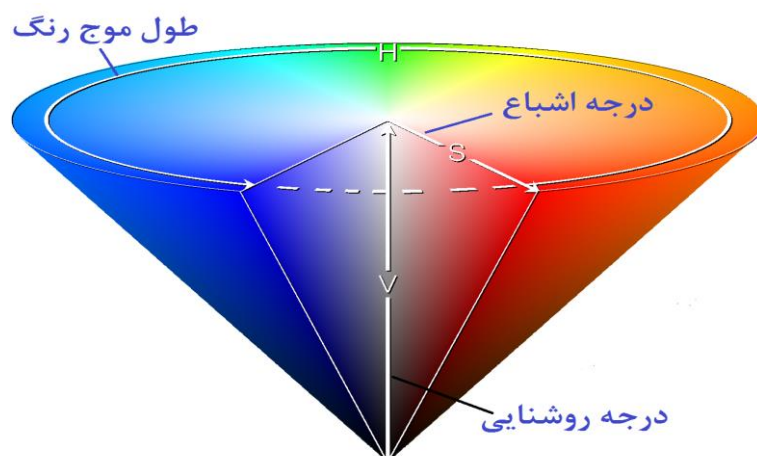
۳-۷ فضای رنگ

مبحث رنگ به طور کلی و موضوع رنگ در گرافیک کامپیوتری و تصاویر دیجیتال به طور خاص، از نظر فنی مبحثی پیچیده و مفصل است. پرداختن به تمام جوانب تکنیکی آن در اینجا عملی نیست.

۳-۷-۱ فضای رنگ HSV^۱

ابعاد تشکیل دهنده این فضا، رنگ را براساس طول موج، درجه اشباع و درجه روشنایی آن تعریف می-کند. فضای مذکور یک فضای مخروطی است که در آن :

- طول موج رنگ برابر زاویه رنگ در برش دایره مخروط است و در فاصله (۰, ۳۶۰) درجه تعریف می-شود، به صورتی که قرمز در زاویه صفر درجه، سبز در زاویه ۱۲۰ درجه و آبی در زاویه ۲۴۰ درجه قرار گرفته که در انتها دوباره به قرمز در زاویه ۳۶۰ باز می-گردد.
- درجه روشنایی رنگ معادل محور مرکزی مخروط است.
- درجه اشباع رنگ برابر فاصله نقطه روی دایره تا محور مرکزی است به گونه‌ای که در نزدیکی محور، میزان غلظت کمتر است و بیشترین غلظت در محیط دایره خارجی مخروط است [۵۰].



شکل ۳-۸ : مخروط فضای رنگ HSV

^۱ - Hue, Saturation, Value

فصل ۴

روش پیشنهادی و نتایج

۱-۴ روش پیشنهادی

پایه روش رتینکس این است که تغییرات تابش به آهستگی رخ می‌دهد، بنابراین طیف فرکانسی آن در فرکانس‌های پایین قرار دارد. از اینرو تابش تخمین زده می‌شود. با توجه به این که تصویر از دو بخش تابش و انعکاس تشکیل شده است با گرفتن فیلتر تیز کننده لاپلاسیان از تصویر اولیه و سپس کسر آن از تصویر، تابش بدست می‌آید. با گرفتن لگاریتم از معادله (۷-۳) معادله زیر حاصل می‌شود.

$$\log I_k(x, y) = \log R_k(x, y) + \log L_k(x, y) \quad (۱ - ۴)$$

$$\log R_k(x, y) = \log I_k(x, y) - \log L_k(x, y) \quad (۲ - ۴)$$

$$\log R_k(x, y) = \log \frac{I_k(x, y)}{L_k(x, y)} \quad (۳ - ۴)$$

در معادله بالا $I(x, y)$ تصویر ورودی می‌باشد و $L(x, y)$ تابش تخمین زده شده با استفاده از فرمول زیر می‌باشد.

$$L_k(x, y) = I_k(x, y) - \sum_{s=1}^S \omega_s (I(x, y) * F_s(x, y)) \quad (۴ - ۴)$$

در عبارت بالا $F_s(x, y)$ کرنل تابع لاپلاسیان و علامت * نشان دهنده عمل کانولوشن بین کرنل و تصویر است.

با کسر انعکاس به دست آمده از فرمول (۳-۴) از تصویر اصلی، سایه تخمین زده می‌شود. در روش پیشنهادی پس از بدست آوردن شدت سایه این مقدار را در یک متغیر ضرب کرده و با تصویر اصلی جمع می‌کنیم با این کار سایه اثر خود را کاهش می‌دهد. برای این که متغیر به صورت خودکار تغییر کرده و برای هر تصویر متناسب با سایه روی آن بتواند بهترین اصلاح را روی روشنایی اعمال کند ابتدا باید مکان پلاک و سپس شدت سایه تشخیص داده شود. پایگاه داده شامل ۸۰ تصویر با سایه نرم و ۸۰ تصویر دارای سایه سخت است. در شکل (۱-۴) نمونه‌های از این پایگاه نشان داده شده است.

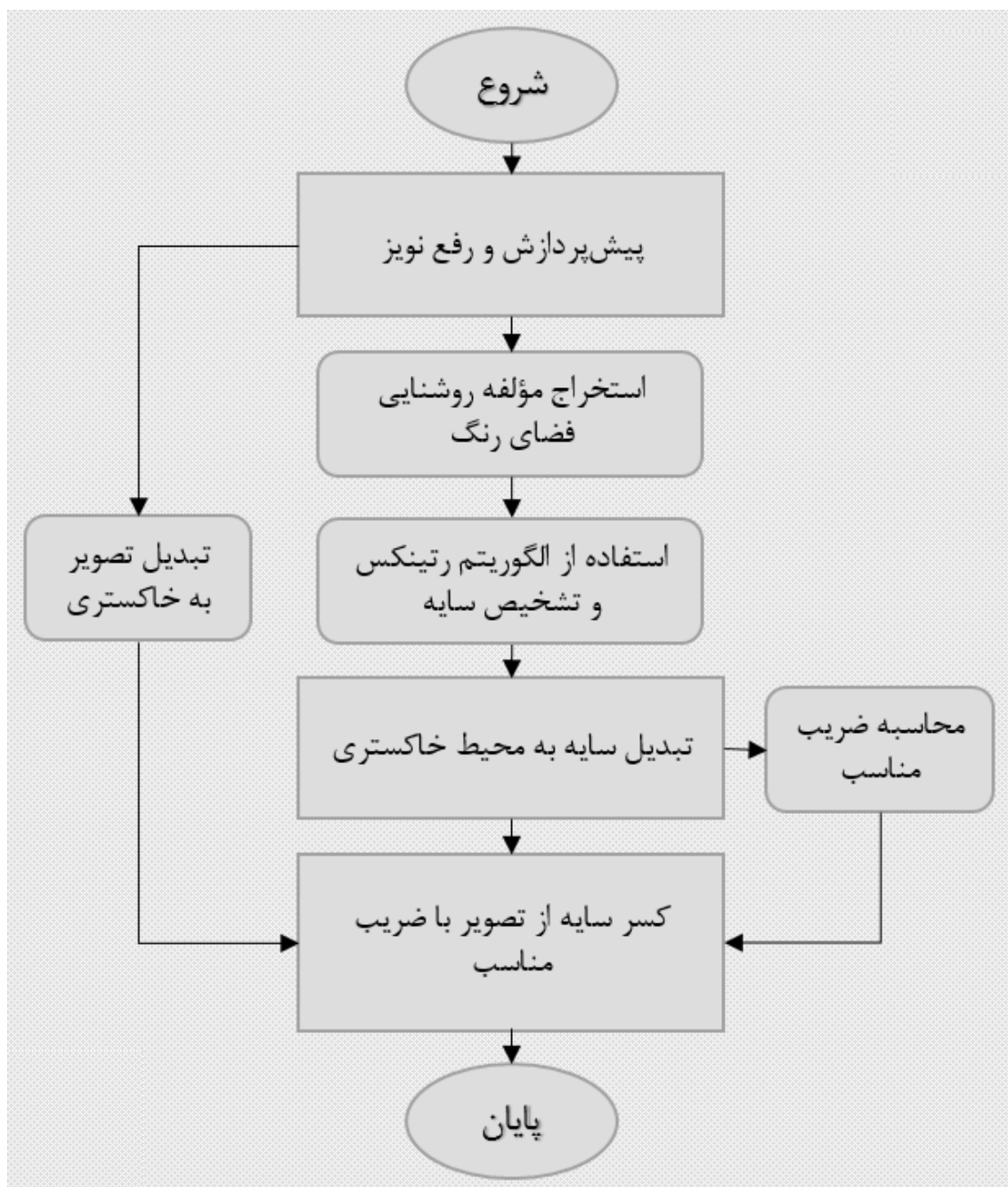


(الف)

(ب)

شکل ۴-۱ نمونه‌های از پایگاه داده، تصاویر قسمت (الف) سایه سخت و تصویر قسمت (ب) سایه نرم است.

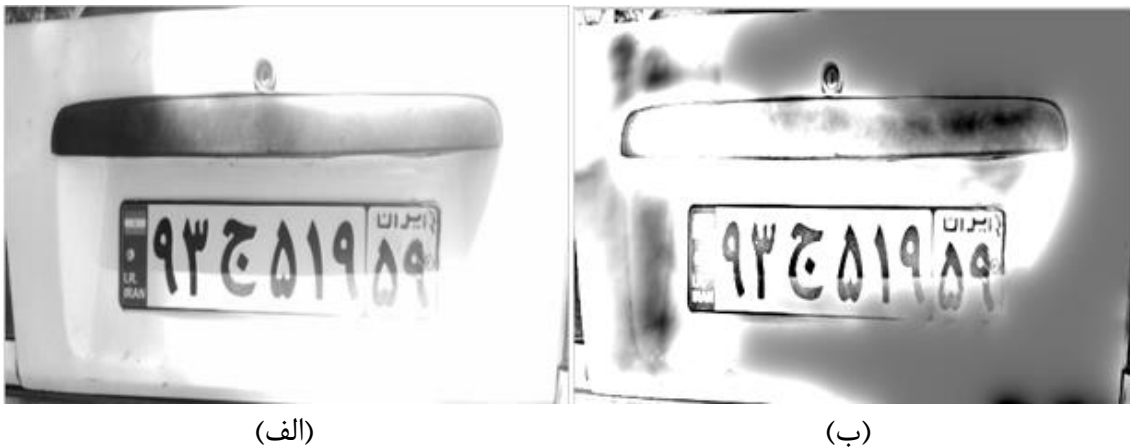
در شکل (۴-۲) روندنمای روش پیشنهادی را مشاهده می‌کنید. بعد از تشخیص سایه با استفاده از مؤلفه روشنایی رنگ اگر این مؤلفه را با مؤلفه‌های دیگر ترکیب کنیم چون سه مؤلفه جفت شده نیستند در ناحیه مرز سایه رنگ‌های مصنوعی به وجود می‌آید. به این خاطر سایه و تصویر ورودی را به صورت دودویی درآورده و مرحله حذف سایه را در محیط خاکستری انجام می‌دهیم.



شکل ۴-۲: فلوچارت روش پیشنهادی

۴-۱-۱ بدست آوردن مقدار ضریب سایه

هدف از بین بردن سایه و یکنواخت کردن روشنایی است. اگر یک مقدار بزرگ در سایه ضرب شود سپس با تصویر جمع شود این امر باعث می‌شود مناطقی از تصویر که در محدوده سایه بودند دارای شدت روشنایی بیشتر شوند و مناطق غیر سایه نسبت به مناطق اصلاح شده تیره‌تر به نظر برسند. این امر برای تصاویری که سایه بخش از کاراکترها را دربر گرفته تاثیر بیشتری دارد و باعث کاهش احتمال تشخیص درست کاراکتر می‌شود. این مطلب در شکل (۴-۳) نشان داده شده است.



شکل ۴-۳: ضریب اصلاح سایه، شکل (الف) تصویر ورودی و شکل (ب) تصویر پس از اصلاح، سایه با ضریب ۱,۲ با تصویر ورودی جمع شده‌است.



شکل ۴-۴: مکان‌یابی پلاک، تصویر پس از مکان‌یابی محل پلاک توسط برنامه تشخیص مکان پلاک خودروهای فارسی مرجع [۵۴]

برای تعیین درست ضریب سایه باید نوع سایه را تشخیص دهیم. اگر سایه سخت باشد باید مقدار ضریب را بیشتر انتخاب کنیم این امر برای سایه نرم برعکس است. برای این کار تعداد پیکسل‌های سایه که از یک مقدار آستانه بیشتر هستند شمارش شده‌اند، این مقدار آستانه طبق آزمایشات بر روی پایگاه داده حدود ۰,۶ باید انتخاب شود. بیشترین تعداد پیکسل‌های سایه برابر با تمام پیکسل‌ها داخل مستطیل مشکی رنگ است، (به شکل (۴-۴) دقت کنید). کمترین مقدار پیکسل‌ها طبق آزمایشات ما حدود ۷ پیکسل در نظر گرفته شده است. طبق رابطه تبدیل بازه‌ها در آنالیز عددی، بازه‌ی تعداد پیکسل‌های دارای شدت روشنایی زیاد به عددی بین بازه‌ای (۰,۶-۰,۲) تبدیل می‌شود. این بازه به صورت آزمایشگاهی بدست آمده، در شکل (۴-۵) نمونه‌هایی از اعمال سایه به تصویر ورودی را مشاهده می‌کنید. اگر بخواهیم عددی در بازه (a, b) را به بازه (c, d) ببریم باید از رابطه (۴-۴) استفاده کنیم.

$$y = \left(\frac{x - a}{b - a} \right) * (c - d) + d \quad (4 - 4)$$

۴-۲ نتایج

در این بخش نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی را به نمایش می‌گذاریم و به دو صورت کلی (کمی و کیفی) به بررسی و مقایسه آن‌ها می‌پردازیم.

۴-۲-۱ ارزیابی کمی تشخیص سایه

معیارهای کمی ادراکی که عبارت‌اند از: صحت (رابطه ۱-۳)، دقت (رابطه ۱-۴)، فراخوانی (رابطه ۱-۵)، و ضریب همبستگی متیوز (MCC) (رابطه ۱-۷) در ارزیابی استفاده شده است. برای اعمال این معیارها ابتدا باید بتوانیم مقدار پیکسل‌های ناحیه سایه تصویر را محاسبه کنیم تا بتوانیم مرجع صحت را بدست آوریم. مرجع صحت برای تصویر به این معنی است که ناحیه سایه را با استفاده از کاربر مشخص کنیم سپس بعد از محاسبه ناحیه سایه توسط نرم افزار باید ناحیه‌های که به اشتباه سایه تشخیص داده شده

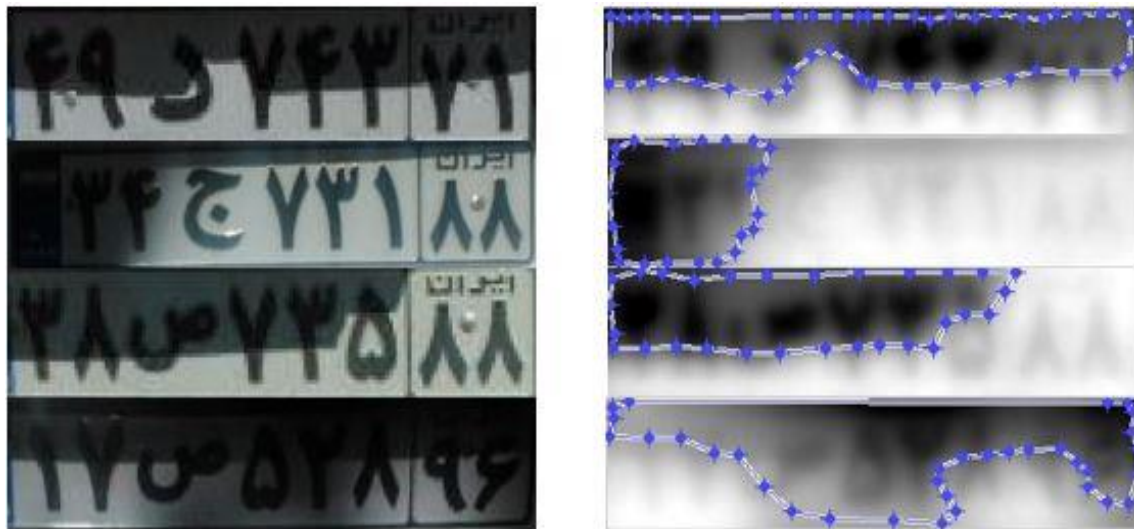
یا ناحیه‌های از که به عنوان غیرسایه تشخیص داده نشده را بدست آوریم. با شمارش تعداد پیکسل‌های موجود در این ناحیه‌ها معیارهای ارزیابی کمی را بدست می‌آوریم.



(ب)

(الف)

شکل ۴-۵: مقایسه دیداری تصاویر بعد اصلاح، تصاویر (ب) مربوط به شکل اصلی و تصاویر (الف) بعد از جمع با ضربی از سایه



(ب)

(الف)

شکل ۴-۶: ایجاد ماسک، قسمت (ب) تصاویر ورودی و قسمت (الف) تصاویر ناحیه سایه بدست آمده از روش پیشنهادی را نشان می‌دهد که به کمک کاربر اطراف سایه یک ماسک^۱ ایجاد کرده‌ایم.

^۱- mask

انتخاب ناحیه با استفاده از دستور roipoly متلب انجام شده است. در این دستور با استفاده از موس می‌توان ناحیه مورد نظر خود را انتخاب کنیم. در شکل (۴-۶) دو گروه تصویر نشان داده شده است. گروه تصاویر (الف) تصاویر ورودی هستند و گروه (ب) شامل تصاویر بدست آمده از روش پیشنهادی هستند.

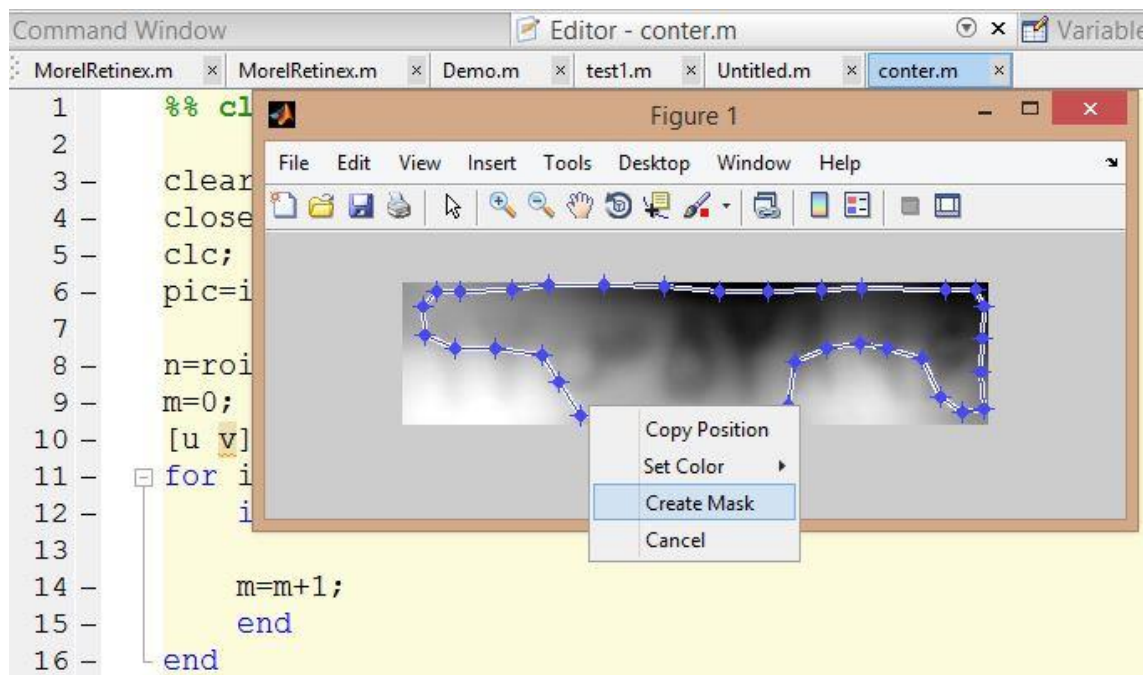
در دستور roipoly متلب کاربر می‌تواند با کلید چپ موس ناحیه مورد نظر خود را انتخاب کند. در شکل (۴-۷) نحوه تشکیل ماسک نشان داده شده است. پس از انتخاب ناحیه کلیک راست کرده و گزینه ایجاد ماسک را انتخاب می‌کنیم. این کار را برای تصویر ورودی انجام داده و یک مرجع صحت برای هر تصویر تشکیل می‌شود. سپس ماسک‌هایی برای تصویر خروجی انتخاب می‌کنیم این ماسک‌ها عبارتند از :

۱- ناحیه‌هایی سایه که به عنوان سایه درست تشخیص داده شده است.

۲- ناحیه‌هایی که به اشتباه به عنوان سایه تشخیص داده شده اند.

۳- ناحیه‌هایی که سایه بوده ولی تشخیص داده نشده‌اند.

با شمارش تعداد پیکسل‌های ماسک‌های بدست آمده می‌توان معیارهای کمی مورد نظر را محاسبه کرد. این معیارها برای هشتاد تصویر محاسبه شده‌اند، چهل تصویر از سایه نرم و چهل تصویر از سایه سخت انتخاب شده است. سپس از نتایج عددی میانگین گرفته‌ایم.



شکل ۴-۷: نحوه تشکیل ماسک، پس از انتخاب گزینه ایجاد ماسک یک تصویر دودویی در Π ذخیره می‌شود که مقادیر ماسک انتخابی کاربر دارای مقدار یک و بقیه نقاط برابر صفر می‌شوند.

مقایسه بدست آمده برای این معیارها در جدول (۴-۱) نشان داده‌است. همانطور که در جدول مشاهده می‌کنید دقت تشخیص تصویر در سایه سخت بیشتر از تشخیص در تصاویر سایه نرم است، این امر نشان می‌دهد که در سایه سخت پیکسل‌های بیشتری به عنوان سایه شناخته می‌شوند و احتمال تشخیص پیکسل سایه به عنوان غیرسایه کمتر شده است. با توجه به جدول (۴-۱) تصاویر سایه نرم دارای فراخوانی بیشتری نسبت به تصاویر سایه سخت هستند. در سایه نرم روش پیشنهادی قسمت‌های کمتری را به عنوان ناحیه سایه تشخیص می‌دهد. این امر باعث می‌شود نقاط کمتری از غیرسایه به عنوان سایه تشخیص داده شده و فراخوانی افزایش یابد. با توجه به این که معیار MCC نزدیک به یک است نتیجه گرفته می‌شود که روش پیشنهادی در تشخیص سایه تا حد خوبی موفق بوده‌است.

جدول ۴-۱: بررسی کمی تشخیص ناحیه سایه توسط روش پیشنهادی

تصاویر	PAA	دقت	فراخوانی	MCC
میانگین چهار تصویر سایه نرم	۰,۹۴۲۳	۰,۹۵۸۸	۰,۹۳۰۳	۰,۸۲۱۶
میانگین چهار تصویر سایه سخت	۰,۹۳۲۷	۰,۹۶۵۷	۰,۹۱۹۳	۰,۸۲۳۷

۴-۲-۲ مقایسه کیفی

در این بخش نتایج بدست آمده برای پایگاه تصویر از روش پیشنهادی را با روش معمول رتینکس و برسن تعمیم یافته به صورت دیداری (کیفی) مقایسه کرده ایم. به نتایج ارائه شده در شکل (۴-۸) و (۴-۹) دقت کنید.



شکل ۴-۸: نتایج روش برسن، تصاویر (ب) تصاویر ورودی دارای سایه و تصاویر (الف) مربوط به نتایج بدست آمده از روش برسن



(الف)

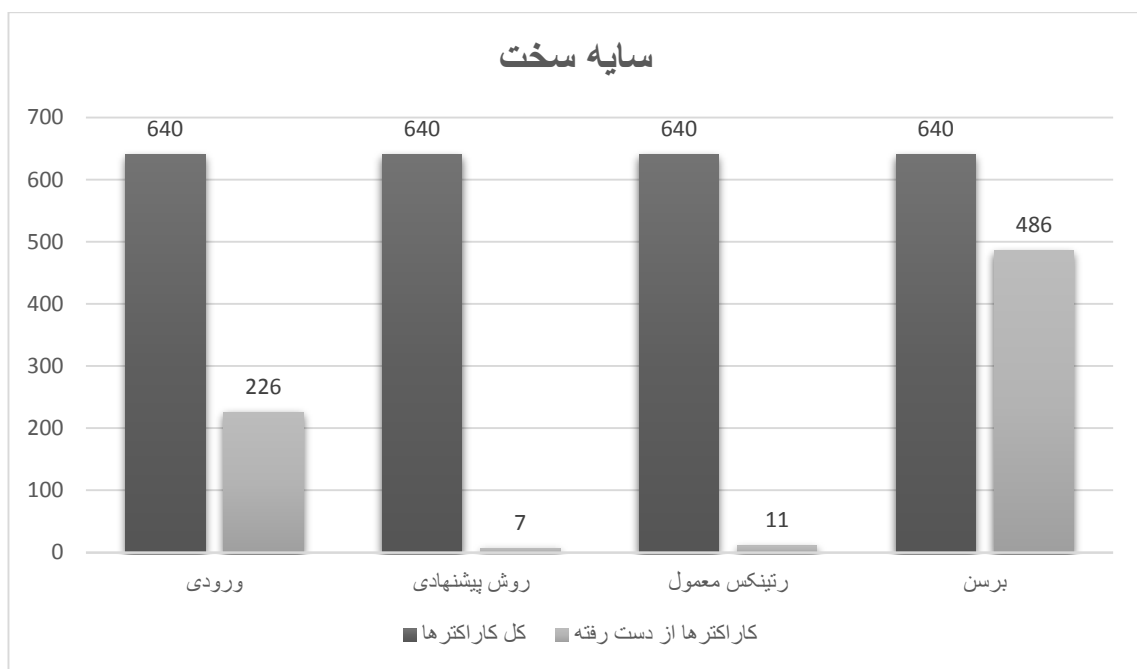
(ب)

شکل ۴-۹: مقایسه دیداری روش پیشنهادی با روش رتینکس معمول، تصاویر (الف) نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی و تصاویر (ب) نتایج رتینکس معمول بر روی ورودی‌ها را نشان می‌دهد. به علت اصلاح روشنایی با استفاده از خود سایه شاهد یکنواختی بیش‌تری در نواحی سایه هستیم.

همان‌طور که در شکل (۴-۹) مشاهده می‌شود روش پیشنهادی اثر سایه روی پلاک را به صورت قابل ملاحظه‌ای بهبود داده است. روش برسن با توجه به شکل (۴-۸) از محیط اطراف پلاک و رنگ ماشین تأثیر زیادی پذیرفته است.

۳-۴ تشخیص کاراکترها

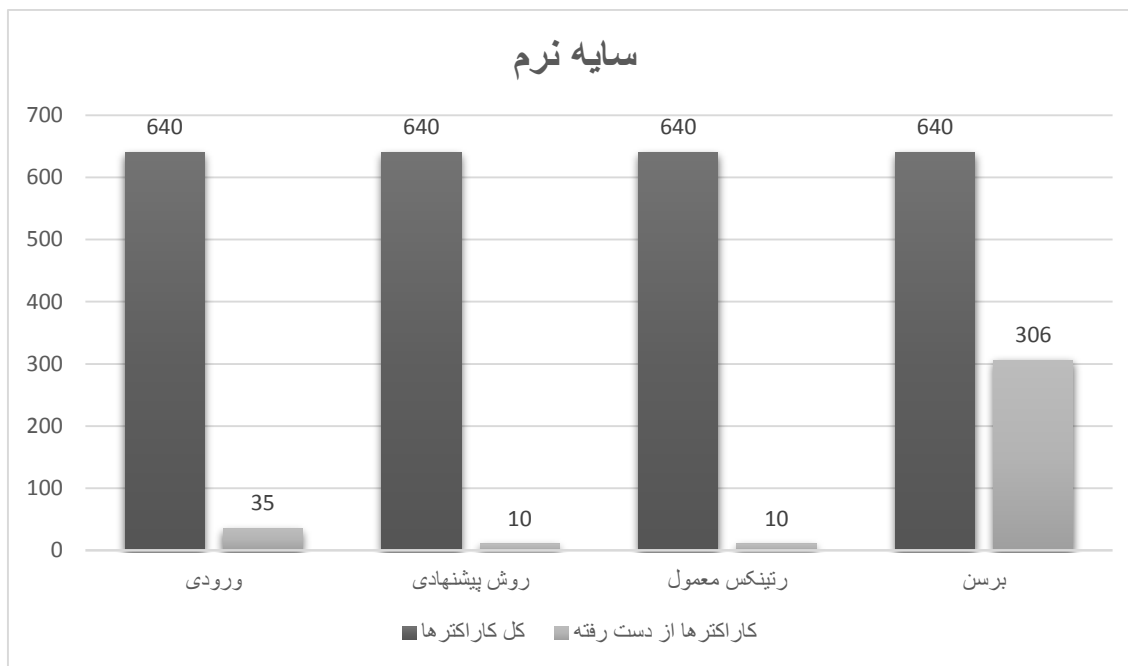
اگرچه سیستم‌های خودکار تشخیص پلاک خودرو پیشرفت‌های زیادی در دهه‌های اخیر داشته‌اند، اما هنوز مشکلاتی مانند سازگاری این سیستم‌ها با شرایط محیطی مختلف باقی مانده است. به عنوان مثال اگر تصویر گرفته شده دارای سایه باشد سیستم‌های موجود کارایی لازم را ندارند. حذف سایه یک پیش‌پردازش ضروری برای سیستم‌های خودکار تشخیص پلاک خودرو است. سایه باعث تخریب کاراکتر-های پلاک می‌شود. در این پایان نامه دو سیستم پلاک خوان خودکار بررسی شده است. سیستم گروه پردازشگران فارسی^۱ و گروه گلبافان^۲ مورد بررسی قرار گرفته و استفاده از روش پیشنهادی به عنوان یک پیش‌پردازش باعث بهبود استخراج کاراکترها و افزایش درستی نتایج این دو سیستم شده است.



شکل ۴-۱۰: کاراکترهای از دست رفته سایه سخت در پردازشگران فارسی، این نمودار نشان دهنده تعداد کاراکترها در پلاک‌های دارای سایه سخت است که در سیستم گروه پردازشگران فارسی اشتباه تشخیص داده شده‌اند یا کلاً تشخیص داده نشده‌اند.

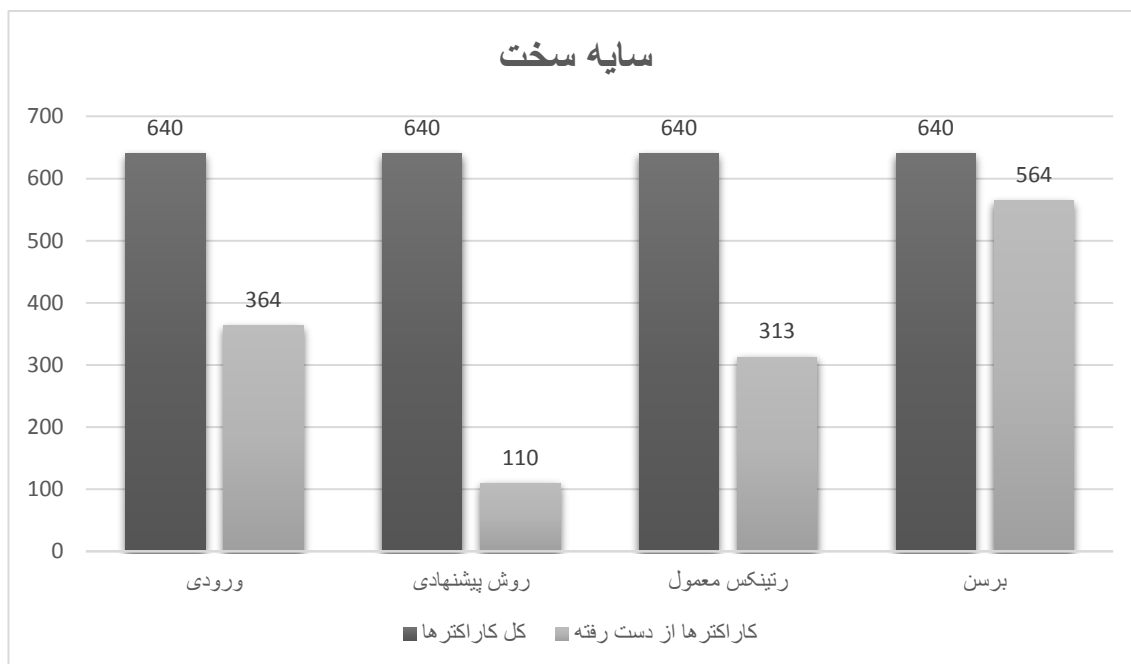
۱- <http://farsiocr.ir>

۲- <http://golbafan.webs.com>

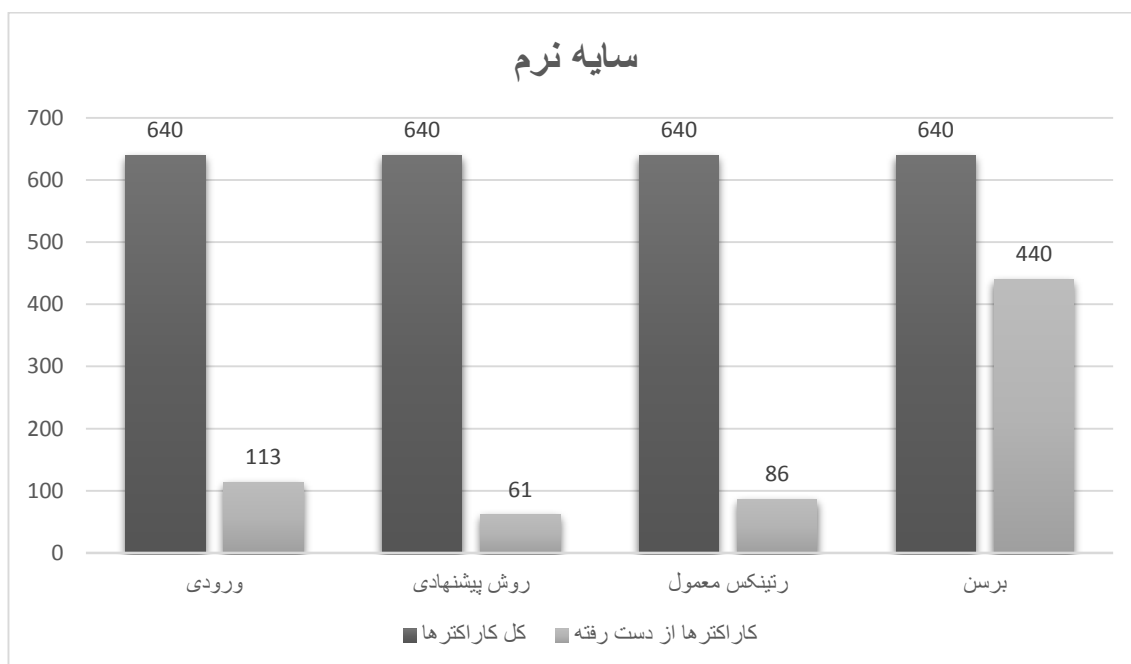


شکل ۴-۱۱: کاراکترهای از دست رفته سایه نرم در پردازشگران فارسی، این نمودار نشان دهنده تعداد کاراکترها در پلاک‌های دارای سایه نرم است که در سیستم گروه پردازشگران فارسی اشتباه تشخیص داده شده‌اند یا کلاً تشخیص داده نشده‌اند.

در نمودارهای نمایش داده شده در دو شکل (۴-۱۰) و (۴-۱۱) تعداد کاراکترهای پلاک خودرو که به اشتباه در سیستم گروه پردازشگران فارسی تشخیص داده شده یا کلاً تشخیص داده نشده‌اند نشان داده شده‌اند. مقایسه دو نمودار نشان می‌دهد که این سیستم در سایه سخت تعداد کاراکترهای بیشتری را از دست داده‌است. سایه سخت به علت داشتن لبه‌های قوی تأثیر بیشتری روی کاراکترها گذاشته و موجب عدم تشخیص درست یک کاراکتر یا حتی از دست رفتن بخشی از یک پلاک می‌شود یعنی قسمتی از پلاک مکان‌یابی نشده و کاراکترها این بخش از پلاک نادیده گرفته می‌شوند. همانطور که مشاهده می‌کنید تصاویر ورودی اصلی دارای سایه سخت بعد از اعمال مستقیم به سیستم خودکار تشخیص پلاک گروه پردازشگران فارسی ۲۲۶ کاراکتر را از دست داده و این عدد در سایه نرم به ۳۵ کاراکتر رسیده یعنی به میزان ۸۴,۵۱ درصد کاهش پیدا کرده است.



شکل ۴-۱۲: کاراکترهای از دست رفته سایه سخت در سیستم گلبافان، این نمودار نشان دهنده تعداد کاراکترها در پلاک‌های دارای سایه سخت است که در سیستم گلبافان اشتباه تشخیص داده شده‌اند یا کلاً تشخیص داده نشده‌اند.



شکل ۴-۱۳: کاراکترهای از دست رفته سایه نرم در سیستم گلبافان، این نمودار نشان دهنده تعداد کاراکترها در پلاک‌های دارای سایه نرم است که در سیستم گلبافان اشتباه تشخیص داده شده‌اند یا کلاً تشخیص داده نشده‌اند.

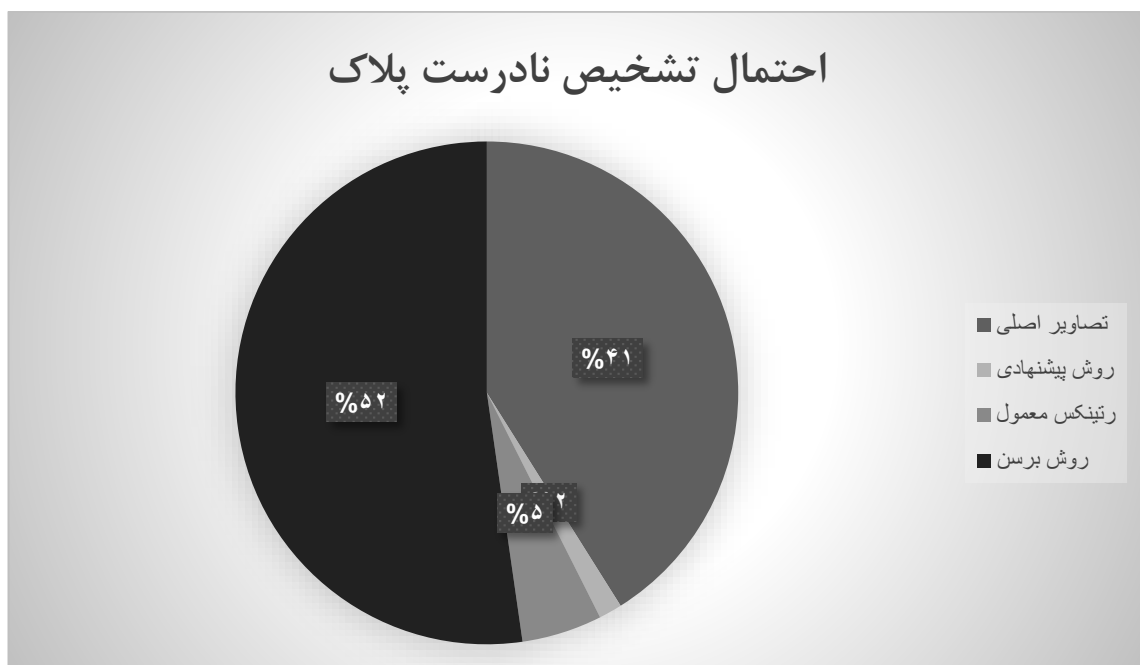
جدول ۴-۲: احتمال تشخیص نادرست پلاک در انواع سیستم با ورودی‌های مختلف

نوع سایه	انواع تصاویر ورودی به سیستم‌های تشخیص پلاک				
	روشنی برسن	رتینکس معمول	روشنی پیشنهادی	تصاویر اصلی	سیستم‌های پلاک خوان
سایه سخت	٪۸۷٫۵	٪۸٫۶۵	٪۲٫۵	٪۶۸٫۷۵	پردازشگران فارسی
	٪۹۳٫۷۵	٪۸۴٫۵	٪۵۸٫۷۵	٪۸۰	گلبافان
سایه نرم	٪۶۵	٪۶٫۲۵	٪۵	٪۱۲٫۵	پردازشگران فارسی
	٪۸۲٫۵	٪۵۳٫۲۵	٪۳۵	٪۴۲٫۵	گلبافان

در شکل‌های (۴-۱۲) و (۴-۱۳) تعداد کاراکترهای پلاک خودرو که در سیستم گروه گلبافان از دست رفته را به صورت نمودارهای میله‌ای برای چهار نوع تصویر ورودی به این سیستم نشان داده‌ایم. این نمودارها شامل تصاویر اصلی و تصاویر بعد از اعمال روش‌های برسن، رتینکس معمول و روش پیشنهادی هستند. با مقایسه نتایج این سیستم با سیستم گروه پردازشگران فارسی متوجه می‌شویم این سیستم به روشنایی غیریکنواخت حساسیت بیشتری نشان می‌دهد. این سیستم در سایه سخت برای ورودی‌های اصلی حدود ۶۱ درصد بیشتر از گروه پردازشگران فارسی کاراکترها را از دست داده‌است. برای ورودی‌های دیگر نیز حساسیت بیشتر کاملاً مشهود است. برتری نسبی گروه گلبافان در تشخیص پلاک این است که این نرم افزار می‌تواند کاراکترها را با داشتن فقط تصویر پلاک استخراج کند. همانطور که در جدول (۴-۲) مشاهده می‌کنید، در سایه نرم، سیستم گروه پردازشگران فارسی دارای احتمال تشخیص نادرست پلاک (در روش پیشنهادی) حدود ۵ درصد می‌باشد. با وجود این که در شکل (۴-۱۱) تعداد کاراکترهای از دست رفته در روش پیشنهادی با رتینکس معمول برابر بوده است ولی احتمال تشخیص نادرست در روش پیشنهادی کمتر است، این نتیجه نشان می‌دهد روش پیشنهادی پلاک‌های بیشتری را درست تشخیص داده است. در جدول (۴-۲) با مقایسه مقادیر احتمالات به راحتی متوجه این نکته می‌شویم که روش پیشنهادی به خوبی احتمال تشخیص نادرست و از دست دادن پلاک مورد نظر را در هر دو مدل سایه و سیستم‌های مورد بررسی کاهش داده‌است.

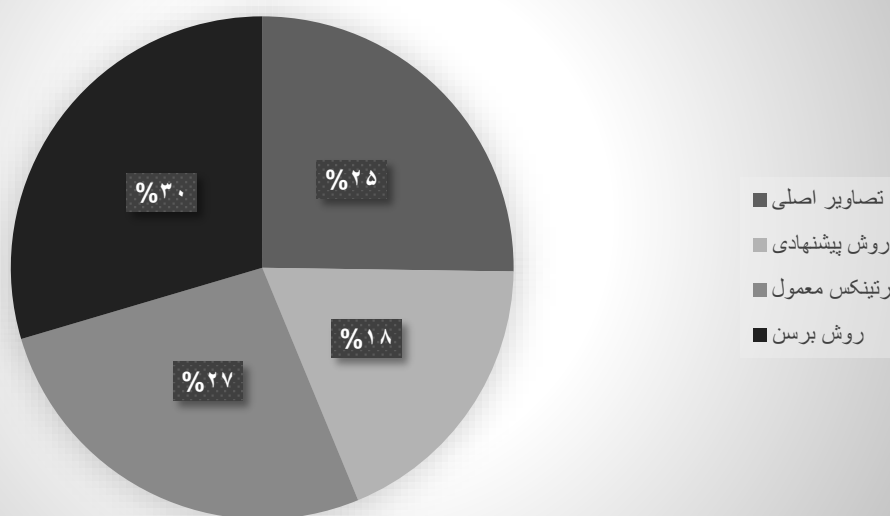
۴-۴ مقایسه احتمال تشخیص نادرست پلاک

در شکل‌های (۴-۱۴) تا (۴-۱۷) یک تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست پلاک خودرو در انواع سایه و سیستم‌های مورد بررسی نشان داده شده‌است. هر نمودار دایره‌ای مربوط به یک نوع سایه با یک نوع سیستم تشخیص پلاک است. این نمودارها احتمال تشخیص نادرست بین ورودی‌های مختلف را نسبت به هم بیان می‌کند. بیننده با یک نگاه متوجه می‌شود که روش پیشنهادی نسبت به ورودی اصلی و روش‌های دیگر با احتمال کمتری دچار اشتباه می‌شود. درصدی که کار رفته در نمودار دایره‌ای نسبی بوده است و نشان‌گر درصدی از پایگاه داده نیست. این نمودار نشان می‌دهند که روش پیشنهادی برای تصویر با سایه سخت عملکرد بهتری نسبت به روش‌های دیگر داشته است. روش پیشنهادی تنها ۲ درصد تصاویر پلاک از دست رفته را به خود اختصاص داده‌است.



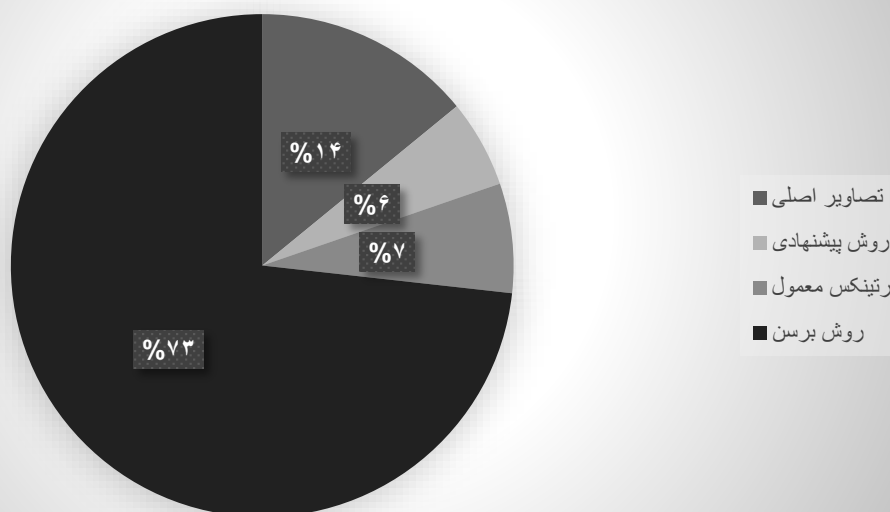
شکل ۴-۱۴: تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست سایه سخت در پردازشگران فارسی، این نمودار تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست انواع ورودی‌های پلاک نسبت به یکدیگر در سایه سخت و سیستم گروه پردازشگران فارسی است.

احتمال تشخیص نادرست پلاک



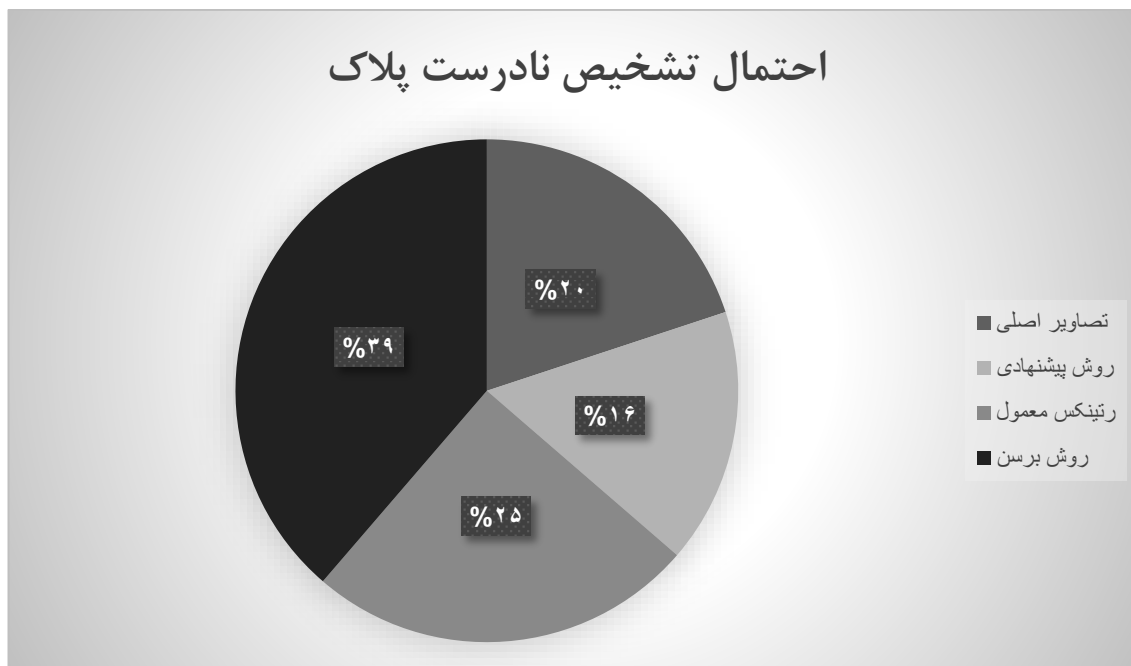
شکل ۴-۱۵: تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست سایه نرم در پردازشگران فارسی، این نمودار تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست انواع ورودی‌های پلاک نسبت به یکدیگر در سایه نرم و سیستم گروه پردازشگران فارسی است.

احتمال تشخیص نادرست پلاک



شکل ۴-۱۶: تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست سایه سخت در سیستم گلبافان، این نمودار تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست انواع ورودی‌های پلاک نسبت به یکدیگر در سایه سخت و سیستم گروه گلبافان است.

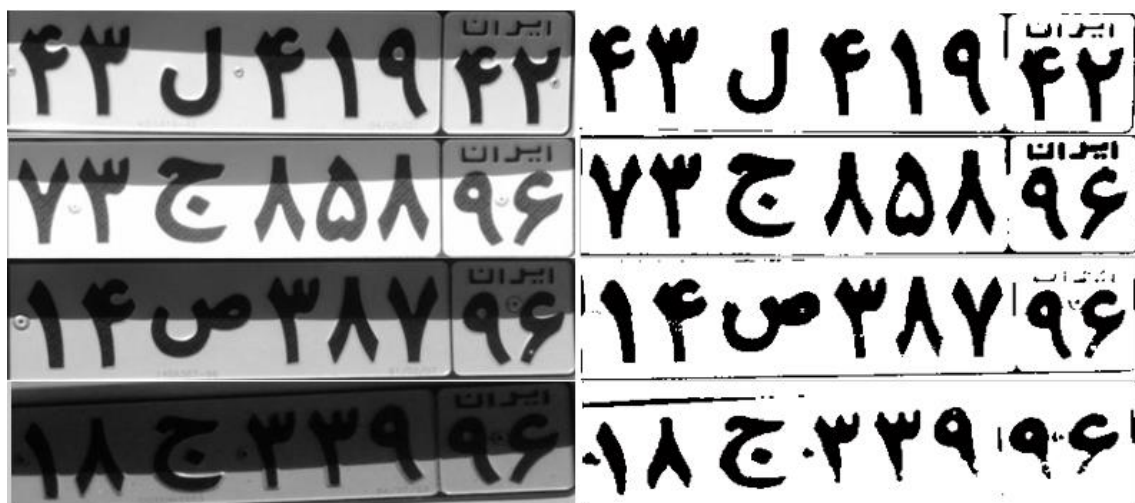
احتمال تشخیص نادرست پلاک



شکل ۴-۱۷: تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست سایه نرم در سیستم گلبافان، این نمودار تخمین بصری از احتمال تشخیص نادرست انواع ورودی‌های پلاک نسبت به یکدیگر در سایه نرم و سیستم گروه گلبافان است.

۴-۵ روش برسن

تا این جای این فصل به این نتیجه رسیدیم که روش برسن نتوانسته نتایج خوبی در هیچ یک از انواع سایه یا سیستم تشخیص پلاک ایجاد کند. این روش در چند مقاله به عنوان یک روش برای حذف سایه از تصاویر مختلف مطرح بوده و حتی برای حذف از پلاک نیز استفاده شده است. با توجه به شکل (۴-۱۸) الگوریتم برسن بهبود یافته نتایج کاملاً رضایت بخشی را برای هر دو نوع سایه نشان داده است اما در شکل (۴-۱۹) دچار مشکل شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد الگوریتم برسن بهبود یافته برای تصاویر ناحیه پلاک عملکرد خوبی داشته و به تصاویر اطراف پلاک حساس است لذا باید ابتدا از یک روش مناسب تشخیص مکان پلاک استفاده شود. در شکل (۴-۱۹) مشاهده می‌شود که این الگوریتم نسبت به کیفیت تصویر نیز حساس است. اگر از پایگاه داده تصاویر محل پلاک را جدا کنیم تصاویر دارای کیفیت مطلوب نیستند، به این علت نتایج بدست آمده از الگوریتم بهبود یافته برسن برای پایگاه داده تهیه شده نامطلوب است.



(ب)

(الف)

شکل ۴-۱۸: برسن با تصاویر ورودی با کیفیت، قسمت (ب) تصاویر با کیفیت خوب گرفته شده از ناحیه پلاک خودرو، قسمت (الف) نتیجه اعمال الگوریتم بهبود یافته برسن به تصاویر (ب)



(ب)

(الف)

شکل ۴-۱۹: برسن با تصاویر ورودی جدا شده از پایگاه داده، قسمت (ب) تصاویر جدا شده از پایگاه تصویر، قسمت (الف) نتایج بدست آمده از الگوریتم برسن بهبود یافته

در شکل (۴-۲۰) قسمت (الف) نمونه‌هایی از تصاویر پایگاه داده را نشان می‌دهد که به سیستم گروه پردازشگران فارسی داده شده است. کاراکترهای پلاک در این تصاویر به اشتباه تشخیص داده شده‌اند یا کلاً تشخیص داده نشده‌اند. تصاویر قسمت (الف) را پس از اعمال به روش پیشنهادی دوباره به سیستم تشخیص پلاک داده‌ایم. نتایج در قسمت (ب) همین شکل نمایش داده شده است. پس از حذف سایه از پلاک خودرو و یکنواخت کردن روشنایی در پلاک همانطور که در شکل مشاهده می‌شود سیستم تشخیص پلاک توانسته کاراکترها را به خوبی تشخیص داده و استخراج کند.

در جدول (۴-۳) نمونه‌هایی از نتایج در سیستم تشخیص پلاک گروه گلبافان آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود روش پیشنهادی در صورت تشخیص نادرست پلاک، در تعداد کاراکترهای کمتری دچار مشکل شده است.



(ب)

(الف)

شکل ۴-۲۰: نمونه‌هایی از نتایج تصاویر اصلی و نتایج روش پیشنهادی، قسمت (ب) نتایج تصاویر ورودی در سیستم پژوهشگران فارسی، قسمت (الف) نتایج تصاویر روش پیشنهادی در سیستم پژوهشگران فارسی

جدول ۴-۳: برخی از نتایج اعمال تصاویر ورودی و روش پیشنهادی به سیستم گروه گلبافان

نتایج روش پیشنهادی	نتایج تصاویر اصلی	تصاویر اصلی
test_image_1.jpg 43L41942	1.JPG 43L41942	
test_image_2.jpg 9J9319V	2.JPG 19J93196	
test_image_3.jpg 86J37796	3.JPG 86J37796	
test_image_4.jpg 73J85896	4.JPG 73J8589M	
test_image_5.jpg 96716161	5.JPG *-----	
test_image_6.jpg 14J68896	6.JPG *-----	
test_image_7.jpg 43J44996	7.JPG 43J44996	
test_image_8.jpg 26C16796	8.JPG 26C16796	
test_image_9.jpg 46H23144	9.JPG 46H23144	
test_image_10.jpg 57B98786	10.JPG 57B98786	
test_image_11.jpg 72J78396	11.JPG 72J78396	
test_image_12.jpg 35C99642	12.JPG 35C99642	

فصل ۵

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

جهت انجام این پایان نامه، پایگاه داده شامل دو نوع سایه تهیه شد، سپس الگوریتم‌های مختلف حذف سایه روی پایگاه اعمال کردیم و برای تحلیل نتایج از دو سیستم تشخیص پلاک خودرو استفاده کردیم. با ارزیابی معیارهای مختلف به این نتیجه رسیدیم که برای حذف سایه و یکنواخت کردن روشنایی در پلاک خودرو روش پیشنهادی نتایج قابل قبولی را بدست آورده است. این روش باعث کاهش احتمال تشخیص نادرست کاراکترها پلاک شده است. روش پیشنهادی به عنوان یک پیش‌پردازش ضروری برای سیستم‌های تشخیص خودکار پلاک قابل استفاده است.

به عنوان پژوهشی در آینده، همان‌طور که در شکل (۵-۱) مشاهده می‌شود، یکی از انواع روشنایی غیریکنواخت در تصاویر که باعث تخریب کاراکترها می‌شود، بازتابش زیاد از خودرو است. تکمیل کردن پایگاه داده و ارائه روشی که قادر به ارزیابی مناسب برای تصاویر دارای بازتابش زیاد باشد. یک پیشنهاد جهت تحقیق بیشتر است.



شکل ۵-۱: تصاویر با بازتاب روشنایی زیاد

- [1] Q. Dong, Y. Liu, Q. Zhao, H. Yang. (2014) "Detecting soft shadows in a single outdoor image: From local edge-based models to global constraints" *Computers & Graphics*, 38, pp. 310.
- [2] Q. Wu, W. Zhang, B. Vijaya Kumar. (2012) "Strong shadow removal via patch-based shadow edge detection" *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 2177.
- [3] X. Mei, (2007), PhD thesis, "Illumination recovery from images with cast shadows", University Of Maryland.
- [4] H.G Barrow and J.M Tenenbaum. (1978) "Recovering intrinsic scene characteristics from images" *International Conference on Computer Vision Systems*.
- [5] J. Zhu, K. Samuel, Z. Masood, Ma, F. Tappen. (2010) "Learning to recognize shadows in monochromatic natural images" *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 223.
- [6] H. Gong and D Cosker. (2014) "Interactive shadow removal and ground truth for variable scene categories".*British Machine Vision Conference (BMVC)*.
- [7] Q.G. Ruiqi and H. Derek. (2013) "Paired regions for shadow detection and removal" *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 1.
- [8] D. Zosso, G. Tran, and S. Osher. (2015), "Non-local Retinex - A Unifying Framework and Beyond", *SIAM Journal on Imaging Sciences*, 8, 2, pp. 787.
- [9] B. Lei and L. Xu. (2006) "Real-time outdoor video surveillance with robust foreground extraction and object tracking via multi-state transition management" *Pattern Recognition Letters*, 27, 15, pp. 1816.
- [10] R. Guo, Q. Dai, D. Hoiem. (2011) "Single-image shadow detection and removal using paired regions", *CVPR*, pp 2033.
- [11] B. Sirmacek and C. Unsalan. (2008) "Building detection from aerial images using invariant color features and shadow information" *23rd International Symposium on Computer and Information Sciences*, pp. 1.
- [12] D. J. Kriegman and P. N. Belhumeur. (2001) "What shadows reveal about object structure" *Journal of the Optical Society of America*, 18, 8, pp. 1804.
- [13] M. Stamminger and G. Drettakis. (2002) "Perspective shadow maps" *Transactions on Graphics*, 21, pp. 557.

- [14] X. Jin and C. H. Davis. (2005) "Automated building extraction from high-resolution satellite imagery in urban areas using structural, contextual, and spectral information". *J. of. EURASIP*, pp. 2196.
- [15] B. Sirmacek and C. Unsalan. (2011) "A probabilistic framework to detect buildings in aerial and satellite images" *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49, 1, pp. 211.
- [16] M. Daum and G. Dudek. (1998) "On 3-d surface reconstruction using shape from shadows" *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 461.
- [17] P. M. Dare. (2005) "Shadow analysis in high-resolution satellite imagery of urban areas" *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71, 2, pp. 169.
- [18] A. Prati, I. Mikic, M. Trivedi, R. Cucchiara. (2003) "Detecting moving shadows: algorithms and evaluation" *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 25, 7, pp.918.
- [19] N. Al-Najdawi, H. E. Bez, J. Singhai, E. A. Edirisinghe. (2012) "A survey of cast shadow detection algorithms" *Pattern Recognition Letters*, 33, 6, pp.752.
- [20] A. Sanin, C. Sanderson, B. C. Lovell. (2012) "Shadow detection: A survey and comparative evaluation of recent methods" *Pattern recognition*, 45, 4, pp.1684.
- [21] H. M. Dee and P. E. Santos. (2011) "The perception and content of cast shadows" *Spatial Cognition & Computation*, 11, 3, pp.226.
- [22] E. Salvador, A. Cavallaro, T. Ebrahimi. (2001) "Shadow identification and classification using invariant color models" *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing.*, pp. 1545.
- [23] G.D. Finlayson, S.D. Hordley, M.S. Drew. (2002) "Removing shadows from images" *Computer Vision-ECCV 2002*, pp. 823.
- [24] G.D. Finlayson and S.D. Hordley. (2006) "the removal of shadows from images" *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 28, 1, pp. 59.
- [25] G.D. Finlayson, M.S. Drew, C. Lu. (2009) "Entropy minimization for shadow removal" *International Journal of Computer Vision*, 85, pp. 35.
- [26] Y. QingShxiong, K.H. Tan, N. Ahuja. (2012) "Shadow removal using bilateral filtering". *IEEE Transactions on Image processing*, 21, 10, pp. 4361.
- [27] X. Zhu, R. Chen, H. Xia, P. Zhang. (2015) "Shadow removal based on ycbcr color space". *Neurocomputing*, 151, pp. 252.

- [28] A. Gijsenij and T. Gevers. (2009) "Shadow edge detection using geometric and photometric features" *16th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 693.
- [29] J. Fran, c. Lalonde, A. Efros, S. G. Narasimhan. (2010) "Detecting ground shadows in outdoor consumer photographs" *Computer Vision-ECCV*, pp. 322.
- [30] T.P. Wu and C.K. Tang. (2005) "A Bayesian approach for shadow extraction from a single image" *Tenth IEEE International Conference on Computer Vision ICCV.*, 1, pp. 480.
- [31] Y. Shor and D. Lischinski. (2008) "The shadow meets the mask: Pyramid-based shadow removal" *Computer Graphics Forum*, 27, pp. 577.
- [32] D. Miyazaki, Y. Matsushita, K. Ikeuchi. (2010) "Interactive shadow removal from a single image using hierarchical graph cut" *Computer Vision-ACCV*, pp. 234.
- [33] E. Arbel and H. Hel-Or. (2011) "Shadow removal using intensity surfaces and texture anchor points" *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 33, 6, pp. 1202.
- [34] H. Gong and D. Cosker. (2014) "Interactive shadow removal and ground truth for variable scene categories".*British Machine Vision Conference (BMVC)*.
- [35] G. D. Finlayson, S. D. Hordley, M. S. Drew. (2002) "Removing shadows from images using retinex" *Color and Imaging Conference*, pp. 73.
- [37] C.Fredembach and G. Finlayson. (2005) "Hamiltonian path-based shadow removal" *Proc Of the 16th British Machine Vision Conference (BMVC)*, 2, pp. 502.
- [36] G. D. Finlayson and C. Fredembach. (2004) "Fast re-integration of shadow free images" *Color and Imaging Conference*, pp. 117.
- [38] C. Fredembach and G. Finlayson. (2006) "Simple shadow removal" *18th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 3.
- [39] E. Arbel and H. Hel-Or. (2007) "Texture-preserving shadow removal in color images containing curved surfaces" *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 1.
- [40] S. Murali and V.K. Govindan. (2013) "Shadow Detection and Removal from a Single Image Using LAB Color Space" *Cybernetics and Information Technologies*, 13, 1, pp. 95.

- [41] N. Salamati, A. Germain, S. Susstrunk. (2011) "Removing shadows from images using color and near-infrared" *18th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp 1713.
- [42] R. K. Sasi and V.K. Govindan. (2015) "Fuzzy split and merge for shadow detection" *Egyptian Informatics Journal*, 16, pp. 29.
- [43] T.Wu, C.Tang, M. S. Brown, H.Y. Shum. (2007) "Natural shadow matting" *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 26, 2, pp. 8.
- [44] E. H. Land, (1986) "An alternative technique for the computation of the designator in the retinex theory of color vision" *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 83, pp. 3078.
- [45] B. K. Horn, (1974) "Determining lightness from an image" *Computer Graphics and Image Processing*, 3, 4, pp. 277.
- [46] J. A. Frankle, and J. J. McCann, (1983) "Method and apparatus for lightness imaging".
- [47] D. J. Jobson, Z. Rahman, G. A. Woodell, (1997) "Properties and performance of a center/surround retinex," *IEEE transactions on image processing: a publication of the IEEE Signal Processing Society*, 6, pp. 451.
- [48] Z. u. Rahman, D. J. Jobson, G. A. Woodell, (2004) "Retinex processing for automatic image enhancement," *Journal of Electronic Imaging*, 13, 1, pp. 100.
- [49] D. Wazalwar, E. Oruklu, J. Saniie. (2012) "A Design Flow for Robust License Plate Localization and Recognition in Complex Scenes," *Journal of Transportation Technologies*, 2, pp. 13.
- [50] R. C. Gonzalez and R. E. Woods. (2008), "Digital Image Processing," Vol. 3, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- [51] L. Madhuri and G. Chakravarthy. (2012), "An Improved Bernsen Algorithm Approaches For License Plate Recognition," *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, 3, pp. 1.
- [52] Y. Wen, Y. Lu. (2011), "An Algorithm for License Plate Recognition Applied to Intelligent Transportation System," *IEEE Transactions on intelligent Transportation Systems*, 12, pp. 830.
- [53] Z.u. Rahman, D.J. Jobson, G.A. Woodell, (2004), "Retinex processing for automatic image enhancement," *Journal of Electronic Imaging*, 13, 1, pp. 100.

- [54] A. H. Rezaie, M.Ziaratban. (2007) “A Morphological-Based License Plate Location”, *IEEE International Conference on Image Processing*, 1, pp. 1.

Abstract

Intelligent transport systems have been presented as an inevitable solution for traffic problems and loss of time, money and lives, the ability to identify the offending car and law enforcement surveillance on that case, is vital. Shadow removing and ambiguity elimination is One of the cases that the license plate image recognition algorithms is considered. Considering the shadow as the part of an object in shaded images, is causing problems in image processing. Thus far, techniques and different algorithms are used to detect and remove shadows. In this thesis, a pre-processing to correct non-uniformity of brightness of plate is presented. Retinex method for correcting the brightness for the first time on the Persian plates were used and acceptable results have been achieved. The output of this pre-processing application have been given to plate recognition application of Farsi Pardazeshgaran group and Golbafan group and have been improved the results. For example, in hard shadow, the probability of false detection of license plate in the Farsi Pardazeshgaran group system decreased from the 68.75% to 2.5% and in the Golbafan group system decreased from 80% to 58.75%.

Key words: intelligent transportation systems, remove shadow, correcting the brightness, Retinex



Shahrood University of Technology

Faculty of Electrical and Robotics Engineering

MSc Thesis in electronic

**Removing the shadow effect on vehicle license plate based on
color space processing**

By : Vahid Kameli

Supervisor:

Dr. Hadi Grailu

September 2016