

کاربرد تبدیل IFT در سیستم شناسایی پلاک خودرو

وحید ابوالقاسمی و علیرضا احمدی فرد

دانشگاه صنعتی شاهرود

ahmadyfard@shahroodut.ac.ir, vahidabolghasemi@yahoo.com

چکیده - در این مقاله روشی به منظور تشخیص پلاک خودرو در تصاویر سطح خاکستری ارائه می‌گردد. به دلیل وجود اطلاعات قوی لبه در محل پلاک ابتدا اقدام به استخراج لبه‌های عمودی از تصویر ورودی می‌کنیم. نواحی با چگالی لبه‌ی زیاد می‌توانند جزو کاندیداهایی برای پلاک باشند. به منظور تشخیص چنین نواحی، چگالی لبه‌ها در یک همسایگی محلی محاسبه می‌شود. این کار با شمارش لبه‌های موجود در همسایگی محلی هر نقطه تصویر صورت می‌گیرد. بدین ترتیب ماتریسی به ابعاد تصویر اولیه ساخته 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 ما تبدیل IFT را برای شناسایی مرزهای دقیق پلاک در محل‌های کاندید اعمال می‌کنیم. نتیجه بدست آمده مستطیل محاط کننده پلاک می‌باشد. نتایج پیاده‌سازی روش مذکور روی تصاویر با شرایط تصویر برداری مختلف بیانگر توانایی روش ارائه شده در تشخیص محل پلاک و استخراج دقیق مرزهای آن می‌باشد.

کلید واژه - آنالیز لبه، پردازش مورفولوژی، تشخیص پلاک خودرو، تئوری گراف، تبدیل IFT

۱- مقدمه

در میان این مراحل تشخیص محل پلاک از حساسیت ویژه‌ای برخوردار است و یکی از مراحل دشوار این پروسه شناخته شده است. این امر به دلیل وجود شرایط مختلف تصویربرداری نظیر نور محیط، فاصله و زاویه پلاک با محور اپتیکی دوربین، کثیف و صدمه دیده بودن پلاک و پیچیده بودن پس زمینه و غیره می‌باشد. از جمله روشهای استفاده شده در این زمینه می‌توان به تبدیل Hough اشاره کرد که از ویژگی وجود خطوط راست در مرز پلاک بهره می‌برد. رنگ نیز به عنوان یک ویژگی در تشخیص پلاک مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳]. اما این ویژگی نسبت به تغییرات نور محیط بسیار حساس بوده و پایدار نیست.

از جمله روشهای دیگر در تشخیص محل پلاک می‌توان شبکه‌های عصبی را نام برد [۴]. اما این روش نیز تنها قابل پیاده‌سازی روی پلاکهای با رنگهای خاص می‌باشد. روشهای تطبیق الگو نیز از جمله روشهای دیگر قابل استفاده

امروزه تشخیص پلاک خودرو به روشی کلیدی در بسیاری از سیستمهای هوشمند نظیر بررسی ترافیک خودروها در جاده‌ها و اتوبانها، پرداخت هوشمند عوارض در ورودی بزرگراهها، کنترل امنیتی مناطق ممنوعه، ورودی و خروجی پارکینگها، اعمال قوانین راهنمای و رانندگی و غیره نقش مهمی ایفا میکند. از اینرو تحقیقات گسترده‌ای در زمینه تشخیص پلاک خودرو در دنیا در حال انجام است. در اکثر روشهای موجود شرایط تصویر برداری باید کنترل شده باشد لذا این روشها با محدودیت مواجه می‌باشند. بنابراین همواره دستیابی به روشهایی که در شرایط تصویربرداری نامطلوب نیز نتایج قابل قبولی دهد مورد انتظار است.

یک سیستم تشخیص پلاک عموماً شامل سه بخش اصلی تشخیص محل پلاک، جداسازی کاراکترها و تشخیص کاراکترهاست [۱][۲].

در این زمینه است که در تشخیص شیء نیز کاربرد دارند. البته استفاده از این روش نیز به دلیل کلی و عام بودن با خطا همراه است. از جمله روشهای دیگر که قابل استفاده در این زمینه است می توان به کوانتیزه گر برداری [۵]، تبدیل موجک [۶] و فیلترهای گابور [۷] اشاره کرد. با این همه روشهای مبتنی بر آنالیز لبه به دلیل وجود اطلاعات قوی لبه در محل پلاک همواره مورد توجه بوده اند.

در این مقاله روشی بر پایه آنالیز لبه ارائه می گردد. با بهره گیری از اطلاعات لبه های عمودی در محل پلاک، نواحی با چگالی لبه زیاد انتخاب می شود. این کار از طریق تخمین چگالی لبه ها در همسایگی معین هر نقطه انجام می پذیرد. نتیجه این تخمین یک تصویر جدید می باشد که ارزش هر پیکسل در آن برابر با چگالی لبه ها در موقعیت متناظر از تصویر اصلی است. در تصویر حاصل از اعمال این روش، نواحی با چگالی لبه کم تضعیف شده اند. سپس نواحی قوی (روشنایی بیشینه) را با در نظر گرفتن همسایه ها، مورد بررسی قرار داده و یک ناحیه را به عنوان کاندیدای پلاک معرفی می کند. معیار این تصمیم گیری نحوه تغییرات چگالی لبه ها در جهت عمودی است. دلیل استفاده از چنین معیاری برای تصمیم گیری نهایی، وجود ضعف شدید در میزان لبه های عمودی بالا و پایین خارج پلاک و قوی بودن آن در داخل خود پلاک است. این ویژگی که در تصاویر گرفته شده از پلاک خودروها مشاهده می گردد، به ندرت در سایر نقاط تصویر وجود دارد.

مرحله بعد، اتصال لبه های ناحیه انتخاب شده به منظور پردازش بعدی است. این کار با اعمال عملگر مورفولوژیکی closing روی این تصویر باینری لبه صورت می گیرد. در نهایت ناحیه انتخابی که بخش کوچکی از کل پلاک می باشد از تصویر اصلی جدا شده و در مرحله بعد با اعمال الگوریتم IFT، مرز پلاک با دقت بالایی تشخیص داده می شود. به دلیل معلوم نبودن ابعاد پلاک واقع در تصویر، ناحیه مورد مطالعه در این پروسه تقریباً دو برابر پلاک ابعاد پیش فرض پلاک می باشد. باید این نکته را متذکر شد که گرچه روش IFT نسبتاً پیچیده می باشد ولی چون تنها بخش کوچکی از تصویر ورودی در این الگوریتم درگیر می شود (ناحیه احتمالی پلاک) سرعت اجرای این مرحله نسبتاً بالا است. این برتری روش پیشنهادی را به روشهای مشابه نشان می دهد.

در بخش بعد این مقاله به بیان روش پیشنهادی در تشخیص پلاک می پردازیم. در بخش سوم نتایج پیاده سازی الگوریتم بر روی تصاویر پلاک ارائه می گردد. نهایتاً در بخش چهارم به نتیجه گیری و جمع بندی خواهیم پرداخت.

۲- الگوریتم تشخیص محل پلاک

به دلیل وجود اعداد فارسی با رنگ تیره در پلاکهای جدید ایرانی که روی زمینه روشن قرار گرفته اند، اطلاعات لبه های عمودی در محل پلاک قوی به نظر می رسد. این لبه ها دارای چگالی بیشتری نسبت به سایر نواحی هستند. البته نکته جالب توجه در اینجا است که این چگالی زیاد موجود در محدوده پلاک با حرکت در راستای عمودی شدیداً کاهش می یابد. در حالی که چگالی با همین شدت که در سایر نواحی (مثلاً درختها) وجود دارد به طور پیوسته تا نواحی اطراف گسترش می یابد. این حالت اکثراً در ناحیه پلاک اتفاق می افتد. بنابراین استفاده از این ویژگی جدید به همراه سایر ویژگیهای پلاک می تواند در تشخیص دقیقتر محل پلاک موثر باشد.

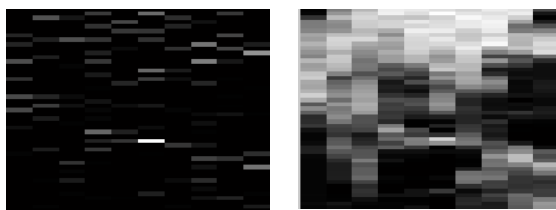
۲-۱- استخراج لبه های عمودی

یکی از مناسب ترین روشها برای بدست آوردن تصویر گرادپان و در نهایت تصویر باینری لبه، استفاده از عملگر ساده و دقیق sobel میباشد (رابطه ۱). به دلیل اینکه ما تنها به لبه های عمودی نیاز داریم، از عملگر عمودی sobel مطابق رابطه ۱ استفاده می کنیم.

$$h = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

پس از اعمال این عملگر و نهایتاً انتخاب آستانه مناسب به تصویر باینری که نشان دهنده لبه های عمودی می باشد می رسیم. انتخاب آستانه همواره یکی از دشوارترین مراحل در باینری کردن تصاویر بوده است. انتخاب آستانه بالا احتمال از دست دادن لبه های مهم تصویر را دارد، در صورتی که آستانه خیلی پایین نیز تولید لبه های ناخواسته زیادی می کند که الگوریتم را دچار خطا می کند. شکل ۱(الف) نمونه ای از تصویر یک خودرو و لبه های عمودی استخراج شده به ازای دو آستانه بالا و پایین را نشان می دهد شکل ۱(ب) و ۱(ج) به ترتیب تصاویر باینری حاصل از انتخاب آستانه بالا و پایین می باشند. یکی از

به منظور کاهش پیچیدگی محاسباتی، لغزش ماسک به گونه ای صورت می گیرد هیچ همپوشانی بین پیکسلها در محاسبه حاصل جمع وجود ندارد. در واقع گام حرکت ماسک روی تصویر با مرکزیت پیکسل P برابر به $n/2$ در راستای عمودی و $m/2$ در راستای افقی است. که n و m به ترتیب ابعاد ماسک در راستای عمودی و افقی است. شکل ۲ (الف) نتیجه تخمین چگالی در تصویر شکل ۱ را نشان می دهد.



شکل ۲: الف) تصویر حاصل از محاسبه چگالی لبه ها (ب) پس از تقویت نواحی شبیه پلاک (ناحیه با روشنایی ماکزیمم بیانگر محل پلاک است)

روشنایی هر ناحیه در این تصویری بیانگر میزان چگالی لبه های واقع در آن همسایگی می باشد. با بررسی دقیق تر شکل ۲ الف می توان دریافت که ناحیه پلاک در تصویر دارای ویژگی منحصر به فرد می باشد. نواحی بالا و پایین ناحیه پلاک در شکل ۲ الف، دارای روشنایی کمتری نسبت به خود پلاک هستند، در حالی که سایر نقاط مثل درخت، جدول، بدنه خودرو و غیره فاقد این ویژگی هستند. به بیان دیگر ما باید به دنبال توالی نواحی با شدت روشنایی کم-زیاد-کم در راستای عمودی تصویر چگالی لبه (شکل ۲ الف) باشیم. در عمل تنها تعداد معدودی از نواحی تصویر این ویژگیها را دارا می باشند. نقاط برای کاندیدا برای پلاک به ترتیب زیر آشکار می شوند. به ازای هر ناحیه مستطیلی در تصویر چگالی لبه (شکل ۲ الف) ویژگی فوق را بررسی می کنیم. در صورتی که پیکسلهای واقع در همسایه های بالایی و پایینی روشنایی کمتر از روشنایی مستطیل مورد بررسی را داشته باشند این مستطیل می تواند کاندیدایی برای محل پلاک باشد. برای تقویت این ویژگی در این ناحیه و متقابلاً تضعیف سایر نواحی غیر کاندیدا، از اختلاف روشنایی بین مستطیل مذکور و دو همسایه فوقانی و تحتانی آن استفاده می کنیم. بطوری که مقدار این اختلاف در روشنایی مستطیل مرکزی ضرب

ویژگیهای الگوریتم ارائه شده در این مقاله عدم حساسیت آن به انتخاب مقدار آستانه می باشد. در حالیکه بسیاری از الگوریتمهای موجود در آنالیز لبه برای کاهش حساسیت نسبت به این پارامتر از روشهایی مثل آستانه محلی و یا تطبیقی استفاده می کنند، روش ارائه شده در این مقاله از یک آستانه عمومی با مقدار پایین استفاده می کند. استفاده از یک آستانه عمومی، ساده ترین و سریعترین روش در تولید تصویر باینری است. به طوری که جایگزینی روشهای پیچیده با این روش در افزایش سرعت سیستم تشخیص پلاک موثر است. برای حذف لبه های غیر مرتبط با پلاک، تصویر باینری به دست آمده در مرحله بعد فیلتر می گردد.



الف



ج



ب

شکل ۳: الف) تصویر نمونه ورودی (ب) لبه های عمودی با اعمال آستانه بالا (ج) لبه های عمودی با انتخاب آستانه پایین

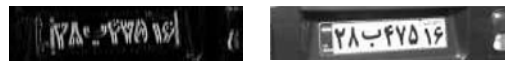
۲-۲- اندازه گیری چگالی لبه ها

وجود لبه های عمودی با چگالی زیاد در محل پلاک یکی از ویژگیهای مناسب در تشخیص محل پلاک خواهد بود. از این رو برای استفاده از این ویژگی و نزدیک شدن به محل احتمالی پلاک، می بایست تصویری که بیانگر چگالی لبه ها باشد ایجاد کرد. برای تخمین چگالی لبه در همسایگی هر نقطه تعداد لبه های عمودی در تصویر باینری شمارش می گردد. توضیح این روش به ترتیب زیر است.

ماسکی با ابعاد کمی کوچکتر از پلاک پیش فرض انتخاب کرده، سپس آنرا روی تصویر باینری لبه (شکل ۱ ج) می لغزانیم. در هر لغزش، ارزش پیکسلهای متناظر با ماسک با هم جمع شده و حاصل جمع در ماتریس جدیدی که تصویر خروجی این مرحله را می سازد قرار داده می شود. از طرفی

می شود. نتیجه حاصل از پیاده سازی این الگوریتم روی تمام نواحی مستطیلی، در شکل ۲ (ب) به نمایش در آمده است. همانطور که از شکل مشخص است وجود اختلاف قابل توجه در روشنایی بین مستطیل واقع در ناحیه پلاک و دو همسایه بالا و پایین آن باعث افزایش شدت روشنایی این ناحیه شده است (احتمال وجود پلاک).

پس از مشخص شدن نقاط کاندیدا برای پلاک، تشخیص مرز پلاک در مرحله بعد فقط در این نواحی دنبال می گردد. به منظور اطمینان از حفظ کل ناحیه پلاک، تصویر در اطراف نقاط کاندید را (شکل ۲ (ب)) با ابعادی بیشتر از ابعاد پلاک مورد آنالیز قرار می دهیم. در استخراج مرزهای پلاک از گرادیان تصویر ورودی استفاده می کنیم. شکل ۳ (الف) تصویر نمونه ورودی و (شکل ۳ (ج) گرادیان تصویر اولیه را نشان می دهد.



شکل ۳: الف) برش ناحیه تشخیص داده شده به عنوان پلاک (ب) تصویر گرادیان متنظر با شکل ۳ الف

۳-۲- تشخیص مرز ناحیه پلاک

در مرحله قبل روش استخراج مکان تقریبی پلاک (شکل ۲ (ب)) توضیح داده شد. برای جداسازی کامل پلاک از پس زمینه می بایست منطقه کاندید به نحو موثری گسترش یابد تا به مرزهای ناحیه پلاک دست یابیم. روشهای مختلفی از جمله عملگرهای مورفولوژی و هیستوگرام و غیره برای رسیدن به این هدف ارائه شده اند. اما متأسفانه هر کدام از این روشها مشکلاتی دارند که دقت الگوریتم را کاهش می دهند. به عنوان مثال استفاده از عملیات مورفولوژی بسیار حساس به فاصله پلاک از دوربین و زاویه دید است و تنها برای فواصل و زوایای کنترل شده عملکرد مطلوبی دارد.

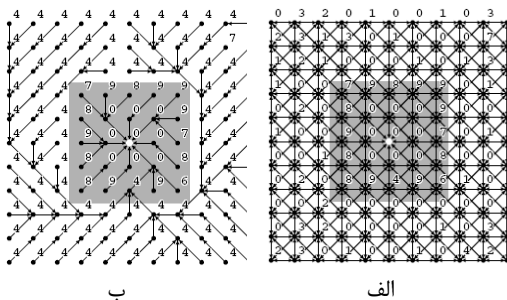
در این مقاله برای تشخیص مرزهای پلاک از روشی نوین IFT که در تشخیص شیء و ناحیه بندی تصاویر [۸][۹] مورد استفاده قرار می گیرد بهره می گیریم.

۳-۲-۱- الگوریتم Image Foresting (IFT) Transform

در این الگوریتم، یک تصویر که عموماً تصویر گرادیان است [۹] با یک گراف مدل می شود. پیکسلهای تصویر گره ها و

معیار ارتباط پیکسلها (همسایه چهارتایی هشت تایی و غیره) با کمانها در گراف معادل می شوند. با انتخاب یک گره در درون شیء (که در این مقاله شیء همان پلاک است) شروع به حرکت روی شاخه گراف میکنیم. در طی این مسیر به هر شاخه ارزشی نسبت داده می شود. در نهایت با اعمال تابعی با نام تابع ارزش^۱ مسیرهای با کمترین ارزش به عنوان مسیر بهینه انتخاب می شود. معیارهای متفاوتی را می توان در طراحی تابع ارزش به کار برد. از جمله می توان به شدت روشنایی، رنگ، گرادیان و موقعیت پیکسلها اشاره کرد [۹]، که بسته به کاربرد می توان معیار مناسبی را برگزید. با استفاده از تابع ارزش، متنظر با هر پیکسل موجود در تصویر گرادیان یک پیکسل با ارزش جدید در تصویر دیگری با نام نقشه ارزشها^۲ قرار می گیرد. ارزش این پیکسل توسط تابع ارزش تعیین می شود. سپس مسیرهای با کمترین ارزش انتخاب شده و جدا می شود. در حقیقت با این کار مجموعه ای از زیرگرافها که می توان آنها را درخت نامید از گراف اصلی جدا می شود. در مواقعی که جداسازی یک شیء از پس زمینه مطلوب است (مثل مساله جداسازی پلاک) در نهایت گراف به دو زیرگراف شیء و پس زمینه تبدیل می گردد. در این مقاله به دلیل قوی بودن اطلاعات لبه در محل پلاک از معیار گرادیان در تشخیص مرز پلاک استفاده می کنیم. تابع ارزش مورد استفاده به صورت زیر بیان می شود:

$$\begin{aligned} f_{max}(t) &= h(t), \\ f_{max}(\pi \cdot (s, t)) &= \max\{f_{max}(\pi), w(s, t)\}, \end{aligned} \quad (2)$$



شکل ۴: الف) گراف تصویری با معیار همسایگی ۸ تایی اعداد بیانگر ارزش پیکسلها و ناحیه خاکستری رنگ بیان کننده شیء است. ب) نتیجه حاصل از اعمال IFT

^۱ -Cost function

^۲ -Cost map

پیکسلها در مرز اشیاء باشند. در صورت شناسایی این پیکسلها و سپس بریدن تمام شاخه های متصل به آنها می توان شیء و پس زمینه را با دقت بالایی از هم جدا ساخت.

۲-۳-۲- ناحیه بندی با روش هرس درخت^۵

یکی دیگر از ویژگیهای شکل ۵ (ب) این است که تمام پیکسلهای واقع در پس زمینه به پیکسل نشتی متصل اند. الگوریتم هرس درخت تعداد شاخه های متصل به هر گره را شمرده و آنرا در تصویر جدیدی قرار می دهد (شکل ۵ (الف)). فرایند شمارش، از پیکسلهای موجود روی مرز تصویر شروع و به بذر ختم می شود. اولین گره ای که مقدار ماکزیمم را در تصویر شکل ۵ (الف) دارد، همان پیکسل نشتی خواهد بود [۹]. بعد از شناسایی پیکسل نشتی، کل مسیر طی شده از مرز به سمت این پیکسل حذف می شود و در نهایت تصویر شکل ۵ (ب) حاصل می شود. در این تصویر درختی باقی مانده است که نمایانگر شیء (پلاک) می باشد. نتیجه حاصل از پیاده سازی این الگوریتم بر روی تصویر پلاک نمونه در شکل ۶ آمده است.



شکل ۶: تصویر پلاک پس از پیاده سازی الگوریتم IFT.

۳- نتایج تجربی

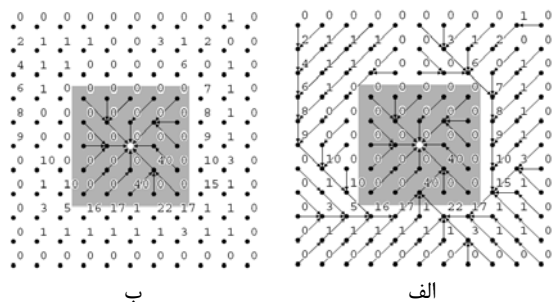
به منظور بررسی عملکرد الگوریتم ارائه شده در تشخیص محل پلاک بانک اطلاعاتی شامل بیش از ۴۰۰ تصویر

در صد تشخیص برای تصاویر گروه ۲	در صد تشخیص برای تصاویر گروه ۱	در صد تشخیص الگوریتم پیشنهادی کل تصاویر پایگاه اطلاعاتی
فاصله دوربین تا پلاک > ۳ متر		%۸۸,۵
%۸۹	%۸۴	
فاصله دوربین تا پلاک < ۳ متر		%۷۵
%۸۵	%۷۵	

جدول ۱- عملکرد الگوریتم برای مجموعه تصاویر گروه ۱ و ۲ و کل مجموعه

در این تابع منظور از $h(t)$ ارزشی است که به اولین پیکسل مورد بررسی (بذر^۳ها یا پیکسل (های) کشف شده در مرحله قبل) داده می شود. این ارزش همان گرادیان پیکسل مربوطه است. π مسیر در حال بررسی است. و $W(s, t)$ ارزش هر شاخه در گراف تصویر است.

در تابع f_{max} بیشترین گرادیان در بین پیکسلهای همسایه t به پیکسل متناظر با آن در جدول ارزش ها اختصاص داده می شود. به دلیل بالا بودن گرادیان در لبه های پلاک، شاخه های درخت ایجاد شده روی مرز متوقف می شود. نتیجه شیء و پس زمینه از هم تمیز داده می شوند. نتیجه حاصل از تبدیل IFT بر روی تصویر گرادیان نمونه در شکل ۴ به نمایش در آمده است. همانطور که در شکل ۴ (الف) مشخص است پیکسلهای قرار گرفته روی مرز ناحیه خاکستری رنگ (شیء) دارای گرادیان بیشتری در آن همسایگی هستند بنابراین الگوریتم IFT روی آن متوقف می شود. با بررسی دقیقتر شکل ۴ (ب) می توان دید که تمام پیکسلهای موجود در داخل شیء، از پس زمینه جدا شده اند غیر از یک پیکسل با مختصات (۶ و ۸). این مساله به دلیل پایین بودن مقدار گرادیان این پیکسل نسبت به سایر پیکسلهای روی مرز شیء می باشد. از این پیکسل اصطلاحاً به پیکسل نشتی^۴ یاد می شود [۹]. دلیل این نامگذاری در این است که اگر چشمه آبی از بذر (پیکسل مرکزی سفید رنگ در مرکز تصویر) شروع به جوشش کند اولین جایی که آب از داخل شیء به بیرون نشت می کند همان پیکسل نشتی است. در عمل ممکن است تعداد بیشتری از این



شکل ۵: (الف) نتیجه حاصل از شمارش تعداد شاخه های متصل به هر گره (ب) درخت باقیمانده پس از حذف شاخه های اضافی

^۳- Seed

^۴-Leaking pixel

^۵ -Tree pruning

و سایر روشها را به کمک نرم افزار Matlab پیاده سازی و بر روی کامپیوتر پنتیم 4 GHz 3.0 اجرا نمودیم. این نتایج در جدول شماره ۲ آمده است.

با بهره گیری از الگوریتم های برنامه نویسی مناسب و ماشین های نسبتاً سریع می توان آنرا برای کاربردهای بلا درنگ نیز مورد استفاده قرار داد. زمان متوسط مورد نیاز برای اجرای مراحل مختلف الگوریتم در جدول ۳ ارائه شده است. همانطوریکه از نتایج آزمایش ملاحظه می گردد صرفنظر از بخش پایانی یعنی تشخیص مرز پلاک، سرعت اجرای مراحل مختلف این روش بالا است. البته بالا بودن دقت در تشخیص مرز پلاک پیچیده گی این قسمت از الگوریتم را توجیه می کند.

الگوریتم	زمان سپری شده برای تشخیص محل پلاک (sec)
Gabor Transform and Vector quantization [7]	~۳
Connected component Analysis[10]	~۴
Enhancement and Edge analysis [11]	~۳
روش پیشنهادی	~۲

جدول ۲: مقایسه تعدادی از الگوریتمها

الگوریتم پیشنهادی	زمان (ms)
خواندن تصویر، تشخیص لبه و آستانه گذاری	۱۰۰۰
محاسبه چگالی لبه ها در همسایگی محلی	۵۰۰
اعمال ویژگی پلاک و تقویت چگالی نواحی مرتبط	۳۰۰
تبدیل IFT در تشخیص مرز پلاک	۲۰۰۰

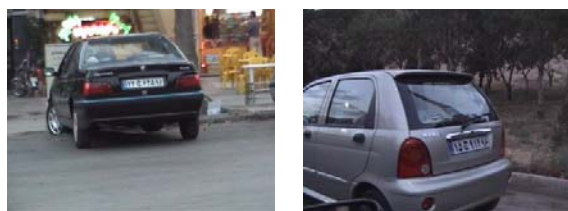
جدول ۳: زمان سپری شده برای مرحله اجرای الگوریتم پیشنهادی

۴- نتیجه گیری

در این مقاله روشی را جهت تشخیص محل پلاک خودرو پیشنهاد دادیم. در این روش ابتدا لبه های عمودی تصویر استخراج می گردد. سپس در هر نقطه ی تصویر چگالی لبه ها را تخمین زده و چگالی نواحی شبیه پلاک تقویت می کنیم. در نهایت ناحیه با بیشترین شباهت از لحاظ چگالی لبه به عنوان محل پلاک آشکار می گردد. به عنوان بخش تکمیلی، با استفاده از الگوریتم تبدیل IFT مرز پلاک را با دقت بالامشخص می کنیم.

خودرو با پلاک جدید ایرانی به ابعاد ۶۴۰ x ۴۸۰ جمع آوری نمودیم. تصاویر موجود دارای شرایط مختلف از نظر پیچیدگی پس زمینه، شرایط نوری و آب و هوایی متفاوت، زوایای دید مختلف و فواصل مختلف می باشند.

پس از اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی تصاویر موجود در پایگاه اطلاعاتی داده، نتایج قابل قبولی حاصل گردید. به دلیل ساده بودن، این روش از پیچیدگی محاسباتی کمی برخوردار است. تنها، قسمت پایانی یعنی تشخیص مرز پلاک از پیچیدگی بیشتری نسبت به سایر مراحل برخوردار است. البته به دلیل اینکه ورودی الگوریتم تشخیص مرز پلاک تنها محدوده ی کوچکی از تصویر اصلی می باشد، این الگوریتم نسبت به فعالیتهای مشابه [۹] برتری دارد. از دیگر نقاط قوت الگوریتم تشخیص محل پلاک، حساس نبودن آن به زاویه دید، چرخش و فاصله می باشد. درحالیکه بسیاری از فعالیتهای انجام شده تا کنون در تشخیص محل پلاکهای با زاویه دید غیر صفر دچار خطا می شوند، این الگوریتم با دقت قابل قبولی محل اینگونه پلاکها را تشخیص می دهد. جدول ۱ کارایی روش پیشنهادی را در شرایط مختلف تصویر برداری ارزیابی می کند. برای این منظور تصاویر خودرو را به دو دسته ی تصویر برداری با زاویه کمتر از ۲۰ درجه و بیشتر از آن تفکیک نمودیم. هر دسته با توجه به فاصله دوربین تا پلاک به دو زیر دسته فاصله کمتر از سه متر و بیشتر از آن تقسیم شد. نتایج اعمال روش پیشنهادی تشخیص پلاک بر روی هر کدام از گروههای چهارگانه آزمایش شده نتایج حاصل در جدول ۱ آمده است. شکل ۷ دو نمونه از این تصاویر را نشان می دهد.



ب

الف

شکل ۷: نمونه تصویر از الف) گروه اول با زاویه دید بیشتر از ۲۰ درجه ب) گروه دوم با زاویه دید کمتر از ۲۰ درجه

از جنبه سرعت و پیچیدگی محاسباتی، الگوریتم پیشنهادی را با سایر روشها که جزء الگوریتمهای سریع محسوب می شود مقایسه نموده ایم. برای این منظور الگوریتم پیشنهادی

- [7] F. Kahraman, B. Kurt, and M. Gökmen, "License plate character segmentation based on the gabor transform and vector quantization," in *Lecture Notes on Computer Science*, vol. 2869, A. Yazici and C. Sener, Eds. New York: Springer-Verlag, 2003, pp. 381–388
- [8] A. X. Falcão, J. Stolfi, and R. A. Lotufo. "The image foresting transform: Theory, algorithms, and applications." *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 26(1):19–29, 2004.
- [9] Paulo A.V. Miranda, Felipe P.G. Bergo, Leonardo M. Rocha, and Alexandre X. Falcão "Tree-Pruning: A New Algorithm and Its Comparative Analysis with the Watershed Transform for Automatic Image Segmentation," *XIX Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI'06)* 0-7695-2686
- [10] C. Anagnostopoulos, E. Kayafas, and V. Loumos. (2000). "Digital image processing and neural networks for vehicle license plate identification," *J. Elect. Eng.* [Online]. 1(2), pp. 2–7. Available: <http://www.medialab.ntua.gr/people/canag/journals.php>
- [11] D. Zheng, Y. Zhao, and J. Wang. "An efficient method of license plate location." *Pattern Recognition Letters*, 26(15):2431–2438, Nov 2005.
- [12] V. Abolghasemi and A. Ahmadyfard, "Improved Image Enhancement Method for License Plate Detection", in Proc. IEEE Int. Conf. on Digital Signal Processing, DSP2007, Wales. vol. 3, pp.435-438. July 2007
- [1] Christos Nikolaos E. Anagnostopoulos, Ioannis E. Anagnostopoulos, Vassili Loumos, Eleftherios Kayafas, "A License Plate-Recognition Algorithm for Intelligent Transportation System Applications," *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, vol. 7, no. 3, September 2006.
- [2] T. Sirithinaphong and K. Chamnongthai, "The recognition of car license plate for automatic parking system," in Proc. 5th Int. Symp. Signal Processing and its Applications, 1998, pp. 455–457.
- [3] T. D. Duan, T. L. Hong Du, T. V. Phuoc, and N. V. Hoang, "Building an automatic vehicle license plate recognition system," in *Proc. Int. Conf. Comput. Sci. RIVF*, 2005, pp. 59–63.
- [4] R. S. Draghici, "A neural network based artificial vision system for license plate recognition," *Int. J. Neural Systems*, vol. 8, pp. 113–126, 1997.
- [5] J. Cano and J. C. Perez-Cortes, "Vehicle license plate segmentation in natural images," in *Lecture Notes on Computer Science*, vol. 2652, F. J. Perales et al., Eds. New York: Springer-Verlag, 2003, pp. 142–149.
- [6] C.-T. Hsieh, Y.-S. Juan, and K.-M. Hung, "Multiple license plate detection for complex background," in *Proc. Int. Conf. AINA*, 2005, vol. 2, pp. 389–392.