

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۷/۹

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۲۴

## تشخیص پویای پلاک خودرو مبتنی بر مورفولوژی برای تصاویر رنگی و مادون قرمز

محمد رضا ذوقی<sup>۱</sup>، محسن اسماعیلی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مخابرات، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

### چکیده

در این مقاله برای استخراج پلاک از تصویر، روش لبه‌یابی و مورفولوژی، همراه با ضخیم‌سازی پویای تصویر پیشنهاد می‌شود. در الگوریتم پیشنهادی برای قسمت‌های عقب و جلوی تصویر از ضخیم‌سازی متفاوت استفاده می‌شود. همچنین، برای افزایش نرخ قطعه‌بندی، تعیین دقیق کادر پلاک با استفاده از انحراف‌معیار در نمودار هیستوگرام عمودی پیشنهاد می‌گردد و نیز جداسازی اعداد و حروفی که بر اثر کثیفی پلاک به هم چسبیده‌اند، با استفاده از نسبت ابعاد قطعات و مکان دره‌ها در نمودار هیستوگرام عمودی تصویر در مقیاس دودویی صورت می‌گیرد. روش ارائه شده تکمیل‌کننده مرحله استخراج پلاک می‌باشد که قابلیت شناسایی چندین پلاک در تصویر را دارد. همچنین، اصلاح روش پیشنهادی و برجسته کردن مرزهای اشیا، آن را برای استفاده روی تصاویر مادون قرمز مهیا می‌کند. نتایج آزمایش‌ها بر روی مجموعه‌ای از تصاویر رنگی و مادون قرمز، بهبود نرخ مکان‌یابی و قطعه‌بندی پلاک را نسبت به روش‌های موجود نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: استخراج پلاک از تصویر، قطعه‌بندی پلاک، مورفولوژی، نرخ مکان‌یابی، نرخ قطعه‌بندی، تصحیح زاویه، ضخیم‌سازی پویا، تصاویر مادون قرمز.



## ۱. مقدمه

پلاک است که در دسته روش‌های مبتنی بر مرزها و لبه‌ها قرار می‌گیرد [۱۱-۱۲]. در [۱۳]، مرزهای اشیا به روش سوبل عمودی و افقی مشخص و سپس لبه‌های تصویر ضخیم‌سازی می‌شود. در [۱۴] از دو فیلتر گوسی و فیلتر سوبل عمودی به ترتیب برای کاهش نویز و برجسته‌تر شدن لبه‌های تصویر استفاده می‌شود.

آخرین گام در مرحله مکان‌یابی پلاک، تصحیح زاویه پلاک استخراجی است که ممکن است به علت زاویه دوربین با خودرو، انحراف داشته باشد. یکی از روش‌هایی که برای تصحیح زاویه استفاده می‌شود، روش تبدیل دوخطی است [۱۵-۱۶]. همچنین، در [۱۷] چندین روش برای تصحیح زاویه پیشنهاد شده است که عبارت‌اند از: روش حداقل مربعات (LS)، روش  $K_L$  و روش مبتنی بر تبدیل هاف [۱۸].

مرحله بعد، قطعه‌بندی پلاک است که به روش‌های زیر انجام می‌شود:

۱. قطعه‌بندی بر اساس پیکسل‌های به هم چسبیده؛
  ۲. قطعه‌بندی بر اساس برجستگی یا لبه‌یابی؛
  ۳. قطعه‌بندی بر اساس دانش قبلی در مورد کاراکترها؛
  ۴. قطعه‌بندی بر اساس روش‌های ترکیبی [۴].
- عمدتاً قطعه‌بندی پلاک بر اساس برجستگی‌های تصویر و پیکسل‌های به هم چسبیده صورت می‌گیرد. در این روش، از هیستوگرام عمودی برای قطعه‌بندی استفاده می‌شود [۱۹-۲۰].

در این مقاله، استخراج پلاک مبتنی بر مورفولوژی و با استفاده از ضخیم‌سازی پویای تصویر صورت می‌گیرد و از ضخیم‌سازی پویای تصویر استفاده می‌شود؛ به این صورت که برای قسمت عقب تصویر که پیکسل‌های اشیا آن به هم نزدیک‌ترند، اندازه ضخیم‌سازی تصویر کمتر و برای قسمت جلویی که پیکسل‌ها از هم دورترند، اندازه ضخیم‌سازی تصویر، بیشتر انتخاب می‌گردد.

در نهایت، برای مرحله قطعه‌بندی، با توجه به وجود اشیا اضافی در اطراف پلاک، اصلاحاتی در سه بخش پیشنهاد

امروزه تشخیص هوشمند و خودکار پلاک خودرو در حوزه پردازش تصویر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که پلاک خودرو، شناسه‌ای منحصر به فرد و یکتاست، می‌توان کاربردهای مختلف و مهمی را با استفاده از سیستم هوشمند و خودکار قرائت پلاک معرفی کرد. پیاده‌سازی پارکینگ‌های هوشمند، کنترل سرعت خودرو و کنترل ترافیک را می‌توان از کاربردهای یک سیستم دقیق شناسایی خودرو دانست [۱-۳].

سیستم تشخیص پلاک شامل سه مرحله است [۴]:

۱. مکان‌یابی پلاک؛
۲. قطعه‌بندی پلاک؛
۳. تشخیص کاراکترها.

فاکتورهای مهم در سیستم تشخیص پلاک، نرخ و زمان تشخیص آن است. اگرچه زمان در سیستم تشخیص پلاک اهمیت زیادی دارد، می‌توان با افزایش سرعت پردازنده سیستم آن را جبران کرد. بنابراین در این مقاله، سعی بر آن است که دقت تشخیص و قطعه‌بندی پلاک افزایش داده شود.

تشخیص مکان پلاک به چندین روش انجام می‌گیرد. استفاده از مرز یا لبه و ویژگی رنگ از جمله مهم‌ترین این روش‌هاست [۴]. مکان‌یابی با استفاده از ویژگی رنگ، نیازمند تصاویری با وضوح و کیفیت بالاست. در مقابل، مکان‌یابی پلاک با استفاده از مرزها و لبه‌های تصویر، راحت‌تر و ساده‌تر است.

یکی از روش‌های مکان‌یابی مبتنی بر تشخیص مرزها، استفاده از فیلتر سوبل است که به علت تفاوت رنگ پلاک و بدنه خودرو، مرزهای پلاک به راحتی قابل شناسایی است [۵]. روش دیگر، استفاده از لبه‌های عمودی تصویر برای پیدا کردن مستطیلی است که نسبت ابعاد آن با پلاک واقعی برابر است [۶]. همچنین می‌توان از ویژگی‌های هندسی خطوط برای پیدا کردن مستطیل و در نتیجه استخراج پلاک استفاده کرد [۷-۸]. در [۹-۱۰] روشی برای تشخیص لبه‌های عمودی به کار رفته است که خیلی سریع‌تر از روش سوبل بوده و به VEDA<sup>۲</sup> معروف است.

استفاده از ریخت‌شناسی<sup>۳</sup>، یکی دیگر از روش‌های مکان‌یابی

5. Least Square  
6. Karhunen – Loeve  
7. Hough transform  
8. Projection profile

1. Sobel filter  
2. Vertical Edge Detector Algoritm  
3. Morphology  
4. Bilinear transform

می‌شود:

## ۱.۲. مکان‌یابی پلاک

مراحل استخراج پلاک به ترتیب زیر است:

### ۱.۱.۲. پیش‌پردازش

در مرحله پیش‌پردازش، ابتدا تصویر طبق رابطه (۱) به مقیاس خاکستری تبدیل می‌شود.

(۱)

$$Gray = 0.2989 \times Red + 0.5870 \times Green + 0.1140 \times Blue$$

روشی که در اینجا پیشنهاد می‌گردد، این است که تصویر پس از تبدیل به مقیاس خاکستری، ابتدا از یک فیلتر میانگین<sup>۲</sup> با اندازه ۳×۳ و سپس از یک فیلتر گوسی عبور داده می‌شود. واریانس فیلتر گوسی، برابر ۰/۸ در نظر گرفته می‌شود [۱۴]. در مجموع، استفاده از این دو فیلتر باعث حذف نویز و تشخیص بهتر لبه‌ها خواهد شد. در شکل (۲) تصویر اصلی و تصویر بهبودیافته پس از پیش‌پردازش نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل (۲): الف. تصویر اصلی؛ ب. تصویر بهبودیافته

۱. در بخش تشخیص زاویه انحراف پلاک، ابتدا مختصات مکان‌هایی که شامل تعدادی از اعداد و حروف در پلاک می‌باشند، تعیین می‌گردد و سپس روش K-L بر اساس این مختصات انجام می‌شود.

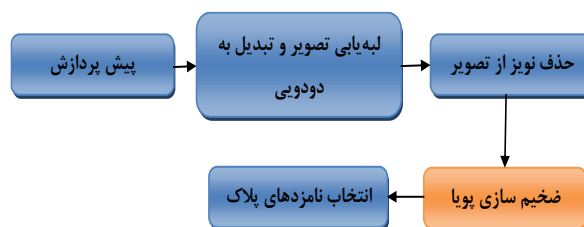
۲. در بخش تشخیص کادر افقی پلاک، از هیستوگرام افقی در مقیاس دودویی و برای تصحیح کادر عمودی پلاک روشی بر اساس برجستگی عمودی و انحراف معیار در مقیاس خاکستری استفاده می‌شود که باعث بهبود نرخ قطعه‌بندی می‌گردد.

۳. برای جداسازی اعداد و حروف که بر اثر کثیفی پلاک به هم چسبیده‌اند، از نسبت ابعاد قطعات و مکان دره‌ها در نمودار هیستوگرام عمودی استفاده می‌گردد.

ساختار مقاله بدین صورت است که در ادامه، در بخش دوم، الگوریتم بهبودیافته پیشنهادی برای استخراج و قطعه‌بندی پلاک بیان می‌گردد. گسترش روش پیشنهادی برای تشخیص چندین پلاک در تصویر و نیز تشخیص پلاک در تصاویر مادون قرمز در بخش سوم ارائه می‌شود. سپس، در بخش چهارم آزمایش‌ها و ارزیابی روش‌های پیشنهادی و مقایسه آن‌ها با سایر روش‌ها آورده شده است. سرانجام، در بخش پنجم نتیجه‌گیری آورده شده است.

## ۲. روش پیشنهادی تشخیص پلاک

در این بخش، روش پیشنهادی تشخیص پلاک توضیح داده می‌شود. الگوریتم مکان‌یابی پیشنهادی مطابق شکل (۱) است. در ادامه هر بخش توضیح داده خواهد شد.



شکل (۱): الگوریتم پیشنهادی مکان‌یابی پلاک

2. Average filter

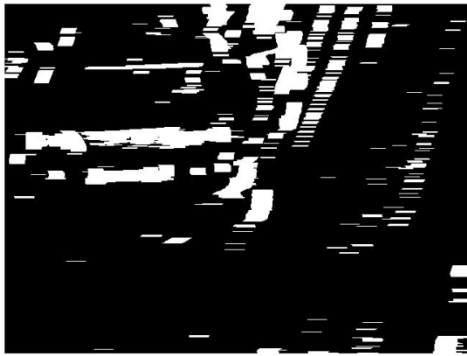
1. Gray level

۱. کل تصویر یک ناحیه فرض شده و با اندازه یکسان ضخیم‌سازی می‌شود.

۲. تصویر در راستای عمودی، به دو ناحیه مساوی تقسیم و ناحیه دورتر، به اندازه ۳۰ و ناحیه نزدیک‌تر با اندازه ۴۰، برای پیوستن اجزای تصویر به یکدیگر، ضخیم‌سازی می‌شود.

۳. تصویر در راستای عمودی، به سه ناحیه مساوی تقسیم و نواحی از جلو تصویر به سمت عقب به ترتیب با اندازه ۴۰، ۳۰ و ۲۰ ضخیم‌سازی می‌شود.

مبنای انتخاب بهترین ناحیه‌بندی برای ضخیم‌سازی این است که پلاک خودرو جزء نامزدهای انتخابی قرار داشته باشد. شکل (۵) نتیجه ضخیم‌سازی پویا را نشان می‌دهد.



شکل (۵): ضخیم‌سازی پویای تصویر

### ۵.۱.۲. برجسب‌گذاری تصویر و انتخاب نامزدها

در این مرحله، تصویر برجسب‌گذاری می‌شود و بر اساس شرطهایی مانند تعداد پیکسل‌های اشیای متصل به هم، نسبت طول به عرض و مساحت ناحیه، نامزدها انتخاب می‌شوند. شکل (۶) دو نامزد استخراج‌شده با این شرایط را نشان می‌دهد.



شکل (۶): دو نامزد استخراج‌شده به‌عنوان پلاک

### ۲.۲. قطعه‌بندی پلاک

پس از استخراج پلاک، ممکن است چندین نامزد پیدا شوند. در مرحله قطعه‌بندی نامزدها، صحت پلاک بودن یا نبودن آن‌ها بررسی می‌شود. بلوک دیاگرام مرحله قطعه‌بندی پلاک در شکل

### ۲.۱.۲. لبه‌یابی و تبدیل تصویر به مقیاس دودویی

در این مرحله، تصویر از یک فیلتر سوبل عمودی  $3 \times 3$  طبق رابطه (۲) عبور داده می‌شود.

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

سپس، تصویر با استفاده از مقدار آستانه به یک تصویر سیاه و سفید تبدیل می‌شود. نتیجه حاصل از این مرحله در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل (۳): لبه‌یابی و تبدیل تصویر به سیاه و سفید

### ۳.۱.۲. نازک‌سازی تصویر و حذف اشیاء اضافی

نازک‌سازی و برجسب‌گذاری تصویر با استفاده از روش ارائه‌شده در [۲۱] انجام می‌شود. شکل (۴) نتیجه حاصل را نشان می‌دهد.

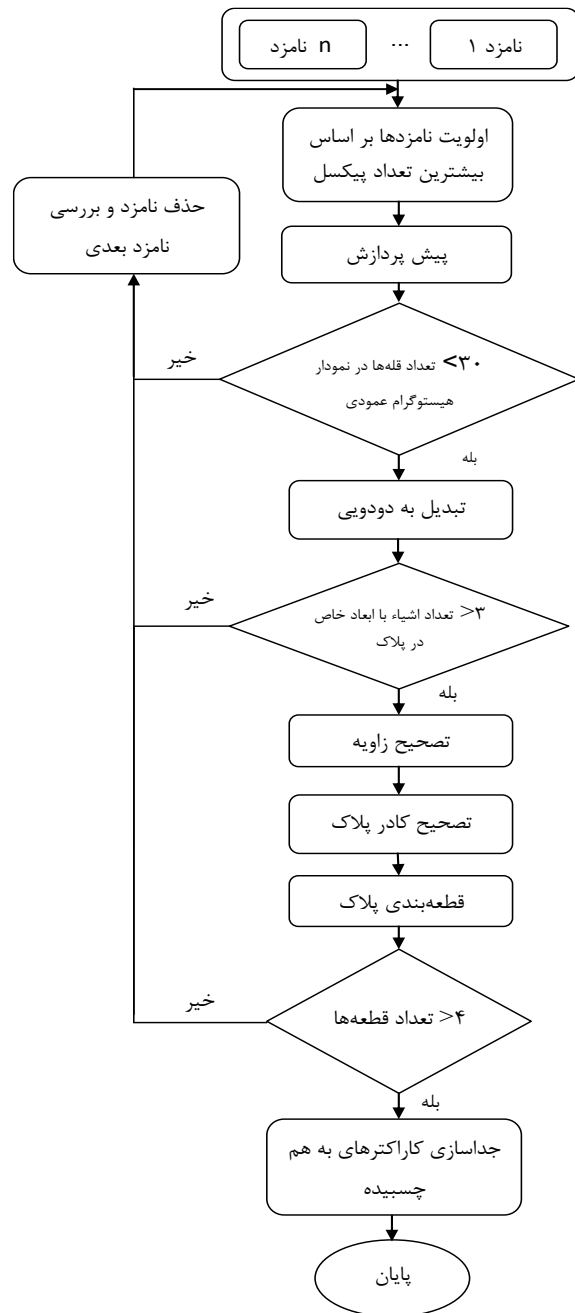


شکل (۴): نازک‌سازی و حذف عناصر بزرگ از تصویر

### ۴.۱.۲. ضخیم‌سازی پویای تصویر

برای ضخیم‌سازی تصویر، سه نوع ناحیه‌بندی در نظر گرفته می‌شود که عبارت‌اند از:

(۷) آورده شده است.



شکل (۷): بلوک دیاگرام قطعه‌بندی پلاک

مراحل قطعه‌بندی پلاک به ترتیب زیرند:

### ۱.۲.۲. اولویت‌بندی نامزدها

به‌علت اینکه پلاک خودرو بیشترین تراکم را دارد، باید بیشترین تعداد پیکسل را نیز داشته باشد. بنابراین، نامزدی که بیشترین تعداد پیکسل در مرحله نازک سازی تصویر را دارد،

به‌عنوان اولین نامزد انتخاب می‌شود. بدین صورت همه نامزدها به ترتیب بررسی می‌شوند تا جایی که پلاک خودرو از بین نامزدها مشخص شود. در شکل (۸)، تراکم تعداد پیکسل‌های هر نامزد نشان داده شده است.



شکل (۸): تراکم تعداد پیکسل‌های دو نامزد

### ۲.۲.۲. بهبود کیفیت تصویر

در این مرحله برای کاهش نویز، از فیلتر میانه ۳ درجه ۲ و برای افزایش کنتراست، از روش تسهیم هیستوگرام استفاده می‌شود [۱۸]. این مرحله باعث بهبود کیفیت تصویر می‌شود. شکل (۹-ب) نتیجه این مرحله را نشان می‌دهد.



(الف)



(ب)

شکل (۹): بهبود کیفیت تصویر: الف. تصویر اصلی؛ ب. تصویر بهبود یافته

### ۳.۲.۲. صحت‌شناسایی مکان پلاک خودرو

در این مرحله، از هیستوگرام عمودی در مقیاس خاکستری برای تشخیص صحت شناسایی پلاک استفاده می‌شود. نحوه بررسی به این صورت است که نمودار هیستوگرام عمودی از تصویر مرحله قبل رسم شده و تعداد قله‌های این نمودار محاسبه می‌شود. اگر تعداد قله‌ها بیشتر از آستانه باشد، آن نامزد حذف خواهد شد و در غیر این صورت، به مرحله بعدی خواهد رفت.

### ۴.۲.۲. دودویی کردن تصویر

گرفته می‌شود.

۳. میانگین زاویه‌های به‌دست‌آمده از مراحل ۱ و ۲  $(\theta_1, \theta_2)$  به‌عنوان زاویه انحراف پلاک  $(\theta)$ ، در نظر گرفته می‌شود.

۴. تصویر پلاک با زاویه  $(-\theta)$  چرخش داده می‌شود. علت پیشنهاد روش فوق برای تصحیح زاویه این است که نامزدهای انتخابی در مرحله مکان‌یابی دقیقاً شامل پلاک خودرو نیستند و ممکن است در اطراف آن اشیاء اضافی وجود داشته باشد. بنابراین، استفاده از روش K\_L که مبتنی بر مختصات پیکسل‌های سفید در تصویر است، با خطای زیادی همراه خواهد شد. شکل (۱۲) نتیجه تصحیح زاویه را برای یک مثال نشان می‌دهد.



شکل (۱۲): تصحیح زاویه

### ۷.۲.۲. تعیین دقیق کادر پلاک

#### أ. تعیین کادر افقی پلاک

۱. ابتدا تصویر دودویی برچسب گذاری می‌شود، و سپس مختصات نواحی و مرزهای اشیاء محاسبه می‌گردد. در ادامه، مختصات همه اشیایی که نسبت عرض به طول آن‌ها بین ۱ و ۳/۵ می‌باشد، ذخیره می‌شود.

۲. میانگین مختصات اشیاء در جهت عرض به دست آورده شده و به‌عنوان نقطه شروع اسکن در نظر گرفته می‌شود.

۳. تصویر از این نقطه به سمت بالا و پایین بررسی می‌شود تا خطی به اندازه یک سوم طول تصویر پلاک پیدا شود. بدین ترتیب، دو مکان به‌عنوان کادر افقی پلاک در جهت عرض تصویر به دست می‌آید.

۴. با داشتن این دو مکان می‌توان تصویر پلاک در مقیاس دودویی و یا در مقیاس خاکستری را در جهت عرض برش داد.

در شکل (۱۳) اشیاء یافت شده و خط شروع اسکن در مرحله ۲ نشان داده شده است. همچنین، در شکل (۱۴) کادر

در این مرحله، ابتدا تصویر در راستای افقی به قطعات ۲۰٪، ۶۰٪ و ۲۰٪ و در راستای عمودی به قطعات ۱۵٪، ۲۰٪، ۳۰٪، ۲۰٪ و ۱۵٪ تقسیم می‌شود. این تقسیم بندی‌ها بر اساس فرمت پلاک می‌باشد.

سپس روش [22] Otsu، بر روی هر بلوک به‌طور جداگانه انجام و بلوک مربوط، به صفر و یک تبدیل می‌شود. نتیجه دودویی شدن تصویر در شکل (۱۰) نشان داده شده است.



شکل (۱۰): دودویی کردن تصویر

### ۵.۲.۲. بررسی مجدد نامزدهای پلاک

روش پیشنهادی صحت شناسایی پلاک بدین صورت است که ابتدا تصویر برچسب‌گذاری می‌شود و هر عدد به‌عنوان یک عنصر در نظر گرفته می‌شود. اگر حداقل ۳ عنصر که نسبت عرض به طول آن‌ها بین ۱ و ۳/۵ باشد در تصویر یافت شود، مختصات ابتدا و انتهای آن‌ها ذخیره می‌شود. در غیر این صورت، نامزد مزبور حذف و گزینه بعدی بررسی می‌گردد. برای مثال، در شکل (۱۱) تعداد عناصری که در شرایط بیان‌شده صدق می‌کند، بیشتر از ۳ می‌باشد. بنابراین احتمال پلاک بودن این نامزد وجود دارد.



شکل (۱۱): بررسی پلاک بودن یک نامزد

### ۶.۲.۲. بهبود تصحیح زاویه پلاک

روش پیشنهادی در مرحله تصحیح زاویه به‌صورت زیر است:  
۱. زاویه انحراف پلاک از تصویر معکوس شده شکل (۱۱) به روش K\_L محاسبه شده و به‌عنوان  $(\theta_1)$  در نظر گرفته می‌شود.

۲. تصویر پلاک بر اساس مختصات اولین و آخرین عنصری که در بخش ۵.۲.۲ به دست آمد، خط آبی رنگ در شکل (۱۲) برش داده می‌شود. سپس زاویه انحراف پلاک از تصویر برش داده شده بر مبنای روش K\_L محاسبه و به‌عنوان  $(\theta_2)$  در نظر

افقی پلاک به خوبی نشان داده شده است.

شکل (۱۶- الف) نتیجه تعیین کادر عمودی پلاک و شکل (۱۶- ب) کادر کامل پلاک برای یک مثال را نشان می‌دهد.



(الف)



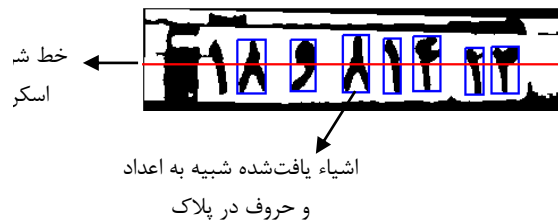
(ب)

شکل (۱۶): تصحیح کادر پلاک: الف. کادر عمودی پلاک؛  
ب. تصحیح کادر عمودی و افقی پلاک

### ۸.۲.۲. قطعه‌بندی پلاک

مراحل قطعه‌بندی پلاک عبارت‌اند از:

۱. تصویر در مقیاس دودویی معکوس می‌شود.
۲. هیستوگرام عمودی پلاک ترسیم می‌شود.
۳. انحراف معیار و میانگین هیستوگرام عمودی محاسبه می‌شود.
۴. نمودار هیستوگرام از سمت چپ بر روی می‌شود. هر کجا مقدار هیستوگرام از ۲٪ میانگین بیشتر شد، به‌عنوان نقطه شروع کاراکتر در نظر گرفته و ذخیره می‌شود.
۵. نقطه‌ای که مقدار آن کمتر از ۲٪ میانگین، و بیشینه بین این نقطه و نقطه به‌دست‌آمده در مرحله ۳، بیشتر از انحراف معیار باشد، به‌عنوان نقطه انتهایی کاراکتر در نظر گرفته می‌شود.
۶. مراحل ۳ و ۴ برای کل نمودار تکرار می‌شود.
۷. توسط نقاط ابتدایی و انتهایی کاراکترها می‌توان کاراکترها را از یکدیگر جدا کرد.
۸. اگر تعداد قطعات جداشده کمتر از ۴ باشد، آن نامزد پلاک خودرو محسوب نشده و حذف می‌شود و طبق الگوریتم شکل (۸)، به ابتدای حلقه برگشته و نامزد بعدی بررسی می‌شود.



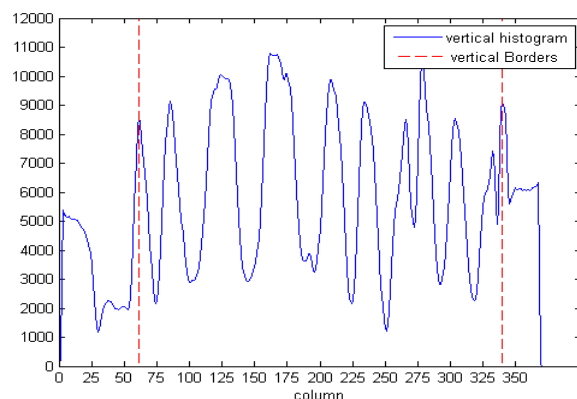
شکل (۱۳): اشیاء یافت‌شده و خط شروع اسکن



شکل (۱۴): کادر افقی پلاک

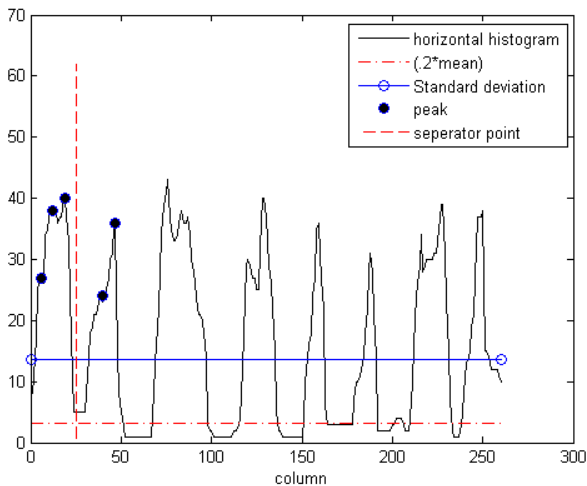
### ب. تعیین کادر عمودی پلاک

- روش پیشنهادی در این بخش مبتنی بر جهش رنگ بین زمینه پلاک با اطراف آن است و طی مراحل زیر انجام می‌گیرد.
۱. هیستوگرام عمودی تصویر رسم می‌شود.
  ۲. مقادیر قله‌ها و دره‌های نمودار و همچنین مقادیر اندیس‌ها و انحراف معیار هیستوگرام عمودی محاسبه می‌شود.
  ۳. اگر اختلاف مقدار هر قله با دره قبلی آن بزرگ‌تر از انحراف معیار باشد، آن مکان به‌عنوان کادر سمت چپ پلاک در نظر گرفته خواهد شد.
  ۴. مرحله ۳ برای تعیین کادر سمت راست تکرار می‌شود.
  ۵. تصویر پلاک از چپ و راست برش داده می‌شود. نمودار هیستوگرام، قله‌ها و دره‌ها در شکل (۱۵) نشان داده شده است.



شکل (۱۵): هیستوگرام عمودی پلاک





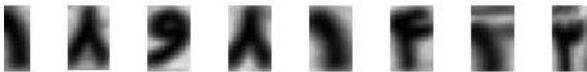
(ب)

شکل (۱۹): مثالی از جداسازی دو کاراکتر به هم چسبیده:

الف. تصویر پلاک در مقیاس دودویی؛ ب. هیستوگرام افقی برای

جداسازی کاراکترهای به هم چسبیده

الگوریتم نشان داده شده در شکل (۷) آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا پلاک خودرو از بین نامزدها انتخاب شود. بدین ترتیب، الگوریتم پایان می‌یابد. در شکل (۲۰) نمونه قطعه‌بندی پلاک آورده شده است.



شکل (۲۰): پلاک قطعه‌بندی شده

### ۳. گسترش الگوریتم پیشنهادی

در این بخش، الگوریتم پیشنهادی برای تشخیص چندین پلاک و همچنین برای تصاویر مادون قرمز تعمیم داده می‌شود.

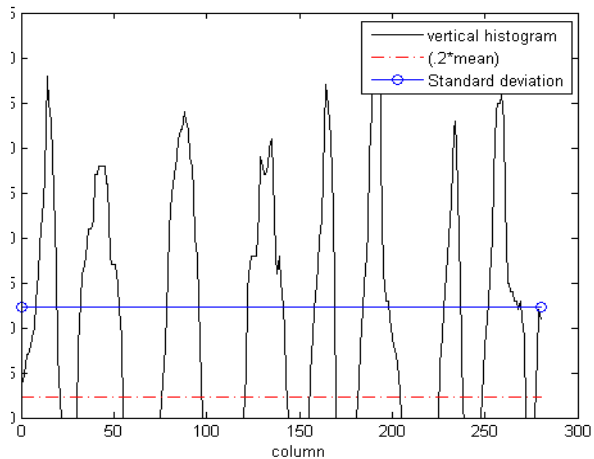
#### ۱.۳. استخراج و قطعه‌بندی چندین پلاک در تصویر

الگوریتم معرفی‌شده در بخش ۲.۲ را می‌توان با اندکی تغییرات برای استخراج چندین پلاک از تصویر به کار برد. برای این کار، همه نامزدها تا آخرین نامزد بررسی شده و در صورت صحت قطعه‌بندی می‌شوند. بلوک دیاگرام قطعه‌بندی چندین پلاک در تصویر، مطابق شکل (۲۱) است.

شکل (۱۷) تصویر پلاک در مقیاس دودویی را نشان می‌دهد. در شکل (۱۸)، هیستوگرام عمودی، انحراف‌معیار و میانگین آن نشان داده شده است.



شکل (۱۷): پلاک در مقیاس دودویی



شکل (۱۸): نمودار هیستوگرام عمودی جهت قطعه‌بندی پلاک

#### ۹.۲.۲. جداسازی کاراکترهای به هم چسبیده

ممکن است پس از قطعه‌بندی، بعضی از کاراکترها هنوز به یکدیگر چسبیده باشند. همان طور که در شکل (۱۹ - الف) نیز دیده می‌شود، به هم چسبیدگی کاراکترها ممکن است در زیر و یا بالای آن‌ها باشد. برای حل این مشکل باید از اندازه قطعات جدا شده در تصویر استفاده شود. اگر اندازه کاراکتر بیشتر از استاندارد آن در پلاک واقعی باشد، جداسازی دو کاراکتر انجام می‌شود. به عبارت دیگر، اگر نسبت عرض به طول هر قطعه کمتر از ۱/۵ (برای اعداد) و ۱ (برای حروف) باشد، این قطعه شامل دو کاراکتر بوده و باید جداسازی مجدد بر روی آن انجام شود. در شکل (۱۹ - ب)، قله‌ها، دره‌ها، میانگین و انحراف‌معیار برای جداسازی دو کاراکتر مشخص شده است.



(الف)



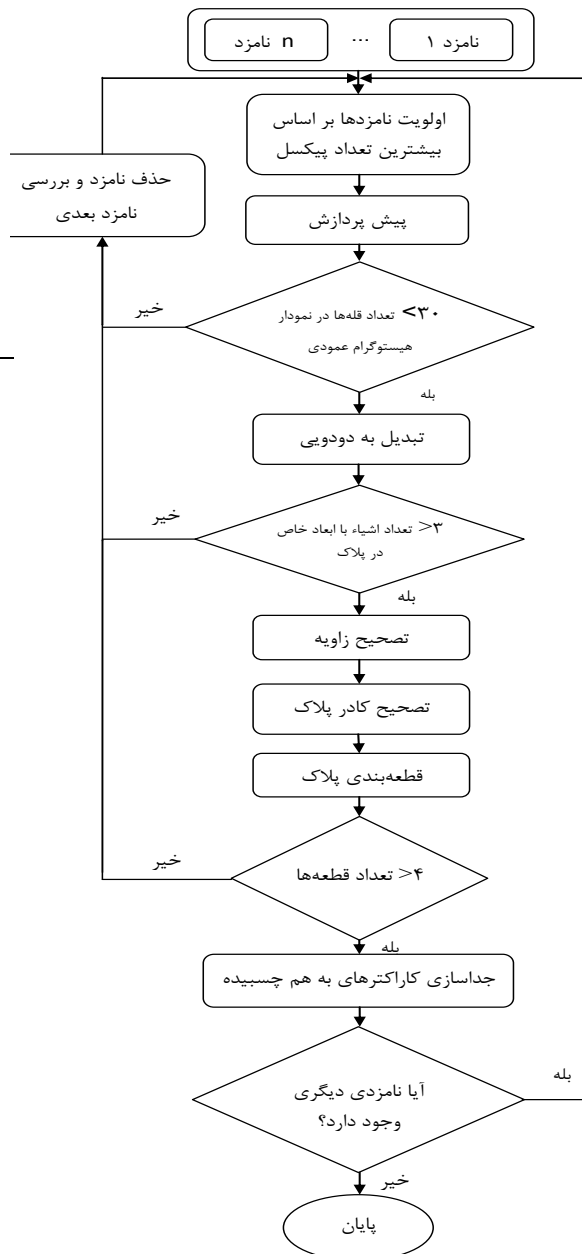
شکل (۲۲): مثالی از استخراج چندین پلاک: الف. تصویر اصلی؛ ب. پلاک‌های استخراجی؛ ج. قطعه‌بندی پلاک‌ها

### ۲.۳. استخراج و قطعه‌بندی پلاک در تصاویر مادون قرمز

در صورت استفاده از الگوریتم پیشنهادی برای تصاویر مادون قرمز، نرخ مکان‌یابی بسیار پایین می‌آید. دلیل این امر کم بودن نور [۲۳]، ضعیف بودن رنگ‌ها و برجسته نبودن مرز اشیاء در تصاویر مادون قرمز است. برای حل این مشکل می‌توان از فیلتر لاپلاسی و روش تشخیص لبه‌های مرزی استفاده کرد [۲۱]. مثالی از تصویر مادون قرمز، پلاک استخراج‌شده و قطعه‌بندی آن در شکل (۲۳) آورده شده است.



(الف)



شکل (۲۱): بلوک دیاگرام قطعه‌بندی چندین پلاک

در شکل (۲۲) استخراج و قطعه‌بندی چندین پلاک از تصویر نشان داده شده است.



(الف)

۳۲۱ تصویر، مرزهای پلاک به درستی تشخیص داده شده است. به عبارت دیگر، بازدهی روش پیشنهادی تعیین کادر پلاک ۹۷/۸٪ است. همچنین، مقایسه دقت تشخیص و قطعه‌بندی روش پیشنهادی با روش [۱۴] و [۱۸]، در جدول (۳) خلاصه شده است.

جدول (۳): دقت تشخیص و قطعه‌بندی پلاک خودرو در تصاویر رنگی

بازدهی	روش
۹۳/۱٪	روش پیشنهادی برای استخراج پلاک
۸۹/۹۵٪	روش [۱۴] برای استخراج پلاک
۹۸٪	روش پیشنهادی برای قطعه‌بندی پلاک
۹۷٪	روش [۱۸] برای قطعه‌بندی پلاک

#### ۲.۴. مکان‌یابی چندین پلاک در تصویر

در مرحله استخراج چندین پلاک، ۳۲۷ تصویر آزمایش می‌شود و به ترتیب برای یک تا چهار پلاک در تصویر دقت تشخیص محاسبه می‌گردد. نتایج مکان‌یابی و قطعه‌بندی چندین پلاک در جدول (۴) آورده شده است.

جدول (۴): دقت تشخیص و قطعه‌بندی چندین پلاک در تصویر

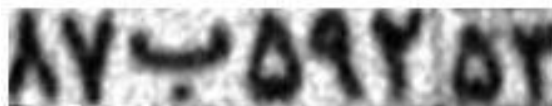
چهار پلاک	سه پلاک	دو پلاک	یک پلاک	
۹۱/۱٪	۹۴/۱٪	۹۵٪	۹۶/۶٪	مکان‌یابی پلاک
۹۰٪	۹۱/۴٪	۹۰/۱٪	۹۰/۶٪	قطعه‌بندی پلاک

#### ۳.۴. تصاویر مادون قرمز

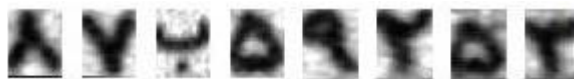
در این آزمایش، ابتدا روش پیشنهادی تشخیص پلاک تصاویر رنگی برای تصاویر مادون قرمز استفاده می‌شود. در نتیجه، نرخ مکان‌یابی ۷۹٪ به دست می‌آید که نرخ پایینی است. در ادامه، الگوریتم اصلاح‌شده برای تصاویر مادون قرمز به کار گرفته می‌شود و نرخ مکان‌یابی ۹۶٪ و قطعه‌بندی ۹۸/۸٪ به دست می‌آید.

#### ۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله، الگوریتمی مبتنی بر مورفولوژی برای تشخیص پلاک خودرو پیشنهاد شد. در مرحله استخراج پلاک نیز، روشی پویا برای ضخیم‌سازی پیکسل‌ها در جلو و عقب تصویر ارائه



(ب)



(ج)

شکل (۲۳): استخراج و قطعه‌بندی تصویر مادون قرمز:

الف. تصویر اصلی؛ ب. پلاک استخراجی؛ ج. پلاک قطعه‌بندی شده

#### ۴. نتایج شبیه‌سازی

این آزمایش‌ها بر روی تصاویر رنگی و مادون قرمز انجام می‌شود. نتایج هر کدام به‌طور جداگانه ارائه می‌گردد. همه تصاویر رنگی و مادون قرمز در فرمت JPG و با اندازه ۹۶۰×۱۲۸۰ و با کیفیت ۹۶ پیکسل در هر اینچ می‌باشد.

#### ۱.۴. نتایج آزمایش‌ها بر روی تصاویر رنگی

نتایج ضخیم‌سازی برای حالت‌های مختلف در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): دقت تشخیص پلاک بر اساس ناحیه‌بندی‌های مختلف

دقت تشخیص	۱ ناحیه	۲ ناحیه	۳ ناحیه
۹۲٪	۹۹٪	۹۷٪	

نتایج جدول (۱) نشان می‌دهد که بهترین حالت برای ضخیم‌سازی پیکسل‌های اشیاء تقسیم تصویر به دو ناحیه است. در ادامه، دقت تشخیص پلاک برای دو ناحیه به‌طور جداگانه نیز بررسی شده است. نتایج حاصل در جدول (۲) مشاهده می‌شود.

جدول (۲): دقت تشخیص پلاک خودرو در نواحی متفاوت

تعداد کل تصاویر	تعداد تشخیص درست	دقت تشخیص
۱۲۹	۱۱۷	۹۰/۷٪
۲۲۱	۲۰۹	۹۴/۶٪
۳۵۰	۳۲۶	۹۳/۱٪

در ادامه، برای بررسی عملکرد روش پیشنهادی برای تعیین کادر پلاک، آزمایش‌هایی روی ۳۲۸ تصویر انجام می‌شود. در

تشخیص چندین پلاک، و نیز تصاویر مادون قرمز تعمیم داده شد. نتایج شبیه‌سازی بهبود عملکرد در مرحله مکان‌یابی و قطعه‌بندی را نشان می‌دهند.

شد. نتایج شبیه‌سازی، بهبود دقت تشخیص برای تصاویر رنگی را نشان می‌دهند. همچنین، در بخش قطعه‌بندی روش‌های مختلف تصحیح زاویه و تعیین دقیق کادر پلاک مقایسه و ارزیابی و بهترین روش انتخاب شد. در نهایت، الگوریتم برای

## مراجع

- [1] D. Gilly, K. Raimond, "A survey on license plate recognition systems", *International Journal of Computer Applications*, vol. 61, no. 6, pp. 34-40, 2013.
- [۲] بیگلری، محسن، سلیمانی، علی، «مقایسه روش‌های شناسایی نوع و مدل وسیله نقلیه با رویکرد کلی‌نگر و جزئی‌نگر و ارائه یک رویکرد جدید»، نشریه محاسبات نرم، دوره ۵، شماره ۲، ص ۱۸-۲۷، پاییز و زمستان ۱۳۹۵.
- [۳] مرادی، محسن، حسینی، سیدمجتبی، مؤمنی ازندریانی، امیرحسین، «تشخیص نوع خودرو با استفاده از مدل سه‌بعدی»، نشریه محاسبات نرم، دوره ۴، شماره ۱، ص ۲-۱۳، بهار و تابستان ۱۳۹۴.
- [4] S. Du, M. Ibrahim, M. Shehata and W. Badawy, "Automatic license plate recognition (ALPR): A state-of-the-art review", *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, vol. 23, no. 2, pp. 311-325, 2013.
- [5] M. Sarfraz, M. J. Ahmed, and S. A. Ghazi, "Saudi Arabian license plate recognition system", in *proc. of int. conf. on Geometric Modeling and Graphics*, pp. 36-41, 2003.
- [6] D. Zheng, Y. Zhao and J. Wang, J. (2005). "An efficient method of license plate location", *Pattern Recognition Letters*, vol. 26, no. 15, pp. 2431-2438, 2005.
- [7] C. N. K. Babu and K. Nallaperumal, "An efficient geometric feature based license plate localization and recognition", *Int. J. Imaging Sci. Eng*, vol. 2, no. 2, pp. 189-194, 2008.
- [8] S. Wang and H. J. Lee, "Detection and recognition of license plate characters with different appearances", in *Proc. Intelligent Transportation Systems*, 2003.
- [9] A. M. Al-Ghaili, S. Mashohor, A. Ismail and A. R. Ramli, "A new vertical edge detection algorithm and its application", in *Int. Conf. on Computer Engineering and Systems (ICCES)*, 2008.
- [10] H. J. Lee, S. Y. Chen and S. Z. Wang, "Extraction and recognition of license plates of motorcycles and vehicles on highways", in *proc. 17th Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR)*, 2004.
- [11] H. Bai and C. Liu, "A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology", in *Proc. Int. Conf. Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 831-834, 2004.
- [12] Wu, H. H. Chen, R. J. Wu, and D. F. Shen, "License plate extraction in low resolution video", in *Proc. Int. Conf. Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 824-827, 2006.
- [13] S. H. M. Kasaei, S. M. M. Kasaei and S. A. Monadjemi, "A novel morphological method for detection and recognition of vehicle license plates", *American Journal of Applied Sciences*, vol. 6, no. 12, pp. 2066-2070, 2009.
- [14] M. Ashourian, N. Daneshmandpoura, O. S. Tehrania and P. Moallem, "Real time implementation of a license plate location recognition system based on adaptive morphology", *International Journal of Engineering*, vol. 26, no. 11, pp. 1347-1356, 2013.
- [15] E. R. Lee, P. K. Kim and H. J. Kim, "Automatic recognition of a car license plate using color image processing", in *Proc. of IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP94)*, 1994.
- [16] X. Xu, Z. Wang, Y. Zhang and Y. Liang, "A method of multi-view vehicle license plates location based on rectangle features", at *Int. Conf. on Signal Processing*, 2006.
- [17] M. S. Pan, Q. Xiong and J. B. Yan, "A new method for correcting vehicle license plate tilt", *International Journal of Automation and Computing*, vol. 6, no. 2, pp. 210-216, 2009.
- [18] M. H. Dashtban, Z. Dashtban and H. Bevrani, "A novel approach for vehicle license plate localization and recognition", *International Journal of Computer Applications*, vol. 26, no. 11, 2011.

- [19] V. Shapiro and G. Gluhchev, "Multinational license plate recognition system: Segmentation and classification", in *Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR)*, vol. 4, pp. 352-355, 2004.
- [20] K. M. Hung and C. T. Hsieh, "A real-time mobile vehicle license plate detection and recognition", *Tamkang Journal of Science and Engineering*, vol. 13, no. 4, pp. 433-442, 2010.
- [21] R. C. Gonzales, R. E. Woods and S. L. Eddins, "Digital image processing using MATLAB", 2004.
- [22] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms", *IEEE Trans. Sys., Man., and Cyber*, vol. 9, no. 1, pp. 225-236, Jan. 1975.
- [23] J. Li, "Multi-features-based license plate detection in nighttime environment", *Journal of Software*, vol. 9, no. 9, pp. 2353-2360, 2014.