

طراحی و پیاده‌سازی سامانهٔ بی‌درنگ آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو در تصاویر ویدئویی

میترا عبداللهی و حسین خسروی*

گروه الکترونیک، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شهرورد، شهرورد، ایران

چکیده

سامانه‌های شناسایی خودکار پلاک خودرو (ANPR) کاربردهای بسیاری در سامانه‌های نظارت بر ترافیک روزانه و سامانه‌های کنترل عوارض جاده‌ای دارند. در این مقاله، الگوریتمی بی‌درنگ برای آشکارسازی و شناسایی پلاک در قاب‌های ویدئو (frames) و شناسایی همزمان چند پلاک در یک قاب ویدئویی طراحی و پیاده‌سازی می‌کنیم. در قبل در زمینه تشخیص و شناسایی یک پلاک خودرو در یک صحنه، کارهایی صورت گرفته که در بیش تر آنها به بی‌درنگ بودن الگوریتم، توجه کمی شده است؛ در حالی که مسئله افزایش سرعت شناسایی پلاک‌ها به همراه آشکارسازی و شناسایی صحیح چند پلاک خودرو در صحنه برای کاربردهای آن، اهمیت بالایی دارد. برخلاف روش‌هایی با پیچیدگی محاسباتی بالا، ما روش‌های مؤثر و ساده‌ای را برای بی‌درنگ بودن به کار گرفتیم. روش پیشنهادی روی ویدئوهایی از دوربین‌های بزرگراه‌ها ارزیابی شده و درصد آشکارسازی ۹۸/۷۹ حاصل شد. این سامانه به زبان C++ و با استفاده از کتابخانه OpenCV پیاده‌سازی شده است. میانگین زمان پردازش هر قاب در مرحله Z آشکارسازی پلاک، ۲۵ میلی ثانیه و میانگین زمان کلی پردازش هر قاب چهل میلی ثانیه است که می‌تواند در کاربردهای بی‌درنگ استفاده شود. درصد بازشناسی ارقام پلاک نیز ۹۷/۸۳ به دست آمد. سامانه بی‌درنگ پیشنهادی می‌تواند چند پلاک را از انواع مختلف در هر قاب تشخیص داده و شناسایی کند. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که روش و نحوه پیاده‌سازی ما نسبت به کارهای گذشته، سرعت بالاتر و درصد آشکارسازی و بازناسایی بهتری دارد؛ طوری که آن را برای کاربردهای بی‌درنگ بسیار مناسب ساخته است.

وازگان کلیدی: سامانهٔ بی‌درنگ آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو، مدل مخلوط گاووسی، افکنش، تحلیل اجزای متصل به هم، شبکه عصبی.

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

Mitra Abdollahi & Hossein Khosravi*

Department of Electronic, Faculty of Electrical Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, IRAN

Abstract

An automatic Number Plate Recognition (ANPR) is a popular topic in the field of image processing and is considered from different aspects, since early 90s. There are many challenges in this field, including; fast moving vehicles, different viewing angles and different distances from camera, complex and unpredictable backgrounds, poor quality images, existence of multiple plates in the scene, variable lighting conditions throughout the day, and so on. ANPR systems have many applications in today's traffic monitoring and toll-gate systems.

In this paper, a real-time algorithm is designed and implemented for simultaneous detection and recognition of multiple number plates in video sequences. Already some papers on plate localization and recognition in still images have been existed, however, they do not consider real time processing. While for the related applications, real-time detection and recognition of multiple plates on the scene is very important. Unlike methods with high computational complexity, we apply simple and effective techniques for being real-

*Corresponding author • تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۶/۸/۷ • تاریخ آخرین بازنگری: ۱۳۹۷/۷/۱۶ • تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۹ • نویسنده عهده‌دار مکاتبات

time. At first, background is modeled using Gaussian Mixture Model (GMM) and moving objects are determined. Then, plate candidate regions are found by vertical edge detection and horizontal projection. After that, license plates are localized and extracted by morphological operations and connected components analysis. When plates were detected, their characters are separated with another algorithm. Finally a neural network is applied for character recognition.

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

Keywords: Real-time License Plate Recognition System, Gaussian Mixture Model, Projection, Connected Components Analysis, Neural Network.

مختلف، زوایای دید مختلف دوربین، پس زمینه پیچیده، و انعکاس و شکست نور از مشکلات کار هستند. پلاک خودرو می تواند در هر جای تصویر وجود داشته باشد. به جای پردازش هر پیکسل تصویر که زمان پردازش زیادی می خواهد، می توان پلاک را با ویژگی هایش متمایز کرد در این صورت سامانه فقط پیکسل هایی را با این ویژگی ها پردازش می کند. ویژگی ها با توجه به شکل پلاک و نویسه های تشکیل دهنده آن تعیین می شوند. رنگ پلاک یکی از ویژگی های آن است که کشورهای مختلف رنگ های خاصی برای پلاک های خود دارند. شکل مستطیلی مرز پلاک ویژگی دیگری است که برای استخراج پلاک استفاده می شود. تغییر رنگ بین نویسه ها و پس زمینه پلاک که بافت پلاک در نظر گرفته می شود هم برای استخراج پلاک از تصویر به کار می رود. وجود نویسه ها می تواند به عنوان یکی از ویژگی های مورد استفاده برای شناسایی ناحیه پلاک باشد. درنهایت ترکیب دو یا چند ویژگی می تواند به تشخیص پلاک منجر شود [5]. در ادامه، برخی روش های به کار گرفته شده برای مرحله نخست را بیان می کنیم. چاکون و همکارش [6] یک الگوریتم تشخیص کانتور را بر روی تصاویر دودویی اعمال می کنند تا اجزای متصل به هم را تشخیص دهند. اجزاء متصل به همی که ویژگی های هندسی مشابه پلاک ها دارند، به عنوان نامزد انتخاب می شوند؛ این الگوریتم در تصاویر با کیفیت پایین شکست می خورد؛ چون کانتورهای اشتباہی پیدا می کند. چنانکلو و رحمتی [7] ابتدا با استفاده از اطلاعات رنگی، نواحی نامزد^۱ را استخراج می کنند؛ سپس با استفاده از تعريف جدیدی که برای مورفولوژی ریاضی ارائه کرده اند، وجود ارقام در نواحی نامزد بررسی می شوند. در انتهای با توجه به این که باید در ناحیه پلاک چندین رقم پشت سر هم موجود باشند، ناحیه پلاک

^۱ Candidate regions

۱- مقدمه

سامانه شناسایی خودکار شماره پلاک خودرو، سامانه های برای خواندن پلاک وسیله نقلیه با استفاده از نویسه خوان نوری است. شماره پلاک خودرو یکی از مناسب ترین اقلام اطلاعاتی جهت احراز هویت خودروها است. این سامانه به طور کامل خودکار است که با استفاده از پردازش تصویر خودروهای عبوری از یک مکان، شماره پلاک آنها را استخراج می کند. برای استفاده از این سامانه، نیازی به نصب و تجهیز خودروها به وسیله دیگری (مانند GPS یا برچسب های رادیویی-RFID) وجود ندارد. این سامانه با استفاده از دوربین های مخصوص، تصویری از خودروی در حال عبور اخذ کرده و آن را جهت پردازش توسط نرم افزار تشخیص پلاک خودرو به رایانه ارسال می کند. از این سامانه می توان در زمینه های امنیتی و ترافیکی بسیار بهره گرفت. با توجه به کاربردهای زیاد آن، روش های متفاوتی برای آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو در مراجع مختلف ارائه شده است [1], [2], [3] و [4].

به طور کلی یک سامانه خودکار شناسایی پلاک خودرو، ANPR، از سه بخش اصلی تشخیص محل پلاک یا آشکارسازی پلاک، جداسازی نویسه ها، و شناسایی آنها تشکیل شده است.

خواندن پلاک خودرو از روی تصاویر پیچیده دو مرحله دارد. در مرحله نخست، محل پلاک در تصویر مشخص می شود و شناسایی ارقام و حروف پلاک در مرحله دوم صورت می گیرد. از آنجا که شناسایی ارقام و حروف پلاک، مبتنی بر تصویر استخراجی مرحله نخست است، لذا کارایی و دقت سامانه تا حد زیادی به مرحله نخست بستگی دارد و یافتن محل دقیق پلاک اهمیت زیادی دارد. کیفیت پایین تصاویر، شرایط نوری

^۱ Automatic Number Plate Recognition (ANPR)



شبکه‌ی پیش‌انتشار خطای سه‌لایه با تابع انتقال تائزانت سیگموید و شبکه‌ی چندی‌کردن^۱ بردار یادگیر، LVQ^۷، را برای بازشناسی نویسه‌ها در یک سامانه LPR به کار برد و مقایسه‌ای بین این دو نوع شبکه بر مبنای دقت بازشناسی انجام داده است. نجاتی و پورقاسم [17]، برای افزایش نرخ بازشناسی نویسه‌های پلاک خودرو، از مدل ترکیبی براساس ساختار اختلاط خبره‌ها استفاده کرده‌اند. نتایج تجربی نشان می‌دهند که در مقایسه با شبکه‌های عصبی پرسپترون، ساختار اختلاط خبره‌ها منجر به افزایش دقت در بازشناسی نویسه‌های فارسی پلاک خودرو می‌شود؛ اما سرعت بیشتر سامانه و بی‌درنگ‌بودن الگوریتم را فراهم نمی‌کند.

در این مقاله علاوه‌بر حل این مسائل، تلاش می‌کنیم مشکلات دیگری را که بر سر راه این سامانه‌ها وجود دارد نیز رفع کنیم. در بخش دوم این مقاله روش پیشنهادی خود را در سه قسمت شرح می‌دهیم؛ در بخش سوم نتایج آزمایش‌های مان را ارائه و در بخش چهارم نتیجه‌گیری کلی پژوهش خود را بیان می‌کنیم.

۲- روش پیشنهادی

سامانه هوشمند حمل و نقل به بخش جدایی‌ناپذیری از این صنعت تبدیل شده است. با توجه به نصب دوربین‌های مختلف در چهارراه‌ها و مسیرهای پررفت‌وآمد، وجود سامانه‌های کارآمد شناسایی خودکار شماره پلاک، ضروری و مهم به نظر می‌رسند. یک سامانه هوشمند حمل و نقل دارای بخش‌های مختلفی از جمله تشخیص پلاک، تشخیص نوع خودرو، تعیین سرعت، تشخیص تخلف، تشخیص رنگ خودرو و... است. سامانه شناسایی پلاک، قسمتی از این سامانه هوشمند به شمار می‌آید.

امروزه بیشتر سامانه‌های شناسایی پلاک، سخت‌افزار خاصی را استفاده می‌کنند، مثل دوربین‌های وضوح بالا یا حس‌گرهای مادون قرمز تا کیفیت تصویر ورودی را بهبود دهنده و آنها در شرایط کنترل شده‌ای عمل می‌کنند. یک راه حل متفاوتی که در این کار پیشنهاد شده، تحلیل پیوسته و توجه به قاب‌های بعدی است. باید دست کم بیست قاب^۸ را در ثانیه در ویدئوها پردازش کنیم تا الگوریتم‌مان بی‌درنگ باشد. با این حال ممکن است، قاب بر ثانیه^۹ بیشتری برای جاده‌ها و

مشخص می‌شود. ابوالقاسمی و احمدی‌فرد [8]، ابتدا لبه‌های موجود در تصویر را استخراج می‌کنند و سپس مکان‌هایی از تصویر را که نسبت به مساحت خود تعداد لبه‌های بیشتری دارند، به دست می‌آورند. از آنجا که تصویر ممکن است در اثر لرزش، آب و هوای مهآلود یا بارانی مات شود، از تیزکردن لبه استفاده می‌کنند. این کار به تشخیص لبه‌ها کمک می‌کند. دوآن و همکارانش [9] از تبدیل هاف^{۱۰} استفاده کرده‌اند؛ بدین صورت که ابتدا لبه‌های تصویر ورودی به دست می‌آیند، سپس تبدیل هاف برای پیدا کردن ناحیه پلاک به کار گرفته می‌شود. این روش هرگاه که تصاویر به خودرو محصور شده باشد، نتایج خوبی از خود نشان می‌دهد؛ اما عیب این روش این است که به تغییر شکل مرزهای پلاک حساس بوده و زمان پردازشی آن زیاد است. وانگ و همکارانش [10] الگوریتمی را برای تعیین محل پلاک مبتنی بر تبدیل موجک گستته، DWT^{۱۱}، پیشنهاد می‌کنند. راههای بسیاری برای تشخیص ناحیه پلاک خودرو استفاده شده است. بسیاری از روش‌های پیشنهاد شده محدودیت‌هایی دارند که تشخیص پلاک با اندازه ثابت و تشخیص فقط یک پلاک در هر تصویر، برخی از آن محدودیت‌ها است. آنها همچنین به میزان بالایی تشخیص اشتباہ در پس‌زمینه‌های پیچیده و پیچیدگی محاسباتی بالا دارند. نقطه ضعف دیگر این روش‌ها که بسیار مهم است، سرعت کم آنها است [11]، [12] و [13]، میانگین زمان اجرایشان بیش از یک ثانیه است که این زمان برای یک کاربرد بی‌درنگ^{۱۲} بیش از حد بزرگ است.

برای مرحله دوم یعنی الگوریتم‌های بازشناسی نویسه‌ها در^{۱۳} LPR می‌توان از روش‌های مبتنی بر یادگیری و تطبیق الگو استفاده کرد. در روش‌های مبتنی بر یادگیری نشان داده شده است که با داشتن مجموعه بزرگ داده‌های آموزشی، شبکه‌های عصبی مصنوعی [14] می‌توانند به نتایج بازشناسی خوبی دست پیدا کنند و لذا رایج‌ترین روش مورد استفاده در سامانه‌های LPR هستند. فولینگ و همکارانش [15]، برای شناسایی نویسه‌های مختلف روی پلاک که شامل نویسه‌های چینی، حروف و اعداد انگلیسی هستند، از چهار شبکه عصبی پرسپترون چندلایه به ترتیب برای طبقه‌بندی حروف چینی، حروف انگلیسی، ترکیب حروف و اعداد انگلیسی و همچنین اعداد استفاده کرده‌اند. برای بهبود سرعت آموزش پس‌انتشار خطای نیز الگوریتم ارجاع^{۱۴} به کار رفته است. ناگار [16]، دو نوع

¹ Hough transform

² Discrete Wavelet Transform

³ Real-Time

⁴ License Plate Recognition

⁵ Resilient

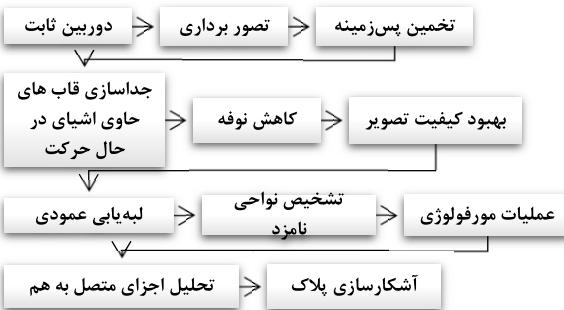
⁶ Quantization

⁷ Learning Vector Quantization

⁸ Frame

⁹ Frame per Second (fps)

و توصیف معنایی است. سامانه‌های نظارت تصویری با تشخیص شیء در حال حرکت در قاب‌های ویدئو کار خود را آغاز می‌کنند و پس زمینه‌ای قابل اعتماد از قاب‌های تصویری ورودی می‌سازند. ما از مدل مخلوط گاوی^۳ [18] برای جادکردن شیء در حال حرکت پیش‌زمینه از پس زمینه استفاده کردیم.



(شکل-۲): روش پیشنهادی در بخش آشکارسازی پلاک

(Figure-2): Overview of the proposed LPL^۴

در این روش، یک پیکسل در زمان t به صورت ترکیبی از K توزیع گاوی مدل می‌شود^۵ [19] و [20]. به عبارتی مقادیر هر پیکسل در طول برای مثال یکصد قاب اخیر، ذخیره و این مقادیر به K خوش گاوی تقسیم می‌شوند که میانگین و انحراف هر خوش، از روی همین داده‌ها بدست می‌آید. احتمال مشاهده مقدار فعلی پیکسل در معادله (۱) آمده است:

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

در اینجا $w_{i,t}$ وزن مربوط به هر توزیع گاوی است که بر اساس تعداد داده‌هایی که در هر خوش قرار می‌گیرند، محاسبه می‌شود و $\mu_{i,t}$ و $C_{i,j}$ مقدار میانگین و واریانس گاوی نمی‌هستند. $\varphi(X_t, \mu_{i,t}, C_{i,j})$ تابع چگالی احتمال گاوی است که در معادله (۲) آمده است.

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

در تخمین پس زمینه توسط چند توزیع گاوی، هر پیکسل به صورت ترکیبی از چند توزیع گاوی مدل می‌شود. جزئیات این روش در مقاله آقای استافر در سال ۱۹۹۹^۶ آمده است. برای مثال در شکل (۳) مقادیر R و G یک پیکسل در طول زمان نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که توزیع

³ Gaussian Mixture Model (GMM)

⁴ License Plate Localization

⁵ http://www.ai.mit.edu/projects/vsam/Publications/stauffer_cvpr98_track.pdf

بزرگرهای کشور نیاز باشد؛ چون در آن‌ها رانندگان با سرعت-های بالاتری می‌رانند. در این مقاله عملیات بی‌درنگ، یعنی: عملیاتی به اندازه کافی سریع، که حتی یک وسیله نقلیه در حال حرکت را در صحنه صرف نظر از سرعتش از دست ندهیم. یک سامانه VLPR^۷ معمول از چهار مازول تشکیل شده است: تهیه ویدئو، آشکارسازی پلاک، جداسازی نویسه‌های پلاک، و بازشناسی ارقام پلاک. شکل (۱) ساختار کلی یک سامانه خودکار آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو را نشان می‌دهد.



(شکل-۱): ساختار کلی سامانه خودکار آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو

(Figure-1): Structure of ANPR system

۱-۲- آشکارسازی پلاک

تعیین محل پلاک خودرو مهم‌ترین بخش یک سامانه ANPR است، زیرا این بخش پرچالش‌ترین مرحله است. برای آن که سامانه شناسایی پلاک دقت لازم را داشته باشد، باید این مرحله، در شرایط متفاوت به درستی پلاک را تشخیص دهد؛ هم‌چنین باید برای رفع نیازهای سامانه انتقال هوشمند، به اندازه کافی سریع باشد.

در این بخش رویکردی جدید و کارآمد را برای آشکارسازی و تعیین محل بی‌درنگ پلاک با استفاده از نسخه اصلاح شده روش‌های موجود پیشنهاد می‌کنیم. این سامانه در صحنه‌های پویا برای شناسایی، تشخیص و بی‌گیری خودرو از قاب‌های ورودی و سپس استخراج پلاک از آنها استفاده می‌شود. شکل (۲) نمای کلی را از روش به کار گرفته شده، در این بخش نشان می‌دهد.

۱-۱- تخمین پس زمینه

وظیفه اصلی در بسیاری از سامانه‌های نظارت تصویری عبارت از تشخیص حرکت، طبقه‌بندی^۸ شیء، ردیابی، درک فعالیت

¹ Vehicle License Plate Recognition

² Classification

بعد از آن که از مدل مخلوط گاوسی برای تخمین پس زمینه استفاده کردیم، قاب‌های پس زمینه به تنها یی حذف شده و قاب‌های حاوی اطلاعات پیش‌زمینه برای پردازش‌های بعدی به دست می‌آیند. قاب‌های حاوی پیش‌زمینه همان اشیای در حال حرکتند که قاب‌های مطلوب هستند. پیش‌زمینه و پس‌زمینه یک قاب مطلوب در شکل (۴) نشان داده شده‌اند که اینها با استفاده از الگوریتم GMM به دست آمده‌اند.

۲-۱-۲- کاهش نویه

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، نویه‌های بسیاری در قاب‌های مطلوب وجود دارد که برای حذف نویه‌ها ابتدا قاب‌ها را خاکستری کرده، سپس با استفاده از یک فیلتر میانه^۱ نویه را کاهش می‌دهیم. فیلتر میانه، فیلتری است که بر روی هر عنصر سیگنال می‌رود و هر پیکسل را به میانه پیکسل‌های همسایه‌اش تغییر می‌دهد (این پیکسل‌های همسایه در یک همسایهٔ مربعی اطراف پیکسل ارزیابی شده قرار گرفته‌اند). مثالی از به کاربردن این فیلتر در شکل (۵) نشان داده شده است.

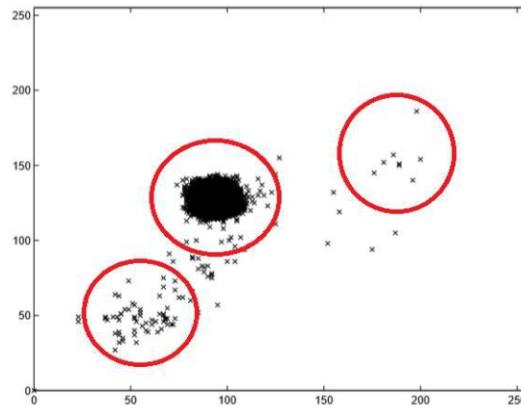


(شکل-۵): قاب مطلوب پس از کاهش نویه
(Figure-5): The desired frame after noise reduction

۲-۱-۳- بهبود کیفیت تصویر

وقتی که قاب‌های ویدئو خیلی تیره هستند یا تضاد^۲ روشنایی مناسبی در آنها وجود ندارد، از الگوریتم‌های بهبود تصویر استفاده می‌کنیم تا کیفیت قاب‌ها را ارتقا دهیم. الگوریتم پیشنهادی ما در این قسمت که کیفیت تصاویر را بهبود می‌دهد، متشکل از یکتابع انتقال تکه‌ای خطی^۳ است. انتخاب این تابع خطی باید براساس اطلاعات هیستوگرام تصویر باشد؛ طوری که از پایین تا شدت روشنایی ای که هیستوگرام تجمعی کمتر از دورصد مجموع هیستوگرام می‌شود و از بالا هم از جایی که هیستوگرام تجمعی بیش از ۹۸ درصد مجموع هیستوگرام می‌شود، به عنوان نقاط شروع و

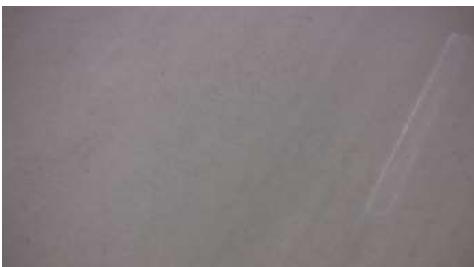
این پیکسل به طور تقریبی به صورت ترکیبی از سه توزیع گاوسی قابل بیان است که میانگین و واریانس آنها از همین شکل قابل محاسبه است و ضریب وزنی w هم متناسب با تعداد داده‌هایی است که توسط هر گاوسی پوشش داده می‌شوند.



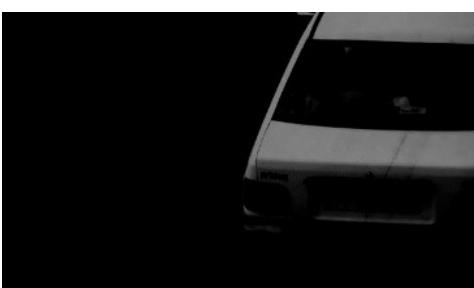
(شکل-۳): (۳)
(Figure-3)



(شکل-۴): (الف) یک قاب مطلوب
(Figure-4): (a) One desired frame



(شکل-۴): (ب) پس زمینه یک قاب مطلوب
(Figure-4): (b) Background of a desired frame



(شکل-۴): (ج) پیش زمینه یک قاب مطلوب
(Figure-4): (c) Foreground of a desired frame

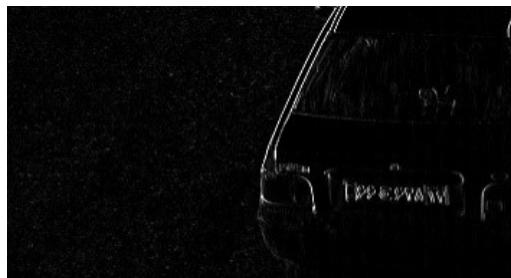
¹ Median Filter

² Contrast

³ Piecewise linear transfer function

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

ما این عملگر سوبول را به کار می‌بریم و تصویر خروجی، تصویری با لبه‌های مشخص روشن روی پس‌زمینه تیره است (شکل ۷).



(شکل-۷): لبه‌یابی عمودی
(Figure-7): Vertical edge detection

در برخی موارد، به عنوان مثال وقتی که قاب‌های ویدئو خیلی مات هستند، عملگر شار^۳ [21] می‌تواند به جای عملگر سوبول استفاده شود. عملگر شار مشتق دقیق‌تری را برای یک کرنل با اندازه سه حساب می‌کند. وقتی که اندازه کرنل سه است، کرنل سوبول نشان‌داده شده در بالا ممکن است، اشتباهاست قابل توجهی را تولید کند؛ زیرا که سوبول تنها یک تقریب مشتق است. این عملگر نیز سریع است؛ اما دقّت بیشتری از تابع سوبول استاندارد دارد و با کرنل معادله (۴) برای لبه‌یابی عمودی پیاده‌سازی می‌شود.

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

سپس لبه‌های عمودی تشخیص داده می‌شوند و یک نقشه لبه دودویی^۴ با آستانه گذاری اتسو^۵ [22] به دست می‌آید. مثالی از یک نقشه لبه دودویی در شکل (۸) نشان داده شده است.



(شکل-۸): یک نقشه لبه دودویی
(Figure-8): A binary edge map

³ Scharr

⁴ Binary Edge Map

⁵ Otsu Thresholding

پایان تابع تبدیل انتخاب شوند. نتیجه الگوریتم بهبود پیشنهادی در شکل (۶) نشان داده شده است.



(شکل-۶): (الف) قاب کنتراست پایین
(Figure-6): (a) The low contrast image



(شکل-۶): (ب) قاب بهبود یافته
(Figure-6): (b) The low enhanced image

۲-۱-۴- لبه‌یابی عمودی

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

عملگر سوبول یک عملگر دیفرانسیلی گسسته است که تقریبی از گرادیان تابع چگالی یک گرانی را محاسبه می‌کند. عملگر سوبول نرم‌کننده گاوسی و دیفرانسیل^۲ را ترکیب می‌کند.

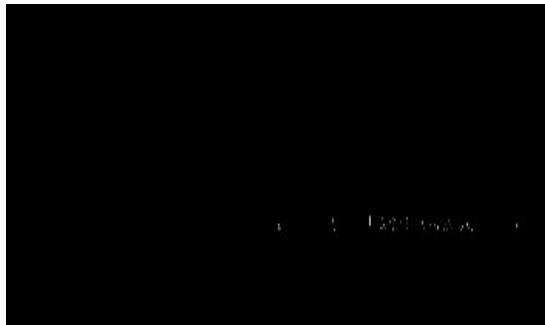
با فرض این‌که تصویر مورد نظر I باشد، لبه‌یابی توسط کانون‌لشون I با یک کرنل G_x با اندازه فرد حساب می‌شود. به عنوان مثال برای یک کرنل با اندازه ۳، G_x با معادله (۳) حساب می‌شود و G_x عملگر سوبول برای لبه‌یابی عمودی است.

¹ Sobel Operator

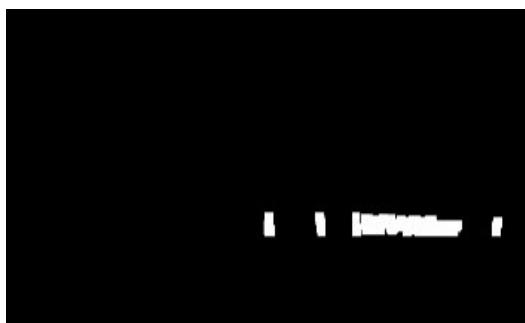
² Differentiation

عملیات گسترش، باعث می‌شود، نواحی روشن در یک تصویر رشد کند و عملیات سایش نواحی روشن در یک تصویر را نازک‌تر می‌کند؛ در حالی که مناطق تاریک بزرگ‌تر می‌شوند. ابتدا در تصاویر نواحی نامزد، از عمل گر سایش با المان ساختاری 3×3 استفاده و بعد از آن، روی تصاویر حاصله، عمل گر گسترش را با المان ساختاری 23×23 اعمال می‌کیم. این المان‌های ساختاری به صورت تجربی به دست آمداند.

شکل (۱۰) نتیجه این عملیات را نشان می‌دهد.



(الف) تصویر سایش نواحی نامزد
(a) An erosion image



(ب) تصویر حاصل از گسترش بعد از سایش
(b) A dilation image after erosion

(شکل-۱۰): نتیجه عملیات سایش و گسترش متوالی^۴
(Figure-10): The result of opening operation

۷-۲-۱-۲- تحلیل گر اجزای متصل به هم^۵

بعد از عملیات گسترش، اجزای متصل به هم پیدا می‌شوند. این اجزا با توجه به نسبت ابعاد پلاک‌ها و اندازه آنها کنترل و پلاک‌ها آشکارسازی می‌شوند. اندازه یک پلاک خودرو بر مبنای وضوح^۶ قاب‌های ویدئو و با درنظرگرفتن فاصله بین دوربین و وسایل نقلیه تعیین می‌شوند. شکل‌های (۱۱ و ۱۲) مثال‌هایی از نواحی استخراج شده را با روش پیشنهادی نشان می‌دهند.

⁴Dilation

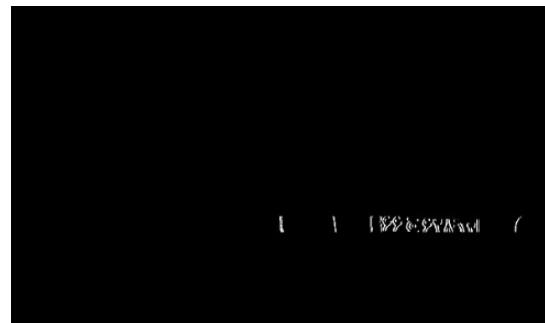
⁵Opening

⁶Connected Components Analysis (CCA)

⁷Resolution

۵-۱-۲- تشخیص نواحی نامزد

نواحی نامزد، نواحی‌ای در هر قاب هستند که پلاک‌ها با احتمال بیشتری حضور دارند. برای پیدا کردن نواحی نامزد، افکنش افقی را بر روی نقشه‌های لبه دودویی اعمال می‌کنیم. افکنش افقی با شمردن تعداد پیکسل‌های سفید در هر سطر تصویر و رسم نمودار به دست می‌آید. بدلیل ریزموج‌های شدیدی که در دامنه منحنی‌های افکنش افقی وجود دارد، افکنش افقی را با فیلتر میانگین‌گیر^۸ نرم می‌کنیم. بعد از آن بیشینه افکنش افقی نرم شده پیدا می‌شود. سطرهایی از نقشه‌های لبه دودویی حذف می‌شوند که مقدار افکنش افقی نرم شده آنها کمتر از پنجاه درصد بیشینه است؛ بنابراین شکل (۹) به دست می‌آید. برای کد مربوط به تحلیل مؤلفه‌های پیوسته (CCA) از کتابخانه OpenCV استفاده کرده‌ایم که بر مبنای همسایگی‌های چهارتایی یا هشت‌تایی، مؤلفه‌های به هم پیوسته را پیدا می‌کند.



(شکل-۹): تشخیص نواحی نامزد
(Figure-9): Candidate regions detection

۶-۱-۲- عملیات مورفولوژی

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

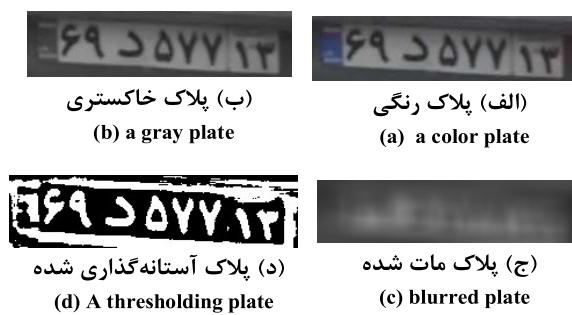
پایه‌ای ترین عملیات مورفولوژی دو تا است: سایش^۹ و گسترش^{۱۰}. کاربردهای آنها طیف گسترده‌ای دارد که عبارتند از:

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

¹Projection

²Moving Average Filter

³Erosion



(شکل-۱۴): روش پیشنهادی برای یافتن پلاک باینری
(Figure-14): The proposed method for finding binary plates

سپس بر روی تصویر آستانه‌گذاری شده، تحلیل اجزای متصل بهم را انجام دادیم و نویسه‌های پلاک را جدا کردیم. حاصل کار در مثال شکل (۱۸) آورده شده است.

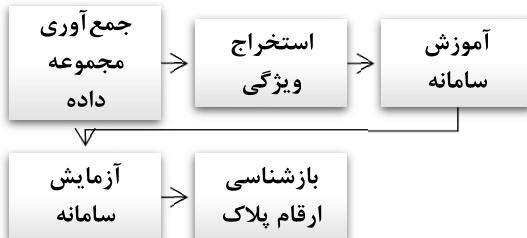


(شکل-۱۵): جداسازی نویسه‌های یک پلاک
(Figure-15): Character segmentation of a plate

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

۲-۳- بازشناسی ارقام پلاک

در شکل (۱۶) نمای کلی مراحل بخش شناسایی ارقام پلاک نشان داده شده است.



(شکل-۱۶): روش پیشنهادی در بخش بازشناسی ارقام پلاک
(Figure-16): Overview of the proposed character recognition

۲-۳-۱- مجموعه داده

در این مرحله باید سامانه را آموزش دهیم تا بتواند پلاک‌ها را شناسایی کند. برای آموزش آن ابتدا مجموعه داده‌ای متشکل از ۲۷۰۳۰ نمونه آموزش را در سی طبقه فراهم کردیم. در جدول (۱) برخی از این نمونه‌های آموزش نشان داده شده‌اند و نمادهای هر طبقه در مرحله بازشناسی ارقام به کار می‌روند.



(شکل-۱۱): مثال‌هایی از نواحی پلاک استخراج شده
(Figure-11): Examples of plate areas



(شکل-۱۲): مثال‌هایی از نواحی غیرپلاک استخراج شده
(Figure-12): Examples of non-plate areas

۲-۲- جداسازی نویسه‌های پلاک

نمای کلی از روش به کار گرفته شده در این بخش در شکل (۱۳) نشان داده شده است.



(شکل-۱۳): روش پیشنهادی در بخش جداسازی نویسه‌های پلاک
(Figure-13): Overview of the proposed character segmentation

ابتدا پلاک استخراج شده از مرحله قبل را خاکستری کرده و سپس آن را با کرنلی مشخص، اندکی مات کردیم. با استفاده از پلاک خاکستری و مات شده، آستانه‌گذاری وفقی مورد نظرمان را بر روی پلاک انجام دادیم، به این صورت که اگر روشنایی پیکسل پلاک خاکستری کمتر یا مساوی ۹۵ درصد روشنایی پیکسل پلاک مات شده بود، آن پیکسل در تصویر دودویی سفید شود (رابطه ۵). در نتیجه این عمل، پلاک دودویی یا آستانه‌گذاری شده به دست آمد که مثالی از آن در شکل (۱۴) نشان داده شده است.

$$\text{imbin}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } \text{imgray}(x, y) \leq 0.95 \text{ imblurred} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

^۱ blurring

همه پلاک‌ها کلمه ایران با قلم کوچکی نوشته شده است که به طور معمول در طول شناسایی پلاک به دلیل اندازه کوچکش حذف خواهد شد. نسبت ابعاد همه پلاک‌ها در حدود نه به دو است و پرچم ایران هم در بالای سمت چپ پلاک‌ها قرار دارد.

هر پلاک شامل هفت رقم از یک تا نه و یک حرف از هیجده حرف بالا که می‌تواند در پلاک باشد، می‌شود. یک نویسهٔ صندلی چرخ‌دار نیز مخصوص خودروهای معلوان امکان دارد در پلاک وجود داشته باشد. در بالای سمت راست

(جدول-۱): مثال‌هایی از نمونه‌های آموزش
(Table-1): Examples of training samples

مثال‌ها	نماد	کلاس	مثال‌ها	نماد	کلاس	مثال‌ها	نماد	کلاس
ق	gh	20	الله	A	10	۱۱	*	نامعتبر
ک	K	21	ب	B	11	۱	۱	۱
ل	L	22	پ	P	12	۲	۲	۲
م	M	23	ت	T	13	۳	۳	۳
ن	N	24	د	D	14	۴	۴	۴
و	V	25	ح	J	15	۵	۵	۵
ه	H	26	س	C	16	۶	۶	۶
ی	E	27	ص	S	17	۷	۷	۷
پ	Y	28	ط	Ta	18	۸	۸	۸
چ	Ch	29	ع	Aa	19	۹	۹	۹

حال در این الگوریتم به ازای هر پیکسل تصویر 40×40 یک زاویه و یک اندازه به دست آورده‌یم به این صورت که ابتدا تصویر، با استفاده از کرنل‌های سوبل در جهت x و y فیلتر می‌شود تا گرادیان تصویر در راستای x و y به دست آید.

$$G_x = I * D_x \quad (6)$$

$$G_y = I * D_y \quad (7)$$

در روابط (۶) و (۷)، I تصویر اصلی، D_x و D_y کرنل‌های سوبل در راستای x و y ، G_x و G_y گرادیان تصویر در راستای x و y و علامت * عمل کاتولوشن را نشان می‌دهند؛ سپس اندازه و جهت گرادیان در هر پیکسل با معادله‌های (۸) و (۹) به دست می‌آیند.

$$|G(i,j)| = \sqrt{(G_x(i,j))^2 + (G_y(i,j))^2} \quad (8)$$

$$\theta_G(i,j) = \tan^{-1}\left(\frac{G_y(i,j)}{G_x(i,j)}\right) \quad (9)$$

که $|G|$ اندازه گرادیان، θ_G جهت گرادیان و i و j به ترتیب نشان‌دهنده شماره سطرها و ستون‌های تصویر هستند. برای محاسبه هیستوگرام گرادیان در هر بلوک، ابتدا

۲-۳-۲- استخراج ویژگی

بعد از فراهم کردن نمونه‌های آموزش، باید از نمونه‌ها ویژگی مناسبی استخراج کنیم و سامانه را آموزش دهیم. ویژگی استخراج شده، هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار^۱ است که در ادامه نحوه استفاده و چگونگی عملکرد آن را شرح می‌دهیم. هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار به شدت روشناکی حساس نیست، بلکه به تغییرات شدت روشناکی حساس است. در استخراج ویژگی از هیستوگرام‌ها، هم زاویه و هم اندازه دخالت دارند. به ازای هر زاویه، مقدار اندازه‌های گرادیان آن را جمع می‌کنیم، شبیه کاری که در HOG انجام می‌شود.

برای استخراج ویژگی، ابتدا نمونه‌های آموزش یا تصویر نویسه‌های رنگی را خاکستری می‌کنیم؛ سپس اندازه همه آنها را به 40×40 تغییر می‌دهیم؛ این اندازه که متوسط اندازه نویسه‌ها در پلاک است، به طور تجربی به دست آمده است. هر تصویر نویسه را به شانزده بلوک 10×10 تقسیم می‌کنیم. در هر بلوک یک هیستوگرام گرادیان با شانزده بازه محاسبه می‌شود؛ یعنی از هر بلوک شانزده ویژگی استخراج می‌شود، پس در مجموع بردار ویژگی ناشی از هر تصویر نویسه ۲۵۶ تایی است.

^۱ Histograms of Oriented Gradients (HOG)

۳- نتایج تجربی

۳-۱- نتایج آشکارسازی پلاک خودرو

آزمایش‌ها بر روی پایگاه داده‌های ویدئویی انجام شده‌اند. این ویدئوها شامل ۴۹۸ قاب حاوی پلاک‌های فارسی در شرایط مختلف از دوربین‌های بزرگ‌راه‌ها بودند؛ وضوح قاب‌ها از 960×540 تا 1920×1080 پیکسل متفاوت بود. روش پیشنهادی به‌طور تقریبی می‌تواند همهٔ پلاک‌ها را در قاب‌های حاوی پلاک تشخیص دهد و در این قسمت درصد آشکارسازی صحیح پلاک ۹۸٪ است؛ اما از آن جایی که بیشتر قاب‌های ویدئو حاوی پلاک‌های تکراری هستند، می‌توان گفت به‌طور تقریبی ۱۰۰٪ پلاک‌های متفاوت در ویدئوهای، یعنی پلاک‌های همهٔ خودروها با روش ما به‌صورت بی‌درنگ تشخیص داده می‌شوند؛ چون که پلاک خودرو دست‌کم در یک قاب از قاب‌های حاوی پلاک تکراری، استخراج خواهد شد.

روش پیشنهادی در VC++, با استفاده از کتابخانه OpenCV پیاده‌سازی شده است و بر روی ویدئوهای HD آزمایش‌هایمان را انجام دادیم. مسئلهٔ مهم دیگر در کار ما، مدت زمان اجرا است. آزمایش‌های ما در این بخش در یک رایانهٔ ۲/۸ GHZ با یک Corei7 CPU و رم شش‌گیگا بایت انجام شده است و میانگین زمان اجرا برای آشکارسازی و تعیین محل پلاک با روش ما حدود ۲۵ میلی‌ثانیه در وضوح تعیین محل پلاک با روش ما حدود ۱۲۸۰×۷۲۰ بود. این یعنی چهل قاب بر ثانیه که می‌تواند در کاربردهای بی‌درنگ استفاده شود. این زمان، میانگین زمان پردازش هر قاب است که با کاهش وضوح^۲، زمان پردازش کاهش خواهد یافت.

مثال‌هایی از آشکارسازی پلاک با روش پیشنهادی در شکل (۱۷) نشان داده شده است. همان‌طور که می‌بینید در برخی قاب‌ها یک یا دو ناحیهٔ غیرپلاک نیز استخراج می‌شوند. این موارد مشکلی به وجود نمی‌آورند؛ چون در مرحلهٔ بعدی سامانهٔ ANPR یعنی جداسازی نویسه‌ها که نویسه‌های پلاک جدا شده و با استفاده از تحلیل اجزای متصل به هم استخراج می‌شوند، نواحی غیرپلاک نیز به‌طور خودکار دور اندخته خواهند شد. هم‌چنین، روش ما می‌تواند چند پلاک را از انواع مختلف به‌طور همزمان در هر قاب آشکارسازی کند. مثالی از آن در شکل (۱۸) نشان داده شده است. یک مقایسهٔ عادلانه بین روش‌های متفاوت، نیاز به پایگاه داده‌ای مشابه دارد. ما روی پلاک‌های فارسی کار می‌کنیم و تاکنون هیچ پایگاه داده‌ای عمومی برای پژوهش‌گران در این زمینه به وجود نیامده

زاویهٔ گرادیان که فاصلهٔ بین صفر تا ۳۶۰ درجه است به شانزده فاصلهٔ مساوی تقسیم می‌شود که شانزده، تعداد جهت‌های گرادیان یا همان بین‌های هیستوگرام را نشان می‌دهد و هر کدام از این فاصله‌ها یک کانال هیستوگرام را تشکیل می‌دهند. همان‌طور که گفته شد، از هر بلوک شانزده ویژگی استخراج می‌شود و چون در هر تصویر شانزده بلوک داریم، درمجموع از هر تصویر ۲۵۶ ویژگی استخراج خواهد شد. هر ویژگی استخراج شده در هر بلوک با رابطه (۱۱) بدست آمده است.

$$A = |G(i,j)| \quad (10)$$

$$f_\theta = \sum_k A_k \quad (11)$$

که k نشان‌دهندهٔ شمارهٔ اندازه‌ها در یک بلوک است. بنابراین در هر بلوک هر ویژگی، مجموع اندازه‌هایی است که زاویهٔ آنها در بلوک جاری θ هست. بعد از آن که بردارهای ویژگی نمونه‌های آموزش را به‌دست آوردیم، لازم است، مقادیر این بردارها را به مقادیری بین صفر و یک نرمال کنیم و سپس آنها را برای آموزش سامانه به کار ببریم. نرمال‌کردن مقادیر بردار ویژگی به انداره بردار ویژگی تقسیم می‌شوند و نرم^۱ بردار بعد از نرمال‌شدن یک خواهد شد. استخراج ویژگی این تعداد نمونه‌های آموزش در حدود ۱۳۲ ثانیه طول کشید که می‌توان گفت به‌طور متوسط زمان استخراج ویژگی هر نمونه ۴/۸ میلی‌ثانیه است.

۳-۲- آموزش سامانه

در این مرحله، ابتدا بردارهای ویژگی نمونه‌های آموزش را تصادفی کردیم و بعد سامانه را آموزش دادیم. پس از بررسی‌های انجام‌شده در زمینهٔ الگوریتم‌های یادگیری مانند آدابوست [23] و مقایسهٔ آنها به این نتیجهٔ رسیدیم که شبکه عصبی با یک لایهٔ مخفی، بیشترین سرعت و دقیق‌تر را برای کاربرد ما خواهد داشت؛ بنابراین این شبکه را برای آموزش به کار بردیم؛ به این صورت که تعداد نرون‌های ورودی به تعداد ویژگی‌ها یعنی سی نرون، تعداد نرون‌های خروجی به تعداد طبقه‌ها یعنی سی نرون و تعداد نرون‌های مخفی را به صورت تجربی پنجاه در نظر گرفتیم. آموزش سامانه در طی دویست دوره آموزش ۳۱۰ ثانیه طول کشید و درصد آموزش ۹۸/۵٪. بدست آمد.

² Resolution

¹ Norm

درصد قابل قبولی برای آشکارسازی پلاک دارد، همچنین می‌تواند در هر قاب ویدئو چند پلاک را تشخیص داده و انواع پلاک‌ها را شناسایی کند.

است. با این وجود، مقایسه درصد آشکارسازی پلاک و زمان اجرای روشمان را با کارهای قبلی در جدول (۲) ارائه می‌دهیم. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌کنید، روش پیشنهادی نسبت به روش‌های قبل، زمان اجرای کوتاه‌تر و



(شکل-۱۷): مثال‌هایی از آشکارسازی پلاک در قاب‌های ویدئو
(Figure-17): Examples of LPL in video sequences





(شکل-۱۸): مثال‌هایی از آشکارسازی چند پلاک در یک قاب
(Figure-18): Examples of multiple LP detection in one frame

(جدول-۲): مقایسه روش پیشنهادی با کارهای قبلی در زمینه آشکارسازی پلاک

(Table-2): Comparison of the proposed method with previous works in LPL

روش‌ها	تنوع پلاک‌ها	وضوح	تشخیص چند پلاک	درصد آشکارسازی	زمان آشکارسازی
جنابلو و رحمتی، [7] 1387	-	1280×1024	-	93.99 %	4200 ms
[11] 2007 Xie و Li	آبی	1024×768	-	96.5 %	3000 ms
[12] 2009 رستگار و همکارانش،	سفید	640×460	-	99.4 %	2560 ms
[13] 2012 Yu	سفید	-	-	92 %	2000 ms
[24] 1386 ابوالقاسمی و احمدی‌فرد،	-	640×480	-	88.5 %	2000 ms
[25] 2006 Zhang و همکارانش،	سفید	-	-	93.5 %	800 ms
[26] 2004 Duan و همکارانش،	سفید	800×600	-	98.8 %	650 ms
[27] 2009 Jo و Deb	-	-	-	97.9 %	400 ms
[28] 2006 Anagnostopoulos و همکارانش،	-	-	-	99.3 %	300 ms
[29] 2007 Lee و Wang	-	768×256	-	98 %	200 ms
[10] 2011 Wang و همکارانش،	سفید	400×300	-	97.33 %	180 ms
[30] 2005 Shi و همکارانش،	-	-	-	96.5 %	111 ms
[23] 2003 Sarfraz و همکارانش،	سفید	768×534	-	99.6 %	100 ms
[31] 2004 Lee و همکارانش،	-	-	-	94.4 %	75 ms
[32] 2013 Sarfraz و همکارانش،	سفید	360×288	-	94 %	25 ms
روش پیشنهادی	انواع پلاک	1280×720	✓	98.79 %	25 ms

آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو در تصاویر ویدئویی بررسیم که نسبت به کارهای پیشین سرعت بالاتر و درصد شناسایی بهتری دارد (جدول ۳). مثال‌هایی از نتایج طراحی و پیاده‌سازی این سامانه در شکل (۱۹) نشان داده شده است. مانند قسمت قبل، مقایسه درصد بازنگشی پلاک و زمان اجرای کلی الگوریتم‌مان را با برخی کارهای گذشته در جدول (۳) ارائه می‌کنیم.

۲-۳- نتایج بازنگشی ارقام پلاک

پس از آموزش سامانه، به آزمایش آن بر روی ویدئوهای مختلف پرداختیم و درصد بازنگشی % ۹۷/۸۲ را بدست آورديم. درکل سرعت پردازش هر قاب ویدئو از ابتدا یعنی آشکارسازی پلاک تا بازنگشی ارقام پلاک‌های هر قاب به طور متوسط ۰/۰۴ ثانیه شد که این یعنی پردازش ۲۵ قاب بر ثانیه خواهیم داشت. بنابراین توانستیم به سامانه‌ای بی‌درنگ در

فصل نیمی





(شکل-۱۹): مثال‌هایی از بازناسی ارقام پلاک خودرو در قاب‌های ویدئویی

(Figure-19): Examples of License plate recognition in video sequences

(جدول-۳): مقایسه روش پیشنهادی با کارهای گذشته

(Table-3): Comparison of the proposed method with previous works

زمان کلی پردازش هر قاب	درصد بازشناسی	شناسایی چند پلاک	وضوح	تنوع پلاکها	روشها
15 s	98 %	-	-	-	[33] Wang و همکارانش، 2010
3.12 s	94.2 %	-	-	-	[34] Chang و همکارانش، 2004
2.7 s	99.2 %	-	640×460	سفید	[12] Rostgar و همکارانش، 2009
2.4 s	95.6 %	-	-	-	[27] Jo و Deb 2009
1.1 s	98.6 %	-	-	-	[35] Comelli و همکارانش، 1995
1 s	97.2 %	-	640×480	-	[36] Naito و همکارانش، 2000
0.75 s	97.5 %	-	800×600	سفید	[26] Duan و همکارانش، 2004
0.65 s	92.85 %	-	800×600	سفید	[9] Duan و همکارانش، 2005
0.276 s	89.1 %	-	-	-	[30] Shi و همکارانش، 2005
0.06 s	97.8 %	-	407×309	انواع پلاک	[37] خسروی، 2015
0.04 s	97.83 %	✓	1280×720	انواع پلاک	روش پیشنهادی

هم‌چنین می‌تواند چند پلاک را از انواع مختلف به صورت همزمان در یک قاب تشخیص داده و شناسایی کند. این سامانه در C++ با استفاده از کتابخانه OpenCV پیاده‌سازی شده است. نتایج آزمایش‌ها کارایی روش پیشنهادی را اثبات می‌کند و این که روش و نحوه پیاده‌سازی ما برای کاربردهای بی‌درنگ بسیار مناسب است؛ چون نسبت به کارهای گذشته سرعت بالاتر و درصد آشکارسازی و بازشناسی بهتری دارد.

5- References

5- مراجع

- B.Y. Amirkaliyev, C.A. Kenshimov, K.K. Kuatov, M.Z. Kairanbay, Z.Y. Baibatyr and A.K. Jantassov, "License plate verification method for automatic license plate recognition systems," *Twelve International Conference on Electronics Computer and Computation (ICECCO)*, pp. 1-3, 2015.
- Y. Li and H. Wu, "Design and Implementation of the License Plate Positioning System Based on the DSP," *International Conference on Computer Sciences and Applications (CSA)*, pp. 635-638, 2013.
- Y.K. Wang, C.T. Fan and J.F. Chen, "Traffic Camera Anomaly Detection," *22nd International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, pp. 4642-4647, 2014.

[۴] غ. منتظر و م. شایسته فر، "شناسایی پلاک خودروهای ایرانی با روش جایابی فازی پلاک"، *فصلنامه پردازش علائم و داده‌ها*، دوره ۱۲، شماره ۱، صفحات ۴۷-۵۶، ۱۳۹۴.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک روش دقیق و بی‌درنگ برای آشکارسازی و شناسایی پلاک خودرو در قاب‌های ویدئویی طراحی و پیاده‌سازی شد تا در کمترین زمان ممکن پلاک‌ها را آشکارسازی و شناسایی کند و در کاربردهای صنعتی مفید واقع شود. از مدل مخلوط گاوی به منظور تخمین پس‌زمینه و به دست آوردن قاب‌های حاوی اشیای در حال حرکت و برای بهبود دقت تشخیص، از الگوریتم‌های بهبود تصویر استفاده کردیم. به دلیل شرایط چگالی لبه در پلاک‌ها، لبه‌یابی عمودی را به کار گرفتیم. بعد از آن از افکنش افقی استفاده کردیم تا نواحی نامزد پلاک و در نتیجه ناحیه دقیق پلاک‌ها را بیابیم؛ سپس از عمل‌گرهای مورفولوژی استفاده کردیم. درنهایت، تحلیل اجزای متصل به هم، پلاک‌ها را تعیین محل و استخراج کرد. روش پیشنهادی را روی ۴۹۸ قاب حاوی پلاک از دوربین‌های بزرگراه‌ها اجرا کردیم و درصد تشخیص صحیح ۷۹٪/۹۸ را به صورت بی‌درنگ به دست آوردیم؛ اما از آنجایی که بیشتر قاب‌های ویدئویی پلاک‌های تکراری هستند، روش ما توانست به طور تقریبی ۱۰۰٪ پلاک‌های خودروهای متفاوت را در قاب‌های ویدئو تشخیص دهد. در روش پیشنهادی ما میانگین زمان اجرای هر قاب برای تعیین محل پلاک حدود ۲۵ میلی‌ثانیه و میانگین زمان کلی پردازش هر قاب ۰.۰۴ ثانیه در وضوح ۱۲۸۰×۷۲۰ است که برای کاربردهای بی‌درنگ مناسب عمل می‌کند. درصد بازشناسی ارقام پلاک نیز ۸۳٪/۹۷ به دست آمده است. این روش می‌تواند قاب‌های ویدئویی را به صورت بی‌درنگ پردازش کند و

فصلنامه



- [15] L. Fuliang and G. Shuangxi, "Character Recognition System Based on Back Propagation Neural Network," in *International Conference on Machine Vision and Human-Machine Interface (MVHI)*, 2010.
- [16] A. Nagare, "License plate character recognition system using neural network," *International Journal of Computer Applications*, vol. 25, no. 10, July 2011.
- [۱۷] م. نجاتی و ح. پورقاسم، "بازشناسی کاراکترهای پلاک خودرو با استفاده از ساختار اختلاط خبره‌ها"، فصلنامه صنایع الکترونیک، جلد ۳، شماره ۲، صفحات ۴۱-۶۰، ۱۳۹۱.
- [17] M. Nejati and H. Poorghasem, "Identification of license plate characters using the mixing structure of experts," *Journal of electronics Industries*, vol. 3, no. 2, pp. 41-60, 2012.
- [18] D.K. Yadav, "Efficient method for moving object detection in cluttered background using Gaussian Mixture Model," *IEEE International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*, pp. 943-948, 2014.
- [19] C. Stauffer, W. Eric and L. Grimson, "Learning patterns of activity using real-time tracking," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, pp. 747-757, 2000.
- [20] C. Stauffer and W.E.L. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking," *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Fort Collins, CO, USA, 23-25 June 1999.
- [21] H. Scharr, "Optimal Operators in Digital Image Processing," *Dissertation (in German)*, 2000.
- [22] L.L. Chun and Y.S. Chung, "Modified unsharp masking detection using Otsu thresholding and Gray code," *IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, pp. 787-791, 2016.
- [23] M. Sarfraz, M. Ahmed and S. Ghazi, "Saudi Arabian license plate recognition system," in *Proceedings of International Conference on Geom. Model. Graph.*, 2003.
- [۲۴] و. ابوالقاسمی و ع. احمدی فرد، "کاربرد تبدیل IFT در سیستم شناسایی پلاک خودرو"، در سومین کنفرانس اطلاعات و دانش، مشهد، ایران، ۱۳۸۶.
- [24] V. Abolghasemi and A. Ahmadifard, "Application of IFT transformation in license plate recognition system," in *Third Conference on Information and Knowledge Technology*, Mashhad, Iran, 2007.
- [25] H. Zhang, W. Jia, X. He and Q. Wu, "Learning-based license plate detection using global and
- [4] G. A. Montazer and M. Shayestehfar, "Iranian license plate identification with fuzzy support vector machine," *Journal of Signal and Data Processing (JSDP)*, vol 12, no. 1, pp. 47-56, 2015.
- [5] S. Du, M. Ibrahim, M. Shehata and W. Badawy, "Automatic license plate recognition (ALPR): A state-of-the-art review," *IEEE Transactions on circuits System video Technology*, vol. 23, no. 2, pp. 311-325, 2013.
- [6] M.M.I. Chacon and S.A. Zimmerman, "License plate location dynamic PCNN scheme," *International Joint Conference Neural Network*, 2003.
- [۷] ب. چناقلو و م. رحمتی، "تشخیص بر خط مکان پلاک خودرو در تصاویر با پس زمینه پیچیده با استفاده از مورفولوژی ریاضی فازی"، در پنجمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر، تبریز، ایران، ۱۳۸۷.
- [7] B. Chenaghlu and M. Rahmati, "Online license plate detection in complex background images using fuzzy math morphology," in *5th Conference of the Machine Vision and Image Processing*, Tabriz, Iran, 2008.
- [8] V. Abolghasemi and A. Ahmadifard, "An edge-based color-aided method for license plate detection," *Image and Vision Computing*, vol. 27, pp. 1134-1142, 2009.
- [9] T. Duan, T. Hong Du, T. Phuoc and N. Hoang, "Building an automatic vehicle license plate recognition system," in *International Conference Computer Science*, Can Tho, Vietnam, 2005.
- [10] Y. Wang, W. Lin and S. Horng, "A sliding window technique for efficient license plate localization based on discrete wavelet transform," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, pp. 3142-3146, 2011.
- [11] J. Li and M. Xie, "A color and texture feature based approach to license plate location," in *international conference on computational intelligence and security*, 2007.
- [12] S. Rastegar, R. Ghaderi, G. R. Ardesir and Nima Asadi, "An intelligent control system using an efficient License Plate Location and Recognition Approach," *International Journal of Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 252-264, 2009.
- [13] L. Yu, "Research on Edge Detection in License Plate Recognition," in *Proceedings of International Conference on Computer Application and System Modeling*, 2012.
- [14] A. George and V.J. Pillai, "VNPR system using artificial neural network," *International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT)*, pp. 1-6, 2016.

- [37] H. Khosravi, "A Sliding and Classifying Approach Towards Real Time Persian License Plate Recognition," *International Journal of Engineering (IJE)*, vol. 28, no. 1, pp. 74-80, January 2015.



میترا عبداللهی متولد سال ۱۳۷۰ است. وی مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق - الکترونیک از دانشگاه صنعتی شاهroud در سال ۱۳۹۲ و مدرک کارشناسی ارشد خود را با درجه عالی در رشته مهندسی برق - الکترونیک (سیستم) از دانشگاه صنعتی شاهroud در سال ۱۳۹۴ دریافت کرده است. ایشان از سال ۱۳۹۶ دانشجوی دکترای مهندسی برق - الکترونیک در دانشگاه صنعتی شاهroud است. زمینه‌های پژوهشی وی پردازش تصویر، شناسایی الگو، بینایی ماشین و شبکه‌های عصبی است.

نشانی رایانمۀ ایشان عبارت است از:
abdollahi370@yahoo.com



حسین خسروی در سال ۱۳۸۲ مدرک کارشناسی خود را در رشته الکترونیک از دانشگاه صنعتی شریف دریافت کرد. در سال ۱۳۸۴ در مقطع کارشناسی ارشد الکترونیک سیستم از دانشگاه تربیت مدرس فارغ التحصیل شد و در سال ۱۳۸۷ در همان دانشگاه، مدرک دکترای الکترونیک را اخذ کرد. ایشان از سال ۱۳۸۸ عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شاهroud و از سال ۱۳۹۴ مدیرعامل شرکت شهاب (فعال در حوزه پردازش تصویر) است. حوزه پژوهشی وی، پردازش تصویر، بینایی ماشین، شناسایی الگو و OCR فارسی است.

نشانی رایانمۀ ایشان عبارت است از:
hosseinkhosravi@shahroodut.ac.ir

local features," *Pattern Recognition*, pp. 1102-1105, 2006.

- [26] T. Duan, D. Duc and T. Du, "Combining Hough transform and contour algorithm for detecting vehicles' license-plates," in *Proceedings of International Symposium on Intelligent Multimedia Video Speech Processing*, 2004.
- [27] K. Deb and K. Jo, "A vehicle license plate detection method for intelligent transportation system applications," *Cybernetic System International Journal*, vol. 40, no. 8, pp. 689-705, 2009.
- [28] C. Anagnostopoulos, T. Alexandropoulos, V. Loumos and E. Kayafas, "Intelligent traffic management through MPEG-7 vehicle flow surveillance," in *Proceedings of IEEE International Symposium Modern Computing*, 2006.
- [29] S. Wang and H. Lee, "A cascade framework for a real-time statistical plate recognition system," *IEEE Transactions on Information Forensics Security*, vol. 2, no. 2, pp. 267-282, June 2007.
- [30] X. Shi, W. Zhao and Y. Shen, "Automatic license plate recognition system based on color image processing," *Lecture Notes computer science*, vol. 3483, pp. 1159-1168, 2005.
- [31] H. Lee, S. Chen and S. Wang, "Extraction and recognition of license plates of motorcycles and vehicles on highways," in *Proceedings of International Conference on Pattern Recognition*, 2004.
- [32] M. S. Sarfraz, A. Shahzad, M. A. Elahi, M. Fraz, I. Zafar and E. A. Edirisunge, "Real-time automatic license plate recognition for CCTV forensic applications," *Journal of Real-Time Image Processing*, vol. 8, pp. 285-295, 2013.
- [33] M. Wang, Y. Liu, B. Liao, Y. Lin and M. Horng, "A vehicle license plate recognition system based on spatial/frequency domain filtering and neural networks," in *Proceedings of Computing Collective Intelligence Technology Application, LNCS 6423*, 2010.
- [34] S. Chang, L. Chen, Y. Chung and S. Chen, "Automatic License Plate Recognition," *IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems*, vol. 5, no. 1, pp. 42-53, 2004.
- [35] P. Comelli, P. Ferragina, M. Granieri and F. Stabile, "Optical recognition of motor vehicle license plates," *IEEE Transaction on Vehicles Technology*, vol. 44, no. 4, pp. 790-799, November 1995.
- [36] T. Naito, T. Tsukada, K. Yamada, K. Kozuka and S. Yamamoto, "Robust license-plate recognition method for passing vehicles under outside environment," *IEEE Transaction on Vehicles Technology*, vol. 49, no. 6, pp. 2309-2319, November 2000.

فصلنامه

