

دانشگاه صنعتی امیر کبیر
(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فن آوری اطلاعات
گروه هوش مصنوعی

گزارش مطالعاتی اول

تشخیص پلاک خودروهای ایرانی

استاد راهنما

دکتر صفا بخش

پژوهشگر

احمد اسدی

بهار ۱۳۹۶

فهرست مطالب

ب	فهرست مطالب
۱	۱ مقدمه
۱	۲ جانمایی پلاک در تصویر
۵	۳ جداسازی نویسه‌های پلاک
۶	۴ دسته‌بندی تک‌تک نویسه‌های موجود در پلاک
۹	مراجع

۱ مقدمه

در این گزارش، مختصری از پژوهش‌های پیشین در حوزه تشخیص خودکار پلاک خودروها را از روی تصاویر ثبت شده، بیان نموده و روش پیشنهادی اولیه را برای انجام این کار، ارائه کرده‌ایم. از آنجا که شکل کلی پلاک‌ها در کشورهای مختلف متفاوت است، تولید روش‌های تشخیص پلاک برای خواندن پلاک خودروهای ایران از اهمیت بالایی برخوردار می‌شود.

تعداد زیادی از پژوهش‌هایی که در زمینه تشخیص پلاک خودروها انجام شده‌اند، با اجرای مراحل زیر موفق به تولید نتایج قابل قبولی شده‌اند:

۱. جانمایی^۱ پلاک در تصویر

۲. جداسازی نویسه‌های پلاک

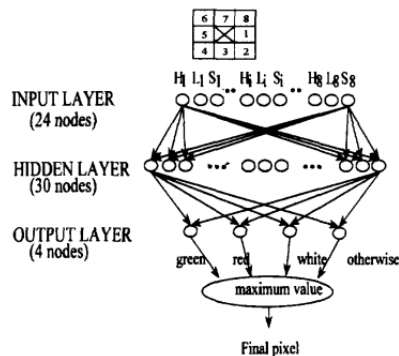
۳. دسته‌بندی تک‌تک نویسه‌های موجود در پلاک

در سال‌های گذشته عموماً همه مراحل با ارائه روش‌های ابتکاری و استفاده از فیلترهای مختلف انجام می‌شدند اما در سال‌های اخیر استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشنی در پژوهش‌های خارجی به چشم می‌خورد.

۲ جانمایی پلاک در تصویر

در میان پژوهش‌های داخلی و خارجی، روش‌های متنوع و متعددی برای جانمایی پلاک در تصویر ارائه شده‌اند. در این قسمت به بررسی چند مورد از این پژوهش‌ها می‌پردازیم. از جمله اولین پژوهش‌هایی که در این زمینه مطرح شده است می‌توان به پژوهش لی و همکارانش در سال ۱۹۹۴ [۱] اشاره کرد. این پژوهش بر روی پلاک خودروهای کره‌ای انجام شده است. برای مقابله با نویز ناشی از منابع نوری مختلف که در تصاویر موجود است، از یک شبکه عصبی پیش‌رو برای تشخیص رنگ پیکسل‌ها استفاده شده است. ساختار این شبکه عصبی ساده پیش‌رو که با الگوریتم پس‌انتشار خطا آموزش داده شده است، در شکل ۱ قابل مشاهده است.

^۱ Locating



شکل ۱: ساختار شبکه عصبی مورد استفاده در [۱] برای تشخیص رنگ هر پیکسل

پس از این که رنگ تمام پیکسل ها، با استفاده از شبکه عصبی ارائه شده، به یکی از ۴ گروه رنگی تعریف شده، دسته بندی شد، هیستوگرام سه رنگ سفید، قرمز و سبز که در پلاک خودروهای کره ای مورد استفاده هستند، در دو محور عمودی و افقی رسم می شود. این هیستوگرام به عنوان ویژگی های تصویر برای یافتن محل پلاک به یک دسته بندی کننده داده شده و با استفاده از نتیجه دسته بندی کننده، محل دقیق پلاک در تصویر مشخص می شود. شکل ۲ هیستوگرام رسم شده را برای یک تصویر نمونه نمایش می دهد.



شکل ۲: هیستوگرام رسم شده برای یافتن محل پلاک در یک تصویر نمونه در پژوهش [۱]

روش ارائه شده در عین سادگی بسیار زیاد، در شرایط و تصاویر پیچیده عمل کرد مناسبی از خود نشان نمی دهد. دوان و همکارانش طی دو پژوهش در سال های ۲۰۰۴ [۲] و ۲۰۰۵ [۳] با استفاده از تبدیل هاف و ترکیب آن با روش استخراج کانتورهای فعال^۲ توانستند به دقت ۹۸,۸ درصد در تشخیص صحیح محل پلاک خودرو برسند. استفاده از تبدیل هاف به تنهایی کار زمان بر و بسیار پرهزینه ای است. به همین دلیل در این پژوهش ها ابتدا با

^۲ Active Contours

استخراج پیرامون اشیا با استفاده از کانتورهای فعال و اعمال تبدیل هاف و جستجو بر روی کانتورهای استخراج شده برای پیدا کردن خطوط مستقیم پلاک، زمان و حافظه مورد نیاز برای پردازش و یافتن محل پلاک کاهش چشم‌گیری پیدا کرده است. شکل ۳ یک نمونه از تصاویر موجود را در کنار خروجی کانتور فعال آن و پلاک یافت شده نهایی که با کادر سبز رنگ مشخص شده است، نمایش می‌دهد.

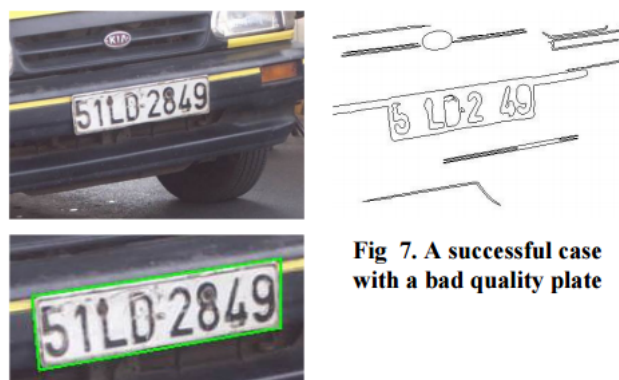


Fig 7. A successful case with a bad quality plate

شکل ۳: نتیجه نهایی تشخیص پلاک با استفاده از تبدیل هاف و کانتورهای فعال [۲]

در بسیاری از پژوهش‌های دیگر مانند پژوهش‌های [۴]، [۵]، [۶]، [۷]، [۸] و [۹] تلاش برای پیدا کردن محل پلاک به اعمال فیلتر لبه‌یاب سوبل^۳ و یافتن خطوط عمودی و افقی و بررسی نسبت طول به عرض مستطیل‌های یافت شده و مقایسه آن با نسبت استاندارد طول و عرض پلاک خودروها محدود شده است. در پژوهش [۶] علاوه بر موارد فوق، پس از حذف یال‌های پس‌زمینه و اعمال روش تنها به یال‌های باقی‌مانده، در بین ۱۱۶۵ تصویر، دقت حدود ۱۰۰٪ حاصل شده است. در این پژوهش ادعا شده زمان پردازش هر تصویر به ابعاد ۲۸۸ * ۳۸۴ پیکسل روی یک کامپیوتر شخصی ۴۷,۹ میلی‌ثانیه بوده است. تمام روش‌های فوق در صورتی که لبه‌های پلاک مخدوش شده یا دچار اعوجاج شده باشند، قابلیت خود را از دست می‌دهند. روش‌های زیادی برای حل این مشکل از دسته‌بندی ویژگی‌های بافت تصاویر استفاده نموده‌اند. این روش‌ها عموماً سعی در استفاده از وجود ارقام و حروف داخل پلاک برای تشخیص محل پلاک دارند. یکی از ساده‌ترین و محبوب‌ترین این روش‌ها اسکن کردن در یک خط مستقیم است. به عنوان مثال پژوهش [۱۰] یکی از

^۳Sobel

پژوهش‌هایی است که از این تکنیک در سال ۲۰۰۵ استفاده نموده است. در پژوهش [۱۰] ابتدا با اعمال فیلتر میانه^۴ به تصویر، تاثیر نویزهای موجود را کاهش می‌دهند. سپس گرادیان تصویر را در راستای محور افقی محاسبه می‌نمایند. با آستانه‌ای سازی تصویر حاصل، تصویر جدیدی به وجود می‌آید که در آن جهش‌های نقطه‌ای شدید به رنگ سفید و مابقی تصویر به رنگ مشکی نمایش داده شده‌اند. این جهش‌های نقطه‌ای عموماً نمایش‌دهنده محل نویسه‌های پلاک هستند. شکل ۴ تصویر حاصل را روی دو نمونه از تصاویر موجود نمایش می‌دهد.



شکل ۴: نتایج آستانه‌ای‌سازی تصویر گرادیان [۱۰]

با توجه به این نکته که این پژوهش روی پلاک‌های خودروهای چینی انجام شده است و معمولاً روی پلاک‌های خودروهای چینی ۷ نویسه وجود دارد، انتظار داریم در صورتی که خطی افقی را روی تصویر پلاک قرار دهیم، در امتداد خط حداقل ۷ نقطه جهش روی تصویر آستانه‌ای شده گرادیان وجود داشته باشد. با اعمال این روش روی تصاویر محل پلاک‌ها با دقت خوبی قابل تشخیص است. میانگین زمان پردازش هر تصویر در این پژوهش ۰,۳۶ ثانیه است و دقت نهایی حاصل در آن ۹۶ درصد گزارش شده است. روش‌های متنوع و متعددی برای استخراج ناحیه پلاک خودروها روی تصاویر ارائه شده‌اند که در این قسمت به بیان تعدادی از این روش‌ها بسنده نمودیم. پژوهش [۱۱] در سال ۲۰۱۳ توسط خانم دو ارائه شده است و در آن یک جمع‌بندی از مزایا و معایب روش‌های مختلف استخراج ناحیه پلاک خودروها از تصاویر، ارائه شده است. این جمع‌بندی در شکل ۵ ارائه شده است.

^۴Median Filter

PROS AND CONS OF EACH CLASS OF LICENSE PLATE EXTRACTION METHODS

Methods	Rationale	Pros	Cons	References
Using boundary features	The boundary of license plate is rectangular.	Simplest, fast and straightforward.	Hardly be applied to complex images since they are too sensitive to unwanted edges.	[5], [8]–[16]
Using global image features	Find a connected object whose dimension is like a license plate.	Straightforward, independent of the license plate position.	May generate broken objects.	[27]–[30]
Using texture features	Frequent color transition on license plate.	Be able to detect even if the boundary is deformed.	Computationally complex when there are many edges.	[31], [39]–[41]
Using color features	Specific color on license plate.	Be able to detect inclined and deformed license plates.	RGB is limited to illumination condition, HLS is sensitive to noise.	[50]–[52]
Using character features	There must be characters on the license plate.	Robust to rotation.	Time consuming (processing all binary objects), produce detection errors when other text in the image.	[63], [64]
Using two or more features	Combining features is more effective.	More reliable.	Computationally complex.	[70]–[72], [74], [81]

شکل ۵: مزایا و معایب روش‌های مختلف در استخراج ناحیه پلاک [۱۱]

۳ جداسازی نویسه‌های پلاک

مشابه جانمایی پلاک، روش‌های متنوع و متعددی برای جداسازی نویسه‌ها در پلاک تشخیص داده شده، ارائه شده است. روش‌های مختلف ارائه شده در این دسته را می‌توان به شکل زیر دسته‌بند نمود:

۱. جداسازی نویسه‌ها بر اساس نحوه اتصال پیکسل‌ها به هم
این دسته از روش‌ها معمولاً در سال‌های قبل از ۲۰۰۵ مورد استفاده قرار می‌گرفتند و به دلیل پیچیدگی و عدم کارکرد مناسب بعدها با روش‌های دیگر جایگزین شده‌اند.
۲. جداسازی نویسه‌ها بر اساس پراجکشن سطوح خاکستری
در این دسته از روش‌ها با توجه به این‌که معمولاً در پلاک خودروها، رنگ نویسه‌ها و پیش‌زمینه متفاوت است، با پراجکت کردن عمودی تصاویر، نقاط شروع و پایان نویسه‌ها و سپس با پراجکت کردن افقی تصاویر، محدوده ارتفاع نویسه‌ها را تشخیص داده و آن‌ها را استخراج می‌کنند. در پژوهش [۴] پس از رفع نویز، از همین تکنیک برای جداسازی نویسه‌ها استفاده شده است. طبق گزارش این پژوهش، تکنیک مورد استفاده در ۳۰۰۰۰ تصویر با مدت زمان پردازش بین ۱۰ تا ۲۰ میلی‌ثانیه با دقت ۹۹٫۲ درصد قادر به جداسازی نویسه‌ها از یک‌دیگر بوده است.
۳. جداسازی نویسه‌ها بر اساس دانش اولیه

استفاده از دانش اولیه صحیح در چالش‌های موجود عموماً منجر به حصول نتایج قابل قبول می‌شود. یکی از چالش‌هایی که می‌توان در آن با استفاده از دانش اولیه در رابطه با نویسه‌ها به دقت‌های قابل قبولی رسید، جداسازی نویسه‌ها در پلاک‌های خودروهاست. به عنوان مثال، در پژوهش [۱۲] که در سال ۲۰۰۸ ارائه شده است، با در نظر گرفتن ارتفاع و عرض هر نویسه در زبان انگلیسی به عنوان دانش اولیه، اقدام به جداسازی نویسه‌ها از یک‌دیگر شده است. در این پژوهش که بر روی ۳۳۲ تصویر مختلف آزمایش شده است، دقت جداسازی ۹۷,۱ درصد حاصل شده است.

۴. جداسازی نویسه‌ها با استفاده از کانتورهای فعال
استفاده از کانتورهای فعال یکی از روش‌های موثر در جداسازی نویسه‌ها است. به عنوان مثال در پژوهش [۱۳] که در سال ۲۰۰۶ ارائه شده است با استفاده از تصویر گرادیان و یافتن کانتورهای فعال روی آن اقدام به جداسازی نویسه‌ها از یک‌دیگر کرده‌اند. شکل ۶ یک نمونه از این جداسازی را نمایش می‌دهد.



Fig. 3. Coarse segmentation results

شکل ۶: نمونه‌ای از جداسازی نویسه‌ها از یک‌دیگر توسط کانتورهای فعال [۱۳]

۴ دسته‌بندی تک‌تک نویسه‌های موجود در پلاک

پس از استخراج نواحی نویسه‌ها از تصویر پلاک خودرو، تنها مرحله باقی‌مانده، دسته‌بندی نویسه‌ها جهت تشخیص و خواندن شماره پلاک است. برای دسته‌بندی این نویسه‌ها از روش‌های مختلفی می‌توان بهره برد که به طور کلی در یکی از دسته‌های زیر قرار می‌گیرند.

۱. دسته‌بندی نویسه‌ها مستقیماً از روی تصاویر
در این دسته از روش‌ها بدون استخراج ویژگی و به طور مستقیم از روی تصاویر و پیکسل‌ها با اعمال فیلترها و روش‌های مختلف، نویسه‌های پلاک دسته‌بندی می‌شوند. روش‌های موجود در این دسته را می‌توان در چارچوب‌هایی دسته‌بندی کرد.

از جمله معروف‌ترین این چارچوب‌ها استفاده از انطباق کلیشه^۵ است. این روش از سال‌های قبل از ۲۰۰۰ تا کنون مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله معایب این روش می‌توان به سرعت‌گیر بودن آن اشاره کرد که با توجه به این مورد که نویسه‌های پلاک قبلاً جداسازی شده‌اند، فضای جستجو برای کلیشه تا حد چشم‌گیری کاهش یافته و می‌تواند تا حد خوبی تاثیر منفی سرعت پایین این روش‌ها را جبران نماید. از جمله مشکلات دیگر این روش، ساخت کلیشه‌های مناسب برای تمام نویسه‌های مجاز است.

از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به پژوهش [۱۴] که در سال ۲۰۰۵ ارائه شد، اشاره کرد. در این پژوهش، با ارائه یک معیار فاصله جدید بین تصاویر و کلیشه‌ها، از روش انطباق کلیشه برای دسته‌بندی نویسه‌های پلاک‌ها استفاده شده است که منجر به تشخیص ۹۸ درصد از نویسه‌های موجود در مجموعه داده به طور صحیح شده است.

روش‌های دیگری که به انطباق کلیشه‌ها شبیه هستند هم مورد استفاده قرار گرفته‌اند از جمله در پژوهش [۱۵] که در سال ۲۰۰۳ ارائه شده و از انطباق هیستوگرام تصاویر برای دسته‌بندی استفاده نموده است. در این پژوهش هیستوگرام تصویر هر نویسه در دو محور محاسبه شده و سپس با هیستوگرام تمام نویسه‌های موجود که مدل شده‌اند، مقایسه می‌شود. در نهایت نویسه در دسته‌ای قرار می‌گیرد که شبیه‌ترین هیستوگرام به آن را داشته باشد.

۲. دسته‌بندی نویسه‌ها از پس از استخراج ویژگی

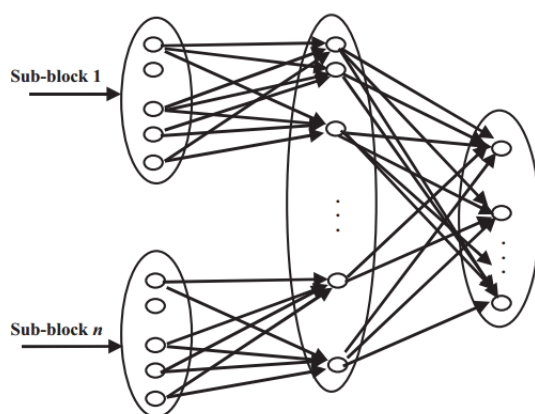
دسته‌بندی نویسه‌ها به طور مستقیم از روی تصویر، عموماً در مواردی که قلم‌های متفاوت در نویسه‌ها به کار رفته باشد و یا تصویر نویسه‌ها دچار نویز یا اعوجاجات نویزی شده باشند عمل‌کرد مناسبی از خود نشان نمی‌دهند. به همین دلیل، استخراج ویژگی و سپس دسته‌بندی براساس بردار ویژگی استخراج شده، ایده‌ای است که به نظر می‌رسد بتواند کارکرد بهتری نسبت به روش‌های قبلی از خود نشان دهد.

ساده‌ترین روش برای استخراج ویژگی، استفاده از پراجکشن تصویر در دو محور است. در این موارد معمولاً کوانتایز کردن بردار ویژگی در چند سطح علاوه بر

^۵Template Matching

کاهش پیچیدگی مدل، افزایش قابل قبولی در نتایج عمل کرد الگوریتم‌ها به همراه دارد. از دسته‌بندی کننده‌های مختلفی از جمله ماشین بردار پشتیبان و شبکه‌های عصبی برای دسته‌بندی بردارهای ویژگی تولید شده، استفاده می‌شود. همین‌طور در سال‌های اخیر، استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشنی برای استخراج بردار ویژگی مورد استقبال تعداد زیادی از پژوهش‌گران واقع شده است.

در پژوهش [۱۶] سطح خاکستری میانگین بلاک‌های 3×3 از تصاویر به عنوان مولفه‌های بردار ویژگی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این پژوهش از شبکه عصبی پیش‌رو جهت دسته‌بندی بردارهای ویژگی نویسه‌ها استفاده شده است. شکل ۷ ساختار شبکه مورد استفاده در این پژوهش را نمایش می‌دهد. همین‌طور سطوح خاکستری بخش‌های مختلف از تصویر به عنوان مولفه‌های دیگر مورد استفاده قرار گرفته‌اند.



شکل ۷: ساختار شبکه عصبی مورد استفاده برای دسته‌بندی نویسه‌ها [۱۶]

روش پیشنهاد شده در این پژوهش روی ۶ نوع پلاک متفاوت خودرو آزمایش شده و در بدترین حالت به دقت ۸۶,۳ و در بهترین حالت به دقت ۹۰,۱ درصد دست‌یافته است. این پژوهش جزو اولین پژوهش‌هایی است که منحصر به تشخیص و خواندن پلاک خودروهای یک کشور خاص نیست و یک روش مستقل از شکل کلی پلاک ارائه داده است.

- [1] E. R. Lee, P. K. Kim, and H. J. Kim, "Automatic recognition of a car license plate using color image processing," in *Image Processing, 1994. Proceedings. ICIP-94., IEEE International Conference*, vol.2, pp.301–305, IEEE, 1994.
- [2] T. D. Duan, D. A. Duc, and T. L. H. Du, "Combining hough transform and contour algorithm for detecting vehicles' license-plates," in *Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, 2004. Proceedings of 2004 International Symposium on*, pp.747–750, IEEE, 2004.
- [3] T. D. Duan, T. H. Du, T. V. Phuoc, and N. V. Hoang, "Building an automatic vehicle license plate recognition system," in *Proc. Int. Conf. Comput. Sci. RIVF*, pp.59–63, Citeseer, 2005.
- [4] Z. Sanyuan, Z. Mingli, and Y. Xiuzi, "Car plate character extraction under complicated environment," in *Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference on*, vol.5, pp.4722–4726, IEEE, 2004.
- [5] M. Sarfraz, M. J. Ahmed, and S. A. Ghazi, "Saudi arabian license plate recognition system," in *Geometric Modeling and Graphics, 2003. Proceedings. 2003 International Conference on*, pp.36–41, IEEE, 2003.
- [6] D. Zheng, Y. Zhao, and J. Wang, "An efficient method of license plate location," *Pattern Recognition Letters*, vol.26, no.15, pp.2431–2438, 2005.
- [7] K. Kanayama, Y. Fujikawa, K. Fujimoto, and M. Horino, "Development of vehicle-license number recognition system using real-time

- image processing and its application to travel-time measurement,” in *Vehicular Technology Conference, 1991. Gateway to the Future Technology in Motion., 41st IEEE*, pp.798–804, IEEE, 1991.
- [8] V. Kamat and S. Ganesan, “An efficient implementation of the hough transform for detecting vehicle license plates using dsp’s,” in *Real-Time Technology and Applications Symposium, 1995. Proceedings*, pp.58–59, IEEE, 1995.
- [9] C. Busch, R. Domer, C. Freytag, and H. Ziegler, “Feature based recognition of traffic video streams for online route tracing,” in *Vehicular Technology Conference, 1998. VTC 98. 48th IEEE*, vol.3, pp.1790–1794, IEEE, 1998.
- [10] H.-k. Xu, F.-h. Yu, J.-h. Jiao, and H.-s. Song, “A new approach of the vehicle license plate location,” in *Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies, 2005. PDCAT 2005. Sixth International Conference on*, pp.1055–1057, IEEE, 2005.
- [11] S. Du, M. Ibrahim, M. Shehata, and W. Badawy, “Automatic license plate recognition (alpr): A state-of-the-art review,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol.23, no.2, pp.311–325, 2013.
- [12] J.-M. Guo and Y.-F. Liu, “License plate localization and character segmentation with feedback self-learning and hybrid binarization techniques,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol.57, no.3, pp.1417–1424, 2008.
- [13] A. Capar and M. Gokmen, “Concurrent segmentation and recognition with shape-driven fast marching methods,” in *Pattern Recognition*,

2006. *ICPR 2006. 18th International Conference on*, vol.1, pp.155–158, IEEE, 2006.
- [14] T. Shuang-tong and L. Wen-ju, “Number and letter character recognition of vehicle license plate based on edge hausdorff distance,” in *Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies, 2005. PDCAT 2005. Sixth International Conference on*, pp.850–852, IEEE, 2005.
- [15] C. A. Rahman, W. Badawy, and A. Radmanesh, “A real time vehicle’s license plate recognition system,” in *Advanced Video and Signal Based Surveillance, 2003. Proceedings. IEEE Conference on*, pp.163–166, IEEE, 2003.
- [16] J. Jiao, Q. Ye, and Q. Huang, “A configurable method for multi-style license plate recognition,” *Pattern Recognition*, vol.42, no.3, pp.358–369, 2009.