

# تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از

## ممان‌های متعامد

علی برومندنیا (مسئول مکاتبات)، استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران جنوب، تهران، ایران

محسن غلامی، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، بوشهر، ایران

E-mail: broumandnia@azad.ac.ir

پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۵

دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۳

### چکیده

امروزه با گسترش روز افزون سرعت تولید و واردات خودرو به کشور ایجاد سیستم‌های شناسایی و تشخیص پلاک خودرو امری ضروری به نظر می‌رسد. این عامل باعث گردیده است کنترل تردد ترافیک خودرو توسط نیروی انسانی بسیار ناممکن به نظر برسد. استفاده از این سیستم‌ها در صورتی که با شرایط محیطی کشور سازگار باشد باعث کاهش قابل توجهی از هزینه‌ها می‌گردد. از سویی این حجم عمده از وسایل نقلیه باعث گردیده است تا شیوه‌های سنتی دیگر جوابگو نبوده و مشکلات خاص خود را داشته باشد. همچنین با توجه به وضعیت جوی و آب و هوایی کشور ایجاد سیستمی کارا با دقت مناسب و سازگار با انواع شرایط محیطی و نوری و یکپارچه که توانایی دقت تشخیص بالایی در تشخیص کاراکترهای پلاک خودرو داشته باشد کاملاً احساس می‌گردد. بنا بر این با توجه به اهمیت موضوع در این مقاله تلاش گردیده است تا راهکاری جهت بهبود توانایی تشخیص و پیش‌بینی کاراکتر پلاک خودرو فارسی ایجاد گردد. در این مقاله از پایگاه داده‌ای شامل ۶۰۰ تصویر رنگی وسایل نقلیه موجود در کشور ایران به اندازه  $680 * 480$  استفاده گردیده است. همچنین در این پژوهش علاوه بر بررسی چالش‌های موجود به ارائه راهکارهایی جهت بهبود پیش‌بینی در مراحل مختلف می‌پردازد. از مزایای روش پیشنهادی علاوه بر دقت بالا، انعطاف‌پذیری و قابلیت پیاده‌سازی در دنیای واقعی و همچنین توانایی کار در شرایط محیطی جوی و نوری مختلف را می‌توان نام برد.

واژه‌های کلیدی سیستم بلادرنگ تشخیص پلاک خودرو، محل‌یابی پلاک خودرو، قطعه‌بندی کاراکترها، بررسی استخراج ویژگی کاراکترها، بررسی آستانه‌گذاری و باینری‌سازی تصاویر

## ۱. مقدمه

سیستم تشخیص پلاک خودرو دارای سه مرحله اصلی محل یابی پلاک، قطعه‌بندی کاراکترها و تشخیص کاراکترها است که جهت شناسایی پلاک خودرو بکار می‌رود [Panchal and Patel and Panchal, 2016]. این سیستم‌ها هر چند هر روز در حال پیشرفت هستند اما در مقایسه با توانایی تشخیص انسان هنوز ناتوان به نظر می‌رسد.

هدف از این مقاله بررسی چالش‌های پیش رو و ارائه راهکاری جدید جهت بهبود شناسایی پلاک خودرو برای تشخیص کاراکترهای فارسی است. در ادامه سعی می‌گردد با بررسی مشکلات تشخیص پلاک برای هر یک، راهکاری ارائه گردد و در نهایت روش پیشنهادی علاوه بر سادگی، امکان پیاده‌سازی در محیط واقعی را فراهم و دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها از خود نشان می‌دهد.

## ۲. پیشینه تحقیق

اولین کارهای انجام شده در زمینه سیستم‌های تشخیص پلاک، اولین بار در جهان در سال ۱۹۷۶ انجام گردید [Aggarwal and Ghoshal, 2013]. در کشور ایران نیز در سال ۱۹۹۴ در دانشگاه علم و صنعت و سازمان ترافیک انجام شد [Moghassemi and Broumandnia, 2011]. Broumandnia, 1995. این سیستم دارای سه مرحله اصلی، محل یابی پلاک، قطعه‌بندی کاراکترها و تشخیص کاراکترها است. [Anagnostopoulos et al. 2008] روش‌های انجام شده در سه مرحله فوق را به صورت جامع و مفیدی بررسی کرده‌اند.

[Faradji and Rezaie and Ziaratban, 2007] برای مرحله محل یابی، ابتدا لبه‌های عمودی را با فیلتر سوبل استخراج کرده و با پرتوافکنی افقی که از تصویر گرفته می‌شود، اکثر بخش‌های غیر مرتبط به پلاک را حذف می‌کنند و بعد از این مرحله، در ناحیه‌های باقی مانده، پنجره‌های مستطیلی شکل جستجو می‌شود، که با این کار محل پلاک شناسایی می‌شود اما از معایب این روش این است که اگر تصویر خودرو به دوربین با زاویه خاصی گرفته شود، در

امروزه تحقیقات زیادی در خصوص تعیین و تشخیص پلاک خودرو با استفاده از بینایی ماشین صورت گرفته است که متأسفانه هر یک از این روش‌ها به خصوص در کشور ما با مشکلات و چالش‌های متعددی، مثل پیچیدگی و دقت پایین در تشخیص روبرو هستند. همچنین این سیستم‌ها باید با شرایط مختلف جوی و نور سازگار باشد [Asif and Hussain, 2017].

اهمیت تشخیص پلاک خودرو با استفاده از سیستم‌های کامپیوتری وقتی بهتر مشخص می‌شود که طبق گزارش جامع تولید خودرو در سال ۱۳۹۵ که از سوی انجمن خودروسازان منتشر شده است، حدود ۱،۳۵۰،۱۲۳ خودرو در کشور تولید و به ناوگان حمل و نقل اضافه شده و هزاران خودرو نیز سالانه به کشور وارد می‌شود. این حجم از افزایش تولید و واردات با توجه به پیشرفت روز افزون تکنولوژی سرعت بیشتری به خود گرفته که باعث گردیده است نظارت و کنترل تردد توسط انسان اگر نه ناممکن که شاید بسیار سخت و دشوار به نظر رسیده و علاوه بر آن هزینه سنگینی را به کشور متحمل سازد. همچنین افزایش حمل و نقل جاده‌ای باعث افزایش آمار تصادفات و مرگ و میر و خسارت‌های ناشی از آن شده است. [Haghighi and Akbari, 2015; ughli and Yousefi, 2015]

از سویی چالش‌های پیش‌رو در سیستم‌های تشخیص پلاک به همین جا خلاصه نگردیده و عواملی همچون سایه افتادگی و کثیفی، خراشیدگی پلاک، کیفیت بد تصاویر، شرایط جوی مختلف، فاصله متغیر بین دوربین و وسیله نقلیه، شدت روشنایی متغیر پلاک و چرخش بوجود آمده در پلاک خودرو و انواع مختلف پلاک‌ها باعث گردیده است [Shah, 2016; Sunil et al. 2016] بر خلاف پیشرفت‌های بوجود آمده در دهه‌های اخیر هنوز هم سیستم جامع و یکپارچه‌ای برای تشخیص پلاک خودرو به خصوص در کشور ما وجود نداشته باشد [Azam and Islam, 2016].

## تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از ممان‌های متعامد

های محل پلاک بدست آمد، از پنجره‌های لغزان جهت شناسایی دقیق محل پلاک استفاده می‌شود.

### ۳. معرفی سیستم تشخیص پلاک خودرو

ساختار پلاک خودرو در سرتاسر کشورهای جهان با هم فرق می‌کند [Hamzah and Valentine, 2016] و در بسیاری از کشورها طرح مربوط به پلاک از استاندارد بالایی پیروی می‌کند که باعث شده شناسایی پلاک و خواندن کاراکترهای پلاک از روی تصاویر یا ویدیوها آسان‌تر انجام بگیرد. به خاطر همین مورد است که بیشتر برنامه‌های کاربردی، روی پلاک‌هایی با طرح استاندارد تمرکز دارد، چون این‌گونه پلاک‌ها علاوه بر آنکه استاندارد مشخصی دارد، مشخصات و جزئیات سخت‌گیرانه کمتری دارند.

### ۳-۱ کاربردهای سیستم تشخیص پلاک خودرو

امروزه یکی از مسائلی که در سیستم‌های حمل و نقل هوشمند<sup>2</sup> بیشتر مورد توجه است، تشخیص پلاک خودرو است. کاربردهای دیگری که تشخیص پلاک خودرو دارد و از آن در موارد امنیتی و ترافیکی مختلفی استفاده می‌شود شامل (۱) پارکینگ‌های هوشمند [Taniyama and Hayashi, 2012] (۲) کنترل عبور و مرور در مناطق امنیتی خاص [Anagnostopoulos, 2010] (۳) اجرای قوانین ترافیکی [Broumandnia and Fathy, 2005]؛ (۴) اجرای اتوماتیک جرائم رانندگی [Anagnostopoulos et al. 2006] (۵) هوشمندسازی عوارضی‌ها [Wenjie and Huagn, 2010] (۵) محاسبه زمان مسافرت (۶) سازمان حمل و نقل است [Jusoh and Zain, 2009]؛ (۷) ردیابی اتوموبیل‌های سرقت شده (۸) دسترسی و کنترل مرزی [Soni et al. 2016; Mahalakshmi and Karani, 2017]

مرحله پرتوافکنی افقی ممکن است باعث از بین رفتن قسمت مستطیلی شکل پلاک شود و یا اینکه حالت مستطیلی اضافه تری در تصویر به وجود بیاید.

[Zheng and Zhao and Wang, 2005] برای شناسایی محل پلاک از لبه‌یاب سوبل استفاده کردند، که پس از اعمال لبه‌یابی سوبل عمودی و شمردن تعداد لبه‌ها در هر ردیف، ردیف مربوط به محل پلاک شناسایی می‌شود.

[Zunino and Rovetta, 2000] از بردار تدریجی و تجزیه درخت چهارتایی بهره برده‌اند، ابتدا روی کل تصویر، پیکسل‌هایی با مقادیر ماکزیمم و مینیموم پیدا شده و سپس آنها از هم کم می‌شود، اگر مقدار کم شده از آستانه‌ی خاصی بزرگتر باشد، تصویر به ۴ زیر تصویر کوچک تقسیم می‌شود، این کار برای کل تصاویر و زیر تصاویر به وجود آمده انجام می‌شود. از آنجایی که برای ناحیه پلاکی که در آنجا قرار دارد، بلوک‌های کوچک‌تری نسبت به ناحیه‌های دیگر به دست می‌آید، از این بلوک‌های تجزیه شده کوچک به عنوان ویژگی برای شناسایی پلاک استفاده می‌شود.

[Anagnostopoulos et al. 2006] در تحقیقی برای محل‌یابی پلاک خودرو از روش پنجره‌های هم مرکز لغزان و کشویی استفاده کرده‌اند. برای این کار از دو پنجره با مرکز یکسان و طول و عرض متفاوت برای هر دو پنجره بهره برده‌اند. این پنجره‌ها در تصویر از چپ به راست و بالا به پایین جستجو می‌شود. اگر درحین جستجو نرخ اشیای یکی از پنجره‌ها نسبت به پنجره دیگر در آستانه تعیین شده باشد، به عنوان کاندیدای محل پلاک در نظر گرفته می‌شود اما عیبی که این روش دارد، پایین بودن سرعت اجرایی آن است.

[Wang et al. 2010] برای محل‌یابی پلاک ابتدا از تبدیل ویولت<sup>1</sup> بهره برده‌اند و بعداً با آستانه مشخصی که روی پرتوافکنی افقی و عمودی حاصل از لبه‌های به وجود آمده از تبدیل ویولت بدست می‌آید، قسمت‌های نامرتبط به پلاک حذف و پس از اینکه کاندید

## ۲-۳ انواع پلاک های خودرو در کشور ایران



شکل ۲. نمونه هایی از پلاک های کشورهای مختلف: (۱) چین (۲) فرانسه (۳) لهستان (۴) آلمان (۵) استرالیا

## ۳-۳ چالش های تشخیص پلاک های کشور ایران

مشخصات طراحی یک پلاک حتی در داخل یک کشور نیز می تواند فرق داشته باشد. مثلاً در کشور ایران علاوه بر پلاک های استاندارد ذکر شده فوق، پلاک هایی نیز وجود دارد که از استاندارد تعریف شده قبلی پیروی نمی کنند و باعث چالش هایی در تشخیص پلاک می شود که شامل (۱) خودروهایی که پلاک سیاسی دارند یا سیاست مداران استفاده می کنند (۲) خودروهایی که از کشورهای خارجی وارد می شود (۳) خودروهایی که پلاک گذر موقت دارند (۴) خودروهایی که پلاک قدیمی هستند (۵) بعضی از پلاک هایی که برای خودروهای نیروی انتظامی مورد استفاده قرار می گیرد (۶) خودروهایی که پلاک ندارند. از آنجایی که تعداد این نوع خودروها زیاد نیست و این ویژگی ها و خصوصیات، از قانون خاصی پیروی نمی کند، در این تحقیق، آن ها را لحاظ نکرده ایم و فرض کرده ایم خودروها دارای پلاک های استاندارد هستند. در شکل ۳ نمونه ای از پلاک های غیر استاندارد موجود در کشور، نشان داده شده است.



شکل ۳. پلاک های غیر استاندارد کشور ایران

در کشور ایران انواع مختلفی از پلاک ها مورد استفاده قرار می گیرد (شکل ۱)، پلاک های استاندارد شامل: (۱) پلاک های شخصی، با رنگ زمینه سفید و نوشته های مشکی (۲) پلاک های عمومی، با رنگ زمینه زرد و نوشته های مشکی (۳) پلاک های دولتی، دارای رنگ زمینه قرمز و نوشته های سفید (۴) پلاک های نیروی انتظامی با رنگ زمینه سبز و نوشته های سفید است (جدول ۱). لازم به ذکر است که این پلاک ها دارای منطقه ای با رنگ آبی در سمت چپ خود هستند. همچنین هر پلاک ایرانی به فرمت X1X2X3X4X5X6X7X8 و دارای ۸ کاراکتر که ۷ مورد از آن ها عدد و یکی از کاراکتر ها، حروف است (X3).

شکل ۱ نیز، پلاک های استاندارد که کشورهای دیگر مورد استفاده قرار می گیرد را نشان می دهد.

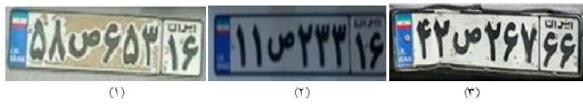
جدول ۱. انواع پلاک های استاندارد کشور ایران

نوع پلاک	رنگ پس زمینه	رنگ پیش زمینه
پلاک شخصی	سفید	مشکی
پلاک عمومی	زرد	مشکی
پلاک دولتی	قرمز	سفید
پلاک نیروی انتظامی	سبز	سفید



شکل ۱. نمونه استاندارد پلاک خودرو در کشور ایران

## تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از ممان‌های متعامد



شکل ۴. چالش‌های مربوط به تشخیص پلاک‌های استاندارد (۱) کثیفی

پلاک (۲) سایه افتادگی پلاک (۳) خراشیدگی پلاک

### ۴. معرفی سیستم پیشنهادی

سیستم پیشنهادی از سه مرحله اصلی جهت تشخیص پلاک خودرو استفاده می‌کند که به ترتیب شامل مرحله محل‌یابی پلاک خودرو، مرحله قطعه‌بندی و جداسازی کاراکترها و مرحله تشخیص نوری کاراکترهاست.

علاوه بر پلاک‌های غیراستاندارد برای تشخیص پلاک خودرو، چالش‌های دیگری نیز برای تشخیص پلاک‌های استاندارد موجود است که شامل (۱) رنگ‌های پس‌زمینه و پیش‌زمینه مختلف (۲) فاصله متغیر دوربین و وسیله نقلیه (۳) زاویه متغیر دوربین و وسیله نقلیه (۴) سایه افتادگی و کثیفی روی پلاک (۵) وجود ناحیه آبی رنگ در پلاک [Jainaveen, Reddy and Mohanta, 2017] (۶) وجود کلمه ایران در داخل پلاک. در شکل ۴ و ۵ موارد چالش برانگیز پلاک‌های استاندارد کشور ایران نشان داده شده است.



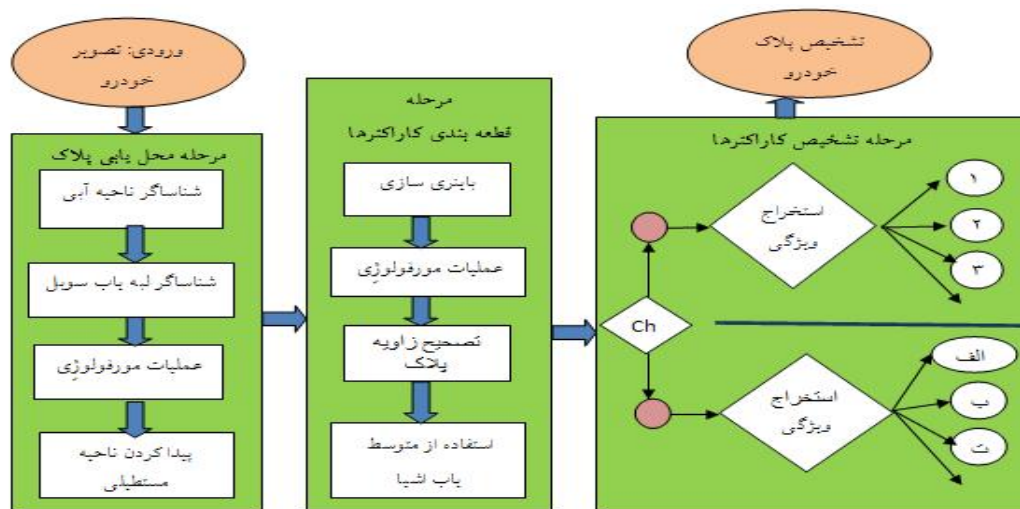
(۱)



(۲)

(۳)

شکل ۵. چالش‌های مربوط به تشخیص پلاک‌های استاندارد (۱) تصویری از خودروها که در فاصله دوری نسبت به دوربین قرار دارند. (۲) چرخش به وجود آمده در پلاک در حین تصویربرداری (۳) سایه افتادگی و شدت روشنایی متغیر پلاک در شب



نمودار ۱. کلیات سیستم پیشنهادی

ها یا مناطق ترافیکی نصب شده است، پس از عکس برداری، تصویر خودرو را به صورت رنگی در اختیار سیستم تشخیص پلاک بدهد. در اولین گام سیستم پیشنهادی، جهت بالا بردن سرعت اجرای سیستم و بالا بردن درصد تشخیص در کل مراحل از ایده جدیدی به نام شناساگر منطقه آبی به صورت زیر استفاده می‌شود.

از آنجا که تصویر رنگی از ۳ تصویر خاکستری با ۱۶ میلیون رنگ منحصر به فرد با مفروضات  $256 \times 256 \times 256 = 224$  نشان داده می‌شود و نیز تصویر دریافتی به علت شرایط جوی و آب و هوایی، کیفیت و روشنایی مختلفی می‌تواند داشته باشد، برای همین در این سیستم سه گام جهت شناسایی قسمت آبی رنگ ناحیه چپ پلاک در نظر گرفته می‌شود که از بین ۱۶ میلیون رنگ منحصر به فرد حدود تقریباً ۸۰۰ رنگ منحصر به فرد برای هر گام مربوط به شناسایی رنگ آبی پلاک خودرو در نظر گرفته شده است. این گام‌ها شامل آبی کدر، آبی ملایم و آبی روشن است. پس از این مرحله، قسمت آبی رنگ پلاک شناسایی می‌شود.

لازم به ذکر است به علت تعریف محدوده رنگی خاص برای هر گام برای ناحیه آبی، ممکن است همراه با ناحیه آبی، ناحیه‌های

عملکرد این سیستم به صورتی است که ابتدا دوربین دیجیتال، تصویری را در اختیار سیستم تشخیص پلاک خودرو می‌دهد، سیستم تشخیص پلاک خودرو با روش جدید شناسایی منطقه آبی پلاک و ویژگی‌هایی که از تصویر استخراج می‌شود، محل مربوط به پلاک خودرو را شناسایی می‌کند، در مرحله بعدی کاراکترهای پلاک با روش جدید متوسط یاب اشیا، قطعه‌بندی کاراکترها را انجام می‌دهد. نهایتاً در مرحله آخر نیز با ویژگی‌هایی که از کاراکترها گرفته می‌شود و سپس آموزش کاراکترها، کار تشخیص کاراکترهای مرتبط به پلاک خودرو انجام می‌شود.

#### ۴-۱- محل یابی پلاک خودرو

اولین مرحله در تشخیص پلاک، مرحله محل یابی پلاک است. در این مرحله با ویژگی‌هایی که برای پلاک تعریف می‌شود، محل و مکان پلاک خودرو در تصویر تعیین می‌شود.

#### ۴-۲- شناساگر ناحیه آبی پلاک

یکی از روش‌هایی که در آن تصویر خودرو به ورودی سیستم تشخیص پلاک داده می‌شود، این است که دوربین‌هایی که در بزرگراه

## تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از ممان‌های متعامد



شکل ۶. شناساگر ناحیه آبی پلاک الف) تصویر خودروی ورودی ب) استفاده از شناساگر ناحیه آبی جهت محل یابی راحت‌تر و سریع‌تر پلاک خودرو

شوند. بنابراین، موارد اضافی پیدا شده را برای یافتن قسمت آبی رنگ سمت چپ پلاک با روش‌های فرسایشی مورفولوژی حذف می‌گردد. پس از این کار منطقه آبی رنگ قسمت چپ مربوط به پلاک شناسایی می‌شود. بعد از این گام برای اینکه درصد شناسایی و تشخیص در مراحل بعدی بیشتر و پردازش سریع‌تری انجام بگیرد، قسمت چپ کل تصویر ناحیه آبی حذف می‌شود. پس از این گام، تصویر به خاکستری تبدیل می‌شود (شکل ۶).

$$g_x = [(z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)] \quad (1)$$

$$g_y = [(z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)] \quad (2)$$

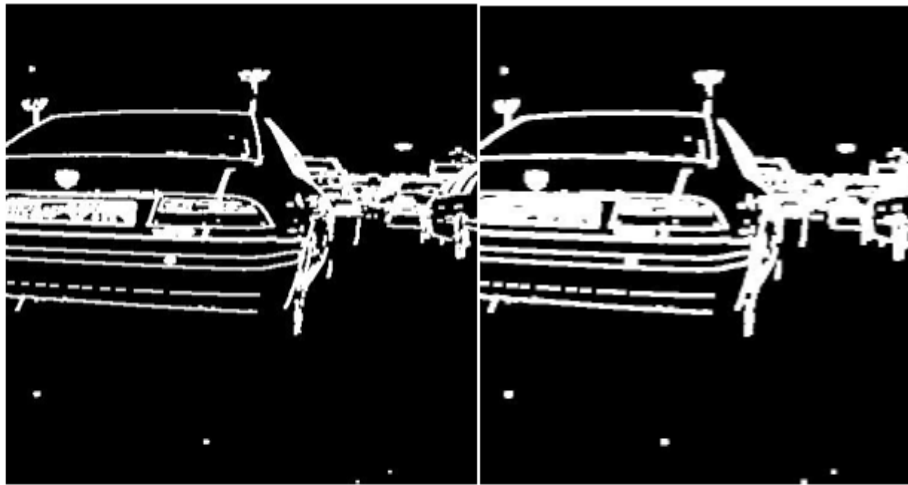
همچنین به دلیل آنکه پلاک به صورت مستطیلی شکل است و از آنجا که احتمال دارد نواحی مربوط به پلاک دارای خراشیدگی خاصی باشد، لازم است لبه‌های پیدا شده را به کمک عملیات مورفولوژی اتساع گسترش دهیم تا در صورت وجود خراشیدگی در پلاک، لبه‌های مربوط به پلاک به هم وصل شوند (شکل ۴-۲).

## ۴-۳ استفاده از لبه یاب فیلتر سوبل و عملیات مورفولوژی

لبه‌ها به مکان‌هایی از تصویر گفته می‌شود که دارای تغییرات ناگهانی از شدت روشنایی باشد. از طرفی، در تصاویر مربوط به خودرو، لبه‌ها بیشتر در قسمت‌هایی از تصاویر روی می‌دهد که حاوی پلاک است. پس از تست انواع مختلفی از لبه‌یاب‌ها در این سیستم دریافتیم که بین آنها، لبه‌یاب سوبل و روبرتز، عملکرد بهتری دارد و بین این دو نیز لبه‌یاب سوبل با موفقیت بیشتری محل یابی می‌کند (شکل ۷). برای اینکه این لبه‌ها پیدا شوند از نقاب ۳\*۳ زیر و فرمول (۱) برای سوبل افقی و فرمول (۲) برای سوبل عمودی استفاده می‌شود.

$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$
$Z_7$	$Z_8$	$Z_9$

کوچک دیگر نیز که جزیی از ناحیه آبی رنگ پلاک نیستند، به صورت ناخواسته در این محدوده رنگ تعریف شده، موجود باشد و به عنوان نویز در خروجی مربوط به شناسایی ناحیه آبی نشان داده



(الف)

(ب)

شکل ۷. استفاده از عملیات لبه‌یابی و مورفولوژی (الف) لبه‌یاب سوبل (ب) عملیات مورفولوژی اتساع (کسترش)



(الف)

(ب)

شکل ۸. تعیین محل پلاک خودرو (الف) مشخص شدن کاندیدهای پلاک (ب) محل‌یابی پلاک

#### ۴-۴ کاندیدهای محل پلاک خودرو

هدف سیستم پیشنهادی، در این زیر مرحله، یافتن پنجره‌هایی مستطیلی شکل برای کاندیدهای پلاک است. پس، حفره‌های موجود در شکل (۷) پر می‌شود. سپس، مناطق کاندید پلاک استخراج می‌شود و با اعمال چندین ویژگی، محل پلاک تعیین می‌شود (شکل ۸). این ویژگی‌ها شامل (۱) در قسمت سمت چپ محل پلاک منطقه آبی وجود دارد (۲) از آنجایی که طول واقعی پلاک ایرانی ۵۲ سانتی‌متر

و عرض ۱۱،۵ سانتی‌متر است و هدف نیز ارائه سیستمی است که در مقابل چرخش و تغییراتی محیطی پلاک، مقاوم باشد، ویژگی به صورت فرمول (۳) برای طول<sup>۳</sup> (L) و عرض<sup>۴</sup> (W) پلاک در نظر گرفته می‌شود؛ [Mahini, Kasaei and Dorri, 2006 ; Giannoukos et al. 2010]

$$W * 2,5 \leq L \leq W * 5 \quad (3)$$



## تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از ممان‌های متعامد

### ۴-۵ قطعه‌بندی کاراکترها

در بین این سه مراحل تشخیص پلاک، سخت‌ترین مرحله، قطعه بندی کاراکترها است. دو روش کاربردی و متداولی که برای این مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل: (۱) مولفه‌های همبند (۲) استفاده از روش پرتو افکنی عمودی است. مولفه‌های همبند جعبه های مستطیلی شکل هستند که توسط مناطقی متشکل از پیکسل‌های سیاه ۸ اتصال محصور می‌شود، اما عیب این روش پیمایش همه پیکسل‌های تصویر است که سرعت اجرای پایین دارد و عیب دیگر آن شناسایی نویزهای موجود به عنوان کاراکتر است. همچنین در روش پرتو افکنی عمودی، مجموع مقادیر پیکسل‌های اشیا در قسمت ستونی تصویر در نظر گرفته می‌شود. مزیتی که این روش نسبت به روش مولفه‌های همبند دارد، سرعت اجرای بالاتر آن به دلیل پیمایش نکردن کل تصویر است اما در مواردی که حالت هم‌پوشانی بین کاراکترها وجود داشته باشد قادر به قطعه‌بندی و جداسازی درست نیست [Rastgarpour and Shanbehzadeh, 2007]. علاوه بر آن، این روش همانند روش مولفه‌های همبند در مواردی که نویز در تصویر موجود باشد، برای قطعه‌بندی درست کاراکترها با شکست مواجه می‌شود. برای همین در این مرحله با الهام گرفتن از روش اکثریت اشیا جهت قطعه‌بندی کاراکترها [Ankush and Ghoshal, 2011 ; Hamey and Leonard and Priest, 2005] عنوان متوسط یاب اشیا برای قطعه‌بندی بهره برده شده است که جزئیات آن در ادامه توضیح داده شده است.

### ۴-۶ عملیات باینری سازی

اولین کاری که در مرحله قطعه‌بندی لازم است انجام شود، مرحله باینری سازی است که در آن تصویر خاکستری استخراج شده از مراحل قبلی که در اینجا پلاک خودرو است به تصویر باینری تبدیل

می‌شود. روش‌های مختلفی برای عملیات باینری سازی وجود دارد که همکاران NIKOLAOS آنها را به صورت جامع‌تری بررسی کرده‌اند. [Ntogas and Veintzas, 2008] این آستانه گذاری‌ها به دو گروه تقسیم می‌شوند: آستانه گذاری سراسری: یک آستانه مشخص، چه به صورت انتخابی، چه به صورت اتوماتیک به کل تصویر اعمال می‌شود. آستانه‌گذاری محلی: برای بخش‌های مختلف تصویر، آستانه‌گذاری مختلفی اعمال می‌شود که این مقدار به صورت خودکار انتخاب می‌شود. از آنجایی که یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های سیستم‌های تشخیص پلاک، چالش‌های مربوط به سایه افتادگی و تغییرات شدت روشنایی در پلاک است، برای حل این چالش‌ها در این مقاله، سه نوع آستانه‌گذاری سراسری [Nobuyuki and Otsu, 1997; Shafait Sauvola, 2008] و سه نوع آستانه‌گذاری محلی [Basilios et al. 2004] Niblack et al. 2008] و آستانه‌گذاری محلی [Bernsen, 1986] Sauvola و Niblack روی بلوک‌های ۱۰×۱۰ بررسی شده است. پس از بررسی روی ۱۰۰ نمونه تصویر پلاک، روش‌های آستانه گذاری سراسری Sauvola، Niblack و آستانه گذاری محلی Sauvola روش‌های مناسبی برای استفاده در فاز قطعه‌بندی پلاک نیستند، همچنین روش آستانه گذاری سراسری Otsu نسبت به دیگر روش‌ها مناسب برای پلاک‌هایی است که تغییرات شدت روشنایی در آنها کم باشد و روش آستانه گذاری Bernsen نسبت به دیگر روش‌ها، برای پلاک‌هایی که تغییرات شدت روشنایی، کثیفی پلاک و سایه افتادگی روی پلاک در آنها زیاد باشد مناسب است. نمونه‌هایی از خروجی همه روش‌های آستانه‌گذاری فوق در جدول ۲ نشان داده شده است. همچنین نتایج سه نوع باینری‌سازی مربوطه به صورت جدول ۳ بدست آمد.

جدول ۲. خروجی تصویری آستانه‌گذاری و باینری‌سازی پلاک خودرو با روش‌های مختلف

تصویر پلاک ورودی			
آستانه‌گذاری سراسری otsu			
آستانه‌گذاری سراسری Sauvola			
آستانه‌گذاری سراسری Niblack			
آستانه‌گذاری محلی Bernsen			
آستانه‌گذاری محلی Sauvola			
آستانه‌گذاری محلی Niblack			

جدول ۳. نتایج آستانه‌گذاری و باینری‌سازی پلاک خودرو با روش‌های مختلف

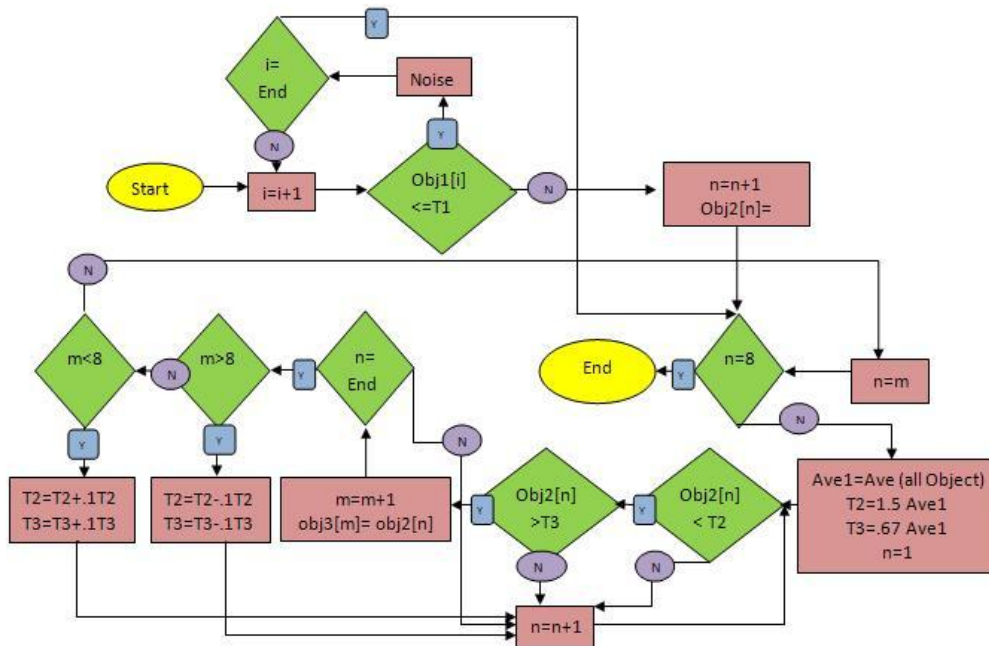
تعداد کل	آستانه‌گذاری سراسری otsu	آستانه‌گذاری محلی Barnsen	آستانه‌گذاری محلی Niblack
۱۰۰	۸۷	۸۳	۶۵
	٪۸۷	٪۸۳	٪۶۵

اشیای داخل حفره پلاک، از ایده جدید متوسط یاب مولفه‌ها به صورت تکراری و خودکار بهره برده شده است. برای این کار طبق نمودار ۲ ابتدا محیط احاطه کننده هر کدام از اشیای شکل ۹ (الف) پیدا می‌شود و پس از محاسبه اندازه اطلاعات هر کدام از اشیای پیدایی که اندازه آن نزدیک به اندازه اشیای میانگین باشد، آن را به عنوان کاندیدهای کاراکترهای پلاک در نظر می‌گیریم و از بین کاراکترهای کاندید به صورت تکراری کاراکترهای پلاک پیدا می‌شود. در ادامه نیز کاراکترهای پلاک قطعه‌بندی شده به اندازه ۶۴×۶۴ ذخیره می‌شود (شکل ۹).

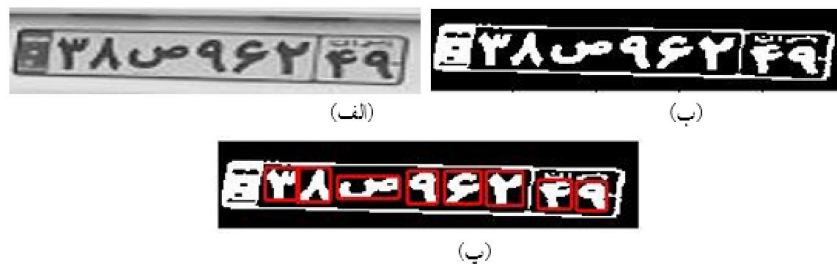
#### ۷-۴ قطعه‌بندی تک تک کاراکترها

یکی از گام‌هایی که در این مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از عملیات مورفولوژی و سپس تصحیح زاویه پلاک است. عملیات مورفولوژی مزیتی دارد که باعث حذف اطلاعات اضافی می‌شود اما عیب بزرگ آن این است که نمی‌تواند باعث حذف اشیای بزرگ‌تری که به طور ناخواسته در تصویر باینری ظاهر شده است، شود. این عیب را روش‌های متداول قطعه‌بندی همانند مولفه‌های همبند و پرتوافکنی عمودی دارد. (شکل ۹(پ)). در این مرحله پس از نمایش

تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از ممان‌های متعامد



نمودار ۲. ایده جدید متوسط یاب اشیا به صورت تکراری برای قطعه‌بندی کاراکترهای ایرانی



شکل ۹. قطعه‌بندی پلاک (الف) تصویر خاکستری (ب) تبدیل پلاک به باینری (ج) قطعه‌بندی تک تک کاراکترها با استفاده از متوسط یاب اشیا به صورت تکراری

گذاری پلاک این دو کاراکتر را نسبت به ۶ کاراکتر دیگر، از اندازه کوچک‌تری استفاده می‌کند (شکل ۱۰) و از آنجایی که می‌خواهیم شیب کاراکتر را به صورت دقیق‌تری پیدا کنیم، در این مطالعه زاویه به‌وجود آمده بین مرکز ثقل‌های ۲ کاراکتر  $x_1$  و  $x_6$  را طبق فرمول (۵) بدست می‌آوریم در حالی که در روش ارائه داده شده توسط مقسمی و برومندنیا [Moghassemi and Broumandnia, 2011] برای تصحیح زاویه پلاک خودرو، چنین توانایی و قابلیتی برای تصحیح دقیق تر زاویه پلاک را ندارد (جدول ۴). اما از آنجایی

برای تصحیح پلاک‌هایی که به علت عکس برداری نادرست یا چرخش به‌وجود آمده در پلاک از ایده جدیدی برای پلاک‌های ایرانی بهره برده‌ایم که برای پلاک‌هایی با فرمت  $X_1X_2X_3X_4X_5X_6X_7X_8$ ، ابتدا مرکز ثقل طبق فرمول (۴) بدست می‌آید [Sirait, 1991; Chiu and Teng and Cheng, 1995] در پلاک‌های ایرانی در دو کاراکتر آخر، یعنی  $x_7$  و  $x_8$  به‌دلیل نوشته شدن کلمه ایران با سایز خیلی کوچک در بالای آنها، سازمان شماره

جدول ۴. نمونه‌هایی از پلاک‌هایی که با روش جدید، زاویه پلاک آن‌ها تصحیح شده است

پلاک خودرو	تصحیح زاویه پلاک

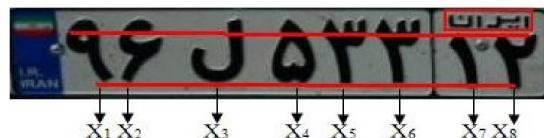
اولین مرحله در تشخیص کاراکترها در اکثر روش‌های تشخیص کاراکتر، استخراج ویژگی است [Gholami, 2017]. در این مطالعه از چندین ویژگی مربوط به استخراج ویژگی‌ها بهره برده شده است که شامل:

۱) فاصله اقلیدسی<sup>۵</sup>: در بین روش‌های استخراج ویژگی کاراکترها، این روش نسبت به ویژگی‌هایی که دارد، بیشتر با استفاده از تطبیق الگو انجام می‌شود چون نسبت به روش‌های تشخیص، متد تطبیق الگو برای این ویژگی ساده‌تر است. همچنین در تشخیص کاراکتر با استفاده از این ویژگی، فاز آموزش کاراکترها زودتر از فاز استخراج ویژگی انجام می‌شود. از آنجایی که هر کاراکتر، چه در پایگاه داده و چه در موارد قطعه‌بندی شده به اندازه ۶۴×۶۴ در نظر گرفته شده است یا به عبارتی تعداد پیکسل‌های موجود در این‌گونه کاراکترها ۴۰۹۶=۲۶×۲۶ است، در مواردی که بین کاراکترهای آموزش دیده و کاراکتر ورودی تطبیق صورت گیرد، محدوده اختلاف بین آنها در بازه [۰ ۴۰۹۶] است. سپس از نتایج بدست آمده بعد از تطبیق کاراکترهای مربوطه، با استفاده از فرمول (۶) فاصله اقلیدوسی آن محاسبه می‌شود، لازم به ذکر است که در جریان تطبیق، بین تک کاراکترهای آموزش دیده با کاراکتر ورودی، کاراکتری از پایگاه

که روش‌هایی که برای تشخیص کاراکتر ارائه خواهیم داد، مستقل از چرخش است برای همین نیازی به تصحیح زاویه نداشته ایم.

$$\text{Gravity}(I,i) = \left[ \left( x(i) + \left( \frac{w(i)}{2} \right) \right), \left( y(i) + \left( \frac{h(i)}{2} \right) \right) \right] \quad (۴)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right)$$



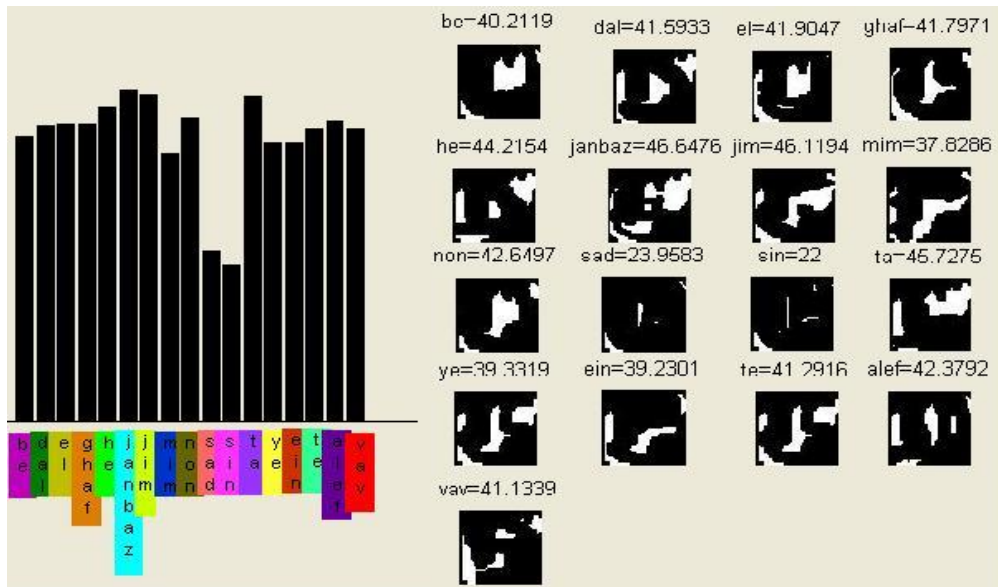
شکل ۱۰. فرمت کاراکترهای پلاک ایرانی که در آن کاراکتر X7 و X8 نسبت به کاراکترهای دیگر اندازه کوچکتری دارند.

#### ۴-۸ تشخیص نوری کاراکترها

تشخیص کاراکترها از چندین زیر مراحل تشکیل شده است که به ترتیب شامل استخراج ویژگی از کاراکترها، آموزش کاراکترها و تشخیص کاراکترها است. در این مطالعه چندین روش مربوط به استخراج ویژگی کاراکترها از نظر دقت، سرعت و مستقل از چرخش بودن، بررسی شده است و از بین متدهای تشخیص کاراکتر، متد‌های مربوط به تطبیق الگو و شبکه‌های عصبی استفاده شده است.

#### ۵. بررسی استخراج ویژگی کاراکترها

## تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از ممان‌های متعامد



شکل ۱۱. محاسبه فاصله اقلیدسی حرف سین یا به عبارتی 'س'

محور قطر اصلی و ۶۴ ویژگی در محور قطر فرعی استخراج می شود. که در مجموع ۲۵۶ ویژگی استخراج می شود (شکل ۱۲ ج)).

۵) پروفایل فاصله ۴ جهتی: در این روش در ۴ جهت مختلف (چپ، بالا، راست و پایین)، فاصله محیط محاطی کاراکتر تا نزدیکترین لبه در هر جهت پیدا می شود و در مجموع ۲۵۶ ویژگی در این روش استخراج می شود (شکل ۱۲ د)).

۶) روش ترکیبی ناحیه بندی و پروفایل پرتوافکنی: این روش، روشی جدید برای استخراج ویژگی کاراکترهای فارسی است که در آن ۱۶ ویژگی از ناحیه بندی پلاک، ۸ ویژگی از پرتوافکنی افقی و ۸ ویژگی از پرتوافکنی عمودی استخراج می شود. در مجموع ۳۲ ویژگی از این روش جدید، استخراج می شود.

۷) ممان‌های زرنیک: توابع زرنیک مختلط شامل یک مجموعه از توابع پایه متعامد نگاشته شده بر روی یک دایره واحد است. ممان های زرنیک، ویژگی های استخراج شده توسط پرتوافکنی تصویر ورودی بر روی مجموعه مختلط از چند جمله ای های زرنیک هستند.

داده به جای کاراکتر ورودی انتخاب می شود که فاصله اقلیدسی آن از بین مقادیر دیگر کمتر باشد (شکل ۱۱).

$$d(p,q) = \|p-q\| = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (6)$$

۲) ناحیه بندی: در این روش تصاویر مربوط به کاراکترها را به ۱۶ زیرتصویر مساوی ۱۶x۱۶ تقسیم کرده تا بر اساس توزیع داده های موجود در هر ناحیه، ویژگی هایی استخراج شود. که در مجموع ۱۶ ویژگی استخراج می شود (شکل ۱۲ الف)).

۳) پروفایل پرتوافکنی: در این روش ۶۴ ویژگی از پرتوافکنی افقی و ۶۴ ویژگی از پرتوافکنی عمودی استخراج می شود. که در مجموع ۱۲۸ ویژگی استخراج می شود (شکل ۱۲ ب)).

۴) پروفایل پرتوافکنی ۴ جهته: این روش، روش جدیدی برای محاسبه ویژگی های کاراکترهای فارسی است. که در آن ۶۴ ویژگی از پرتوافکنی افقی، ۶۴ ویژگی از پرتوافکنی عمودی، ۶۴ ویژگی در

قرار گرفته در خارج از دایره محاسبه نمی‌شود. فرم گسسته ممان های زرنیک از یک تصویر با اندازه  $N \times N$  بصورت زیر است:

$$Z_{nm} = \frac{n+1}{\pi} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} f(x_i, y_k) V_{nm}^*(x_i, y_k) \Delta x_i \Delta y_k \quad (9)$$

در این نوع از استخراج ویژگی، از ۳۶-۱۲ ویژگی مربوط به اندازه ممان‌های زرنیک برای استخراج ویژگی استفاده شده است که نمونه ای از آن تا مرتبه ۶ و تعداد تکرار مثبت ۶ به صورت شکل ۴-۸ است. مزیت این روش نسبت به روش‌های دیگر مستقل از چرخش (۷) بودن آن است، در واقع در این نوع استخراج ویژگی، کاراکترها در هر زاویه‌ای بچرخند، ویژگی‌هایی که از آنها بدست می‌آید، نسبت به کاراکتر فاقد چرخش، یکسان یا نزدیک به کاراکتر فاقد چرخش است (۱۴). همچنین از آنجایی که اعداد ۷ و ۸ فارسی، نسبت به هم حالت معکوس دارند، ممان‌های زرنیک نمی‌توانند آنها را تشخیص بدهند و برای تشخیص آنها تصویر به ۲ قسمت بالایی و پایینی تقسیم می‌شود و با فرمول (۱۰)، این دو اعداد تشخیص داده می‌شوند [Boveiri, 2010].

$$X = \frac{\text{اندازه کاراکتر در نیمه بالایی}}{\text{اندازه کاراکتر در نیمه پایین}} \quad (10)$$

برای مواردی که  $X$  بالای یک باشد، عدد ۷ نشان داده می‌شود و برای موارد کمتر از یک، عدد ۸ نشان داده می‌شود. در کاراکترهای انگلیسی هم، عدد انگلیسی '6' و '9' این مشکلات را دارند.

اندازه این ممان‌ها به دلیل مستقل از چرخش بودن برای تشخیص استفاده می‌شود. ویژگی‌های ممان‌های زرنیک، اول با محاسبه چند جمله‌ای‌های شعاعی و سپس طرح ریزی تصویر ورودی بر روی تابع پایه ممان‌های زرنیک محاسبه می‌شود. چندجمله‌ای‌های شعاعی زرنیک  $V_{nm}(x, y)$  از مرتبه  $n$  با تکرار  $m$ ، در دیسک واحد بصورت زیر هستند.

$$R_{nm}(x, y) = \sum_{s=0}^{(n-|m|)/2} \frac{(-1)^s (x^2+y^2)^{(n-2s)/2} (n-s)!}{s! ((n+|m|/2)-s)! ((n+|m|/2)-s)!}$$

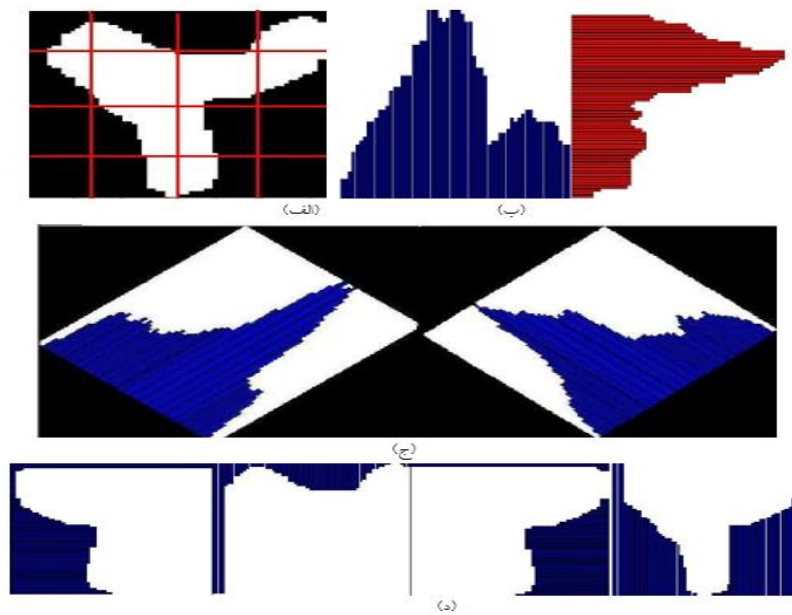
$$V_{nm}(x, y) = R_{nm}(x, y) e^{jm\theta} \quad (8)$$

که در آن  $\theta = \arctan\left(\frac{y-yc}{x-xc}\right)$ ،  $j = \sqrt{-1}$  بطوریکه  $n \geq 0$  و  $|m| \leq n$  و  $n - |m|$  زوج است. زاویه  $\theta$  بین صفر و  $2\pi$  است و با توجه به محور  $x$  در خلاف جهت عقربه‌های ساعت اندازه گیری شده است و  $s$  یک متغیر عدد صحیح که محدوده مقداری بین صفر و  $(n - |m|/2)$  است. ممان‌های زرنیک از مرتبه  $n$  و تکرار  $m$  از تابع  $f(x, y)$  بصورت زیر تعریف می‌شود.

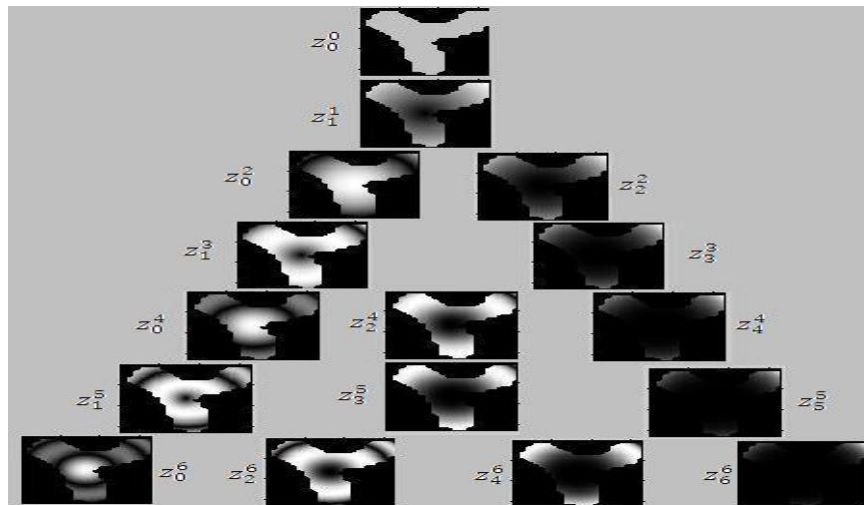
$$Z_{nm} = \frac{n+1}{\pi} \int_{x=-1}^1 \int_{y=-1}^1 f(x, y) V_{nm}^*(x, y) dx dy$$

که در آن  $V_{nm}^*(x, y)$  مزدوج مختلط  $V_{nm}(x, y)$  است. برای محاسبه ممان‌های زرنیک از یک تصویر دیجیتال، توابع پایه زرنیک در داخل دایره واحد تعریف شده‌اند که در این صورت پیکسل‌های

تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از ممان‌های متعامد

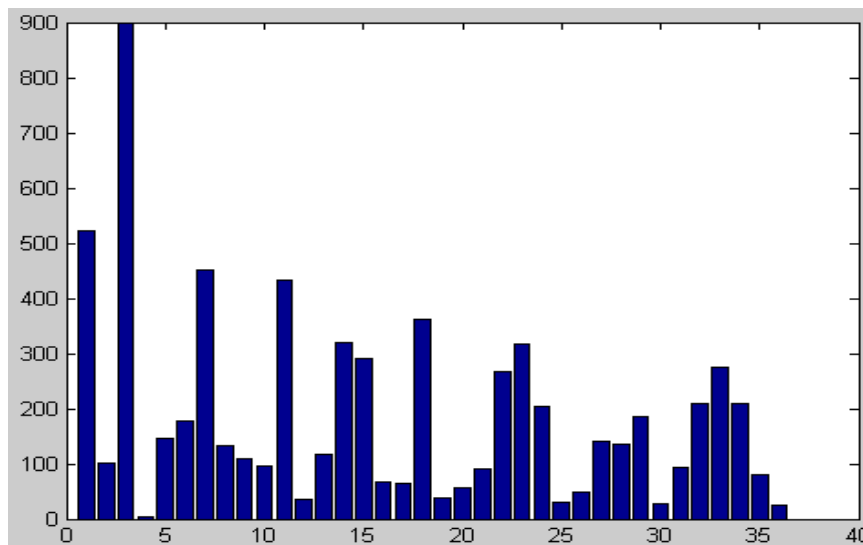


شکل ۱۲. استخراج ویژگی کاراکترها با روش‌های مختلف الف) ناحیه بندی عدد "۲" ب) پروفایل افقی و عمودی عدد "۲" ج) پرتوافکنی در محور قطر فرعی و اصلی مربوط به عدد "۲" د) پروفایل فاصله ۴ جهت مختلف (چپ، بالا، راست و پایین) مربوط به عدد "۲"



شکل ۱۳. استخراج ویژگی با استفاده از ممان‌های زرنیک تا مرتبه ۶ و تعداد تکرار مثبت تا تعداد ۶ که در کل ۱۶ ویژگی است.





شکل ۱۴. ویژگی ممان زرنیک برای کاراکترهای چرخیده شده (۱) کاراکتر "۳" با صفر درجه چرخش (۲) کاراکتر "۳" با ۲۵ درجه چرخش (۳) کاراکتر "۳" با ۱۱۰ درجه چرخش (۴) کاراکتر "۳" با ۴۰- درجه چرخش (۵) نمونه ای از ۳۶ ویژگی اندازه ممان زرنیک ، تا تعداد تکرار و مرتبه مثبت ۱۰ روی کاراکتر "۳" با زاویه‌های مختلف

## ۶. آموزش کاراکترها

آموزش پس انتشار خطا<sup>۷</sup> و تابع فعال‌سازی از نوع سیگموئید<sup>۸</sup> استفاده شده است. که تعداد لایه‌های مربوط به شبکه‌های عصبی پرسپترون هر کدام از روش‌های استخراج ویژگی بر اساس سعی و خطا و تجربه بدست آمد. همان‌گونه که در زیر مرحله قبلی توضیح داده شد ، فقط از روش مربوط به استخراج ویژگی فاصله اقلیدوسی به علت ویژگی‌هایی که دارد، در بخش آموزش از تطبیق الگو استفاده شده است و دیگر روش‌های استخراج ویژگی، در شبکه‌های عصبی آموزش داده شده‌اند. همان‌گونه که می‌دانیم شبکه‌های عصبی از تعدادی لایه‌ها تشکیل شده است که هر کدام از لایه‌ها دارای تعدادی نورون هستند. برای آموزش روش‌های استخراج ویژگی روی کاراکترها، تعداد لایه‌های مخفی و تعداد نورون‌های لایه‌های مخفی به صورت سعی و خطا و تجربه بدست آمد. در این شبکه عصبی سعی شد فقط از یک لایه مخفی استفاده شود، جدول ۶ نیز تعداد نورون‌های هر کدام از لایه‌های ورودی، لایه مخفی و لایه خروجی مربوط به همه روش‌های استخراج ویژگی را نشان می‌دهد.

برای تشخیص کاراکترها، باید الگوهایی از کاراکترها در پایگاه داده ای تهیه شده و از قبل موجود باشد [Samma and Lim and Saleh and Suandi, 2016]. از طرفی چون بعضی از حروف ساختار بدنه یکسانی دارند، سازمان شماره‌گذاری پلاک‌های خودرو از میان آن حروف، فقط یکی را در شماره‌گذاری به کار می‌برد. در مجموع در پایگاه‌داده تهیه شده از بین ۳۳ حرف زبان فارسی، ۱۷ حرف و ۹ عدد استفاده شده است (جدول ۵). در پایگاه‌داده تصاویر خودرو تهیه شده که تعداد آن ۶۰۰ مورد است، ۳۰۰ مورد از تصاویر خودرو، در جهت آموزش کاراکترها و ۳۰۰ مورد دیگر ، برای تست مورد استفاده قرار داده شده است. که از بین ۳۰۰ تصویر آموزشی، ۲۰ نمونه از هر کاراکتر در اندازه ۶۴×۶۴ در پایگاه داده ذخیره می‌شود. سپس روش‌های استخراج ویژگی مربوط به فاز قبلی را پس از اعمال روی پایگاه داده کاراکترها، با کمک شبکه‌های عصبی آموزش می‌دهیم. برای این کار از معماری پرسپترون چند لایه<sup>۶</sup> با الگوریتم



## تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از ممان‌های متعامد

جدول ۵. کاراکترهای مورد استفاده در پلاک خودروی ایرانی همراه با سمبل‌های مورد استفاده آنها

اعداد		حروف					
کاراکتر	سمبل	کاراکتر	سمبل	مورد استفاده	کاراکتر	سمبل	مورد استفاده
۱	1	الف	alef_	پلاک دولتی	ق	ghaf_	پلاک شخصی
۲	2	ب	be_	پلاک شخصی	ل	lam_	پلاک شخصی
۳	3	ت	te_	پلاک عمومی	م	mim_	پلاک شخصی
۴	4	ج	Jim_	پلاک شخصی	ن	non_	پلاک شخصی
۵	5	د	dal_	پلاک شخصی	و	vav_	پلاک شخصی
۶	6	س	sin_	پلاک شخصی	ی	ya_	پلاک شخصی
۷	7	ص	sad_	پلاک شخصی	ه	he_	پلاک شخصی
۸	8	ط	ta_	پلاک شخصی		janbaz	پلاک شخصی
۹	9	ع	ein_	پلاک عمومی			

جدول ۶. تعداد نورون‌های مورد استفاده شده در لایه‌های ورودی، مخفی و خروجی برای همه روش‌ها

	ممان زرنیک	ناحیه بندی و پروفایل	پروفایل فاصله	پروفایل ۴ جهتی	پروفایل پرتوافکنی	ناحیه بندی
تعداد نورون لایه ورودی	۳۶-۱۲	۳۲	۲۵۶	۲۵۶	۱۲۸	۱۶
تعداد نورون لایه مخفی	۳۰۰-۲۰۰	۱۲۰	۱۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۲۰
تعداد نورون لایه خروجی	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶

### ۱-۶ تشخیص تک تک کاراکترها

پس از آنکه کاراکترهای موجود در پایگاه داده با روش‌های استخراج ویژگی مذکور آموزش دیدند، لازم است ۳۰۰ تصویر مربوط به خودروهایی که جهت آزمون آماده شده است مورد ارزیابی قرار دهیم.

از آنجایی که تعداد روش‌های ارزیابی شده برای این مرحله زیاد است، ما از بین ۳۰۰ تصویر، ۳۰ تصویر به صورت تصادفی انتخاب می‌کنیم و این روش‌های استخراج ویژگی را روی آنها ارزیابی می‌نماییم.

## ۷. ارزیابی

تشخیص کاراکتر، چندین ویژگی مربوط به تشخیص کاراکتر بررسی شده است که این ویژگی‌ها به دو دسته ویژگی‌های مستقل از چرخش و ویژگی‌های وابسته به چرخش تقسیم می‌شود. جدول ۷ نرخ دقت و سرعت روش‌های ویژگی‌های استخراج کاراکترها وابسته به چرخش و در جدول ۸ نیز نرخ دقت و سرعت روش زرنیک با استفاده از تعداد تکرار و مراتب مثبت به ترتیب تا مرتبه های ۵، ۶، ۷ و ۱۰ نشان داده شده است. همان‌گونه که در بین این روش‌ها ملاحظه می‌فرمایید، روش جدید پروفایل ۴ جهته از نظر نرخ دقت تشخیص کاراکترها نسبت به دیگر روش‌های مذکور عملکرد بهتری دارد، همچنین روش ممان زرنیک نسبت به دیگر روش‌ها مزیتی که دارد مستقل از چرخش است و در مواقعی که کاراکترها، حالت چرخیدگی در هر زاویه‌ای را داشته باشد، قابلیت تشخیص آن کاراکتر را دارد، در حالی که هیچ‌کدام از روش‌های مذکور چنین قابلیت را ندارند و عیب روش زرنیک برای تشخیص کاراکترها با دقت بالاتر نسبت به دیگر ویژگی‌ها، سرعت اجرای پایین آن است. نمودار ۳ نیز این ویژگی‌ها را به صورت نموداری بررسی کرده است.

هدف از سیستم پیشنهادی، دریافت تصاویر وسایل نقلیه به عنوان ورودی و ثبت شماره پلاک آنها در خروجی است. در این آزمایشات و بررسی‌ها از پایگاه داده‌ای شامل ۶۰۰ تصویر رنگی وسایل نقلیه موجود در کشور ایران به اندازه ۶۸۰\*۴۸۰ و از دوربین دیجیتال ۳۵۰ SONY DC استفاده شد که ۳۰۰ مورد آن برای بخش آموزش کاراکترها و ۳۰۰ مورد دیگر به صورت تصادفی برای تست مراحل تشخیص پلاک خودرو استفاده شده است، پایگاه داده مورد استفاده دارای تصاویر پیچیده و شرایط‌های نوری مختلف (برفی-بارانی-شب-روز-سایه)، فاصله‌ها و زاویه‌های مختلف دوربین و وسایل نقلیه، خراشیدگی پلاک و دارای انواع مختلفی خودرو (سواری-بارکش-اتوبوس) است. این الگوریتم‌ها و روش‌ها روی نرم‌افزار matlab7.0 و کامپیوتری با سیستم عامل windows XP، pentium-4 1.6 GHZ، 1GB RAM پیاده‌سازی شده است. برای ارزیابی سیستم مذکور سه مرحله مربوط به تشخیص پلاک خودرو را مطالعه و بررسی کردیم. در مرحله آخر یعنی مرحله

جدول ۷. نرخ دقت و سرعت روش‌های ویژگی‌های استخراج کاراکترها وابسته به چرخش

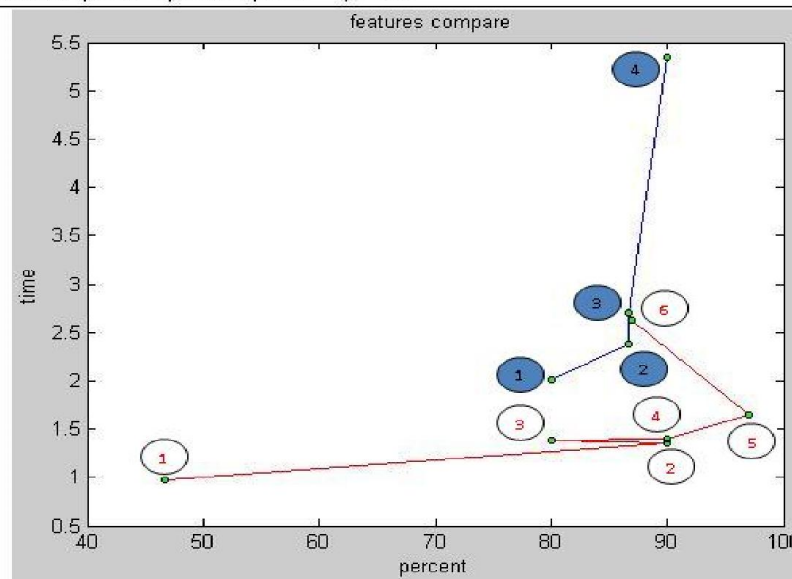
	فاصله اقلیدسی	ناحیه بندی و پروفایل	پروفایل فاصله ۴ جهتی	پروفایل ۴ جهتی	پروفایل پرتوافکنی	ناحیه بندی
تعداد ویژگی‌ها	۴۰۹۶	۳۲	۲۵۶	۲۵۶	۱۲۸	۱۶
زمان تشخیص کاراکتر بر حسب ثانیه	۰.۹۸۵	۱.۳۹۵	۲.۶۳۵	۱.۶۵۵	۱.۴۰۵	۱.۳۶۵
نرخ تشخیص کل کاراکترهای پلاک (بر حسب درصد)	۴۶.۶۶	۹۰	۸۷	۹۷	۸۰	۹۰
نرخ تشخیص تک تک کاراکترهای پلاک (بر حسب درصد)	۹۳.۸۲	۹۸.۷۵	۹۸	۹۹.۶	۹۶.۶۶	۹۸.۷۵

تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از ممان‌های متعامد

جدول ۸ نرخ دقت و سرعت روش زرنیک با استفاده از تعداد مرتبه و تکرار مختلف

	ممان زرنیک تا مرتبه مثبت ۵	ممان زرنیک تا مرتبه مثبت ۶	ممان زرنیک تا مرتبه مثبت ۷	ممان زرنیک تا مرتبه مثبت ۱۰
تعداد ویژگی‌ها	۱۲	۱۶	۲۰	۳۶
زمان تشخیص کاراکتر بر حسب ثانیه	۲,۰۱۵	۲,۳۸۵	۲,۷۰۵	۵,۳۵۵
نرخ تشخیص کل کاراکترهای پلاک (بر حسب درصد)	۸۰	۸۶,۶۶	۸۶,۶۶	۹۰
نرخ تشخیص تک تک کاراکترهای پلاک (بر حسب درصد)	۹۷,۱	۹۸	۹۸	۹۸,۷۵

—●— 1. Euclid Distance 2. zoning 3. zoning and projection 4. projection 5. four direction profile 6. four direction distance  
 —●— zenike moments: 1)n=<5 2)n=<6 3)n=<7 4)n=<10



نمودار ۳. مقایسه دقت و سرعت روش‌های استخراج ویژگی الف) خطوط قرمز (ویژگی‌های وابسته به چرخش) ۱) فاصله اقلیدس ۲) ناحیه بندی ۳) ناحیه بندی و پروفایل ۴) پروفایل ۵) پروفایل ۶) فاصله ۷) جهت ب) خطوط آبی: از ۱ تا ۴ به ترتیب ممان‌های زرنیک تا مراتب مثبت ۵، ۶، ۷ و ۱۰



شکل ۱۵. نمونه‌هایی از تصاویر خودروهایی که باعث تشخیص درست سیستم می‌شود (۱) تصویر خودرو از فاصله دور (۲) تصویر خودرو از نزدیک به همراه زاویه زیاد پلاک (۳) کثیفی خیلی زیاد پلاک (۴) تصویربرداری در شب و شدت نوری نامتوازن

جدول ۹. میزان دقت تشخیص ۳ مرحله تشخیص پلاک خودرو

	مرحله محل یابی	مرحله قطعه بندی	مرحله تشخیص کاراکتر	جمع کل مراحل
تعداد تصاویر در پایگاه داده	۳۰۰	۲۷۵	۲۴۵	۳۰۰
موارد شناسایی شده درست	۲۷۵	۲۴۵	۲۳۸	۲۳۸
درصد موارد شناسایی شده درست	۹۱٫۶ درصد	۸۹ درصد	۹۷ درصد	۸۰ درصد

یعنی مرحله محل‌یابی پلاک، مرحله قطعه‌بندی کاراکترها و مرحله تشخیص کاراکترها را نشان می‌دهد.

## ۸. نتیجه‌گیری

امروزه تولید خودرو و واردات آن با توجه به پیشرفت‌های بوجود آمده در این صنعت بسیار سرعت گرفته و سالانه هزاران خودرو تولید و همچنین به کشور وارد می‌شود. این شرایط باعث گردیده

سیستم پیشنهادی در مقابل مشکلاتی از قبیل کیفیت بد تصاویر، شرایط جوی مختلف، فاصله متغیر بین دوربین و وسیله نقلیه، شدت روشنایی متغیر پلاک و چرخش به وجود آمده در پلاک خودرو مقاوم و مناسب است. برای مثال در شکل ۱۵ با وجود چندین شرایط نامناسب ذکر شده بالا، سیستم قادر است پلاک را تشخیص دهد. جدول ۹ نیز میزان دقت تشخیص ۳ مرحله اصلی از تشخیص پلاک

## تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از ممان‌های متعامد

همچنین پیشنهاد می‌گردد تا برای بهبود مرحله لبه‌یابی در تحقیقات آتی از لبه‌یاب فازی استفاده گردد.

### ۹. پی‌نوشت‌ها

1. Wavelet Transform
2. Intelligent Transport Systems (ITS)
3. Length
4. Width
5. Euclid Distance
6. Multi-Layer Perceptron (MLP)
7. Back Propagation
8. Sigmoid

### ۱۰. مراجع

- برومندنی، علی (۱۳۷۴) "تشخیص اتوماتیک پلاک خودرو به کمک پردازش تصویر"، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: محمود فتحی، تهران: دانشکده فنی - مهندسی گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران

- حقیقی، فرشیدرضا و اکبری، علی (۱۳۹۴) "ارزیابی تأثیر خط‌کشی در آرام سازی ترافیک با استفاده از دستگاه شبیه ساز رانندگی"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال هفتم، شماره ۲، ص. ۲۳۷-۳۴۹.

- یوسفی، صالح و اسمعیل اوغلی، مهدی (۱۳۹۴). "ارائه یک سیستم دستیار راننده مبتنی بر ارتباطات بین خودرویی با استفاده از منطق فازی"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال هفتم، شماره سوم، ص. ۳۸۵-۴۰۴.

- غلامی، م. (۱۳۹۶) "داده کاوی برای همه"، تهران، انتشارات ناقوس.

-Aggarwal, A. K. and Patanjali Ghoshal, D. (2013) "Vehicle registration plate recognition system

است که روش بکارگیری انسان جهت تشخیص و نظارت در کنترل تردد بسیار ناممکن به نظر برسد و هزینه‌های بسیار زیادی را به کشور تحمیل سازد. از این‌رو است که ایجاد سیستم‌های هوشمند تشخیص و پیش بینی پلاک خودرو هر چند هنوز هم با چالش‌های بسیار زیادی مواجه بوده بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

در این تحقیق، چالش‌های موجود برای تشخیص پلاک‌های استاندارد خودرو در کشور ایران بررسی شد. سیستم پیشنهادی شامل سه مرحله محل‌یابی پلاک خودرو، مرحله قطعه‌بندی کاراکترها و سپس مرحله تشخیص نوری کاراکترها است. برای مرحله محل‌یابی پلاک خودرو از روش جدید شناساگر ناحیه آبی پلاک، برای مرحله قطعه‌بندی از روش جدید متوسط یاب اشیا جهت قطعه‌بندی کاراکترها و روش جدید تصحیح زاویه پلاک‌های ایرانی و در مرحله تشخیص کاراکترها، همراه با بررسی روش‌های استخراج ویژگی کاراکترها، روش‌های استخراج ویژگی جدیدی برای کاراکترهای فارسی با عنوان پروفایل پرتوافکنی ۴ جهته و روش ترکیبی ناحیه بندی و پروفایل ارائه شد که بین روش‌های استخراج ویژگی جهت تشخیص کاراکترها، روش جدید پروفایل پرتوافکنی ۴ جهته، نرخ دقت تشخیص بالایی نسبت به سایر ویژگی‌ها داشت و روش ممان‌های زرنیک در مواردی که کاراکترها در هر زاویه‌ای چرخیده باشد، قابلیت تشخیص را داشتند. همچنین در مرحله قطعه‌بندی کاراکترها، برای حل چالش سایه افتادگی و شدت نامتوازن روشنایی و کثیفی پلاک خودرو، روش‌های مربوط به آستانه‌گذاری و باینری سازی تصاویر بررسی شد. در نهایت پس از تست مدل دریافتیم که مرحله محل‌یابی، قطعه‌بندی و تشخیص کاراکتر به ترتیب دارای دقت ۹۱٫۶٪، ۸۹٪ و ۹۷٪ است. روش جدید علاوه بر دقت بالا امکان کار در شرایط مختلف جوی و نوری را فراهم نموده و قابل پیاده سازی در محیط واقعی و بسیار انعطاف پذیر است. از چالش‌های پیش‌روی این سیستم، پلاک‌های مختلف با زمینه‌های مختلف است.

- Berssen, J. (1986) "Dynamic thresholding of grey-level images", ICPR, Paris, France, pp. 1251-1255.
- Broumandnia, A. and Fathy, M. (2005) "Application of pattern recognition for Farsi license plate recognition", Proc. Int. Conf. GVIP, Cairo, Egypt.
- Boveiri, H. (2010) "Persian printed numeral characters recognition using geometrical central moments and fuzzy min-max neural network", International Journal of Signal Processing, Vol. 6, No. 2, pp. 76-82.
- Chiu, H. P., Tseng, D. C., Tseng, and Cheng, J. C. (1995) "Invariant handwritten Chinese character recognition using weighted ring data matrix", Proceedings of the Third International Conference on Document Analysis and Recognition, Vol.1, pp.116-123
- Faradji, F., Rezaie, A. and Ziaratban, M. (2007) "A morphological-based license plate location", In Image Processing, ICIP 2007. IEEE International Conference, Vol. 1, pp. 1-57.
- Faisal, S., Keysers, D. and Breuel, T. (2008) "Efficient implementation of local adaptive thresholding techniques using integral images", Document Recognition and Retrieval XV 6815.1 : 681510.
- Gatos, B., Pratikakis, L., Stavros, J., Perantonis. (2004) "An adaptive binarization technique for low quality historical documents", Document Analysis Systems VI. Springer Berlin Heidelberg, pp. 102-113.
- Giannoukos, L., Anagnostopoulos, C. N., Loumos V. and Kayafas, E. (2010) "Operator context scanning to support high segmentation rates for real time license recognition", Pattern Recognition, Vol. 43, No. 11, Nov, pp. 3866-3878.
- Hamey, Leonard, G. C. and Priest, C. (2005) "Automatic number plate recognition for based on edge transition by row and column profile on still Image", International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT), Vol. 2, No. 1,
- Anagnostopoulos, C. N. E., Anagnostopoulos, I. E., Psorulas, I. D., Psorulas, V., Loumos and Vassili, L. (2008) "License plate recognition from still images and video sequences: a survey", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 9, No. 3, pp. 377-391.
- Anagnostopoulos, C. N. E., Anagnostopoulos, I. E., Loumos, V. and Kayafas, E. (2006) "A license plate-recognition algorithm for intelligent transportation system applications", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 7, No. 3, pp. 377-392.
- Anagnostopoulos, C. N. E., Giannoukos, I., Alexandropoulos, T., Psyllos, V., Loumos. and Kayafas, E. (2010) "Integrated vehicle recognition and inspection system to improve security in restricted access areas", in Intelligent Transportation Systems
- Ankush, R. and Ghoshal, D. (2011) "Number plate recognition for use in different countries using an improved segmentation", In Emerging Trends and Applications in Computer Science (NCETACS), 2011 2nd National Conference, pp. 1-5.
- Asif, M. R. and Hussain, S. (2017) "Multinational vehicle license plate detection in complex backgrounds", Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 46, July, pp. 176-186.
- Azam, S. and Islam, M. M. (2016) "Automatic license plate detection in hazardous condition", Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 36, pp. 172-186.

WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering, No. 12. World Scientific and Engineering Academy and Society.

-Otsu, Nobuyuki (1979) "A threshold selection method from gray-level histograms", *Automatica* Vol. 9, Issue 1, pp. 62-66.

-Panchal, T., Patel, H. and Panchal, A. (2016) "License plate detection using Harris corner and character segmentation by integrated approach from an image", *Procedia Computer Science*, Vol. 79, pp. 419-425.

-Rastgarpour, M. and Shanbehzadeh, J. (2007) "Off-line hand-written farsi/arabic word segmentation into subword under overlapped or connected conditions", *Advances in Pattern Recognition*, Series- Springer-verlag, London Limited, Vol. 1, July, pp. 186-194.

-Sauvola, J., Seppanen, T., Haapakoski, S. and Pietikainen, M. (1997) "Adaptive document binarization.", *Document Analysis and Recognition*, 1997., Proceedings of the Fourth International Conference on. Vol. 1. IEEE.

-Soni, A. and Kaur, S. (2016) "Automated car number plate detection system to detect far number plates.", *IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering* , Vol. 3. No. 1, PP 82-89.

-Sunil, A., Erkin, Z. and Veugen, T. (2016) "Secure matching of Dutch car license plates.", *Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, 24th European, PP 82-89.

-Samma, H., Lim, C., Saleh, J. and Suandi, S. (2016) "A memetic-based fuzzy support vector machine model and its application to license plate recognition", *Springer- Memetic Computing*, Vol. 8. No. 3, pp. 235-251.

Australian conditions", *Digital Image Computing: Techniques and Applications*, 2005. DICTA'05. Proceedings 2005. IEEE.

-Hamzah, N. and Valentine, J. (2016) "Vehicle license plate recognition using GPU Parallel Computing", *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, Vol. 2, No. 9, pp. 1725-1730.

-Jusoh, A. and Zain, J. (2009) "Application of freeman chain codes: An alternative recognition technique for Malaysian car plates", *International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS)*, Vol. 9, No. 11, pp. 222-227.

-Jainaveen, S., Reddy, J. and Mohanta, D. (2017) "Automatic license plate detection using adaptive neuro fuzzy inference system and wavelet packets", *Australian Journal of Multi-Disciplinary Engineering* , pp. 1-16.

-LikfoomanSolem, L. and Maitre, H., Sirait, C. (1991) "An expert and vision system for analysis of Hebrew characters and authentication of manuscripts", *Pattern Recognition*, Vol. 24, No. 2, pp.121-137

-Mahalakshmi, S. and Karani, M. (2017) "Study of edge detection techniques in automatic license plate recognition (ALPR)", *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Vol. 4, No.4, pp. 1658-1661.

-Moghassemi, H. R. A. and Broumandnia, A. (2011) "Iranian license plate recognition using connected component and clustering techniques", *IEEE Proc. Of 7th International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management (NCM)*, pp. 206-210.

-Mahini, H., Kasaei, S. and Dorri, F. (2006) "An efficient features-based license plate localization method", in *The 18th International Conference on Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 841-844.

-Ntogas, N. and Veintzas, D. (2008) "A binarization algorithm for historical manuscripts",

-Wenjie, H. (2010) "Automatic vehicle license plate recognition system used in expressway toll collection", Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 3rd IEEE International Conference on. Vol. 6. IEEE.

-Zheng, D., Zhao, Y. and Wang, J. (2005) "An efficient method of license plate location", Pattern Recognit. Lett, Vol. 26, No. 15, Nov, pp. 2431-2438.

-Zunino, R. and Rovetta, S. (2000) "Vector quantization for license-plate location and image coding", IEEE Trans. Ind. Electron, Vol. 47, No. 1, Feb, pp. 159-167.

-Shah, M. (2016) "Car Number Plate Recognition (CNPR) system using multiple template matching.", Automation and Computing (ICAC) .

-Taniyama, K. and Hayashi, K. (2012) "Robust car License Plate Recognition system verified with 163, 574 images captured in fields", in IEEE Proc. Of 21th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), pp. 1273-1276.

-Wang, M-L., Liu, Y., Liao, B., Lin, Y. and Horng, M. (2010) "A vehicle license plate recognition system based on spatial/frequency domain filtering and neural networks", in Computational Collective Intelligence. Technologies and Applications, ed: Springer, pp. 63-70.



## تشخیص کاراکتر فارسی پلاک خودرو، مستقل از چرخش و اندازه با استفاده از ممان‌های متعامد

علی برومندنیا، درجه کارشناسی در رشته کامپیوتر را در سال ۱۳۷۱ از دانشگاه صنعتی اصفهان و درجه کارشناسی ارشد در رشته کامپیوتر و هوش مصنوعی را در سال ۱۳۷۴ از دانشگاه علم و صنعت ایران اخذ نمود. در سال ۱۳۸۵ موفق به کسب درجه دکتری در رشته کامپیوتر و هوش مصنوعی از دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان، پردازش تصویر، حمل و نقل و ترافیک هوشمند، فن آوری اطلاعات، رمزنگاری و امنیت شبکه‌های کامپیوتری بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نهران جنوب است.



محسن غلامی درجه کارشناسی ارشد در رشته کامپیوتر - نرم افزار را در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر اخذ نمود. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان پردازش تصویر، داده‌کاوی، فناوری اطلاعات و سیستم‌های حمل و نقل هوشمند است.

