

معرفی دادگان ایرپلاک برای بازشناسی پلاک خودروهای ایرانی

داور گیوکی^{۱*}، عذرا دالوند^۲، همایون رستگار^۳

چکیده

شناسایی پلاک خودرو یک جزء اساسی از سیستم‌های مختلف حمل و نقل هوشمند است که همیشه انتظار می‌رود دقیق و کارآمد انجام گیرد. رشد بی‌رویه تعداد خودروها، منجر به بروز مشکلات زیادی برای تشخیص خودرو در زمینه‌های مختلف از جمله کنترل ترافیک، مدیریت پارکینگ، عوارضی بزرگراه‌ها و غیره شده است. با استفاده از یک سیستم خودکار جهت تشخیص شماره پلاک خودرو، می‌توان تا حدود زیادی بر این مشکلات فائق آمد. یکی از بهترین روش‌های ارائه شده که تا به امروز کارایی بسیار بالایی در تشخیص پلاک دارد، استفاده از شبکه‌های عصبی پیچشی (CNN) است. در این پژوهش سعی بر این است که کارایی این شبکه‌ها برای تشخیص پلاک خودروهای ایرانی روی دادگانی جمع‌آوری شده در این مقاله، مورد ارزیابی قرار گیرد طوری که در نهایت بتوان روشی خودکار برای تشخیص و بازشناسی پلاک خودروهای فارسی ارائه شود. در روش پیشنهادی ابتدا پلاک خودرو مکان‌یابی می‌شود، سپس حروف و اعداد آن جداسازی و استخراج می‌شوند و در نهایت با استفاده از شبکه پیچشی الکسنت نویسه‌ها دسته‌بندی می‌شوند. از نوآوری‌های پژوهش می‌توان به جمع‌آوری دادگانی با ۵۰۰۰ تصویر از خودروهای ایرانی، استفاده از انتقال یادگیری (Transfer Learning) برای تشخیص پلاک خودروهای ایرانی و بازشناسی توامان حروف و ارقام فارسی اشاره کرد. کارایی روش پیشنهادی روی دادگان جمع‌آوری شده با دقت ۷۰ درصد داده‌های آموزش و ۳۰ درصد داده‌های آزمون به دقت ۹۸/۲۰ درصد رسیده است.

کلیدواژه‌ها

تشخیص پلاک خودرو، شبکه پیچشی الکسنت، انتقال یادگیری، یادگیری عمیق

احساس می‌شود زیرا بازدهی نیروی انسانی با توجه به تعداد و نیاز آن، روندی کاهشی دارد [۱۹]. آمارها نشان می‌دهد که سالیانه صدها هزار نفر براساس عدم کنترل درست تخلفات رانندگی جان خود را از دست می‌دهند. از سوی دیگر استفاده از سیستم‌های کامپیوتری امکان کنترل و مدیریت ترافیک را با خطایی بسیار کمتر و در مدت زمانی سریع‌تر، ایجاد می‌کند. به همین علت گرایش به سمت خودکار شدن سیستم‌ها است [۷][۱۴]. سامانه‌های تشخیص به کمک کامپیوتر یکی از کاراترین ابزارها برای دسته‌بندی و تشخیص پلاک خودرو هستند. به کارگیری سیستم کامپیوتری برای تشخیص خودکار پلاک خودرو، باعث می‌شود خطاهای تصمیم‌گیری و هزینه‌ها کاهش یابند. بنابراین یک سیستم خیره و هوش مصنوعی می‌تواند به تشخیص پلاک خودرو کمک شایانی کند [۹][۱۷]. سیستم‌های تشخیص پلاک خودرو می‌توانند در کنترل خطوط مرزی، کنترل ترافیک، نظارت بر اجرای قوانین راهنمایی و رانندگی، مدیریت پارکینگ‌های وسیع، عوارضی

۱ مقدمه

در حال حاضر خودروهای زیادی در سرتاسر جاده‌های جهان تردد می‌کنند. هر کدام از این خودروها شماره شناسایی مخصوص به خود را دارند که در حکم شناسنامه آن‌ها است. با ورود این حجم قابل توجه و چشمگیر از خودروها و وسایل نقلیه به شهرها و جاده‌ها و با توجه به محدود بودن توانایی‌ها و قابلیت‌های نیروی انسانی، نیاز به استفاده از سیستم‌های کامپیوتری بیشتر از گذشته

این مقاله در مهرماه سال ۱۳۹۸ دریافت، در خردادماه ۱۴۰۰ بازنگری و سپس پذیرفته شد.

^۱ دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه ملایر

رایانامه: davood.giveki@gmail.com

^۲ گروه مهندسی کامپیوتر، موسسه آموزش عالی علم گستر آفرینش بروجرد
رایانامه: ozra.dalvand176@gmail.com

^۳ گروه مهندسی کامپیوتر، موسسه آموزش عالی علم گستر آفرینش بروجرد
رایانامه: rhomayon@gmail.com

نویسنده مسئول: داور گیوکی

DOR: 20.1001.1.23831197.1401.9.2.6.9

تشخیص پلاک خودروها استفاده کرده‌اند. دادگان فوق شامل بیش از ۲۰K تصویر بوده است. روش پیشنهادی آنها شامل مراحل زیر است: ۱- جداسازی پلاک خودروها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی عمیق ۲- شناسایی و بازشناسی نویسه‌ها با استفاده از شبکه عصبی پیچشی [12]. در پژوهشی دیگر ساونشی و همکاران از دادگانی که شامل ۱۰۰۰ تصویر می‌باشد؛ استفاده کرده‌اند. روش پیشنهادی آن‌ها شامل مراحل زیر است: ۱- تشخیص محل پلاک خودرو با استفاده از الگوریتم تشخیص لبه سوبل ۲- بازشناسی نویسه‌ها با استفاده از شبکه عصبی پیچشی [10]. در پژوهشی دیگر پولیشتی و همکاران از دادگانی با بیش از ۱۰۰۰ تصویر خودرو استفاده کرده‌اند. روش پیشنهادی آن‌ها شامل مراحل زیر است: ۱- تشخیص محل پلاک ۲- تقسیم نویسه‌های پلاک ۳- تشخیص نویسه‌ها با استفاده از شبکه عصبی پیچشی [11].

در پژوهشی دیگر ترکیلماز و همکاران از دادگانی با ۳۵۷ تصویر که از صحنه‌های واقعی گرفته شده‌اند، استفاده کرده‌اند. روش پیشنهادی آن‌ها شامل مراحل زیر است: ۱- تشخیص محل پلاک خودرو با استفاده از فیلترهای گابور و نیز با استفاده از یک درخت دودویی تجزیه ۲- تشخیص نویسه‌ها با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبکه عصبی پیچشی [21]. در پژوهشی دیگر مونتازولی و همکاران از دادگانی که شامل ۲۰۰۰ تصویر از خودروهای برزیلی می‌باشد، استفاده کرده‌اند. روش پیشنهادی شامل مراحل زیر است: ۱- تشخیص پلاک خودرو با استفاده از روش توصیف گر HOG به عنوان توصیف کننده‌های ویژگی و ماشین بردار پشتیبانی برای طبقه‌بندی ۲- تقسیم‌بندی نویسه‌ها با استفاده از روش‌های باینری ۳- بازشناسی نویسه‌ها با استفاده از یک شبکه عصبی پیچشی [13]. در پژوهشی دیگر چونگ و همکاران از دادگانی که شامل ۲۷۱۳ تصویر خودرو می‌باشد؛ استفاده کرده‌اند. روش پیشنهادی شامل مراحل زیر است: ۱- استفاده از شبکه عصبی پیچشی برای استخراج ویژگی‌ها ۲- استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای تقسیم‌بندی و تشخیص نویسه‌ها [12]. در پژوهشی دیگر شایفر از دادگانی با ۳۰۰۰ تصویر خودروها استفاده کرده است. روش پیشنهادی شامل مراحل زیر است: ۱- استخراج ویژگی‌ها با استفاده از ماشین بردار پشتیبان خطی ۲- بازشناسی نویسه‌ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی [22]. در پژوهشی دیگر کوماری و همکاران برای تشخیص و بازشناسی پلاک از مراحل زیر استفاده کرده‌اند: ۱- استفاده از الگوریتم سوبل و عملیات آستانه برای تشخیص محل پلاک ۲- در مرحله شناسایی پلاک خودکار، نویسه‌ها را تشخیص داده و سپس شماره پلاک شناسایی شده با دادگان مطابقت داده می‌شود [21]. در پژوهشی دیگر رنجیس از دادگانی که شامل ۲۵۰ تصویر مختلف از خودروها تهیه و استفاده نموده است. روش پیشنهادی شامل مراحل زیر است: ۱- یافتن محل پلاک و

بزرگراه‌ها، ورودی اماکن خصوصی و عمومی، شناسایی خودرو-های مسروقه، تحت پیگرد و ردیابی خودروهای متخلف مورد استفاده قرار گیرند [۱۶][۱۱]. در این پژوهش سعی بر آن است که با استفاده از انتقال یادگیری روشی جدید برای تشخیص پلاک خودروهای ایرانی و بازشناسی توامان ارقام و حروف این پلاک‌ها ارائه داد. همچنین با توجه به اینکه دادگان بزرگی از پلاک‌های خودروهای ایرانی تا زمان نگارش این مقاله به طور رایگان در دسترس نبوده‌است، در این پژوهش دادگانی شامل ۵۰۰۰ تصویر از خودروهای ایرانی جمع‌آوری شده است. یکی دیگر از اهداف این مقاله این است که این دادگان پلاک‌های خودروهای ایرانی^۱ از این پس به صورت رایگان در اختیار همه پژوهشگران حوزه بینایی ماشین قرار گیرد تا بتوانند روش‌های پیشنهادی خود را روی این دادگان اعمال کنند. روند کار چنین است که در ابتدا محل پلاک خودرو با استفاده از ترکیب الگوریتم‌های مختلف پردازش تصویر مشخص می‌شود. در گام بعدی نویسه‌های تشکیل دهنده پلاک خودرو جداسازی می‌شوند و در گام آخر نویسه‌های جداسازی شده با استفاده از روش انتقال یادگیری توسط شبکه پیچشی الکس نت بازشناسی می‌شوند.

بنابراین می‌توان نوآوری‌های مقاله را به صورت زیر در نظر گرفت:

۱. جمع‌آوری دادگانی از تصاویر خودروهای ایرانی شامل ۵۰۰۰ تصویر
۲. استفاده از روش انتقال یادگیری برای حل مسئله تشخیص پلاک خودرو
۳. بازشناسی حروف و ارقام فارسی با استفاده از شبکه پیچشی الکس نت

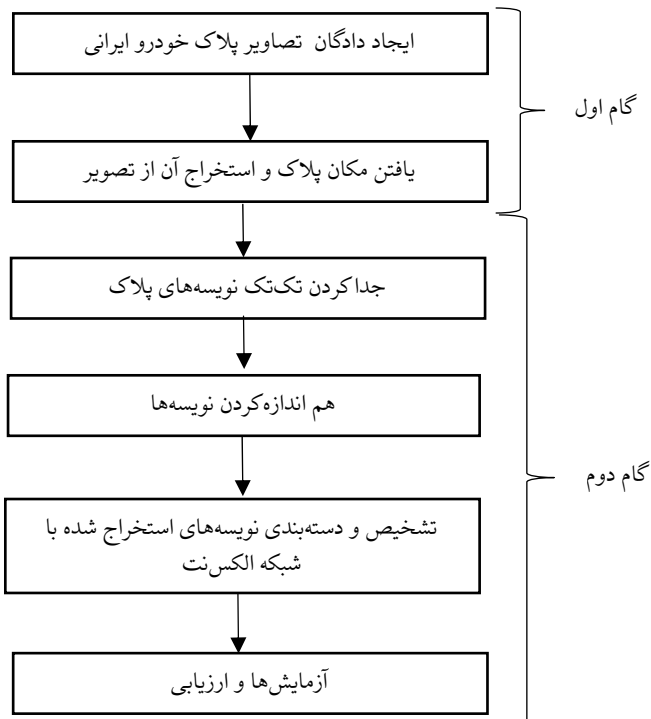
ادامه این پژوهش به شرح زیر سازماندهی شده‌است. در بخش ۲ برخی از کارهای مرتبط مرور شده‌اند. در بخش ۳ روش پیشنهادی این پژوهش شرح داده می‌شود. در بخش ۴ نتایج شبیه‌سازی‌ها و مقایسه‌ها گزارش شده‌اند و نهایتاً در بخش ۵ نتیجه‌گیری پژوهش ذکر می‌شود.

۲ کارهای مرتبط

در سال‌های اخیر بسیاری از پژوهشگران سعی در تشخیص پلاک خودروهای مختلف کرده‌اند. در ادامه به مرور برخی از این روش‌ها پرداخته می‌شود. در پژوهشی از هانگ و همکاران روش جدیدی مبتنی بر شبکه‌های عصبی عمیق برای تشخیص و بازشناسی پلاک خودروها پیشنهاد داده‌اند. این پژوهش روی دادگانی از پلاک‌های خودروهای چینی پیاده‌سازی شد. روش پیشنهاد شده شامل گام‌های زیر است: ۱- استخراج ویژگی با استفاده از شبکه عصبی پیچشی ۲- بازشناسی نویسه‌ها با استفاده از شبکه الکس نت [6]. در پژوهشی دیگر کوانگشو و همکاران از دادگان واقعی برای

¹ Iranian Plate Dataset (IPD)

نویسه‌های روی پلاک جدا می‌شوند و پس از جداسازی نویسه‌ها به وسیله شبکه الکس نت تشخیص و بازشناسایی می‌شوند.



شکل ۱: شمای کلی روش پیشنهادی

تقسیم‌بندی نویسه‌ها با استفاده از الگوی نوری ۲- استفاده از فیلتر گابور برای تشخیص نویسه‌ها [22]. در پژوهشی دیگر تسوراحمد از دادگانی که شامل ۲۰۴۹ تصویر از پلاک‌های ماشین تایوانی است؛ استفاده شده است. در روش پیشنهادی برای تشخیص پلاک از شبکه عصبی پیچشی استفاده شده است [23]. در پژوهشی دیگر زانغ از یک روش جدید برای تشخیص و بازشناسی نویسه‌های پلاک استفاده نموده است. روش پیشنهادی شامل مراحل زیر است: ۱- استفاده از لبه‌یابی، تبدیل هاف برای پیدا کردن ناحیه پلاک ۲- استفاده از شبکه عصبی پیچشی برای تشخیص و بازشناسی نویسه‌ها [3]. در پژوهشی دیگر غلامرضا رادمرد درختی از روش جدیدی برای تشخیص و بازشناسی پلاک خودروها استفاده کرده است. روش پیشنهادی شامل مراحل زیر است: ۱- استفاده از روش‌های تبدیل تقارن تعمیم‌یافته و آشکارسازی لبه‌های تصاویر، برای شناسایی و نرمال‌سازی پلاک ۲- استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه برای بازشناسی نویسه‌ها [5]. در پژوهشی دیگر اورانوس کاظمی و حضرتی فرد، از روش جدیدی برای تشخیص و بازشناسی پلاک خودروها استفاده کرده‌اند. روش پیشنهادی در این پژوهش شامل مراحل زیر است: ۱- پیدا کردن محل پلاک با استفاده از لبه‌یابی ۲- تشخیص و بازشناسی تک تک نویسه‌ها و مقایسه با نویسه‌های اصلی [4].

۳ روش پیشنهادی

در این بخش، روش پیشنهادی این پژوهش شرح داده می‌شود. شمای کلی روش پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است و سپس هر مرحله به صورت مختصر توضیح داده می‌شود.

عملیات تشخیص پلاک خودرو به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود: ۱- استخراج پلاک خودرو از تصویر ۲- جدا کردن تک تک نویسه‌های پلاک و بازشناسی نویسه‌های تشخیص داده شده.

در بخش اول عملیات یافتن مکان پلاک روی تصویر رنگی و بدون تغییر اندازه آن با استفاده از پیمایش تصویر، مکان پلاک پیدا می‌شود. بنابراین از انجام عملیات سنگین پردازش تصویر از جمله تغییر اندازه آن، تبدیل هاف، به دست آوردن لبه‌ها و تبدیل به تصویر خاکستری و باینری و غیره در سطح وسیع و در قطع بزرگ تصویر انجام نمی‌شود. هم‌چنین همان‌طور که ذکر شد به دلیل پیشرفت و قابلیت اطمینان تجهیزات عکس برداری و سرعت بالای شاتر دوربین‌های عکاسی، به خصوص کیفیت بالای تصاویر گرفته شده از دوربین‌ها، عملیات پیش پردازش برای بهینه‌سازی تصویر، پارازیت زدایی و به خصوص شفاف‌سازی تصویر کاربرد کمتری دارد. پس از یافتن محل پلاک نیاز به یک مرحله افزایش کیفیت تصویر، حذف نقاط پارازیتی و شفاف‌سازی نقاط درون پلاک توسط عملیات پردازش تصویر خواهد بود. در بخش دوم، تک تک

3-1 جمع آوری دادگان

جمع‌آوری دادگانی از تصاویر واقعی یکی از دستاوردهای اصلی پژوهش حاضر می‌باشد. دادگان جمع‌آوری شده در این پژوهش شامل ۵۰۰۰ تصویر از انواع مختلف خودروها می‌باشد. برای اخذ تصاویر از دوربینی با مشخصات زیر استفاده شده است:

- دوربین نیکون مدل D3500
- سنسور ۲۴,۲ مگاپیکسلی فرمت DX از نوع CMOS
- پردازنده 4 EXPEED
- بدون فیلتر Low Pass
- امکان تنظیم حساسیت ایزو ۱۰۰ تا ۲۵۶۰۰
- صفحه‌نمایش غیرلمسی ثابت سه اینچی
- سیستم فوکوس ۱۱ نقطه‌ای MultiCam
- اتصال بلوتوثی با استفاده از نرم‌افزار SnapBridge
- به همراه لنز AF-P DX 18-55mm f/3.5-5.6G VR

تصاویر در مکان‌های مختلف در شهر و در جاده اخذ شده‌اند. برخی از تصاویر در پارکینگ‌های داخلی، پارکینگ در فضای باز و وسایل نقلیه‌ای که در حال حرکت می‌باشد، گرفته شده‌اند. در این دادگان که به عنوان ایرپلاک که مخفف پلاک‌های ایرانی نام‌گذاری شده است، تصاویر در شرایط مختلف برای ایجاد نمونه‌های استاندارد تهیه شده است. در شکل ۲ چند نمونه از تصاویر خودروها نمایش داده شده است.



شکل ۲: تصاویری از خودروهای ایرانی

قابل ذکر اینکه در جمع‌آوری دادگان مذکور انواع مختلف چالش‌ها نظیر نویز، شرایط نوری مختلف، پلاک‌های ناخوانا و مخدوش و تاری تا حد ممکن در نظر گرفته شده است. شکل ۳ تعدادی از این تصاویر و چالش‌های مختلف در نظر گرفته شده در دادگان را نشان می‌دهد. قابل ذکر اینکه محققان محترم برای دریافت دادگان معرفی شده در پژوهش می‌توانند از طریق ارسال نامه الکترونیکی به یکی از نویسندگان و یا از طریق لینک^۱ زیر اقدام کنند. برخی تصاویر دادگان را مشاهده کرد.

قابل ذکر اینکه در جمع‌آوری دادگان مذکور انواع مختلف چالش‌ها نظیر نویز، شرایط نوری مختلف، پلاک‌های ناخوانا و مخدوش و تاری تا حد ممکن در نظر گرفته شده است. شکل ۳ تعدادی از این تصاویر و چالش‌های مختلف در نظر گرفته شده در دادگان را نشان می‌دهد. قابل ذکر اینکه محققان محترم برای دریافت دادگان معرفی شده در پژوهش می‌توانند از طریق ارسال نامه الکترونیکی به یکی از نویسندگان و یا از طریق لینک^۱ زیر اقدام کنند.



(ب)

(الف)

(ج)

(د)

شکل ۳: برخی از تصاویر اخذ شده و چالش‌های موجود

(الف): تصاویر ناخوانا و مخدوش و (ب): تصاویر در زوایای مختلف و (ج): تصاویر نویزی و (د): شرایط نوری متفاوت

¹ [http://www.afarinesh.ac.ir/Dataset train.rar](http://www.afarinesh.ac.ir/Dataset%20train.rar) پایگاه داده ایرپلاک

[http://www.afarinesh.ac.ir/dataset test.rar](http://www.afarinesh.ac.ir/dataset%20test.rar) پایگاه داده ایرپلاک

² <http://www.afarinesh.ac.ir/گرددتروث/گرددتروث.rar>



شکل ۴: نتایج اجرای روش استفاده شده برای تشخیص و استخراج نویسه‌های پلاک، روی برخی تصاویر دادگان جمع‌آوری شده (الف): اول و (ب): دوم

با توجه به این نکته می‌توان این ویژگی را شکل پلاک‌های ملی جدید که مطابق با استانداردهای جهانی تهیه شده‌اند، دانست. طبق روش پیشنهادی مکان‌هایی که احتمال می‌رود پلاک باشند، مشخص شده و از تصویر استخراج و جدا می‌شود. در شکل ۵ روندنمای الگوریتم استخراج پلاک نشان داده می‌شود.

۳-۲-۱-۳ عملیات پیش‌پردازش

در ابتدا تصویر خودرو فراخوانی شده و به خاکستری تبدیل می‌شود. در شکل ۶ تصویر ورودی و نمای خاکستری آن قابل مشاهده می‌باشد.

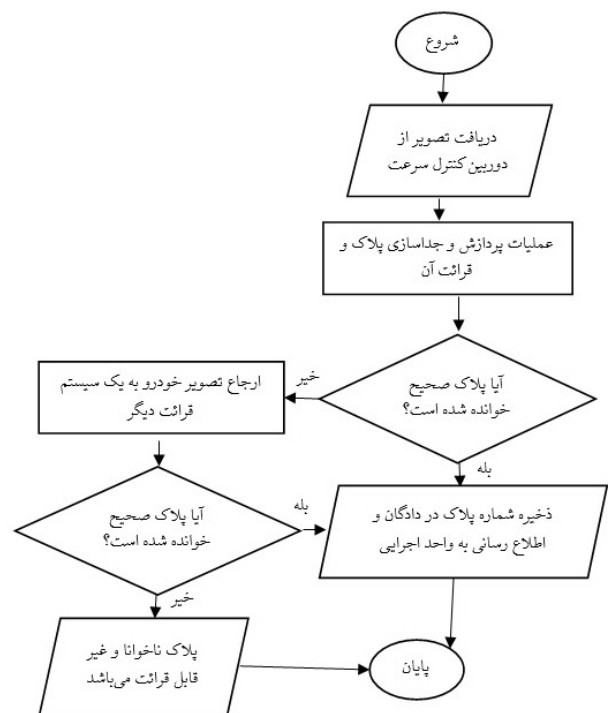


شکل ۶: (الف) تصویر ورودی، (ب) تصویر خاکستری

در گام بعدی با استفاده از فیلتر گوسی، تا حدی تصاویر رفع نویز می‌شوند.

۳-۲-۲ استخراج پلاک خودرو از تصویر

در این مرحله با استفاده از ترکیب الگوریتم‌های مختلف پردازش تصویر، محل پلاک خودرو شناسایی و در نهایت پلاک خودرو استخراج می‌شود. روش استفاده شده در این الگوریتم بر مبنای شناسایی یک الگو در تصویر است، بنابراین برای مکان‌یابی پلاک درون تصویر نیاز به یافتن یک ویژگی ثابت است که در کلیه پلاک‌ها مشترک است.



شکل ۵: روندنمای الگوریتم استخراج پلاک (گام اول)

[2] [4]. گسترش A و B را با $A \oplus B$ نمایش داده و به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$A \oplus B = \{Z | (\hat{B}_Z \cap A \neq \emptyset)\} \quad \text{رابطه (2)}$$

تصویر پر می‌شود و مسیری که پلاک در آن قرار دارد مشخص می‌شود. در این مرحله قسمت‌های سیاه رنگ (مقادیر صفر) و حفره‌های درون یک تصویر که به رنگ سیاه هستند را سفید می‌کنیم. در این مرحله حفره‌ها پر شده است و در واقع پیکسل‌های پس‌زمینه (صفر) به پیکسل‌های پیش‌زمینه (یک) تبدیل می‌شوند.

در رابطه (۲)، A تصویر ورودی و B عنصر سازنده می‌باشد. در واقع مرکز عنصر سازنده تک‌تک روی پیکسل‌های ماتریس تصویر قرار می‌گیرد. اگر تنها یک پیکسل از ماتریس عنصر سازنده با پیکسل‌های پیش‌زمینه هم‌پوشانی داشته باشد، عنصر سازنده در آن جاکپی می‌گردد. از این تابع و عنصر سازنده لوزی شکل با شعاع لوزی برابر با ۱ سانتی‌متر برای افزایش لبه‌ها استفاده می‌کنیم. در شکل ۸ نتیجه حاصل از تابع افزایش‌دهنده نشان داده می‌شود.



شکل ۸: تصویر باینری شده بعد از افزایش‌دهی

۳-۲-۴ پرکردن حفره‌های تصویر

در این قسمت یک عنصر سازنده خطی به طول ۳ سانتی‌متر و زاویه ۹۰ درجه به صورت عمودی به تصویر اعمال می‌شود. دلیل استفاده از این عنصر سازنده پرکردن حفره‌ها در مسیرهای بسته است.

برای این کار با استفاده از تبدیل گسترش می‌توان نقطه درون ناحیه را تا حدی رشد داد که کل ناحیه را بپوشاند. این عمل با استفاده از رابطه مورفولوژی که در رابطه ۳ آمده است، انجام گرفته است.

$$X_K = (B) \cap I^c \oplus X_{K-1} \quad \text{رابطه (۳)}$$

حفره‌های پر شده در شکل ۹ نشان داده می‌شوند.

۳-۲-۲ پیدا کردن لبه‌ها در تصویر

مرحله بعدی برای یافتن محل پلاک تصویر، اعمال عملگرهای لبه‌یابی است. قابل ذکر اینکه در این پژوهش عملگرهای لبه‌یابی مختلف نظیر سوبل، کنی و ... استفاده و بررسی شده‌اند. در نهایت بهترین نتایج با استفاده از عملگر سوبل حاصل شد. بنابراین برای لبه‌یابی در ادامه پژوهش از این عملگر استفاده شد. در الگوریتم سوبل با تعریف یک حد آستانه پیکسل‌های لبه از سایر پیکسل‌ها جدا می‌شوند. معمولاً این حد آستانه به طور تجربی تعیین می‌شود و برای هر تصویر این مقدار متفاوت است. در این پژوهش حد آستانه به طور تطبیق‌پذیری با استفاده از مقادیر میانگین و واریانس تصویر به طوری که در رابطه (۱) ملاحظه می‌شود تعیین می‌گردد.

$$P_m = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^W p_i$$

$$P_\sigma = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^W |p_i - P_m| \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$T = P_m + P_\sigma$$

در شکل ۷ تصویر بعد از لبه‌یابی نمایش داده شده است.



شکل ۷: تصویر حاصل بعد از اعمال لبه‌یابی

۳-۲-۳ گسترش اشیاء موجود در پلاک

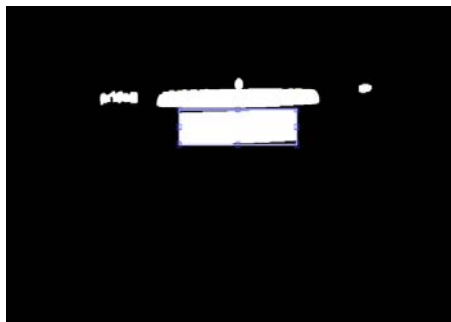
در ادامه برای شناسایی بهتر محل پلاک، از عملگرهای ریخت‌شناسی (مورفولوژی) استفاده می‌شود. به همین منظور ابتدا مفهوم عنصر سازنده^۱ را تعریف می‌کنیم. هر عنصر سازنده از یک یا چند پیکسل تشکیل شده که با قرار گرفتن این پیکسل‌ها در کنار یکدیگر یک شکل خاص تشکیل می‌شود. گسترش‌دهنده عملگری است که اشیای موجود در تصویر را بزرگ‌تر و ضخیم‌تر می‌کند. روش و اندازه این ضخیم‌سازی نیز توسط شکل و اندازه عنصر سازنده کنترل می‌شود. یکی از ساده‌ترین کاربردهای این عملگر متصل کردن جداشدگی‌های درون تصویر و پرکردن فواصل است

¹ strel

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	2	0	0	3	0		0
0	1	1	0	2	0	3	3	3		0
0	1	1	0	2	0	0	0	0		0
0	0	0	0	2	0	0	0	0		0

شکل ۱۱: ماتریس برچسب

انواع مشخصات یک ماتریس در یک متغیر به صورت یک ساختار^۲ ذخیره می‌شود. برای یافتن ناحیه پلاک با استفاده از ماتریس برچسب، به دنبال قسمت‌هایی که مساحت و شکل آن به پلاک نزدیکتر است؛ می‌گردد. طبق آزمایشاتی که برای یافتن ناحیه دقیق پلاک انجام داده‌ایم، دریافتیم بهترین پارامترهایی که محل پلاک را به درستی تشخیص می‌دهند به این گونه می‌باشند: وسعت شیء مورد نظر باید از ۰٫۸ بیشتر باشد (شباهت بیشتر به مستطیل)، طول قسمت مورد نظر به عرضش باید از ۳ برابر آن بیشتر و از ۶ برابر آن کمتر باشد. در شکل ۱۲ ناحیه مشخص شده پلاک نمایش داده می‌شود.



شکل ۱۲: پیدا کردن ناحیه پلاک

۳-۲-۷ صحت شناسایی پلاک

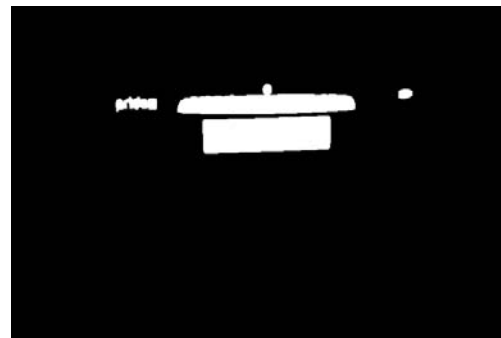
در روش ارائه شده در این الگوریتم تنها یک نامزد که مکان اصلی پلاک خودرو است؛ یافت و معرفی می‌شود. خصوصاً که در تصاویر به دست آمده از دوربین‌ها معمولاً تنها یک خودرو در تصویر دیده می‌شود. اما برای بالا بردن قدرت اطمینان، هر جا که احتمال پلاک بودن را داراست از تصویر جدا و مورد پردازش قرار می‌گیرد. اکنون باید صحت پلاک یافته‌شده تعیین شود برای این منظور مکانی که احتمال می‌رود پلاک باشد از تصویر جدا شده و به تابع تشخیص اعداد و حروف ارجاع داده خواهد شد، اگر از تصویر به دست آمده از مرحله مکان‌یابی پلاک خودرو، به ترتیب از چپ به راست دو عدد سپس یک حرف و نهایتاً پنج عدد تشخیص داده و خوانده شود، مکان یافته شده حتماً پلاک است، در غیر این صورت پلاک نخواهد بود [۲][۳].



شکل ۹: تصویر حاصل پس از پر کردن حفره‌ها

۳-۲-۵ حذف قسمت‌های اضافی

در این حالت با استفاده از دو عنصر سازنده خطی (یکی به صورت افقی با زاویه صفر درجه و عنصر سازنده دیگر به صورت عمودی با زاویه ۹۰ درجه) قسمت‌های اضافی تصویر حذف می‌شوند. نتیجه این عملیات در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود.



شکل ۱۰: تصویر حاصل پس از پر کردن حفره‌ها و باز کردن آن با عنصر سازنده خطی

۳-۲-۶ پیدا کردن ناحیه پلاک و بهینه‌سازی آن

در این مرحله ابتدا تصاویر باینری برای انجام عملیات آماده‌سازی می‌شوند. اشیاء درون یک تصویر باینری همگی دارای مقدار یک هستند. برای انجام عملیات مختلف روی این تصاویر، یک سیستم کامپیوتری باید اشیاء را از همدیگر متمایز بداند. برای مثال شیء شماره ۱، شیء شماره ۲ و یا بیشتر، اما همگی باید به رنگ سفید باشد و تغییر نداشته باشد. برای این کار تصویر به ماتریسی تبدیل می‌شود، که ماتریس برچسب^۱ نامیده می‌شود و هر یک از اشیاء شماره مخصوص به خود را دارد. در شکل ۱۱ ماتریس برچسب خورده دیده می‌شود.

² Structure

¹ label matrix

۸-۲-۳ برش پلاک

وقتی ناحیه پلاک پیدا شد زاویه ناحیه مورد نظر را نسبت به سطح افق به دست می‌آید. در نهایت ناحیه تشخیص داده شده به عنوان پلاک مشخص می‌شود. در شکل ۱۳ تصویر پلاک برش داده شده نمایش داده شده است.



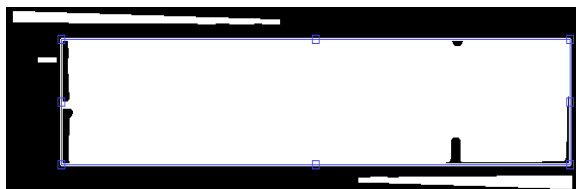
شکل ۱۶: افقی کردن و جداسازی نواحی مورد لزوم پلاک

در ادامه برای اینکه بتوان به طور دقیق‌تر ناحیه پلاک را پیدا کرد به این صورت عمل می‌شود. ابتدا اشیاء درون شکل برچسب زده می‌شوند. ممکن است درون این تصویر علاوه بر شی اصلی که بیشترین مساحت را دارد شی دیگری هم وجود داشته باشد که باید حذف شود. پس شی‌ای را پیدا می‌کند که بیشترین مساحت را دارد و از طرفی وسعت آن بیشتر از ۵،۰ سانتی‌متر باشد. بنابراین بزرگترین شی به دست می‌آید و از روی تصویر برش زده می‌شود. تصاویر این مرحله در شکل‌های ۱۷ و ۱۸ مشاهده می‌شوند.



شکل ۱۳: تصویر پلاک بعد از برش از تصویر اصلی

برای اینکه زاویه پلاک به صورت افقی باشد، زاویه پلاک را نسبت به سطح افق صفر می‌کنیم. نتیجه کار در شکل ۱۴ نمایش داده شده است.



شکل ۱۷: پیدا کردن محل دقیق پلاک



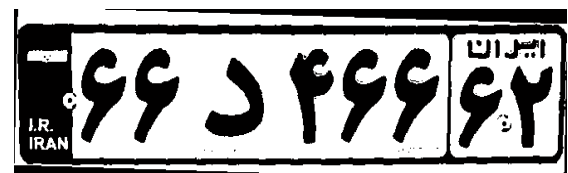
شکل ۱۴: تصویر بعد از افقی کردن پلاک



شکل ۱۸: تصویر پلاک بعد از برش دقیق

بعد از مرحله برش تصویر، تصویر به باینری تبدیل شده و حفره‌های آن پر می‌شوند، سپس تصویر را با عنصرسازنده دایره‌ای و با شعاع ۲ سانتی‌متر باز می‌کنیم و در ادامه، تصویر را با عنصرسازنده خطی به طول ۵ سانتی‌متر و زاویه صفر نسبت به سطح افق گسترش می‌دهیم. که در مرحله باز کردن، ناحیه‌های گردی که شعاع آن‌ها کمتر از ۲ سانتی‌متر هست از تصویر حذف می‌شود و در مرحله بستن، خط‌های با طول ۵ سانتی‌متر و زاویه صفر گسترش پیدا می‌کنند و ضخیم‌تر می‌شوند. در شکل ۱۵ تصویر حاصل از این مرحله دیده می‌شود.

در این مرحله نواحی که مساحت آن کوچکتر از ۵۰ پیکسل باشد، را در تصویر ماتریس برچسب، حذف می‌شود. حال تصویر جدا شده پلاک (در مرحله قبل) را بهینه کرده و نویسه‌های حروف و اعداد داخل تصویر استخراج می‌شوند. سپس تصویر را به باینری تبدیل کرده و حفره‌های آن پر می‌شوند. حال تصویر به دست آمده در متغیر را به ماتریس برچسب تبدیل شده و قسمت‌های زائد آن را حذف می‌کنیم و قسمت مورد لزوم آن را جدا می‌کنیم. نواحی به رنگ سفید و پس‌زمینه با رنگ سیاه در نظر گرفته می‌شود، پس باید تصویر حاصل از برش و حذف قسمت‌های زائد را معکوس کرد. برای معکوس کردن نواحی، طبق آزمایشات انجام شده دریافتیم، مساحت اشیاء کوچکتر از ۹۰ پیکسل، حذف می‌شوند. تصویر به دست آمده را به ماتریس برچسب تبدیل کرده و قسمت‌های زائد آن حذف می‌شوند و قسمت مورد لزوم آن هم جدا می‌شود. نتیجه معکوس کردن تصویر در شکل ۱۹ نشان داده شده است.



شکل ۱۵: تصویر باینری از پلاک

۹-۲-۳ حذف قسمت‌های اضافی از پلاک استخراج شده

در این مرحله تصویر به باینری تبدیل می‌شود و حفره‌های آن پر می‌شوند تا بتوان قسمت‌های زائد را حذف کرد. در شکل ۱۶ نتیجه این عملیات مشاهده می‌شود.

۳-۴ هم‌اندازه کردن ابعاد نویسه‌های جداشده

حال هر کدام از این نویسه‌ها را که جدا شده‌اند، تغییر اندازه و در یک متغیر قرار می‌گیرد.

در مرحله قبل نویسه‌ها از هم جداشده است. اما اندازه آنها با هم متفاوت است. در شکل ۲۱ نویسه‌ها قابل نمایش می‌باشند.



شکل ۲۱: نمایی از جداسازی نویسه‌های پلاک

بنابراین باید اندازه‌ی همه نویسه‌ها را با هم برابر کرد. در اینجا اندازه‌ی تصاویر به ۶۰×۳۰ پیکسل تبدیل شده است. در شکل ۲۲ نتیجه عملیات این مرحله نمایش داده می‌شود [۴].



شکل ۲۲: هم‌اندازه کردن نویسه‌ها

در شکل ۲۳ الگوریتم استخراج پلاک و جداسازی نویسه‌ها، روی تصاویری با چالش‌های مختلف به صورت تصویر، گام به گام نمایش داده شده است.



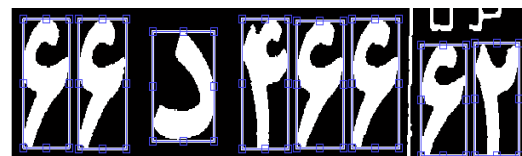
شکل ۱۹: تصویر بعد از معکوس کردن

۳-۳ جداسازی نویسه‌ها

قبل از هر کاری نیاز است عناصر پلاک خودرو یعنی هفت عدد و یک حرف موجود در پلاک، به صورت مجزا استخراج شود، برای این کار راه حل‌های مختلفی وجود دارد. ساده‌ترین راه به علت ثابت بودن مکان عناصر درون پلاک خودرو، تعیین ناحیه‌های ثابت برای برش^۱ و استخراج عناصر می‌باشد. روش دیگر استفاده از لبه‌هاست که با به دست آوردن مکان لبه‌ها، می‌توان محدوده عنصر را برای برش تعیین نمود. در این الگوریتم طی مراحل زیر عملیات جداسازی و استخراج عناصر انجام می‌شود. پس از انتقال تصویر به سطح خاکستری با استفاده از عملیات بهینه‌سازی تصویر، سعی در تیز کردن لبه‌ها^۲، مات‌زدایی و بالا بردن کیفیت تصویر می‌نماییم. اکنون می‌توان با استفاده از روش برچسب‌زدن مولفه‌های بهم‌پیوسته^۳ در تصویر، کلیه عناصر موجود در پلاک را برچسب زده و استخراج نمود. در این روش هر شی که به صورت پیوسته سفید در تصویر موجود باشد، استخراج شده و به عنوان یک تصویر در نظر گرفته می‌شود. طبق مطالب گفته شده در تصویر نهایی هشت عنصر یافت شده و هر عنصر به صورت جداگانه استخراج می‌شود. بعد از مرحله جداسازی پلاک، نویسه‌های روی پلاک را جداسازی کرده و ذخیره‌سازی می‌شوند. این روش جدا-سازی دارای کیفیت و عملکرد عالی و مطلوبی است. با استفاده از چند شرط زیر جداسازی نویسه‌ها انجام می‌گیرد:

- 1- طول شی مورد نظر به عرضش باید از ۶ برابر آن کمتر باشد.
- 2- وسعت شی مورد نظر باید از ۰,۲ بیشتر و از ۰,۳ کمتر باشد.
- 3- طول اشیاء از عرضشان اگر تقسیم بر ۵ شود، بیشتر باشد.

با اعمال این شرطها نویسه‌های پلاک مشخص می‌شود. در شکل ۲۰ نتیجه عملیات این مرحله نمایش داده می‌شود.

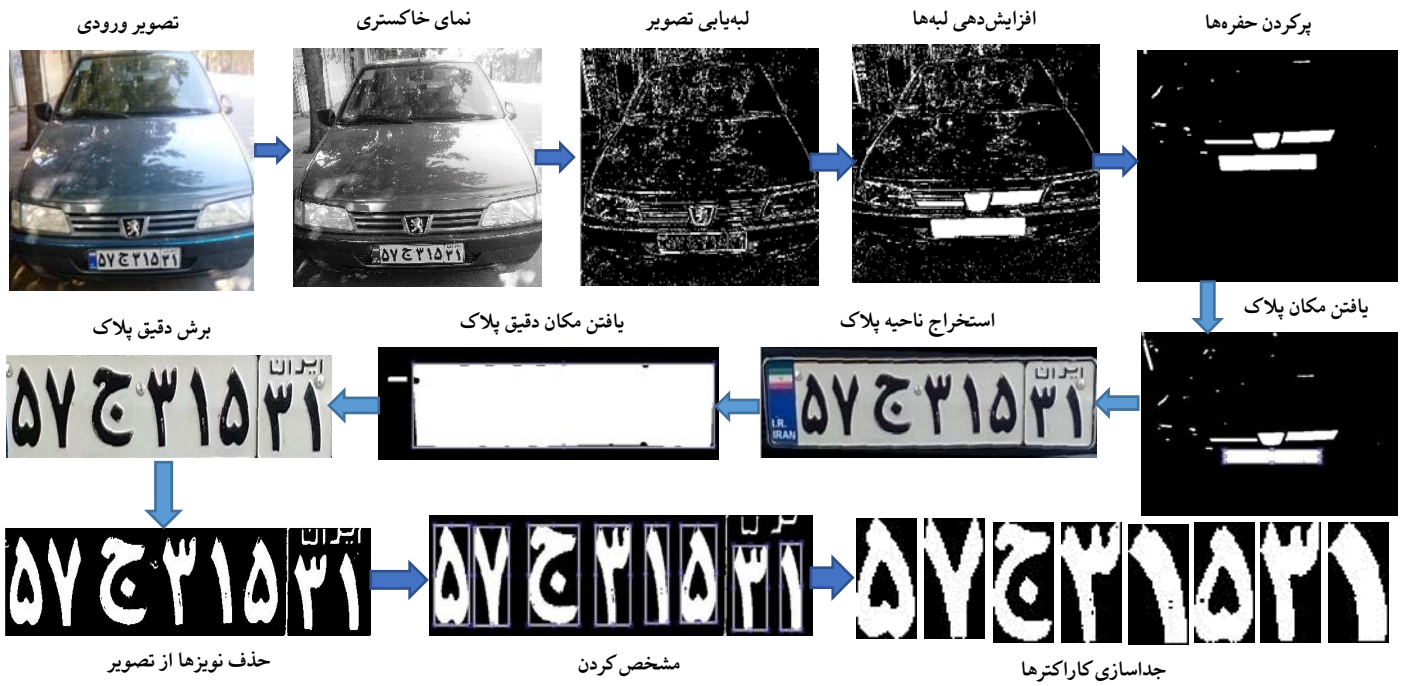


شکل ۲۰: مشخص شدن نویسه‌ها

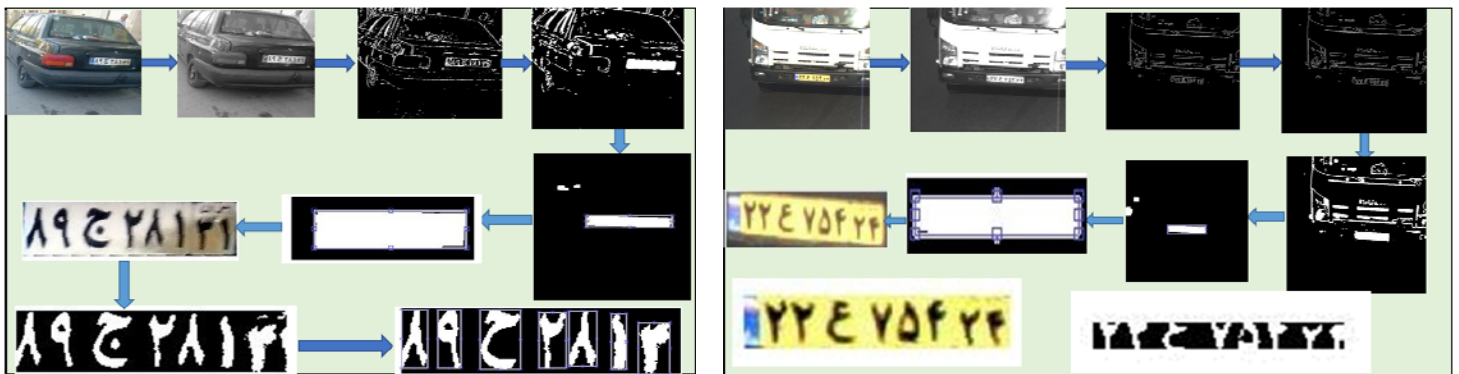
¹ Crop

² Edge Sharping

³ Connected Component Labeling

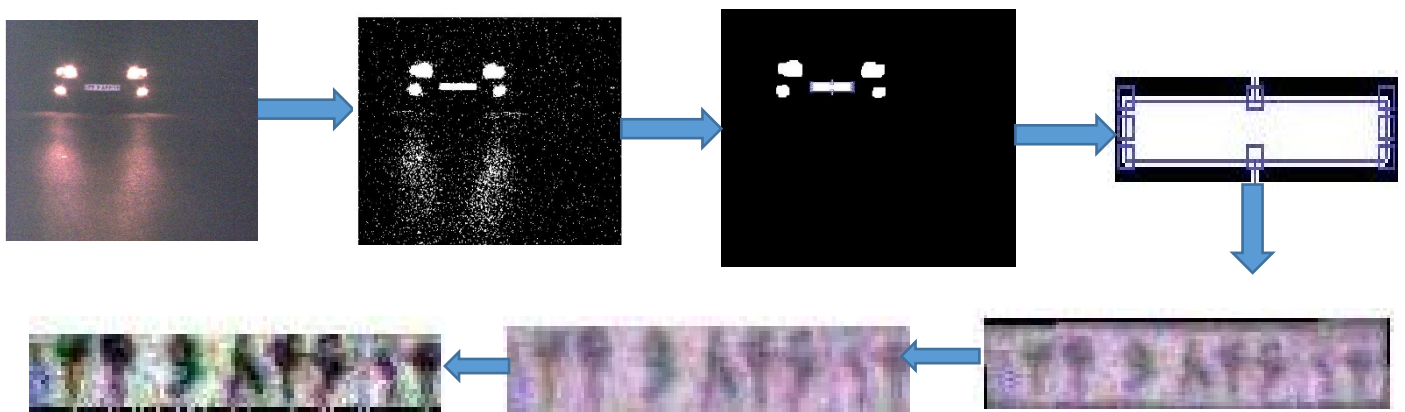


شکل ۱- ۲۳: الگوریتم استخراج پلاک و جدا سازی نویسه‌ها



شکل ۲- ۲۳: الگوریتم استخراج پلاک و جدا سازی نویسه‌ها در تصاویر نویزدار

شکل ۳- ۲۳: الگوریتم استخراج پلاک و جدا سازی نویسه‌ها در تصاویر زاویه‌دار

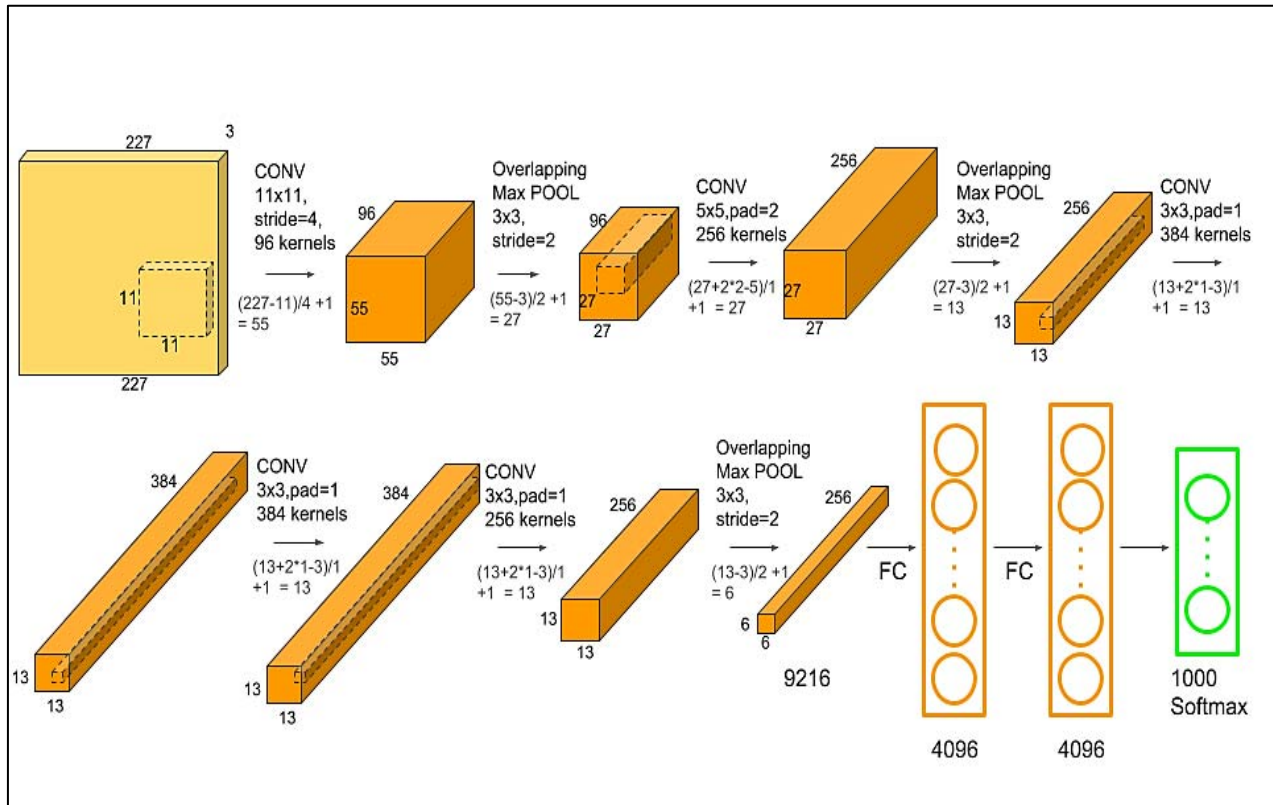


شکل ۴- ۲۳: الگوریتم استخراج پلاک و جدا سازی نویسه‌ها در تصاویر در شب و مخدوش

۳-۵ بازشناسی نویسه‌های پلاک خودرو با شبکه

یکی از شبکه‌های نورونی پیچشی مهمی که می‌توان نام برد شبکه الکسنت است که توسط الکس کریزهوسکی^۱ در سال ۲۰۱۲ معرفی شد. این شبکه دارای ۵ لایه‌ی پیچشی و سه لایه تماماً متصل است که موجب شده در دسته شبکه‌های کم‌عمق قرار گیرد [۱۰][۱۸].

در این پژوهش برای تشخیص و شناسایی نویسه‌ها از شبکه پیچشی الکسنت استفاده شده است. در ادامه این بخش، این شبکه و مراحل کار آن توضیح داده می‌شود.



شکل ۲۴: معماری الکسنت [۱۸]

جدول ۱: معماری الکسنت [۱۸]

ورودی	نوع فیلتر	تعداد	اندازه	گام	حاشیه	خروجی
۲۲۷*۲۲۷*۳	Conv	۹۶	۱۱*۱۱	۴	۰	۵۵*۵۵*۹۶
۵۵*۵۵*۹۶	maxpool	۱	۲*۲	۲	—	۲۷*۲۷*۹۶
۲۷*۲۷*۹۶	conv	۲۵۶	۵*۵	۱	۲	۲۷*۲۷*۲۵۶
۲۷*۲۷*۲۵۶	Maxpool	۱	۲*۲	۲	—	۱۳*۱۳*۲۵۶
۱۳*۱۳*۲۵۶	Conv	۳۸۴	۳*۳	۱	۱	۱۳*۱۳*۳۸۴
۱۳*۱۳*۳۸۴	Conv	۳۸۴	۳*۳	۱	۱	۱۳*۱۳*۳۸۴
۱۳*۱۳*۳۸۴	Conv	۲۵۶	۳*۳	۱	۱	۱۳*۱۳*۲۵۶
۱۳*۱۳*۲۵۶	Maxpool	۱	۲*۲	۲	—	۶*۶*۲۵۶
۶*۶*۲۵۶	Fullyconnected	—	—	—	—	۹۲۱۶
۹۲۱۶	Fullyconnected	—	—	—	—	۴۰۹۶
۴۰۹۶	Fullyconnected	—	—	—	—	۴۰۹۶
۴۰۹۶	Fullyconnected	—	—	—	—	۱۰۰۰

^۱Alex Krizhevsky

روی دادگان HODA در روش پیشنهادی با تعدادی از پژوهش‌های موجود مقایسه شده است.

۴-۲ نتایج آزمایش‌ها روی دادگان ایرپلاک

به منظور بررسی و ارزیابی کارایی روش پیشنهادی آزمایش‌های مختلفی روی دادگان ایجاد شده؛ انجام گرفته است. در جدول ۲ نتایج آزمایش‌ها آورده شده است. در شکل ۲۵ نمودار آموزش شبکه نمایش داده می‌شود. همچنین در جدول ۳ نتیجه نمودار آموزش شبکه آورده شده است.

جدول ۲: مقایسه کارایی روش پیشنهادی با سایر روش‌های موجود

روی دادگان HODA

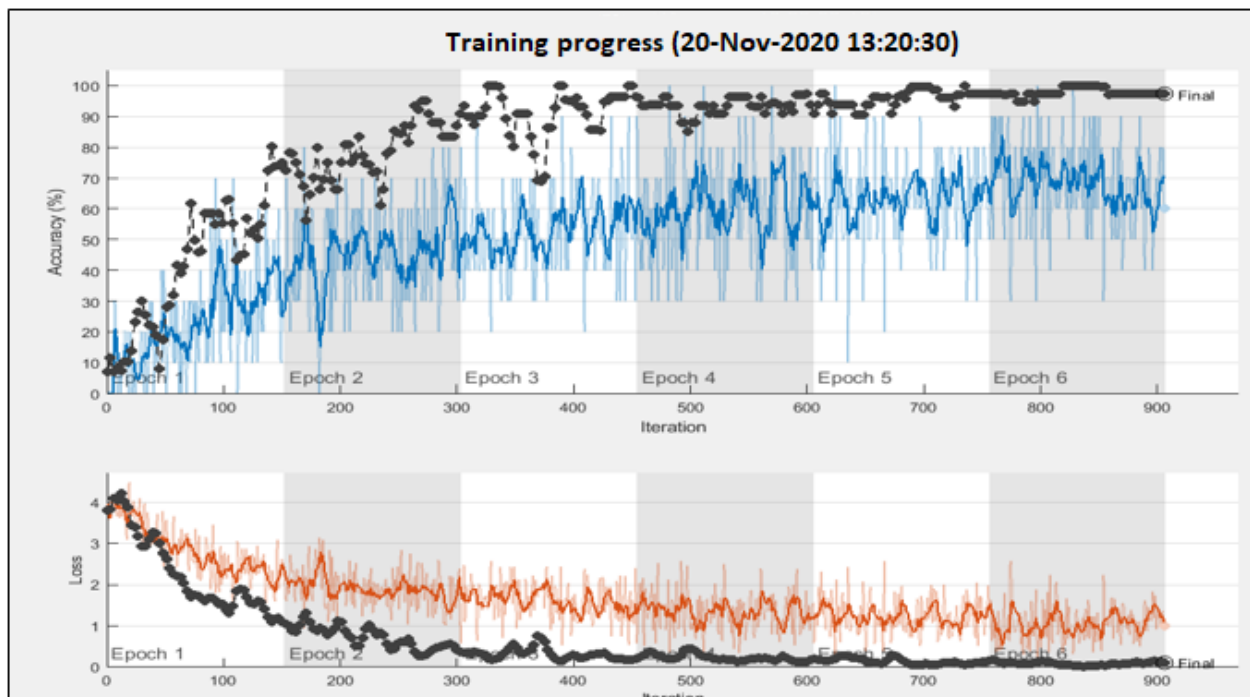
میزان دقت	پژوهشگران
۹۵,۳۰	ابراهیم پور [29]
۹۷,۱۰	عبدی و سلیمی [28]
۹۸,۷۱	اعلایی [27]
۹۹,۳	زمانی و همکاران [26]
۹۷,۶۰	حرینی و آقایی زاده [30]
۹۹,۴	روش پیشنهادی

۴ نتایج شبیه‌سازی و مقایسه‌ها

در این بخش، سخت‌افزار استفاده‌شده، آزمایش‌های انجام‌شده و مقایسه نتایج روش پیشنهادی با دیگر روش‌های موجود آورده شده است. در ادامه این موارد ذکر شده‌اند. برای پیاده‌سازی روش پیشنهادی این پژوهش، از نرم‌افزار Matlab2018a و یک سیستم کامپیوتری با هشت گیگابایت حافظه رم، پردازنده مرکزی مدل Intel® Core™ i۲۶۴۰-VM CPU @۲,۸۰GHz استفاده شده است.

۴-۱ نتایج آزمایش‌ها روی دادگان HODA

به منظور بررسی و ارزیابی بهتر، روش پیشنهادی روی دادگان HODA نیز آزمایش شد. دادگان HODA مجموعه بزرگی از ارقام دستنویس فارسی است که مشتمل بر ۱۰۲۳۵۳ نمونه دست‌نوشته سیاه-سفید می‌باشد. با توجه به اینکه در این مقاله نوآوری اصلی معرفی یک دادگان جدید از پلاک خودروهای ایرانی بوده است و تاکنون روی این دادگان جدید آزمایشی توسط سایر محققان صورت نگرفته است، ما در این مقاله سعی کرده‌ایم به منظور بررسی و نشان دادن کارایی انتقال یادگیری و شبکه الکس-نت از این روش برای بازشناسی ارقام دست‌نویس فارسی روی دادگان HODA و مقایسه آن با سایر روش‌ها استفاده کنیم و به دقت ۹۹,۴ درصد دست یافته‌ایم. در جدول ۲ نتایج آزمایش‌ها



شکل ۲۵: نمودار آموزش شبکه

جدول ۳: نتیجه نمودار آموزش شبکه

Accuracy	Epoch	Iteration	Learning rate	Hardware resource
۹۸,۲۰	۶	۹۰۶	۰,۰۰۰۱	Single CPU

گرفته است، آورده شده است. در جدول ۴ نتایج این آزمایش‌ها قابل مشاهده می‌باشد.

۱-۲-۴ نتایج آزمایش‌های شبکه

در این بخش نتایج آزمایش‌ها انجام شده به وسیله شبکه الکس-نت، که روی دادگان با ۵۰۰۰ تصویر از خودروهای ایرانی انجام

جدول ۴: نتایج آزمایش‌های شبکه الکسنت

دقت دسته‌بندی	نرخ یادگیری	درصد آزمون	درصد آموزش	نوع شبکه
۹۸,۵۰	۰,۰۰۰۱	۲۰	۸۰	الکسنت
۹۸,۲۰	۰,۰۰۰۱	۳۰	۷۰	
۹۷,۶۰	۰,۰۰۰۱	۴۰	۶۰	
۹۶,۸۰	۰,۰۰۰۱	۵۰	۵۰	
۹۵,۳۰	۰,۰۰۰۱	۶۰	۴۰	

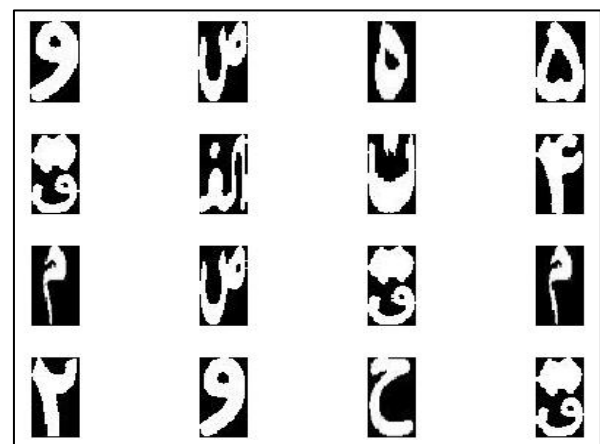
چنانچه ملاحظه می‌شود شبکه الکسنت و روش انتقال یادگیری توانسته اند به کارایی بسیار خوبی روی ارقام دست‌نویس فارسی برسند. بنابراین این نشان می‌دهد که از شبکه الکسنت و انتقال یادگیری می‌توان برای بازشناسی حروف و ارقام پلاک خودروهای ایرانی نیز استفاده کرد.

۲-۲-۴ نتایج آزمایش‌های شبکه

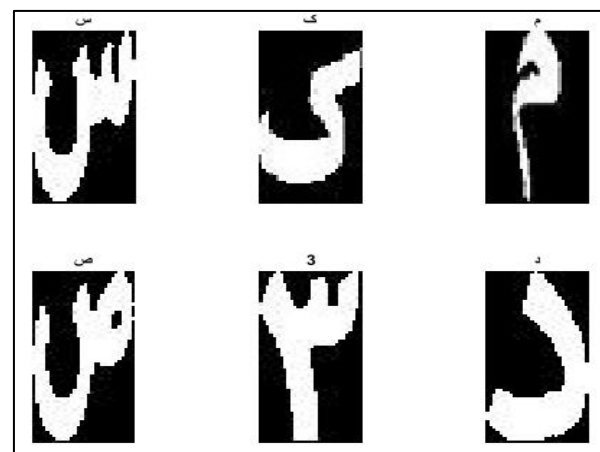
در مرحله شروع آموزش شبکه، یکسری از نویسه‌ها به صورت تصادفی نمایش داده می‌شود. در شکل (۲۶ الف) نمونه‌ای از این نویسه‌ها به صورت تصادفی نمایش داده شده‌اند. سپس نویسه‌ها دسته‌بندی می‌شوند. در شکل (۲۶ ب) نمونه‌ای از دسته‌بندی نویسه‌ها قابل مشاهده می‌باشد.

۵ نتیجه‌گیری

شماره پلاک خودرو یکی از مناسب‌ترین اقلام اطلاعاتی برای احراز هویت خودروها می‌باشد. سیستم تشخیص پلاک خودرو این امکان را فراهم می‌سازد تا شماره موجود در پلاک به صورت خودکار توسط کامپیوتر، استخراج گردد. هدف اصلی ما در این پژوهش، تولید و معرفی یک دادگان جدید از پلاک‌های ایرانی بوده‌است، زیرا دادگان بزرگی از پلاک‌های خودروهای ایرانی که به صورت رایگان برای پژوهش در حوزه‌ی بینایی ماشین و پردازش تصویر در اختیار باشد، تا به امروز در دسترس نبوده است. بنابراین ما سعی در ایجاد دادگانی جدید داشته‌ایم. دادگان شامل ۵۰۰۰ تصویر خودرو در اندازه‌های مختلف می‌باشد. قابل ذکر این‌که در جمع‌آوری دادگان مذکور انواع مختلف چالش‌ها نظیر نویز، شرایط نوری مختلف، پلاک‌های ناخوانا، مخدوش و تار، تا حد ممکن در نظر گرفته شده‌است. همچنین برای تست دادگان، از شبکه الکس-نت و انتقال یادگیری استفاده کرده‌ایم و به کارایی مطلوبی رسیده‌ایم. به عنوان یکی دیگر از یافته‌های پژوهش می‌توانیم به این نکته اشاره کنیم، همان‌طور که همه مستحضرنند، شبکه الکسنت برای آموزش و آزمایش روی تصاویر، طراحی شده است، اما ما در این پژوهش از این شبکه برای بازشناسی ترکیبی؛ حروف و ارقام فارسی استفاده کرده‌ایم و به نتیجه مطلوبی دست یافته‌ایم. روش پیشنهادی روی دادگان جدید ایرانی آموزش و آزمایش دیده است، دقت تشخیص به دست آمده در این پژوهش ۹۸/۲۰ درصد می‌باشد.



(الف)



(ب)

شکل ۲۶: (الف): نمایش نویسه‌ها به صورت تصادفی و (ب): نمایشی از دسته‌بندی نویسه‌ها

مراجع

- deep convolutional neural networks." In 2017 30th SIBGRAPI conference on graphics, patterns and images (SIBGRAPI), pp. 55-62. IEEE, 2017.
- [14] Tarigan, Joseph, Ryanda Diedan, and Yaya Suryana. "Plate recognition using backpropagation neural network and genetic algorithm." *Procedia Computer Science* 116 (2017): 365-372.
- [15] Erkamaz, Okan & Ozer, Mahmut & Perc, Matjaž.. Performance of small-world feedforward neural networks for the diagnosis of diabetes. *Applied Mathematics and Computation*.311.22-28. (2017).
- [16] Zhou, W., Li, H., Lu, Y. and Tian, Q., 2012. Principal visual word discovery for automatic license plate detection. *IEEE transactions on image processing*, 21(9), pp.4269-4279.
- [17] Wang, X., Cottrell, W., & Mu, S. (2005, September). Using k-means clustering to identify time-of-day break points for traffic signal timing plans. In *Intelligent Transportation Systems*, 2005. Proceedings. 2005 IEEE (pp. 536-591). IEEE.
- [18] Krizhevsky, Alex, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton. "Imagenet classification with deep convolutional neural networks." *Advances in neural information processing systems* 25 (2012): 1097-1105.
- [19] Song, Hyun Ah, and Soo-Young Lee. "Hierarchical representation using NMF." In *International conference on neural information processing*, pp. 466-473. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [20] He, Kaiming, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, and Jian Sun. "Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification." In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, pp. 1026-1034. 2015.
- [21] Kumari, Sweta, Leeza Gupta, and Prena Gupta. "Automatic license plate recognition using OpenCV and neural network." *International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCTST)* 5, no. 3 (2017): 114-118.
- [22] Pechiammal, B., and J. Arokia Renjith. "An efficient approach for automatic license plate recognition system." In *2017 Third International Conference on Science Technology Engineering & Management (ICONSTEM)*, pp. 121-129. IEEE, 2017.
- [23] Xie, Lele, Tasweer Ahmad, Lianwen Jin, Yuliang Liu, and Sheng Zhang. "A new CNN-based method for multi-directional car license plate detection." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 19, no. 2 (2018): 507-517.
- [24] Farahbakhsh, Ebrahim, Ehsan Kozegar, and Mohsen Soryani. "Improving persian digit recognition by combining data augmentation and AlexNet." In *2017 10th Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing (MVIP)*, pp. 265-270. IEEE, 2017.
- [۱] رحیم خانی، زهرا، "تشخیص پلاک خودرو مبتنی بر پردازش تصویر و شبکه عصبی"، اولین کنفرانس ملی رویکردهای نو در مهندسی برق و کامپیوتر، خرم آباد، ۱۳۹۵.
- [۲] شهشهان، سیدمهدی و راستی، امیرهوشنگ و مقرب طهرانی، فرشاد، "روشی جدید و فوری جهت شناسایی پلاک خودرو از تصاویر پیچیده"، سومین کنفرانس مهندسی برق و الکترونیک ایران، گناباد، ۱۳۹۰.
- [۳] بهادری، هدایت و صمیمی بهبهان، نوید، "تشخیص پلاک خودرو با استفاده از پردازش تصویر و تطبیق شکل"، دومین کنفرانس ملی محاسبات نرم و فن آوری اطلاعات، ماهشهر، ۱۳۹۰.
- [۴] کاظمی، اورانوس و حضرتی فرد، سیدمهدی، "تشخیص پلاک خودروها با بهره گیری از یک روش ساده ی پردازش تصویر"، کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در علوم مهندسی، تهران، ۱۳۹۵.
- [۵] رادمرد، غلامرضا و فیضی درخشی، محمدرضا، "تشخیص شماره ی پلاک خودروهای ایرانی توسط تکنیک های پردازش تصویر و شبکه های عصبی"، پنجمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر، تبریز، ۱۳۸۷.
- [6] Zhuang, Jiafan & Hou, Saihui & Wang, Zilei & Zha, Zheng-Jun. Towards Human-Level License Plate Recognition: 15th European Conference, Munich, Germany, September 8-14, 2018.
- [7] Masood, S.Z., Shu, G., Dehghan, A. and Ortiz, E.G., 2017. License plate detection and recognition using deeply learned convolutional neural networks. arXiv preprint arXiv:1703.07330.
- [8] Tarigan, J., Diedan, R. and Suryana, Y., 2017. Plate recognition using backpropagation neural network and genetic algorithm. *Procedia Computer Science*, 116, pp.365-372.
- [9] Polishetty, R., Roopaei, M. and Rad, P., 2016, December. A next-generation secure cloud-based deep learning license plate recognition for smart cities. In *2016 15th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)* (pp. 286-293). IEEE.
- [10] Saunshi, Shrutika, Vishal Sahani, Juhi S. Patil, Abhishek Kumar Yadav and Dr. Sheetal Rathi. "License Plate Recognition Using Convolutional Neural Network." (2017).
- [11] Castro-Zunti, Riel D., Juan Yépez, and Seok-Bum Ko. "License plate segmentation and recognition system using deep learning and OpenVINO." *IET Intelligent Transport Systems* 14, no. 2 (2020): 119-126.
- [12] Cheang, Teik Koon, Yong Shean Chong, and Yong Haur Tay. "Segmentation-free vehicle license plate recognition using ConvNet-RNN." arXiv preprint arXiv:1701.06439 (2017).
- [13] Montazzolli, Sérgio, and Claudio Jung. "Real-time brazilian license plate detection and recognition using



داور گیوکی مدرک کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر از دانشگاه تهران، همچنین مدرک دکتری مهندسی کامپیوتر از پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) را اخذ نمود. ایشان هم‌اکنون عضو هیئت علمی دانشگاه ملایر از سال ۱۳۹۶ می‌باشد.



عدرا دالوند مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم افزا از جهاد دانشگاهی اراک و مدرک کارشناسی ارشد را نیز از موسسه آموزش عالی علم گستر آفرینش بروجرد اخذ نموده است.



همایون رستگار مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر از دانشگاه آزاد بروجرد و مدرک کارشناسی ارشد را از موسسه عالی علم گستر آفرینش بروجرد اخذ نموده است.

- [25] Parseh, Mohammad & Rahmanianesh, Mohammad & Keshavarzi, Parviz. (2020). Persian Handwritten Digit Recognition Using Combination of Convolutional Neural Network and Support Vector Machine Methods. *The International Arab Journal of Information Technology*. 17. 572-578. 10.34028/iajit/17/4/16.
- [26] Zamani Y., Soury Y., Rashidi H., and Kasaei S., "Persian Handwritten Digit Recognition By Random Forest and Convolutional Neural Networks," in *Proceedings of 9 th Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing*, Tehran, pp. 37-40, 2015.
- [27] Alaei, Alireza, Umapada Pal, and P. Nagabhushan. "Using modified contour features and SVM based classifier for the recognition of Persian/Arabic handwritten numerals." In *2009 Seventh International Conference on Advances in Pattern Recognition*, pp.391-394. IEEE, 2009.
- [28] Abdi, Mohammad Javad, and H. A. M. I. D. Salimi. "Farsi handwriting recognition with mixture of RBF experts based on particle swarm optimization." *International Journal of Information Science and Computer Mathematics* 2, no. 2 (2010): 129-136.
- [29] Reza Ebrahimpour, AlirezaEsmkhani and SoheilFaridi (July, 2010) Farsi handwritten digit recognition based on mixture of RBF experts", *IEICE Electron. Express*, Vol.7, No. 14, pp.1014- 1019
- [30] A. Harifi and A. Aghagolzadeh,"A New Pattern for Handwritten Persian/Arabic Digit Recognition", *Journal of Information Technology* Vol. 3, 2004, pp. 249-252