

## Research Article

# The License Plate Recognition Algorithm Using Mathematical Calculation Methods

**Doi:** 10.30508/kdip.2021.296139.1012

Hamid Tabatabaee | Sakineh Ghasemi | Mohsen Najafzadeh | Hashem Zovvari

## Extended Abstract

### 1.Introduction

As human populations and the number of vehicles are growing rapidly, it appears that vehicles need to be automatically detected. The license plate number is a unique identifier used to authenticate an automobile's identity. Applying image processing on still images or video footages taken by color, black-and-white, and infrared cameras, automatic license plate recognition systems play an important role in constructing smart parking lots, counting the number of cars, monitoring the speed of cars, maintaining roads, monitoring traffic crimes, etc. The license plate recognition (LPR) process basically consists of three general steps: locating the license plate, separating the characters, and identifying the license plate characters. locating the license plate is one of the most important and challenging steps in the automatic license plate recognition process. In this stage, if the license plate is not located in a short time with acceptable accuracy, the overall time taken by the license plate reader system will increase, making other separation and detection steps inefficient. There are a number of challenges in this regard, including the diversity of license plate shapes, uneven lighting conditions, license plate angles, distance of cameras from cars, reflection and refraction of light in the imaging process, low image quality, and time-consuming process of developing a relevant algorithm. Accordingly, it could be said that there is no single definitive solution for detecting license plates.

### 2. Theoretical Principles

Edge detection is a widely used method in locating the license plate, using a combined algorithm based on statistical analysis and morphology of vertical edges. Some studies have applied a two-step process in which information on vertical image edge as a horizontal representation of the frequency band was used to detect the candidate areas and the exact location of the license plate. Moreover, the studies

statistics published by South Khorasan Province's Cultural Heritage Office, Tourism Organization, Medical Sciences University, 4700 tourists have visited this province in the second half of the year 2017, out of whom some 354 people were selected as the study's sample size using available sampling.

The study's findings revealed that most of the tourists visited South Khorasan Province's health tourism attractions individually or in friendly groups, and few people visited the areas with their families. Moreover, the results of the analysis of the data collected by the questionnaires showed that most of the tourists stayed in those areas for less than a day. Therefore, it appears that the best way to get acquainted with and informed of South Khorasan Province's Herbal medicine and medical herbs' attractions and opportunities is to compare the experiences of those who visited health tourism attractions with those who visited other types of tourism areas.

#### 4. Conclusion

The results of investigating the status of health tourism in Iran show that the country enjoys many strengths in terms of this type of tourism, including qualified physicians, cutting-edge technology, and natural treatment areas that can attract health tourists. However, it faces some weaknesses and challenges such as inappropriate coordination between the organizations responsible for medical tourism and inadequate planning. Therefore, Iran can enhance its status in the health tourism market by investing

more in its strengths and introducing them as unique capabilities in terms of offering services, and overcoming its weaknesses by developing comprehensive plans, marketing, and correcting some processes.

In fact, if health tourism and medicinal plants' technology are well-organized, they can attract more tourists and consequently enhance the level of public knowledge and awareness, improve the society's health, increase the prosperity of medicinal plants' and Herbal medicine's market, improve the economic growth rate, and increase the export of medicinal plants both domestically and abroad.

Possessing a variety of natural attractions (parks, forests, mountains, rivers, etc.) and appropriate climate conditions, South Khorasan province can well contribute to Iran's health tourism if relevant organizations undertake to organize hot and mineral springs and improve their conditions, and reduce medical costs. Moreover, paying attention to factors such as investments in infrastructure and human resources to strengthen Herbal Medicine and create relevant databases, facilitating organizations in tourism management, health services, natural resources, cultural heritage, and information technologies can significantly contribute to strengthening tourism.

**Keywords:** Herbal Medicine, Medicinal Plants, Tourism, Management Development, Health Tourism

## مقاله پژوهشی

الگوریتم تشخیص پلاک خودرو با استفاده  
از روش های محاسبات ریاضی

Doi: 10.30508/kdip.2021.296139.1012

حمید طباطبایی<sup>۱\*</sup> | سکینه قاسمی<sup>۲</sup> | محسن نجف زاده<sup>۳</sup> | هاشم زواری<sup>۴</sup>

۱- گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، ایران، مشهد

۲- گروه مهندسی کامپیوتر، موسسه آموزش عالی فردوس، مشهد، ایران

۳- گروه مهندسی کامپیوتر، موسسه آموزش عالی فردوس، مشهد، ایران

۴- گروه مهندسی کامپیوتر، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۷

صفحه: ۸۲ - ۹۹

## چکیده

تشخیص پلاک خودرو یک مسئله ضروری در سیستم ترافیک امروزی است. اولین گام در فرایند تشخیص پلاک خودرو، تعیین موقعیت مکانی پلاک است. در گام بعدی می بایست به اندازه کافی دقیق بوده و همچنین محاسبات آن در مدت زمان قابل قبول انجام شود. دلیل این موضوع آن است که خروجی این مرحله به عنوان ورودی در گام های بعدی می باشد. اگر در مرحله تعیین موقعیت مکانی خطا بروز کند، عملکرد گام های بعدی نیز دچار مشکل خواهد شد. در این تحقیق روش نوآرانه ایی با استفاده از بهبود وفقی کنتراست تصویر، حذف کاراکترهای غیر عددی، آنالیز و خوشه بندی کاراکترهای پلاک به منظور تعیین موقعیت مکانی پلاک خودرو با کاراکترهای تیره روی زمینه ی روشن ارائه شده است. روش پیشنهادی پیچیدگی زمانی الگوریتم را کاهش داده و باعث سهولت در پیاده سازی، افزایش سرعت و کارایی سیستم تعیین موقعیت مکانی پلاک می گردد. الگوریتم پیشنهادی مستقل از تعداد پلاک خودرو در تصویر، اندازه ی تصویر، کجی و ناخوانایی کامل پلاک بوده و در مقابل تغییرات روشنایی تا حد قابل قبولی مقاوم می باشد. روش پیشنهادی بر روی دو مجموعه داده مختلف به ترتیب با تعداد ۶۷ و ۴۹۲ تصویر پیاده سازی شده است. نتایج نرخ صحت ۱۰۰ و ۹۹٫۵۹ درصد با نرخ خطای ۱٫۵ و ۱٫۶۳ و زمان اجرای ۱۰۹ و ۱۷٫۵ میلی ثانیه بطور میانگین، را نشان می دهد.

**واژگان کلیدی:** الگوریتم های محاسباتی، تعیین موقعیت مکانی پلاک خودرو، کشیدگی وفقی کنتراست، آنالیز، خوشه-بندی کاراکترها.

## ۱- مقدمه

امروزه با افزایش سریع رشد جمعیت و افزایش وسایل نقلیه، شناسایی و تشخیص خودکار خودروها ضروری به نظر می‌رسد. شماره پلاک خودرو شناسه‌ای یکتا است که در احراز هویت خودرو مورد استفاده قرار می‌گیرد. سامانه‌های تشخیص خودکار پلاک خودرو یک سیستم مکانیزه است، که با استفاده از پردازش تصاویر بر روی تصاویر ساکن یا فیلم‌های ویدیویی گرفته شده توسط یکی از دوربین‌های رنگی، سیاه-سفید و مادون قرمز، نقش مهمی را در کاربردهایی نظیر پیاده‌سازی پارکینگ‌های هوشمند، شمارش تعداد خودروها، مانیتورینگ سرعت خودروها، راهداری، نظارت و جرائم ترافیکی و غیره ایفا می‌نمایند. اصولاً فرایند تشخیص پلاک خودرو (LPR)<sup>۱</sup> از سه مرحله کلی تشکیل می‌شود که عبارتند از: تعیین موقعیت مکانی پلاک، جداسازی کاراکترها و تشخیص کاراکترهای پلاک (Du, Ibrahim, Shehata, & Badawy, 2016, Panahi, R., & Gholampour, 2012). مرحله تعیین موقعیت مکانی پلاک از مهم‌ترین و چالشی‌ترین مراحل این فرایند به شمار می‌رود (Safaei, Tang, & Sa-nei, 2016). اگر در این مرحله، موقعیت مکانی پلاک خودرو با صحت قابل قبول و در زمان کوتاهی انجام نشود؛ منجر به افزایش زمان کلی سیستم پلاک خوان و ناکارآمدی دیگر مراحل جداسازی و تشخیص خواهد شد.

با توجه به شکل شماره (۱) می‌توان روش‌های موقعیت مکانی پلاک خودرو را در چهار دسته‌ی کلی طبقه‌بندی نمود. بخش عمده‌ای از کارهای انجام شده در

بخش مرور ادبیات (Hongliang, & Changping, 2004., Safaei, Tang, & Sanei, 2016). حداقل در یک قسمت از کار خود از روش‌های مبتنی بر لبه‌یابی، عملیات موفولوژی و بازنمایی افقی و عمودی هیستوگرام تصویر استفاده می‌کنند. دسته‌ی دوم شامل استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر بافت تصویر است (Dehkordi, Nikzad, Ekh-las, & Azimifar, 2010., Han, Lee, Lim, & Chung, 2015., Sarker, Yoon, & Park, 2014., Zhao, Gu, Liu, Han, Gao, & Hu, 2010). این روش‌ها الگوهای تکرارشونده در تغییرات روشنایی در قسمت‌هایی از تصویر پلاک خودرو را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند. دسته‌ی سوم روش‌های مبتنی بر تبدیلات فضای رنگ هستند مانند (Ashtari, Nordin, & Fathy, 2014., Azad, Davami, & Azad, 2013., Hsieh, Chang, Hung, & Huang, 2009). در این روش‌ها ویژگی‌های رنگی نواحی پلاک خودرو، عمدتاً در فضای رنگی HSV<sup>۳</sup> یا HSL<sup>۴</sup> مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در نهایت دسته چهارم روش‌هایی است که در (Panahi, R., & Gholampour, 2016., Yoon, Ban, Yoon, & Kim, 2011, 2012) ارائه شده است، که در آن با بررسی و تجزیه و تحلیل کاراکترهای موجود در پلاک خودرو عمدتاً با استفاده از ابزار CCA<sup>۵</sup>، ناحیه‌ی شامل پلاک خودرو را استخراج می‌شود.

تنوع شکل ظاهری پلاک‌ها، شرایط روشنایی غیریکنواخت، زاویه‌ی پلاک خودروها، فاصله دوربین از خودرو، انعکاس و شکست نور در فرایند تصویربرداری، کیفیت پایین تصاویر و همچنین زمان بردن الگوریتم از

1- Automatic License Plate Recognition

2- License Plate Recognition

3- Hue Saturation Value

4- Hue Saturation Lightness

5- Connected Component Analysis



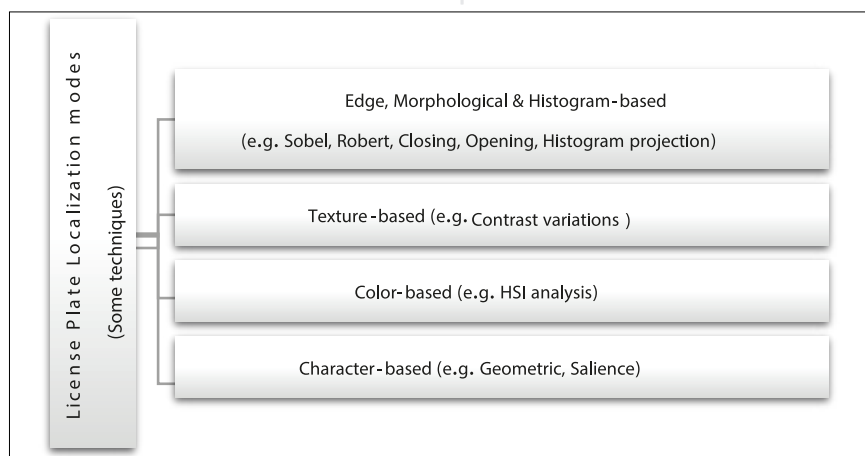
## ۲- مبانی نظری

یکی از پرکاربردترین روش‌ها در استخراج محل پلاک استفاده از لبه‌یابی است. تشخیص لبه، این روش برای استخراج یا تشخیص ویژگی موجود در تصویر با استفاده از الگوریتم‌های Canny, Differential, Sober, Canny-Deriché و غیره استفاده می‌شود. (Chong et al 2013) از فیلتر میانه تشخیص دو لبه برای تعیین موقعیت پلاک استفاده کرد. استفاده از این روش آسان است. این روش برای تصاویر پیچیده قابل اجرا نیست.

در مقاله‌ی (Hongliang, & Changping, 2004) از یک الگوریتم ترکیبی استخراج پلاک خودرو مبتنی بر تحلیل آماری و مورفولوژی لبه‌های عمودی استفاده شده است. تکنیک (K. Ahmed Nidhal, Enas Hamood Al-Saa-di, N. Ammar Dheyaa, & Oday Obaid Hassoon, January 2022) به دو مرحله تقسیم می‌شود، در مرحله اول پیش پردازش تصویر (نویز زدایی، تبدیل تصویر به تصویر باینری و تشخیص لبه‌ها) اجرا می‌شود، سپس ناحیه‌ای

مهم‌ترین چالش‌های موجود در این زمینه می‌باشد؛ موارد فوق باعث می‌شود تا یک راه حل قطعی برای تشخیص پلاک خودرو وجود نداشته باشد (Panahi, R., & Ghol-ampour, 2016). کارهای متعددی تحت شرایط محدود همچون روشنایی ثابت، سرعت محدود خودرو، مسیرهای معین و وجود پس زمینه‌های بدون تغییر توسط محققان انجام شده است. در این مقاله سعی شده است با کاهش پیچیدگی محاسباتی الگوریتم، سادگی در فهم و سهولت در پیاده‌سازی، موقعیت مکانی پلاک خودروهای ایرانی با کاراکترهای تیره روی زمینه‌ی روشن تعیین شود. همچنین تلاش شده تا ضمن کاهش نرخ خطای مثبت<sup>۱</sup> و افزایش نرخ صحت، سرعت نیز بهبود پیدا کند.

در ادامه، در بخش دوم توضیح مختصری از روش‌های موجود در ادبیات شناسایی پلاک خودرو که در حوزه‌ی موقعیت مکانی پلاک خودروهای ایرانی ارائه شده، بیان خواهد شد. در بخش سوم الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر تجزیه و تحلیل آماری و هندسی برای موقعیت مکانی



شکل (۱): انواع روش‌های تعیین موقعیت مکانی پلاک خودرو

را که ممکن است حاوی پلاک باشد شناسایی می‌کند، این کار با یافتن مناطق متصل با استفاده از مورفولوژی ریاضی انجام می‌شود. (مناطق کوچک و بسیار بزرگ حذف شدند).

سپس گوشه‌های تصویر با استفاده از الگوریتم هریس استخراج می‌شوند. در نهایت، بررسی می‌کند که

پلاک خودرو آورده شده است. بخش چهارم نتایج حاصل از تست‌های انجام شده بر روی دو پایگاه داده تهیه شده را بررسی می‌کند. در پایان در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای کارهای آتی بیان می‌شود.

1- False Positive

در مطالعه (Safaei, Tang, & Sanei, 2016) برای شناسایی موقعیت مکانی از بهبود کنتراست خطی و عملگر سوبل بهره استفاده می‌شود تا لبه‌های عمودی را آشکار و سپس با عملگرهای مورفولوژی و فقی این لبه‌ها را متصل کند. برای حذف لبه‌های اضافی، تصویر لبه و تصویر لبه‌های متصل، تفریق شده و Norm-L1 آن محاسبه می‌گردد. سپس تصویر به روش آستانه‌گذاری آتسو دودویی شده و دوش شرط حداقل نسبت تصویر پلاک و حداقل شش قله و دره در هیستوگرام لبه‌های عمودی پلاک‌های ایرانی، برای این نواحی بررسی می‌شوند. لبه‌یابی به تنهایی کاربرد چندانی ندارد، چرا که بسیاری از نقاط خارج پلاک هم به عنوان لبه تشخیص داده می‌شوند، مزیت این روش سرعت بالای آن است. استفاده از عملیات مورفولوژی در سیستم‌های برخی به دلیل زمان‌بر بودن مقرون به صرفه نیست. تحلیل هیستوگرام برای تصاویر نویزی و تصاویری که پلاک در آنها کمی چرخیده باشد مفید نیست. تبدیل هاف به منظور پیدا کردن خطوط، در مواردی که بخواهیم پلاک را به همراه خطوط مرزی آن شناسایی کنیم، می‌تواند مفید واقع شود؛ مشکل این روش حجم پردازش بالا و وقت‌گیر بودن آن است (Du, Ibrahim, Shehata, & Badawy, 2012). در (Han, Lee, Lim, & Chung, 2015) یک روش مبتنی بر بافت تصویر ارائه شده است که از بررسی و تحلیل ویژگی‌ها و الگوهای تکرار شونده‌ی تغییرات روشنایی و یا رنگی در پلاک خودرو استفاده می‌کند. یکی از متداول‌ترین روش‌ها در این زمینه استفاده از ویژگی‌های Haar-like است (Lalimi, Ghofrani, & McLernon, 2013., Sarker, Yoon, & Park, 2014., Zhao, Gu, Liu, Han, Gao, & Hu, 2010., Zheng, Zhao, Gu, & Hu, 2012). اگر چه در مقالات مذکور سرعت فرآیند شناسایی پلاک بالا است، اما پیچیدگی زیادی در پیاده‌سازی و حجم داده‌های بالا برای آموزش به‌همراه دارد. در (Dehkordi, Nikzad, Ekhlasi, & Azimifar, 2010) با استفاده از تحلیل تناوب تغییرات روشنایی، نواحی پلاک در یک تصویر خاکستری شناسایی می‌شود. این روش می‌تواند پلاک‌های موجود در یک تصویر با تغییرات در روشنایی، فونت، سایز و حتی زبان را با سرعت شناسایی کند. اما این روش تا حدودی به چرخش و پرسپکتیو حساس است. در مقاله (Salau, A.O.,

کدام یک از مناطق معرفی شده پلاک خودرو است، این کار با حذف تمام مناطقی که کمتر از دو گوشه مجزا دارند، انجام می‌شود. پلاک با توجه به اندازه منطقه نامزد و هیستوگرام عمودی/افقی تعیین می‌شود.

مقاله‌ی (Hsieh, Chang, Hung, & Huang, 2009) از یک فرایند دو مرحله‌ای از اطلاعات لبه‌های عمودی تصویر بعنوان بازنمایی افقی باند فرکانسی استفاده می‌کند تا نواحی کاندید و سپس محل دقیق پلاک خودرو تعیین شود. مقاله‌ی (Rasooli, Ghofrani, & Fatemizadeh, 2011) از استخراج لبه‌ها، تعیین نواحی کاندید و بکارگیری حرکت پنجره استفاده می‌کند، این روش در مقابل چرخش، فاصله و تغییر کنتراست مقاوم بوده و می‌تواند محل چند پلاک خودرو در یک تصویر را پیدا کند. در (Lalimi, Ghofrani, & McLernon, 2013) ابتدا برای بهبود کنتراست در مکان‌هایی از تصویر که ممکن است پلاک وجود داشته باشد از یک روش مبتنی بر ناحیه استفاده می‌کند تا نواحی یکنواخت و پس زمینه را هموارسازی کند؛ سپس با استفاده از عملگر سوبل و عملیات مورفولوژیک، محل پلاک را در شرایط متغییر آب و هوا، فاصله، روشنایی و چرخش می‌یابد، اما برای اصلاح چرخش و مکان‌نمایی دقیق‌تر پلاک روشی ارائه نکرده است. در مقاله (Lele, Xie, Tasweer Ahmad; Lianwen Jin; Yuliang Liu; Sheng Zhang, 2018) & مدل جدید MD-YOLO را برای تشخیص پلاک خودروهای چند جهته معرفی کرده ایم. مدل پیشنهادی می‌تواند مشکل تشخیص پلاک خودرو چند جهته را حل کند، و همچنین می‌تواند به راحتی در شرایط بلادرنج مستقر شود، زیرا پیچیدگی محاسباتی آن در مقایسه با روش‌های قبلی مبتنی بر CNN کاهش یافته است. با معرفی یک مدل CNN مثبت مانند توجه، چارچوب ALMD-YOLO دقت جدید و پیشرفته‌ای را به دست می‌دهد.

در (Nejati, Majidi, & Jalalat, 2015) به منظور تسریع عملیات، ابتدا اندازه‌ی تصویر را کوچک در نظر می‌گیرد، سپس فیلترهای کاهش نویز گوسی و یکسان‌سازی هیستوگرام اعمال می‌شود، تا با استفاده از بازنمایی لبه‌های عمودی و تحلیل آن بتواند محدوده‌ی پلاک را تعیین کند.

جدید، که مبتنی بر ادغام چندین منطقه با معماری‌های شبکه خنثی کانولوشنال سریع‌تر (Faster-RCNN) است، پیشنهاد می‌شود. به طور خاص، یادگیری عمیق (DL) برای تشخیص پلاک خودرو در تصاویر داده شده استفاده می‌شود. در مقاله‌ی (Ashtari, Nordin, & Fathy, 2014) برای یافتن محل پلاک خودرو از یک روش انطباق الگو مبتنی بر آنالیز پیکسل‌های رنگی هدف استفاده می‌کند که از سرعت بالایی برخوردار نیست. بطور کلی اگرچه روش‌های مبتنی بر رنگ می‌توانند دقت و سرعت بالایی ارائه کنند اما غالباً پیچیدگی محاسباتی بیشتری نسبت به سایر روش‌ها دارند ضمن اینکه در تصاویر غیررنگی ناکارآمد بوده و در مقابل نویز حساس هستند (Du, Ibrahim, Shehata, & Badawy, 2012). اگرچه جداسازی و تشخیص کاراکترهای پلاک خودرو، دو مرحله مجزا در تشخیص خودکار پلاک محسوب می‌شوند (Yoon, Ban, Yoon, & Kim, 2011, 2012)؛ اما دسته‌ای از روش‌ها مبتنی بر کاراکتر هستند که از ابزارهای این دو مرحله در تعیین موقعیت مکانی پلاک بهره می‌گیرند. عموماً تجزیه و تحلیل اجزای متصل (CCA) یکی از ابزارهای پرکاربرد در این روش است که البته چالش‌هایی از قبیل باینری سازی تصویر و کاهش نویز را دارد (Du, Ibrahim, Shehata, & Badawy, 2012). در مقاله‌ی (Panahi, R., & Gholampour, 2016) با استفاده از آستانه‌گیری وفقی مبتنی بر میانگین محلی شدت روشنایی پیکسل‌ها، در یک پنجره با ابعاد  $m \times n$  پیکسل روی تصویر خاکستری، باینری سازی را انجام می‌دهد، سپس با روش RANSAC اصلاح شده، اجزای متصل تصویر باینری را برای یافتن بهترین مدل ناحیه‌ی پلاک خودرو بررسی کرده و با حذف اجزای باینری متصل غیر کاراکتری، محل پلاک تعیین می‌شود. اگرچه در این روش با استفاده از توالی چند فریم، نواحی پس‌زمینه را حذف کرده تا دقت و سرعت مطلوب حاصل شود؛ اما ممکن است با وجود اجزای باینری متصل غیر کاراکتری بیشتر، زمان و خطا افزایش یابد. در میان رویکردهای مختلف تشخیص اشیاء، شبکه‌های عصبی عمیق (DNN) از مزیت دقت تشخیص عالی در صورت ارائه حجم عظیمی

یک الگوریتم (Yesufu, T.K., & Ogundare, B.S. 2019)، یک الگوریتم GrabCut اصلاح شده برای شناسایی و استخراج شماره پلاک خودرو به روشی کاملاً خودکار طراحی شده است. استفاده از الگوریتم سنتی GrabCut را با اضافه کردن یک روش استخراج ویژگی که از اطلاعات هندسی برای استخراج پیش‌زمینه دقیق استفاده می‌کند، گسترش می‌دهد. در مقاله‌ی (Hsieh, Chang, Hung, & Huang, 2009) از روشی مبتنی بر تجزیه و تحلیل رنگ در تصاویری که از ویژگی رنگی چراغ‌های عقب خودرو برای تعیین ناحیه‌ی شامل خودرو بوده است، استفاده می‌کند. همچنین در (Azad, Davami, & Azad, 2013) از فضای رنگی HSV، بلوک‌بندی تصویر، الگوی نواحی و ارزیابی آن، پلاک را با سرعت بالایی استخراج می‌کند. در (Sh.Qin, & S.Liu 2021) از یک شبکه عصبی عمیق سبک و یکپارچه که به صورت سرتاسری بهینه شده و در زمان واقعی با استفاده از ویژگی‌های مشترک و استراتژی یادگیری چند وظیفه‌ای کار می‌کند به طور خاص، برای سناریوهای بدون محدودیت، یک روش بدون متصل برای تشخیص کارآمد کادر مرزی و چهار گوشه پلاک، که برای استخراج و اصلاح ویژگی‌های منطقه هدف استفاده می‌شوند، اتخاذ می‌شود. سپس، یک شاخه شبکه عصبی کانولوشنال جدید برای استخراج بیشتر ویژگی‌های کاراکترها بدون تقسیم‌بندی طراحی می‌شود.

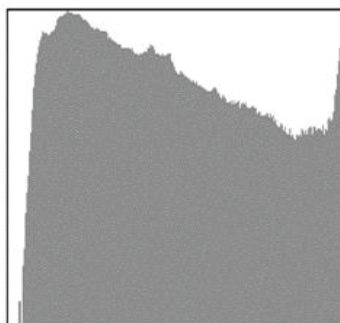
در نهایت، تکلیف شناسایی به عنوان مسائل برچسب‌گذاری دنباله‌ای در نظر گرفته می‌شود که مستقیماً توسط طبقه‌بندی زمانی اتصالگرا (CTC) حل می‌شود. چندین مجموعه داده عمومی شامل تصاویر جمع‌آوری شده از سناریوهای مختلف تحت شرایط مختلف برای ارزیابی انتخاب می‌شوند. در (Mojtaba Sha-hidi Zandi, & Roozbeh Rajabi, Jan 2022) یک سیستم تشخیص پلاک خودرو بر اساس شبکه‌های عصبی کانولوشنی عمیق پیشنهاد شده است. در بخش اول از شبکه YOLOv3 برای تشخیص پلاک خودرو از تصویر ورودی استفاده شده است. YOLOv3 از Darknet53 به عنوان استخراج کننده ویژگی استفاده می‌کند. در (Naaman Omar, Adnan Mohsin Abdulazeez, Abdulkadir Sen-

ویژگی‌های LBP<sup>۱</sup>، مبتنی بر لبه، مبتنی بر رنگ و مبتنی بر کنتراست که در هر دسته از مطالب فوق الذکر به معایب و مزایای آن‌ها اشاره شد. این روش به صورت سلسله مراتبی با توجه به پیچیدگی محاسباتی الگوریتم‌ها بر پایه‌ی شانس موفقیت‌شان مرتب‌سازی شده است بطوریکه بتواند ضمن بکارگیری مزیت آن‌ها، معایب را هم کمزنگ کند. این روش‌ها باعث می‌شوند تا سیستم قابلیت اطمینان بیشتری داشته باشد، اما زمان پاسخ برای هر تصویر بطور پیش‌بینی نشده‌ای به دلیل موفقیت یا عدم موفقیت هر روش در طول سلسله مراتب آن‌ها، متغیر خواهد بود. همچنین به طور کلی پیچیدگی محاسباتی آن افزایش

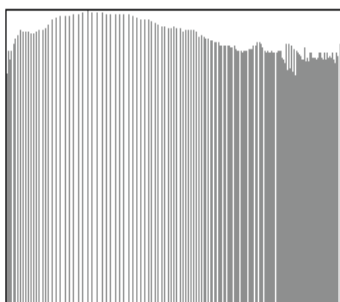
از داده‌های آموزشی برخوردارند. در مقاله (Saeed Khaz- aee- Ali Tourani- Sajjad Soroori- Asadollah Shah- bahrami & Ching Yee Suen, 2020)، یک رویکرد قوی برای تشخیص پلاک خودرو (LPD) بر اساس YOLO v3 پیشنهاد شده است که از دقت تشخیص بالا و عملکرد بالاترین بهره می‌برد. رویکرد ذکر شده می‌تواند مکان پلاک خودروها را به عنوان یک نمایش کلی از حضور خودرو در تصاویر تشخیص دهد.

نویسندگان در مقاله‌ی (Rashedi, & Nezamaba- di-Pour, 2018) از ترکیب چهار روش برای یافتن موقعیت پلاک بهره می‌گیرند. روش‌های کلاسه بندهای آبخاری با

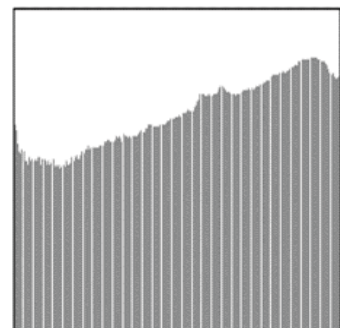
(الف)



(ب)



(ج)

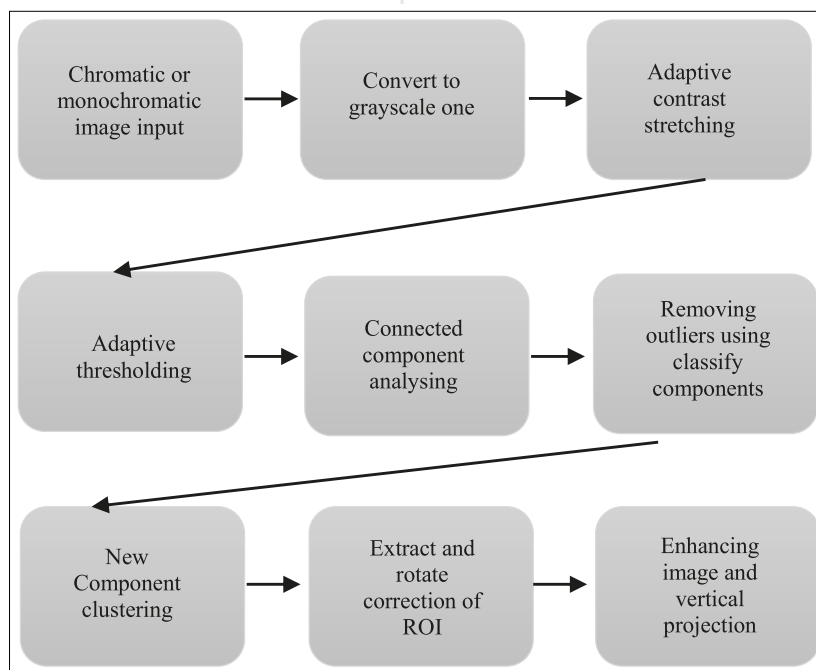


شکل (۲): الف: تصویر اصلی، ب: یکسان سازی هیستوگرام، ج: روش خطی وفقی پیشنهادی به همراه هیستوگرام آن‌ها

## 1- Local Binary Pattern

بهبودهای غیرخطی از جمله یکسان سازی هیستوگرام اغلب بهتر از انواع خطی عمل می‌کنند اما یک ضعف عمده دارند. هر مقدار از تصویر ورودی می‌تواند چند مقدار در تصویر خروجی داشته باشد که باعث می‌شود تا مقادیر صحیح روشنایی مرتبط با پیکسل‌ها در یک تصویر از دست برود (Al-amri, Kalyankar, & Khamitkar, 2010). شکل شماره (۲) نمونه‌ای از اعمال کنتراست‌های غیرخطی و خطی پیشنهادی که در بخش سوم توضیح داده شده، را نشان می‌دهد.

می‌یابد. همچنین در اکثر روش‌های مطرح شده، بهبود تصویر بعنوان یک مرحله‌ی پیش پردازشی مورد توجه قرار دارد. بهبود کنتراست تصویر از این جمله است. به علت تمرکز شدت روشنایی در محدوده‌ی خاص یک تصویر موجب می‌شود تا جزئیات تصویر در آن ناحیه، بیش از اندازه، متراکم و همسان شود. با استفاده از روش کشیدگی کنتراست می‌توان شدت روشنایی تصویر را به گونه‌ای تغییر داد که بیشترین اطلاعات تصویر قابل نمایش باشد. کشیدگی کنتراست موجب افزایش محدوده‌ی



شکل (۳): فلوچارت روش پیشنهادی

در مقاله (خاتمی فیروزآبادی، تقوی فرد، سجادی و بامداد صوفی، ۱۳۹۷) شناخت الگوهای رفتاری مشتریان، خوشه بندی و ارائه خدمت به آن‌ها یکی از مهم ترین مسائل بانکها محسوب می‌شود که پنج ویژگی هریک از مشتریان از پایگاه داده استخراج شد و به کمک الگوریتم کامپانگین خوشه بندی شدند.

### ۳- روش پیشنهادی

به دلیل اینکه ویژگی رنگی نمی‌تواند در مقابل تغییرات رنگی حاصل از شرایط روشنایی مختلف در طول شبانه

دینامیکی سطوح خاکستری در یک تصویر می‌شود. در عمل روش‌های خطی و غیرخطی به طور گسترده‌ای در افزایش کنتراست یک تصویر آزموده شده‌اند. بهبودهای خطی، برای تصاویری با هیستوگرام گوسی و یا نزدیک به آن که تمامی مقادیر روشنایی در یک محدوده متراکم هستند؛ بسیار مناسب هستند. یکی از ساده ترین آن‌ها کشیدگی کنتراست خطی کمینه-بیشینه است. در این روش مقادیر حداقل و حداکثر سطوح روشنایی یک تصویر ثابت تعیین می‌شوند. بنابراین کارایی لازم را برای بهبود کنتراست پلاک خودروها در تصاویر را ندارد.

انتهای بخش مرور ادبیات توضیح داده شد از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Al-amri, Kalyankar, & Khamitkar, 2010).

$$; y) = [f(x, y) - \min] / (\max - \min) \times 255 \quad (1)$$

در این رابطه تصویر خروجی و  $f(x, y)$  تصویر ورودی،  $\min$  و  $\max$  حداقل و حداکثر مقادیر روشنایی تصویر ورودی و ۲۵۵ حداکثر سطح روشنایی که می‌تواند در یک تصویر سطح خاکستری به یک پیکسل نسبت داده شود.

در این مقاله با استفاده از رابطه‌ی (۱) و تعیین مقادیر مناسب  $\min$  و  $\max$ ، یک روش بهبود کنتراست خطی و فقی ارائه شده است. رابطه‌ی (۲) روی هیستوگرام تصویر ورودی یک فیلتر میانه را برای حذف نویز و هموارسازی بکار می‌گیرد. سپس مقادیر مناسب برای  $\min$  و  $\max$  با استفاده از روابط (۳) و (۴) روی این هیستوگرام هموارسازی شده، تعیین می‌شوند.

$$h'_i = \text{median } h_i, \quad i = [0, \dots, 255] \quad (2)$$

$$\min = \begin{cases} i, & \text{if } h'_i < h'_{i+1}, \\ 76, & \text{o. w.} \end{cases} \quad i = [0, \dots, 76] \quad (3)$$

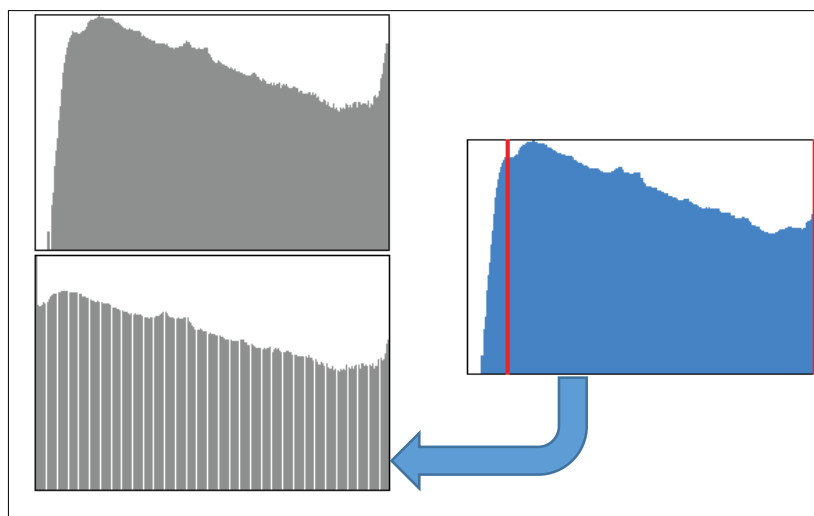
$$\max = \begin{cases} i, & \text{if } h'_{i-1} < h'_i, \\ 128, & \text{o. w.} \end{cases} \quad i = [255, \dots, 128] \quad (4)$$

که مقادیر هیستوگرام با احتمال سطوح خاکستری تصویر

روز، فصول مختلف و مخدوش بودن بخش‌هایی از پلاک مانند گلی شدن ویژگی‌های رنگی که الگوریتم بدان وابسته است؛ مقاوم باشد و همچنین ممکن است الگوریتم را پیچیده و زمان‌بر نماید؛ از تصویر سطح خاکستری به جای آن استفاده می‌شود. کشیدگی کنتراست به عنوان یکی از سریع‌ترین و ساده‌ترین روش‌های بهبود کنتراست تصویر به شکلی که برای بهبود تصاویر شامل پلاک خودرو کارآمد شود؛ اصلاح شده است (بخش ۳-۱). پس از بهبود کنتراست، اهمیت (LSB) سطح روشنایی هر پیکسل (Gonzalez, & Woods, 2008) استفاده شده تصویر را در زمان کمی باینری کند. همچنین در این روش به جای حذف اجزای باینری متصل غیر کاراکتر، سعی می‌شود تا تنها اجزای غیر عددی حذف شوند تا سرعت و دقت کلاسه‌بند ارتقاء پیدا کند. پس از حذف اجزای باینری متصل غیر کاراکترهای عددی، الگوریتم ساده و سریعی ارائه شده است که وضعیت هندسی کاراکترهای عددی در یک صفحه را در نواحی ROI مورد آنالیز قرار می‌دهد تا حدود محل پلاک‌ها در تصویر تعیین شوند. در شکل شماره (۳) مراحل روش پیشنهادی برای موقعیت مکانی و استخراج پلاک خودروهای ایرانی نشان داده شده است.

### کشیدگی و فقی کنتراست

روش کشیدگی کنتراست خطی کمینه-بیشینه که در

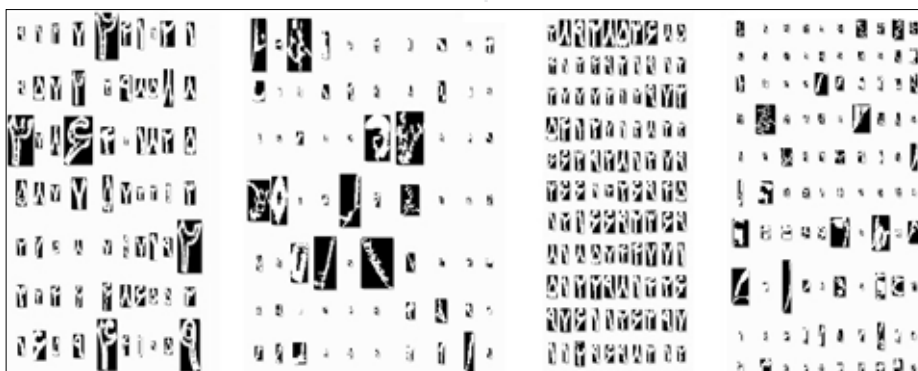


شکل (۴): تعیین دامنه هیستوگرام ورودی با استفاده از هیستوگرام هموار به دامنه خروجی



ویژگی‌های نسبت طول به عرض، فاصله از دیواره‌های افقی و عمودی، ناحیه‌بندی افقی و عمودی و بسامد لبه‌های افقی و عمودی اجزاء شبیه به کارهای انجام شده در مقالات صورت می‌گیرد (Ashtari, Nordin, & Fathy, 2014., Nejadi, Pourghassem, & Majidi, 2013., Panahi, R., & Gholampour, 2016., Rasooli, Ghofrani, & Fatemizadeh, 2011., Salahshoor, Broumandnia, & Rastgarpour, 2014) برای استخراج ویژگی‌های ذکر شده؛

است. برای هر مقدار از هیستوگرام، مقدار میانه در فاصله‌ی ۳ محاسبه می‌گردد. برای محاسبه‌ی min و max به ترتیب پیمایش چپ به راست و راست به چپ روی هیستوگرام هموار () انجام می‌شود تا اولین مقادیر قله‌های محلی بدست آیند. اگر این قله‌های محلی موجود نباشند به ترتیب مقادیر تجربی ۷۶ و ۱۲۸ در نظر گرفته می‌شوند. در شکل شماره (۴) با استفاده از روش توضیح داده شده، تخمین مناسب دامنه ورودی به دامنه خروجی هیستوگرام



شکل شماره (۵): دو ستون سمت چپ و راست به ترتیب داده‌های عددی و غیر عددی از مجموعه‌های آموزشی دیتاست ۱ و ۲

هر جزء به دو قسمت طولی و سه قسمت عرضی یعنی مجموعاً پنج قطعه، تقسیم بندی می‌شود. بخشی از اجزای داده‌های آموزش در شکل شماره (۵) آمده است.

به منظور افزایش دامنه دینامیکی سطوح خاکستری، برای شکل شماره (۲) قسمت الف انجام شده است.

#### باینری سازی و فکی بلادرنگ با استفاده از انتگرال تصویر

روش (Bing, Z., S. Junyi, and P. Qinke, 2004) یک روش ساده، سریع و کارا برای باینری سازی تصویر است. ابتدا در یک گام انتگرال تصویر ورودی محاسبه می‌شود و در گام بعدی میانگین یک پنجره‌ی  $5 \times 5$  با استفاده از انتگرال تصویر برای هر پیکسل در یک زمان ثابت محاسبه شده، سپس مقایسه انجام می‌شود. اگر مقدار پیکسل فعلی  $t$  درصد کمتر از این میانگین بود حداقل مقدار و در غیر این صورت حداکثر مقدار برای آن در نظر گرفته می‌شود.

#### حذف اجزای غیر عددی

پس از تحلیل اجزای متصل در تصویر باینری بدست آمده؛ با استفاده از ماشین بردار پشتیبان، کلاس غیر عدد را از این مجموعه‌ی اجزا حذف می‌کنیم. این کار از طریق یادگیری ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه با استفاده از

#### تعیین ROI پلاک با استفاده از خوشه‌بندی اجزا

برای تعیین محل احتمالی پلاک از یک روش خوشه‌بندی با رویکرد ارتباط بین اجزای پلاک پیشنهاد شده است. استاندارد ابعاد پلاک خودروهای ایرانی  $4/5$  اینچ طول و  $4/5$  اینچ عرض یا  $521$  در  $111/5$  میلی‌متر است. بنابراین نسبت تقریبی طول به عرض پلاک در یک زاویه افقی در تصویر حدود ۵ برابر خواهد بود. نمونه‌ای از پلاک ایرانی در شکل شماره (۶) قابل مشاهده است.



شکل (۶): یک نمونه تصویر از پلاک ایرانی

با توجه به این اطلاع می‌توان حدود طول این نوع پلاک‌ها را

به ترتیب ۲، ۱۰ و ۲۵ در نظر گرفته شده‌اند. در نهایت اجزای این خوشه‌ی پذیرفته شده از لیست اجزاء خارج و مراحل تعیین خوشه برای سایر اجزای باقیمانده تکرار می‌شود تا تمامی این لیست پردازش شوند. به طور کلی پیمایش این لیست شامل اجزا، از چپ به راست و از بالا به پایین صورت می‌گیرد.

در شکل شماره (۷) فلوچارت روش جستجوی نواحی مورد علاقه یا ROIs پلاک خودرو نشان داده شده است. که  $C$  مجموعه‌ی اجزای متصل عددی،  $\beta(C)$  اعمال قیود ذکر شده در بالا روی مجموعه‌ی  $C$ ، مجموعه‌ی  $S$  شامل اجزای احتمالی یک ROI، پاره خط  $A$  با کمترین فاصله نسبت به همه‌ی نقاط مرکزی اجزای مجموعه‌ی  $S$  و  $D(s)$  فاصله‌ی مرکزی هر عضو مجموعه‌ی  $S$  را نشان می‌دهد.

- (1) C set
- (2) If  $C \neq \phi$
- (3) end
- (4) Else {
- (5)  $C \leftarrow C - \{c\} \quad c \in C$
- (6)  $S \leftarrow \beta(C) \quad S \subset C$
- (7) If  $k_1 < S < k_2$  {
- (8)  $l \leftarrow \text{Min}(L(S))$
- (9)  $S \leftarrow S - \{s \mid D(s) > d\} \quad s \in S$
- (10) If  $k_3 < S < k_4$  {
- (11)  $\text{ROIs} \leftarrow \{c\} \cup S$
- (12)  $C \leftarrow C - S$
- (13) Goto (2)}
- (14) Else
- (15) Goto (2)}
- (16) Else
- (17) Goto (2)}

از روی عرض آن نیز تعیین کرد. بنابراین محدوده‌ی احتمالی جهت جستجوی یک ROI مانند شکل ۸ به ازای هر جزء دلخواه از اجزای بدست آمده از مرحله‌ی قبل امکان‌پذیر خواهد بود. یک ناحیه‌ی مربعی به اندازه‌ی  $L$  از وسط ضلع چپ این مربع نسبت به مرکز یک جزء فعلی بعنوان ناحیه‌ی رویشی<sup>۱</sup> محاط می‌شود و قیود زیر برای بدست آوردن نقاط مرکزی اجزای درون این مربع بعنوان یک خوشه شامل اجزای پلاک خودرو در نظر گرفته می‌شوند:

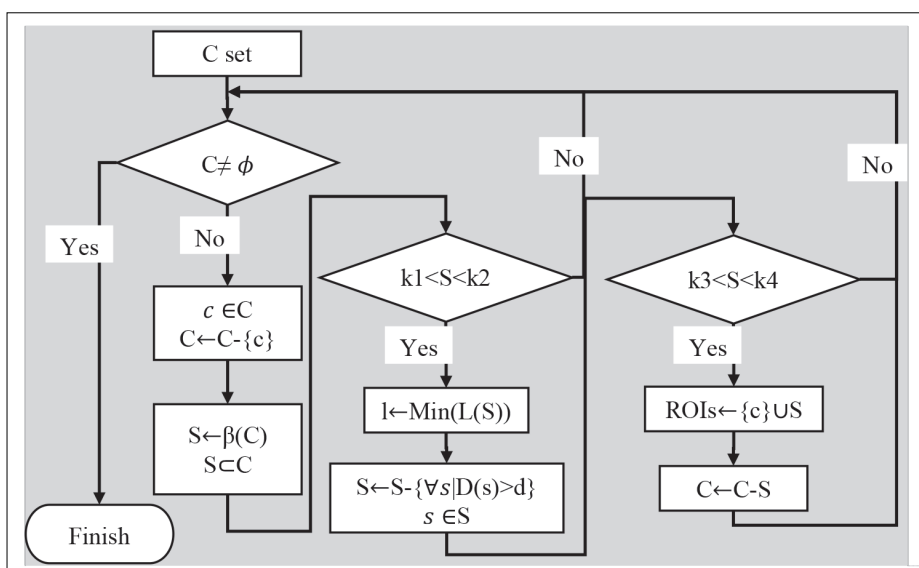
- نقطه‌ی مرکزی هر یک از اجزایی که درون این مربع باشند در یک خوشه در نظر گرفته می‌شوند.
- اگر اختلاف عرض هر جزء با عرض جزء انتخابی بیشتر از مقدار  $T$  باشد، از این خوشه خارج می‌شود.
- فواصل نقاطی از مراکز اجزاء تا جزء انتخابی اگر بیشتر از طول  $L$  باشند از این خوشه خارج می‌شوند.
- نقاط مرکزی اجزاء با زاویه‌ی بیشتر از  $\theta$  نسبت به نقطه‌ی مرکزی جزء انتخابی، از این خوشه خارج می‌شوند.
- تعداد اجزای باقیمانده در این خوشه باید بین مقادیر  $k_1$  و  $k_2$  باشند.

مقدار  $L$  حدود طول پلاکی هست که با توجه به عرض یک جزء فعلی بدست می‌آید. مقدار  $T$  حداکثر میزان اختلاف عرض بین دو جزء می‌باشد که از رابطه‌ی (۵) بدست می‌آید.

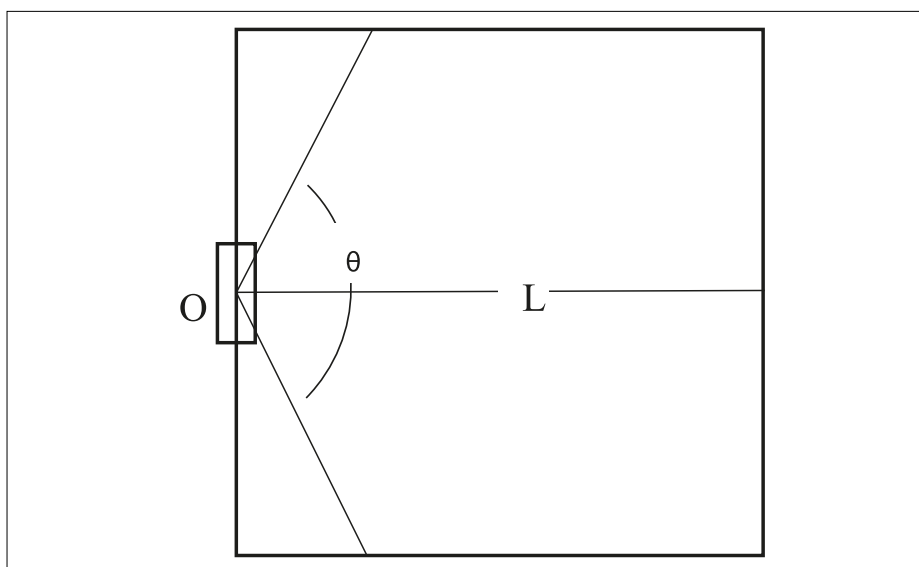
$$T = \alpha \cdot H_c, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (5)$$

مقدار  $\alpha$  ضریب ثابت دلخواهی برای عرض جزء انتخابی هست که به طور تجربی ۳٪ و مقدار  $\theta$  که زاویه‌ی بین نقطه‌ی مرکزی یک جزء انتخابی با نقاط مرکزی اجزا را تشکیل می‌دهد ۶۰ درجه در نظر گرفته شده است. مقادیر  $k_1$  و  $k_2$  ثابت‌های دلخواهی هستند که بصورت تجربی به ترتیب ۲ و ۱۶ در نظر گرفته شده‌اند. در این مرحله، از نقاط مرکزی اجزای بدست آمده لیستی از پاره خطها نسبت به نقطه‌ی مرکزی جزء انتخابی ایجاد می‌شود. سپس پاره خطی با کمترین فاصله نسبت به همه‌ی نقاط مرکزی اجزای این خوشه انتخاب می‌گردد. اجزایی که نقاط مرکزی آنها نسبت به این پاره خط کمتر از  $d$  مقدار که تعدادشان بین  $k_3$  و  $k_4$  باشند، بعنوان یک خوشه‌ی شامل پلاک خودرو پذیرفته می‌شود. مقادیر  $k_3$ ،  $d$  و  $k_4$  بصورت تجربی

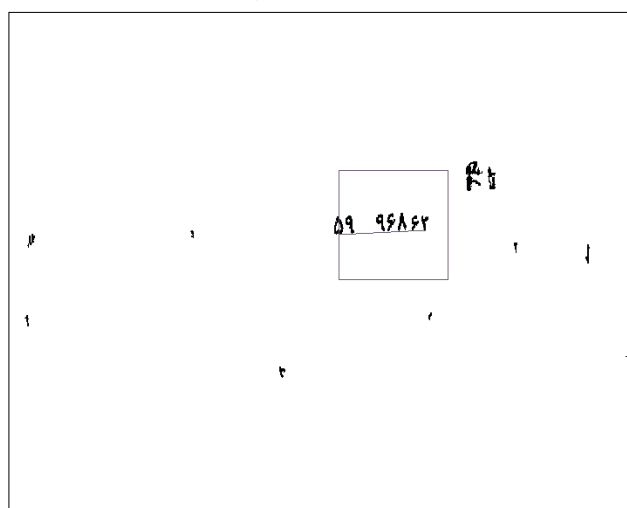




شکل (۷): فلوچارت تعیین ROIs در مجموعه اجزای متصل یک تصویر



شکل (۸): تعیین محدوده‌ی ROI پلاک خودرو ایرانی



شکل (۹): یک نمونه خوشه‌ی بدست آمده از اجزای موجود در صفحه با اعمال قیود

نمونه‌ای از خوشه‌بندی یا تعیین محدوده‌ی ROI روی اجزای استخراج شده در شکل شماره (۹) قابل مشاهده است.

### استخراج ROI و اصلاح چرخش

با استفاده از اطلاعات هر خوشه شامل مکان، طول و عرض اجزای پلاک خودرو و زاویه‌ی پاره خط بدست آمده نسبت به افق می‌توان حدود ناحیه‌ی هر پلاک را در تصویر تعیین کرد. با اطلاع از اینکه هر پلاک خودرو با توجه به شکل شماره (۶) دارای هشت جزء در امتداد یکدیگر می‌باشند؛ برای استخراج ROI از رابطه‌ی (۶) استفاده می‌کنیم. سپس ناحیه‌ی مستخرج، در جهت عکس زاویه‌ی پاره خط بدست آمده از بخش ۶-۳ چرخانده می‌شود تا چرخش پلاک خودرو اصلاح گردد.

$$ROI = \begin{cases} x1 = \text{Min}(\text{Left of components}) - \text{Miss width} \\ y1 = \text{Min}(\text{Top of components}) \\ x2 = \text{Max}(\text{Right of components}) + \text{Miss width} \\ y2 = \text{Max}(\text{Bottom of components}) \\ \text{Miss width} = 6 \times \text{Max}(\text{Height of components}) - \sum_{i=1}^n [1.2(\text{width of } c_i)] \end{cases} \quad (6)$$

که مقادیر  $x1$  و  $y1$  مختصات گوشه‌ی بالا-چپ، مقادیر  $x2$  و  $y2$  مختصات گوشه‌ی پایین-راست یک ROI و Miss width طول از دست رفته‌ی احتمالی را مشخص می‌کنند.

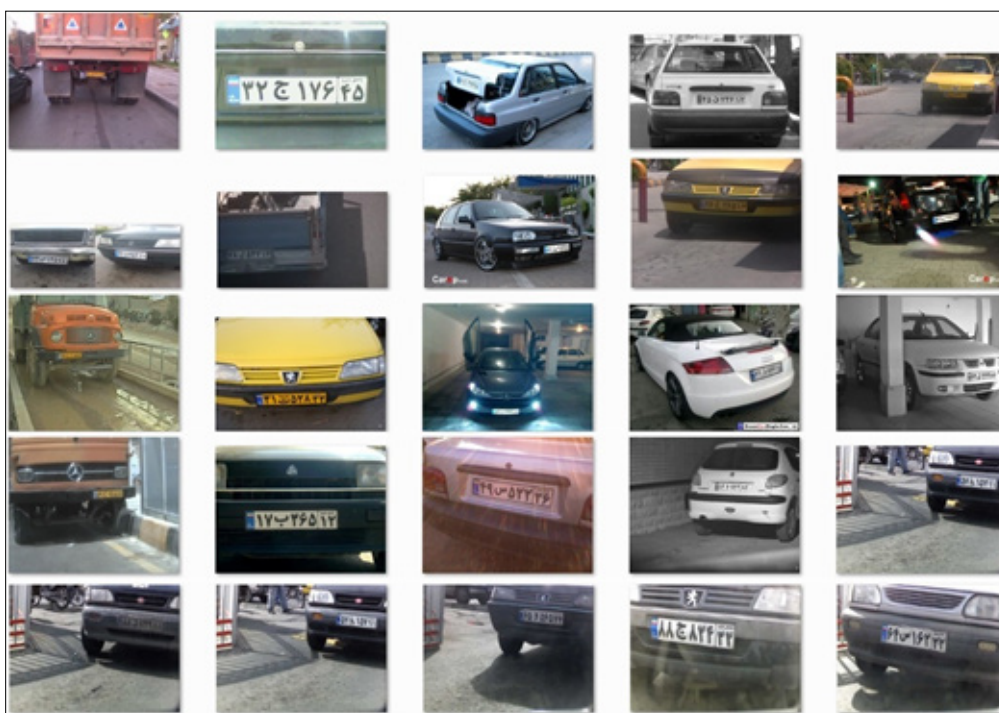


شکل (۱۰): (الف): استخراج و (ب): اصلاح چرخش یک ROI نمونه (به منظور رعایت حریم خصوصی قسمتی از پلاک مخفی شده است) افکشن عمودی برای تعیین محل پلاک خودرو

با وجود اینکه در گام تقطیع می‌توان کاراکترهای ناحیه‌ی یک ROI را جداسازی کرد اما به منظور پردازش بیشتر جهت تعیین دقیق‌تر محل طولی پلاک خودرو، در ابتدا می‌توان با استفاده از فیلتر یکسان‌سازی هیستوگرام، تصویر ناحیه‌ی ROI را بهبود داده، سپس با استفاده از افکشن عمودی و عملیات مورفولوژیک در بخش تعیین محل دقیق؛ محل طولی پلاک خودرو را بدست آورد. در شکل شماره (۱۱) محل دقیق‌تر در امتداد طولی یک ROI نمونه در شکل شماره (۱۰) (ب)، با استفاده از این روش‌ها تعیین شده است.



شکل (۱۱): تعیین محدوده‌ی پلاک از یک ROI نمونه در امتداد طولی (به منظور رعایت حریم خصوصی قسمتی از پلاک مخفی شده است)



شکل (۱۲): بخشی از دیتاست-۱



شکل (۱۳): بخشی از دیتاست-۲

#### ۴- ارزیابی روش پیشنهادی

کارایی روش پیشنهادی روی دو مجموعه داده‌ی کاملاً متفاوت ارزیابی شده است. اولین مجموعه دیتاست-۱ دارای ۶۷ تصویر شامل پلاک خودرو با تنوع زیاد در تغییرات روشنایی، رزولوشن (از ۲۴۷ در ۳۰۸ تا ۱۰۲۴ در ۱۲۸۰ پیکسل)، چرخش (کمتر از ۳۰ درجه) و عمق بی‌تی (۸ و ۲۴ بیت) است

که ۲۴ نمونه برای فاز آموزش در بخش حذف اجزای باینری غیر عددی و بقیه برای تست در نظر گرفته شده‌اند. بخشی از این مجموعه در شکل شماره (۱۲) قابل مشاهده است. دومین مجموعه دیتاست-۲ دارای ۴۹۲ تصویر شامل پلاک خودرو با رزولوشن ۳۲۰ در ۲۴۰ پیکسل به ترتیب در طول و عرض، عمق رنگ ۸ بیت، چرخش مختصر و در

جدول (۱): عملکرد الگوریتم صفحه پیشنهادی

|             | Data set 1 |      |       | Data set 2 |        |        |
|-------------|------------|------|-------|------------|--------|--------|
|             | Train      | Test | Total | Train      | Test   | Total  |
| # of images | 24         | 43   | 67    | 192        | 300    | 492    |
| TP          | 24         | 43   | 67    | 192        | 298    | 490    |
| TN          | 0          | 0    | 0     | 0          | 2      | 2      |
| FP          | 0          | 1    | 1     | 0          | 2      | 2      |
| DU          | 0          | 0    | 0     | 1          | 3      | 4      |
| Error       | 0.0%       | 2.3% | 1.5%  | 0.52%      | 2.34%  | 1.63%  |
| Accuracy    | 100%       | 100% | 100%  | 100%       | 99.33% | 99.59% |

جدول (۲): زمان محاسبه الگوریتم تشخیص صفحه پیشنهادی

|                | Data set 1 |       |        | Data set 2 |      |        |
|----------------|------------|-------|--------|------------|------|--------|
|                | Train      | Test  | Total  | Train      | Test | Total  |
| # of images    | 24         | 43    | 67     | 192        | 300  | 492    |
| CCA            | 39ms       | 37ms  | 38ms   | 3ms        | 2ms  | 2.5ms  |
| Remove outlier | 18ms       | 13ms  | 15.5ms | 2ms        | 3ms  | 2.5ms  |
| Filters + NCC  | 60ms       | 51ms  | 55.5ms | 12ms       | 13ms | 12.5ms |
| Total-Average  | 117ms      | 101ms | 109ms  | 17ms       | 18ms | 17.5ms |

مشخصات ۲٫۱۷ GHz Intel Core Duo CPU و ۴ GB RAM تست شده است.

در جدول شماره (۱) نتایج ارزیابی کارایی روش پیشنهادی برای مکان‌یابی پلاک خودرو در دو مجموعه داده در تعداد تشخیص صحیح (TP)، عدم تشخیص (TN)، تشخیص غلط (FP)، تشخیص تکراری (DU)، نرخ مجموع خطاها (Error) و نرخ صحت (Accuracy) آورده شده است. این ارزیابی نشان می‌دهد که حداقل نرخ صحت در هر دو مجموعه داده‌های تست در حدود ۹۹ درصد است. در حالی که حداکثر نرخ مجموع خطاها در حدود کمتر از ۲٫۵ درصد می‌باشد.

جدول شماره (۲) متوسط پیچیدگی زمانی در آنالیز اجزای متصل (CCA)، فیلترهای سطح خاکستری، کشیدگی افقی کنتراست، باینری سازی افقی و خوشه بندی اجزا (+ Filters) را نشان می‌دهد.

یکروز از خردادماه ساعت ۵ الی ۱۱ قبل از ظهر تهیه شده است که ۱۹۲ تصویر از آن برای فاز آموزش در بخش حذف اجزای باینری غیر عدد و بقیه برای تست در نظر گرفته شده‌اند. بخشی از این مجموعه در شکل شماره (۱۳) قابل مشاهده است.

برای آموزش کاراکترهای غیر عدد، ۲۰۰۰ و برای داده‌های عدد از ۱۴۸۴ قطعه در مجموعه‌های آموزشی دیتاست‌های ۱ و ۲ استفاده شد. از دیتاست‌های ۱ و ۲ مجموعاً کمتر از ۴۰ درصد داده بصورت تصادفی بعنوان داده‌های آموزشی انتخاب شدند که در حدود ۹۵ درصد صحت این ماشین با استفاده از این داده‌ها حاصل گردید (بخش ۳-۳).

روش پیشنهادی با استفاده از C#.NET و فریم ورک پردازش تصویر و یادگیری ماشین Accord.NET (سوزا) و همکاران) پیاده سازی و روی یک PC استاندارد با



شکل (۱۴): نمونه‌ای از دو پلاک پیدا شده به همراه اصلاح چرخش در یک تصویر در اندازه‌ی اصلی که بطور مصنوعی مخدوش شده‌اند

شد. همچنین سعی بر این بوده است با بهره‌گیری از روش‌های ساده و سریع‌تر، پیچیدگی الگوریتم‌ها در هر گام کاهش پیدا کند و بهبود سرعت و صحت را به همراه داشته باشد.

با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته بر روی دو مجموعه داده با تعداد کم اما متنوع، نتایج قابل قبولی ارائه شد. در مجموعه‌ی اول که تنوع زیاد و وضعیت‌های مختلفی دارد با ۲۴ داده به عنوان آموزش و ۴۳ داده‌ی تست، نرخ صحت ۱۰۰ درصد، نرخ خطا به ترتیب ۰ و ۲٫۳ درصد با زمان‌های متوسط ۱۱۷ و ۱۰۱ میلی ثانیه را نشان داده است. همچنین در مجموعه‌ی دوم با تنوع کم اما تعداد بیشتر، ۱۹۲ داده به عنوان آموزش و ۳۰۰ داده‌ی آزمون، به ترتیب نرخ صحت ۱۰۰ و ۹۹٫۳۳ درصد، نرخ خطا ۵۲٪ و ۲٫۳۴ درصد با زمان‌های متوسط ۱۷ و ۱۸ میلی ثانیه را نشان داده می‌دهد. روش پیشنهادی به پلاک‌های ایرانی محدود شده است که دارای زمینه‌ی روشن نسبت به کاراکترهای آن می‌باشد. به عنوان کارهای آتی، با استفاده از همین روش پیشنهادی و تنها معکوس کردن تصویر پس از مرحله‌ی باینری سازی، می‌توان پلاک‌هایی با زمینه‌ی تیره‌تر نسبت به کاراکترها را نیز شناسایی نمود. با توجه به استقلال پردازش روی این دو از نوع پلاک‌ها، می‌توان آنها را در کنار هم بصورت یک جریان موازی در نظر گرفت تا همزمان هر دو نوع پلاک موجود در یک تصویر هم تشخیص داده شوند.

(NCC) و همچنین حذف اجزای غیرعدد (Remove outlier) را نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود در مجموعه داده‌ی تست ۱ که تنوع زیادی هم دارد؛ متوسط پیچیدگی زمانی ۱۰۱ میلی ثانیه و برای مجموعه داده‌ی تست ۲ با تنوع پایین ۱۸ میلی ثانیه است. با توجه به این نتایج و مشخصات معمولی سخت‌افزاری در بستر NET این روش پیشنهادی برای کاربردهای پردازش سریع مناسب خواهد بود. نمونه‌ای از استخراج تصاویر پلاک خودرو با استفاده از روش پیشنهادی در یک تصویر شامل دو خودرو در برنامه‌ی رابط کاربری، قابل ملاحظه است (شکل شماره ۱۴). همان طور که در این تصویر مشاهده می‌شود پلاک‌های خودرو به صورت عمده‌ی دستکاری و مخدوش شده‌اند، ولی با این وجود هنوز هم محل پلاک‌ها توسط روش پیشنهادی قابل موقعیت مکانی هستند.

## ۵- نتیجه‌گیری

موقعیت مکانی یکی از اصلی‌ترین مراحل در فرایند LPR است که در این مقاله، بر مبنای حذف اجزای غیرعددی در تصاویر شامل پلاک خودروهای ایرانی، آنالیز و خوشه‌بندی این اجزا، روشی برای موقعیت مکانی پلاک ارائه شد. این روش می‌تواند تصویر ورودی با اندازه‌های مختلف، تغییر در روشنایی، چرخش، کجی و تا حدی ناخوانایی پلاک، در تصویر را موقعیت مکانی نماید. برای بهبود تصویر ورودی از تکنیک کشیدگی وفقی کنتراست modify شده استفاده

## منابع

خاتمی فیروزآبادی، محمدعلی، تقوی فرد، محمدتقی، سجادی، سیدخلیل، بامداد صوفی، جهانیار، (۱۳۹۷). مدل بهینه سازی چند هدفه تخصیص خدمت به مشتریان بانک با به کارگیری داده کاوی و شبیه سازی، مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند، ۷(۲۵)، ۴۰-۵۰.

- Al-amri, S. S., Kalyankar, N. V., & Khamitkar, S. D. (2010). Linear and non-linear contrast enhancement image. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 10(2), 139-143.
- Ashtari, A. H., Nordin, M. J., & Fathy, M. (2014). An Iranian license plate recognition system based on color features. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 15(4), 1690-1705.
- Azad, R., Davami, F., & Azad, B. (2013). A novel and robust method for automatic license plate recognition system based on pattern recognition. *Advances in Computer Science: an International Journal*, 2(3), 64-70.
- Bing, Z., S. Junyi, & P. Qinke, (2004). An adjustable algorithm for color quantization. *Pattern Recognition Letters*, 25(16), 1787-1797.
- Chong J, Tianhua C, Linhao J 2013 License Plate Recognition Based on Edge Detection Algorithm 9th *International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, pp. 395-398.
- Dehkordi, M. Y., Nikzad, M., Ekhlās, V. R., & Azimifar, Z. (2010, October). A novel approach for fast and robust multiple license plate detection. In *2010 6th Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing* (pp. 1-6). IEEE.
- DSalau, A.O., Yesufu, T.K., Ogundare, B.S.(2019). Vehicle Plate Number Localization Using a Modified GrabCut Algorithm, *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* (2019).
- Du, S., Ibrahim, M., Shehata, M., & Badawy, W. (2012). Automatic license plate recognition (ALPR): A state-of-the-art review. *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology*, 23(2), 311-325.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2008). Digital image processing: Pearson prentice hall. *Upper Saddle River, NJ*, 1, 376-376.
- Han, B. G., Lee, J. T., Lim, K. T., & Chung, Y. (2015). Realtime license plate detection in highresolution videos using fastest available cascade classifier and core patterns. *Etri Journal*, 37(2), 251-261.
- Hongliang, B., & Changping, L. (2004, August). A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology. In *Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, 2004. ICPR 2004*. (Vol. 2, pp. 831-834). IEEE.
- Hsieh, C. T., Chang, L. C., Hung, K. M., & Huang, H. C. (2009, December). A real-time mobile vehicle license plate detection and recognition for vehicle monitoring and management. In *2009 Joint Conferences on Pervasive Computing (JCPC)* (pp. 197-202). IEEE.
- Hui Li, Peng Wang, and Chunhua Shen, Toward End-to-End Car License Plate Detection and Recognition With Deep Neural Networks. *Ieee Transactions On Intelligent Transportation Systems*, Vol. 20, No. 3, March 2019.
- K. Ahmed Nidhal, Enas Hamood Al-Saadi, N. Ammar Dheyaa, and Oday Obaid Hassoon 2022, Automatic localize Iraqi license plate, *AIP Conference Proceedings* 2386, 050014 (2022).
- Lalimi, M. A., Ghofrani, S., & McLernon, D. (2013). A vehicle license plate detection method using region and edge based methods. *Computers & Electrical Engineering*, 39(3), 834-845.
- Lele Xie; Tasweer Ahmad; Lianwen Jin; Yuliang Liu; Sheng Zhang(2018.feb). A New CNN-Based Method



- for Multi-Directional Car License Plate Detection. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* ( Volume: 19, Issue: 2, Feb. 2018).
- Mojtaba Shahidi Zandi, & Roozbeh Rajabi. Jan 2022, Deep Learning Based Framework for Iranian License Plate Detection and Recognition, *Computer Vision and Pattern Recognition*, 18 Jan 2022.
- Naaman Omar, Adnan Mohsin Abdulazeez, & Abdulkadir Sengur, Salim Ganim, & Saeed Al-Ali, 2020, Fused faster RCNNs for efficient detection of the license plates, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Scienc*, Vol. 19, No. 2, August 2020.
- Nejati, M., Majidi, A., & Jalalat, M. (2015, December). License plate recognition based on edge histogram analysis and classifier ensemble. In *2015 Signal Processing and Intelligent Systems Conference (SPIS)* (pp. 48-52). IEEE.
- Nejati, M., Pourghassem, H., & Majidi, A. (2013, April). Iranian license plate character recognition using mixture of MLP experts. In *2013 International Conference on Communication Systems and Network Technologies* (pp. 219-223). IEEE.
- Panahi, R., & Gholampour, I. (2016). Accurate detection and recognition of dirty vehicle plate numbers for high-speed applications. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, 18(4), 767-779.
- Rashedi, E., & Nezamabadi-Pour, H. (2018). A hierarchical algorithm for vehicle license plate localization. *Multimedia Tools and Applications*, 77(2), 2771-2790.
- Rasooli, M., Ghofrani, S., & Fatemizadeh, E. (2011). Farsi license plate detection based on element analysis and characters recognition. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 4(1), 65-80.
- Safaei, A., Tang, H. L., & Sanei, S. (2016). Real-time search-free multiple license plate recognition via likelihood estimation of saliency. *Computers & Electrical Engineering*, 56, 15-29.
- Salahshoor, M., Broumandnia, A., & Rastgarpour, M. (2014, February). Application of intelligent systems for iranian license plate recognition. In *2014 Iranian Conference on Intelligent Systems (ICIS)* (pp. 1-6). IEEE.
- Sarker, M. M. K., Yoon, S., & Park, D. S. (2014). A fast and robust license plate detection algorithm based on two-stage cascade AdaBoost. *KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIIS)*, 8(10), 3490-3507.
- Sh.Qin, & S.Liu 2021. Towards end-to-end car license plate location and recognition in unconstrained scenarios. *Neural Computing and Applications*.
- Yoon, Y., Ban, K. D., Yoon, H., & Kim, J. (2011, October). Blob extraction based character segmentation method for automatic license plate recognition system. In *2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics* (pp. 2192-2196). IEEE.
- Yoon, Y., Ban, K. D., Yoon, H., & Kim, J. (2012, September). Blob detection and filtering for character segmentation of license plates. In *2012 IEEE 14th International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP)* (pp. 349-353). IEEE.
- Zhao, Y., Gu, J., Liu, C., Han, S., Gao, Y., & Hu, Q. (2010, December). License plate location based on Haar-like cascade classifiers and edges. In *2010 second WRI global congress on intelligent systems* (Vol. 3, pp. 102-105). IEEE.
- Zheng, K., Zhao, Y., Gu, J., & Hu, Q. (2012, May). License plate detection using haar-like features and histogram of oriented gradients. In *2012 IEEE International Symposium on Industrial Electronics* (pp. 1502-1505). IEEE.
- Ali Tourani; Asadollah Shahbahrami; Sajjad Soroori; Saeed Khazaei; Ching Yee Suen, (2020). A Robust Deep Learning Approach for Automatic Iranian Vehicle License Plate Detection and Recognition for Surveillance Systems, *IEEE*, November 2020.



brightness changes, rotation, skew, and to some extent, the illegibility of the license plate. The modified adaptive contrast stretching technique was used to improve the input images. Moreover, the authors tried to reduce the complexity of algorithms in each step by using simpler and faster methods so that speed and accuracy are improved. The evaluations performed on two data sets with a small but diverse volume of data revealed some acceptable results. In the first set, which comprised of 24 training data and 43 test data with great diversity and different situations, the accuracy rate was reported as 100%, and the error rate was found to be 0 and 2.3% at average times of 117 and 101 milliseconds, respectively. As for the second set comprised of 192 training data and 300 test data, the accuracy rates were found as 100 and 99.33%, and the error rates were

reported as 0.52 and 2.34% error rates at average times of 17 and 18 milliseconds, respectively.

The method proposed in this study is limited to the license plates of the Iranian cars whose backgrounds are clear in proportionate to their characters. Therefore, in future studies, plates with a darker background in proportionate to the characters can be detected using the same proposed method but inverting the image after the binary stage. Due to the independence of processing on these two types of plates, they can be considered side by side as a parallel stream so that both types of plates can simultaneously be detected in an image.

**Keywords:** License Plate Locating, Adaptive Contrast Stretching, Character Analysis, Clustering

used edge detection, determined the candidate areas, and applied the window motion technique to locate the license plate number, considering the fact the window motion technique is resistant to rotation, distance, and contrast changes, and, therefore, can exactly locate several license plates in a single image.

First, an area-based method is used to improve the contrast in those areas of the image where there might be a plate number so that all areas are uniformed and the background is prepared. Then, the plate is located in different climate conditions, distance, brightness, and rotation using the Sobel operator and morphological operations. However, no method has been offered yet to correct the rotation and locate the plate more accurately. In order to accelerate the operation, first, the intended image needs to be considered in a small size, followed by the application of Gaussian noise reduction filters and histogram smoothing, so that the plate range can be detected via vertical edge representation and analysis.

To detect the plate's location, linear contrast enhancement and Sobel operator are used so that the vertical edges are revealed and the edges are connected together through adaptive morphologic operators. Then, the image of the edge and image of the connected edges are subtracted from each other to remove the extra edges, followed by the calculation of the L1-Norm. Next, the image is turned into a binary image through the Otsu thresholding method, for which the two conditions of the minimum ratio of plate image and the existence of at least six peaks and valleys in the histogram of vertical edges of Iranian plates are examined. The main advantage of this method is its high speed. It should be noted that using morphologic operations in online systems is not cost-effective due to its time-consuming nature, and that histogram analysis is not useful for noisy images and those in which the plate is slightly rotated. Moreover, edge detection alone is of little use, as many areas outside the license plate are also recognized as edges.

In cases where we want to identify the license plate along with its borderlines, Huff conversion could be helpful in finding lines. However, the problem with this method is its time-consuming nature and high processing volume. Another

method to be used for locating the plate number is an image-based texture technique in which characteristics and repetitive patterns of brightness or color changes are analyzed in the license plate. Moreover, the application of Haar-like features is another method commonly used to locate the plate number. In practice, linear and nonlinear methods have been extensively tested to increase the contrast of an image. Linear improvements are particularly useful for images with the Gaussian histogram or close to it where all brightness values are in a dense range, one of the simplest of which is the minimum-maximum linear contrast elongation. In this method, the minimum and maximum brightness values of a still image are determined.

### 3. The Proposed Method

As one of the fastest and easiest ways to improve image contrast, contrast stretching was modified to be effective for improving images containing license plates. After improving the contrast, the importance of the LSB is that it binarizes the brightness level of each pixel used in the image in a short time. Moreover, instead of removing connected binary components of non-character elements, this method tries to remove only non-numeric components to improve the speed and accuracy of the classifier. Following the removal of the connected binary components of non-numeric characters, a fast simple algorithm is presented. This algorithm analyzes the geometric status of numeric characters on a page in ROI areas to determine the location of plates in the image. The method introduced by Bing et al. (2004) is a simple, fast, and efficient method for binarizing an image, according to which the input image's integral is calculated in one step, and then, the average of an  $s \times s$  window is calculated using the image's integral for each pixel at a fixed time, followed by a comparison.

### 4. Conclusion and Suggestions

Determining the location is one of the most important steps in the LPR process. This study sought to propose a method for locating the license plate by removing non-numerical components of the intended images containing the license plates of Iranian cars and analyzing and clustering those components. This method can locate the input images which are characterized by different sizes,