Karafan

Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University

Autumn 2021, Vol. 18, No. 3, p. 237-252

Journal homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/?lang=en

TVU

doi:10.48301/KSSA.2021.130288

20.1001.1.23829796.1400.18.3.12.5

Original Research

E-ISSN: 2538-4430
ISSN: 2382-9796

Design and Implementation of Automatic License Plate Recognition System for Security Gates

Alireza Akoushideh[1]*, Ali Tourani[2], Asadollah Shahbahrami[3], Mojtaba Masoumnezhad[4]

[1]Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.

[2]MSc, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, University of Guilan, Rasht, Iran.

[3]Associated Professor, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, University of Guilan, Rasht, Iran.

[4]Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 01.04.2021
Revised: 04.12.2021
Accepted: 05.09.2021

Keyword:
Car license plate recognition
Machine learning
ITS
Image processing
Computer vision

***Corresponding Author:**
Alireza Akoushideh
Email: *Akushide@tvu.ac.ir*

ABSTRACT

In recent years, intelligent control of entry/exit points particularly based on image processing extracted from surveillance cameras, has been developed. The information obtained from such systems is important for monitoring the traffic and passage of vehicles. It can play an effective role in maintaining public safety and obtaining traffic statistics such as counting traffic at the gates of cities, statistical estimation of clients to organizations, and detecting and tracking suspicious traffic. Vehicles that enter a busy organization are identified at the time of entry and exit and a traffic log including the vehicle image with the license plate number and the date and time of entry and exit are recorded. In this research, a new method for extracting the license plate area is presented. The proposed method uses a combination of Canny vertical edge detection method and examination of connected components to identify candidate areas for the license plate. Experiment results in real conditions (images were taken from surveillance cameras in the organization supporting this research) showed that the proposed method can identify the license plate area of different vehicles in different lighting conditions with accuracy and readability of more than 98% and presents better performance than other state of the art methods.

©2021 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
پاییز ۱۴۰۰، دوره ۱۸، شماره ۳، ۲۵۲-۲۳۷
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir/
doi:10.48301/KSSA.2021.130288
20.1001.1.23829796.1400.18.3.12.5
شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰
شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶
مقاله پژوهشی

طراحی و اجرای سیستم تشخیص خودکار ناحیه پلاک خودرو برای گیت‌های ورودی اماکن حفاظتی

علیرضا آکوشیده[1*]، علی تورانی[2]، اسدالله شاه بهرامی[3]، مجتبی معصوم نژاد[4]

۱- استادیار، گروه مهندسی برق، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.
۲- کارشناسی ارشد گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۳- دانشیار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۴- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵
بازنگری مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۲۳
پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹

کلید واژگان:
تشخیص خودکار پلاک خودرو
یادگیری ماشین
سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند
پردازش تصویر
بینایی ماشین

***نویسنده مسئول:** علیرضا آکوشیده
پست الکترونیکی:
Akushide@tvu.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر، کنترل هوشمند مبادی ورودی و خروجی، به‌ویژه مبتنی بر پردازش تصاویر، بسیار توسعه یافته است. اطلاعات به‌دست‌آمده از چنین سیستم‌هایی برای نظارت بر ترافیک، عبور و مرور وسایل نقلیه مهم می‌باشد. این رویکرد می‌تواند در حفظ امنیت عمومی نقش مؤثری داشته باشد و در به دست آوردن آمار ترافیک مانند شمارش تردد در دروازه‌های شهرها، برآورد آماری مشتریان از سازمان‌ها، شناسایی و ردیابی عبور و مرور مشکوک نقش مؤثری داشته باشد. وسایل نقلیه‌ای که وارد یک سازمان پرتردد می‌شوند، در زمان ورود و خروج شناسایی شده و گزارش ترافیک آن‌ها، از جمله تصویر وسیله نقلیه با شماره پلاک و تاریخ و زمان تردد، ثبت می‌شود. در این تحقیق، ما یک روش جدید برای استخراج ناحیه پلاک خودرو پیشنهاد می‌دهیم. روش ما از ترکیب روش تشخیص لبه عمودی Canny و بررسی اجزای متصل برای شناسایی مناطق نامزد پلاک استفاده می‌کند. آزمایش در شرایط واقعی (تصاویر مستخرج از دوربین‌های نظارتی در سازمان حامی این تحقیق) نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند ناحیه پلاک خودروهای مختلف را در شرایط نوری مختلف با دقت و خوانایی بیش از ۹۸ درصد شناسایی کند و عملکرد بهتری در مقایسه با روش‌های جدید نمایش دهد.

©2021 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند[1] که به اختصار ITS نامیده می‌شوند، جزو جدیدترین راه‌کارهای ارائه‌شده برای مدیریت ترافیک یا کنترل تردد درنظر گرفته می‌شوند. این سامانه‌ها از راه‌حل‌های جدید و مبتنی بر علوم روز دنیا برای حل معضلات ترافیکی، بهبود ایمنی معابر و اهداف نظارتی، استفاده و منابع موجود را با کمک فناوری‌های جدید الکترونیکی، ارتباطی و پردازش اطلاعاتی بهینه‌سازی می‌کنند [۱]. حوزه‌های کاربردی سامانه‌های ITS، در نمایش لحظه‌ای وضعیت ترافیک، اندازه‌گیری سرعت خودروها، تشخیص تخلفات رانندگی و موارد متنوع دیگر است که در این میان، نظارت بر تردد وسایل‌نقلیه به دلیل اهمیت گسترده در اهداف امنیتی، نقش بسیار پررنگی دارد [۲]. امروزه در بسیاری از اماکن مهم مانند دانشگاه‌ها و محیط‌های نظامی که نیاز به کنترل رفت‌وآمد افراد در آن‌ها بیشتر احساس می‌شود، دوربین‌های نظارتی به‌عنوان یکی از ابزارهای سامانه‌های ITS تعبیه شده است که بیشتر به‌منظور ثبت و بایگانی ترددها با هدف بازبینی‌های بعدی مورداستفاده قرار می‌گیرند. درواقع خودکارسازی فرایند نظارت بر تردد در چنین مجموعه‌هایی، قابلیت بهبود در راستای افزایش دقت، کاهش نیاز به نیروی انسانی و کاهش هزینه‌ها را دارد [۳].

طی سال‌های اخیر، برای بهبود شناسایی مالکین خودروها و کنترل تردد، استفاده از سیستم‌های هوشمند مبتنی بر ویژگی‌های بصری[2] است. برای این منظور، سامانه از یک دوربین نظارتی نصب‌شده در مقابل درب ورودی استفاده می‌کند و از پلاک خودرویی که قصد ورود به محوطه را دارد تصویر تهیه می‌کند. این کار با پردازش تصویر خروجی دوربین انجام می‌گردد و بهترین زمان برای تهیه تصویر توسط الگوریتم‌های تشخیص ناحیه پلاک، انتخاب می‌شود [۴]. در مراحل بعدی، تصویر پلاک برای پردازش دقیق‌تر وارد فاز محاسباتی نرم‌افزار می‌شود که با انجام پیش‌پردازش[3]، تصویر پلاک تبدیل به یک تصویر واضح شود و سپس توسط الگوریتم‌های جداسازی[4] و سپس تشخیص حروف و اعداد[5]، کاراکترهای پلاک خوانده و جداسازی شوند. خروجی این سیستم‌ها، تعدادی تصویر تهیه‌شده از خودروها حین ورود/خروج از مقابل درب تردد به‌همراه ویژگی‌های دیگری مانند حروف پلاک، نام مالک خودرو، مجاز بودن یا نبودن خودرو برای ورود و مواردی از این دست خواهد بود.

شناسایی شماره پلاک خودروها در تصویر نیازمند آن است که سه گام اساسی به شکلی پشت‌سرهم اجرا شوند که این سه گام شامل تشخیص محل پلاک (ناحیه مستطیلی دور پلاک خودرو)، جداسازی حروف و ارقام پلاک و درنهایت تشخیص حروف و ارقام جداشده در مرحله دوم است. از آنجایی که هریک از این گام‌ها می‌تواند توسط الگوریتم‌های مختلفی انجام شود، فرایند تشخیص پلاک خودکار خودروها روش‌های اجرای مختلفی دارد. روش‌های مبتنی بر ویژگی خودرو که پلاک خودرو نیز جزو آن محسوب می‌شود، در دنیای امروز بسیار فراگیر هستند که این ویژگی‌ها توسط اعمالی نظیر لبه‌یابی، گوشه‌یابی، یافتن کانتورها و الگوریتم‌های دیگر یافت می‌شوند و عموماً برای تشخیص صحیح، برچسب‌گذاری می‌گردند. تکنیک‌های موجک‌های Haar [۵]، آنالیز اجزای اساسی (PCA) [۶]، تبدیلات منحنی‌واره و مدل گرافیک رایانه‌ای به‌عنوان روش استخراج ویژگی بسیار موردتوجه پژوهشگران قرارگرفته‌اند. غالب راه‌کارهای این دسته، بخشی برای آموزش به سیستم توسط داده‌های آموزشی برای مدل‌سازی مناسب دارند. در این میان، یکی از ویژگی‌هایی که بسیار موردتوجه افراد در تشخیص پلاک واقع می‌شود استفاده از لبه‌های تصویر است. تشخیص لبه[6] فرایندی است که راه‌کارهای مختلفی مانند استفاده از گرادیان تصویر، یادگیری پیکسلی و سلولی، استفاده از تفاوت

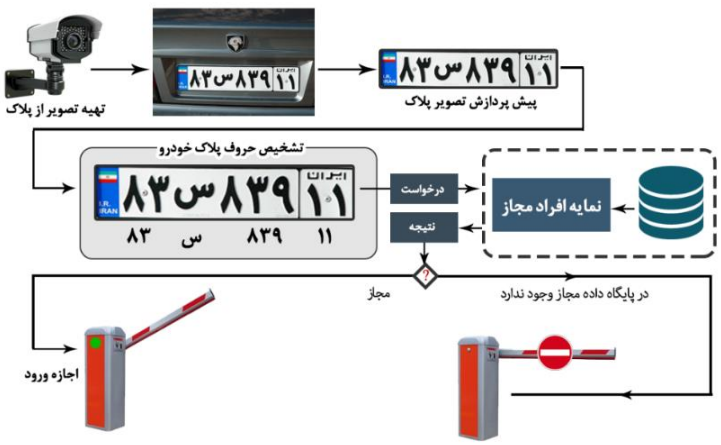
[1] Intelligent Transportation Systems
[2] Vision-based Approaches
[3] Pre-Processing
[4] Segmentation
[5] Optical Character Recognition (OCR)
[6] Edge Detection

شدت نور و رنگ در کانال‌های تصویری مختلف و ... دارد و الگوریتم‌های معروفی مانند لبه‌یابی Sobel، Canny، Roberts، Prewitt و ... در آن یافت می‌شوند. برخی از این الگوریتم‌ها قادرند در فضای رنگی و خاکستری لبه‌های تصویر را پیدا کنند. در این میان، معمولاً از پیکسل‌های همسایه برای تشخیص لبه استفاده می‌شود و هرگونه تغییر ناگهانی در شدت نور یا رنگ تصویر، نمایانگر یک لبه است. برای این منظور، تلاش بسیاری در استفاده از راه‌کارهای مبتنی بر تشخیص پلاک در طول زمان شده است. الگوریتم شماره ۱، شبه‌کد فرایند کنترل تردد مبتنی بر بینایی ماشین و با محوریت تشخیص پلاک را به نمایش می‌گذارد.

الگوریتم ۱. شبه‌کد فرایند کنترل تردد مبتنی بر بینایی ماشین و با محوریت تشخیص پلاک

Begin	
1.	Input: video stream from CCTV camera
2.	Detection of License-plate area
3.	Make a still image *I*
4.	Pre-processing/Cropping
5.	License-plate character recognition
6.	Compare License-plate code *C* to vali list L
7.	If (*C* is a valid person *P*):
	a. Log and open the gate.
8.	Else
	a. Log and make decision.
End.	

شکل ۱ نیز به‌صورت تصویری، فرایند کنترل تردد بیان شده در الگوریتم فوق را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نمای کلی فرایند کنترل تردد مبتنی بر بینایی ماشین و با محوریت تشخیص پلاک

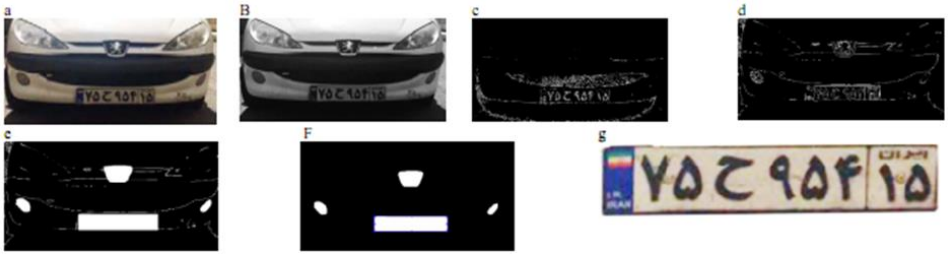
شایان ذکر است که جداسازی حروف پلاک، تشخیص حروف و ارائه خروجی مناسب از دیگر مراحل تشخیص پلاک می باشد که مورد بحث این تحقیق نمی‌باشند. در این مقاله، یک راه‌کار نرم‌افزاری مبتنی بر پردازش تصویر برای تشخیص ناحیه پلاک خودروها ارائه شده است که قادر است فرایند خودکارسازی تشخیص و جداسازی ناحیه پلاک را

با دقت بالای ۹۷ درصد و روی تصاویر تهیه‌شده از دنیای واقعی انجام دهد. بخش‌های دیگر این مقاله، به این شرح ارائه شده‌اند: در بخش دوم، برخی از روش‌های جدید و نیز متداول کنترل تردد مبتنی بر پلاک ارائه شده‌اند. بخش سوم به معرفی مدل پیشنهادی و بخش چهارم، به بررسی نتایج عملکرد پرداخته خواهد شد. درنهایت، مقاله با یک نتیجه‌گیری در بخش پنجم به پایان می‌رسد.

روش‌های جدید و متداول کنترل تردد مبتنی بر تشخیص پلاک

تشخیص ناحیه پلاک خودرو به دلیل کاربرد گسترده و نیاز به روزآمدی الگوریتم‌های استفاده‌شده و افزایش دقت، چندسالی است که بسیار موردتوجه پژوهشگران قرار گرفته است. ویژگی‌های ظاهری قابل‌استخراج در این روش‌ها عموماً توسط اعمالی نظیر لبه‌یابی[1]، گوشه‌یابی[2]، یافتن کانتورها[3] و الگوریتم‌های دیگر یافت شده و عموماً برای تشخیص صحیح، برچسب‌گذاری[4] می‌گردند. در یک راه‌کار تشخیص پلاک مبتنی بر تشخیص لبه، از روش سه همسایه در تشخیص ناحیه و حروف موجود درون پلاک استفاده شده است [۷]. در این روش، لبه‌یابی کامل انجام نشده و تنها همسایه‌های پیکسل مرکزی برای تشخیص لبه درنظر گرفته می‌شود. از آنجایی که همپوشانی مناسبی در میان پیکسل‌ها وجود دارد، لبه‌یابی به شکلی نازک و بهینه انجام می‌شود. برای این منظور، نویسندگان مقایسه‌ای را با روش‌های مرسوم سوبل، رابرتز و پرویت انجام دادند که نتایج آزمایش‌ها حاکی از دقت بالاتر این روش روی تصاویر مختلف بوده است. در پژوهشی دیگر، استفاده از تشخیص پلاک مستقل از چرخش به‌عنوان راه‌کاری مناسب برای پیدا کردن ناحیه پلاک در تصاویر دنیای واقعی که دارای پیچیدگی‌های مختلفی است استفاده شده است که ناحیه پلاک خودرو توسط لبه‌یابی و چرخش لبه‌ها در زوایای مختلف پیدا شده و هرجا که تراکم بیشتری در نواحی لبه‌یابی‌شده وجود داشته باشد، می‌توان انتظار داشت که ناحیه موردنظر کاندیدای مناسبی برای وجود پلاک خودرو باشد [۸]. در این تحقیق، ناحیه پلاک خودرو توسط لبه‌یابی و چرخش لبه‌ها در زوایای مختلف پیدا شده و هرجا که تراکم بیشتری در نواحی لبه‌یابی‌شده وجود داشته باشد، می‌توان انتظار داشت که ناحیه موردنظر کاندیدای مناسبی برای وجود پلاک خودرو باشد. البته در این روش حروف و ارقام با همان زاویه تصویر اصلی از داخل پلاک استخراج‌شده و با استفاده از ممان زرنیک، ویژگی‌های آن‌ها استخراج می‌شود. تابع ممان زرنیک نیازی به چرخش کارکترها ندارد و از ممان‌های متعامد که به‌راحتی برای ساخت ویژگی مستقل از چرخش استفاده می‌شوند، بهره گرفته شده است. البته باید گفت که لبه‌یابی Prewitt نیز برای تشخیص لبه‌های پلاک پیش از اعمال KNN مورداستفاده قرار می‌گیرد. الگوریتم KNN به‌سادگی می‌تواند روی داده‌های مختلف اجرا شده و به دلیل مقاومت بالا در برابر نویز، برای کلاسه‌بندی و جداسازی نواحی پلاک از غیرپلاک استفاده می‌شود. این روش برای پلاک‌های ایرانی تا ۹۶.۱ درصد قادر است که تشخیص پلاک صحیح داشته باشد. تصویری از عملکرد این روش در شکل ۲ نمایش داده شده است.

[1] Edge Detection
[2] Corner Detection
[3] Counters
[4] Labeling

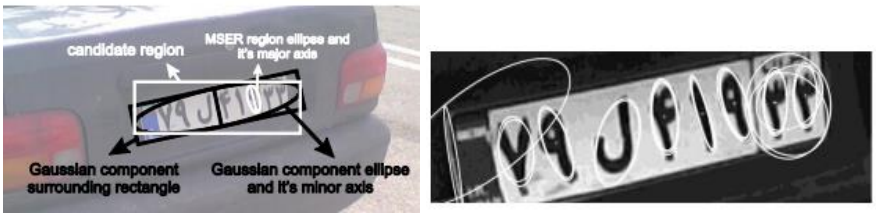


شکل ۲. تشخیص لبه موجود در پلاک به روش ترکیبی KNN و SVM [۸].

تحقیق دیگری که برای تشخیص پلاک ایرانی ارائه شده است از یک مدل هیبرید برای یادگیری ویژگی‌های پلاک و سپس تشخیص آن‌ها بهره می‌برد [۹]. در این پژوهش، از الگوریتم K-نزدیک‌ترین همسایه (KNN)[1] برای پیدا کردن نواحی پلاک و حروف درون آن و همچنین ماشین بردار پشتیبان[2] چند سطحی برای یادگیری سیستم استفاده می‌شود. در پژوهشی دیگر، سیستمی بر اساس راه‌کار محلی‌سازی ناحیه پلاک طراحی شده است که قادر است محتوای محلی درون پلاک را با یک کلاسه‌بند ترکیبی برای تشخیص حروف استفاده کند [۱۰]. این روش از یک راه‌کار تطابق الگوی تغییریافته از پلاک‌های اروپایی استفاده می‌کند که تا حدودی مشابه ساختار پلاک‌های داخلی ایران است. همچنین برای تشخیص شدت رنگ هر پیکسل، از جستجوی ترتیبی برای جداسازی کاندیداهای تشخیص پلاک بر اساس نسبت طول و عرض آن‌ها استفاده می‌کند. الگوریتم‌های تشخیص هاف[3]، سری فوریه و تبدیلات موجک نیز برای بهبود تشخیص ناحیه پلاک استفاده شده است. ارزیابی‌ها نشان داده است که دقت این سیستم در تشخیص صحیح کاراکترهای پلاک ۹۶ درصد بوده است. همچنین در پژوهشی دیگر از راه‌کارهای تشخیص الگو برای شناسایی حروف پلاک خودروها استفاده شده است که دقتی بیش از ۹۵ درصد را به همراه داشته است [۱۱]. در این روش، از رأی‌گیری برای تشخیص ناحیه پلاک استفاده شده و درنهایت ناحیه کاندیدی که بیشترین رأی را کسب کرده است، ناحیه مناسب پلاک خواهد بود. برای آزمودن سامانه، از تصاویر تهیه‌شده واقعی توسط گوشی موبایل استفاده شده است که معضلات مختلفی نیز در تصاویر وجود داشته است. راه‌کار دیگری برای تشخیص پلاک‌های نسبتاً نامشخص ایرانی که به‌واسطه سرعت بالای خودروها یا شرایط روشنایی و آب‌وهوایی چالش‌برانگیز تغییر کرده‌اند، ارائه شده است [۱۲]. در این پژوهش دقتی در حدود ۹۷ درصد در تشخیص ناحیه پلاک و ۹۱ درصد در تشخیص صحیح کاراکترها ارائه شده است که به‌واسطه استفاده از الگوریتم‌های حرکت پنجره‌ای برای تشخیص لبه‌های ناحیه پلاک، نواحی متصل[4] برای شناسایی ناحیه‌های کاندید پلاک بر اساس اتصال لبه‌ها، اعمال نسبت طول و عرض پلاک واقعی برای تشخیص صحیح و همچنین الگوریتم RANSAC برای تخمین بهترین حالت شناسایی حروف پلاک بوده است. در پژوهش دیگر، از راه‌کار خوشه‌بندی برای تشخیص حروف درون پلاک استفاده شده است که بر اساس میزان احتمالات موجود در حروف بودن یا نبودن آن کار می‌کند. اساس این روش نیز بر لبه‌یابی Canny استوار است و می‌تواند ناحیه پلاک و حروف درون آن را تا حد زیادی تشخیص دهد. همچنین الگوریتم EM یا حداکثر تخمین ممکن بر اجزای گوسین ناحیه پلاک، باعث شده تا تخمین دقیقی برای پلاک خودرو براساس اندازه، ابعاد و نسبت طول و عرض آن وجود داشته

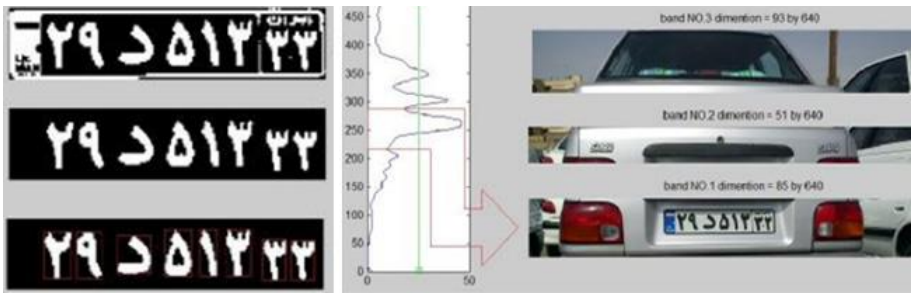
[1] K-Nearest Neighbors (KNN)
[2] Support Vector Machine (SVM)
[3] Hough
[4] Connected Components

باشد. تصویری از چگونگی عملکرد این روش را در شکل ۳ مشاهده می‌کنید. دقت روش پیشنهادی یادشده بیش از ۹۳ درصد ارزیابی شده است.



شکل ۳. تشخیص پلاک و حروف آن توسط اعمال گوسین [۱۲].

راهبرد دیگری جهت تشخیص خودروها در جاده، از روشی مستقل از زاویه و اندازه مبتنی بر ناحیه پلاک و تشخیص حروف آن توسط شبکه عصبی استفاده کرده‌اند [۱۳]. در این روش، پس از تبدیل تصویر دوربین به خاکستری و اعمال لبه‌یابی Sobel در دو جهت افقی و عمودی، با تجمیع تعداد لبه‌های عمودی تصویر نواحی کاندید برای ناحیه پلاک استخراج می‌شوند. این ناحیه دارای تعداد زیادی لبه عمودی (به دلیل وجود حروف پلاک و نوار دور آن) است و با اعمال عمل تصویرسازی، مانند آنچه در شکل ۴ نمایش داده‌شده است، به‌عنوان کاندید انتخاب خواهند شد. خروجی عمل تصویرسازی، ارائه تعدادی ناحیه به‌صورت ناحیه بین خطوط افقی است که پلاک خودرو در آن حضور دارد. با اجرای عملیات مورفولوژی‌ای مناسب روی این نواحی، نویزهای اضافی حذف‌شده و تصویر دودویی حاوی کاندیدهای پلاک وارد مرحله ارزیابی می‌شوند. در مرحله ارزیابی، فاکتورهایی شامل نسبت ابعاد پلاک، نسبت مساحت ناحیه به مساحت مستطیل محاطی، تعداد لبه‌های عمودی موجود و وجود کادر آبی‌رنگ معرف پلاک ملی امتیازدهی شده و محتمل‌ترین ناحیه پلاک بودن انتخاب و جداسازی می‌شود. شناسایی پلاک در تصویر معرف وجود خودرو در آن است و روش موردنظر از این ویژگی جهت واکشی خودروها استفاده می‌کند. همچنین در کاربردهای بیشتر، از شبکه عصبی برای جداسازی حروف پلاک و تشخیص آن بهره می‌جوید که به دلیل متفاوت بودن اهداف این بخش از مقاله با کاربردهای تشخیص خودرو، بررسی نمی‌شوند. با اعمال روش ارائه‌شده بر روی مجموعه داده شامل ۲۳۰ تصویر خودرو، دقت شناسایی ناحیه پلاک در آن در حدود ۸۷/۸۳ درصد بوده است.



شکل ۴. تصاویری از چگونگی عملکرد روش مبتنی بر ناحیه پلاک در تشخیص خودرو [۱۳].

یکی دیگر از راه‌کارهایی که پژوهشگران ارائه کرده‌اند استفاده از یادگیری عمیق[1] بوده که در آن فرایندهای تشخیص ناحیه پلاک و سپس استخراج اعداد و حروف فارسی درون آن به‌صورت یک مسئله دسته‌بندی یکپارچه اجرا شده است [۱۴]. در این روش، از دو شبکه عصبی عمیق آموزش‌دیده‌شده توسط نسخه سوم YOLO استفاده شده که شبکه اول روی داده‌های تصویری پلاک‌های ایرانی تمرکز دارد و ناحیه پلاک را پس از شناسایی در تصویر، جداسازی می‌کند و به شبکه دوم می‌دهد. در شبکه دوم، هریک از حروف و اعداد فارسی که در ناحیه پلاک ورودی یافت شود، با یکی از کلاس‌های موجود تطبیق داده می‌شود. کلاس‌ها شامل اعداد (۰ تا ۹) و حروف (کاراکترهای فارسی معمول و علامت ویلچر برای خودروهای رانندگان کم‌توان) است. این روش دقت ۹۵.۰۵ درصد در شناسایی پایان-به-پایان[2]، از زمان تحویل تصویر تهیه‌شده از خودرو در شرایط واقعی به شبکه تا استخراج صحیح تمامی حروف و اعداد را دارد. همچنین دقت مرحله تشخیص ناحیه پلاک در تصاویر در روش مذکور ۹۷.۸ درصد گزارش شده است.

همان‌طور که اشاره شد راه‌کارهای مختلفی برای تشخیص ناحیه پلاک خودروها وجود دارند که برای بررسی مناسب بودن آن‌ها لازم است که روی مجموعه داده‌های واقعی آزمایش شوند و از دیدگاه دقت تشخیص پلاک در شرایط روشنایی و آب‌وهوایی مناسب بررسی گردند. ازاین‌رو و برای اثبات میزان کاربردی بودن راه‌کار ارائه‌شده، یک مجموعه داده واقعی تهیه گردید و نسخه پیاده‌سازی‌شده مدل پیشنهادی نیز روی آن آزمون و بررسی شد که در بخش بعدی به آن اشاره خواهد شد.

مدل پیشنهادی

برای طراحی یک مدل مناسب و کاربردی تشخیص ناحیه پلاک لازم است که با استفاده از منابع سخت‌افزاری موجود، یک ساختار کارا و مناسب ایجاد شود. در این فاز و ازآنجاکه ساختارهای پیچیده مانند پردازش‌های یادگیری عمیق، نیاز به یک سیستم سخت‌افزاری قدرتمند و مدت‌زمان طولانی برای طراحی مدل دارد، به دلیل محدودیت زمانی تمرکز اصلی مدل طراحی‌شده به یک ساختار «حداقل محصول قابل‌اجرا[3]» معطوف شده است. مدل طراحی‌شده قادر است که یک مجموعه ویدئویی را به‌عنوان ورودی، دریافت و فریم‌های متوالی آن را پردازش و درنهایت یک مجموعه تصویر خروجی مناسب ایجاد کند. سیستم باید ابتدا قابلیت پیش‌پردازش لازم برای تبدیل تصویر ورودی به یک تصویر قابل پردازش را داشته باشد. سپس ویژگی‌هایی شناسایی پلاک خودرو مورد جستجو قرار گیرد و ناحیه پلاک خودرو تشخیص داده شود. این ناحیه برای پردازش بیشتر در حوزه جداسازی کاراکترهای پلاک و سپس تشخیص هریک از آن‌ها تحویل ماژول‌های جداساز[4] و تشخیص کاراکتر[5] قرار می‌گیرد. درنهایت پلاک تشخیص داده‌شده برای مقایسه با مجموعه پلاک‌های موجود در پایگاه داده مورد جستجو قرار می‌گیرد و مجاز بودن یا نبودن خودرو بررسی می‌شود. الگوریتم شماره ۲، شبه‌کد شیوه تشخیص پلاک را به اختصار نمایش داده است.

الگوریتم ۲. شبه‌کد شیوه تشخیص پلاک

ورودی: دریافت ویدئوی RGB به عنوان ورودی	
أ.	استخراج فریم‌های ویدئو و ذخیره آنها در قالب تصاویر RGB
ب.	تبدیل تصویر RGB به طیف خاکستری
ج.	اعمال فیلتر میانه و میانگین‌گیر به‌منظور کاهش نویز احتمالی

[1] Deep Learning
[2] End-to-end
[3] Minimum Valuable Product (MVP)
[4] Segmentation
[5] Character Recognition

ورودی: دریافت ویدئوی RGB به عنوان ورودی	
د.	بهبود کیفیت شدت روشنایی تصاویر با اعمال روش مسطح‌سازی هیستوگرام
ه.	محاسبه قدرمطالق اختلاف فریم پردازش شده (تفاضل پس زمینه)
و.	یافتن لبه‌های عمودی با تکنیک Canny
ز.	تبدیل تصویر طیف خاکستری به باینری با تکنیک سطح آستانه
ح.	اعمال کامپوننت‌های متصل برای فیلترکردن لبه‌های قوی
ط.	حذف لبه‌های ضعیف با تکنیک سطح آستانه
ی.	اعمال عملگرهای مورفولوژی (بستن و بازکردن)
ک.	استخراج حباب‌های هدف به کمک تکنیک نسبت مشخص ارتفاع به پهنا
ل.	ترسیم کادرهای محدودکننده برای هر ناحیه منتخب بر روی تصویر RGB
خروجی: نواحی منتخب پلاک محصور شده در کادر	

در ادامه به مراحل جزئی تشخیص ناحیه پلاک، از قبیل پیش‌پردازش، لبه‌یابی و آستانه‌گذاری و نیز سایر فرایندهای استخراج خروجی مناسب اشاره می‌گردد:

مرحله اول - پیش‌پردازش تصویر

در ابتدا لازم است که پیش‌پردازشی بر روی ویدئوی دریافتی انجام پذیرد. در ابتدا فریم‌های ویدئوی به‌دست‌آمده از دوربین نظارتی در حافظه سیستم به‌صورت متوالی و به منظور پردازش ذخیره می‌شوند. برای مثال، اگر تنظیمات ویدئوی نظارتی به‌صورت ۱۵ فریم بر ثانیه باشد، پس در هر ثانیه، ۱۵ تصویر ثابت وجود دارد که پردازش‌های بعدی بر روی آن‌ها انجام می‌پذیرد.

سپس، تصاویر ورودی که عموماً دارای مدل رنگی RGB است تبدیل به قالب Grayscale می‌شود تا علاوه بر کاهش تعداد کانال ورودی، حجم پردازشی هر فریم نیز کاهش یابد. در مرحله بعدی، فیلتر میانه با هدف کاهش نویزهای موجود در تصویر و بهبود تغییرات پیکسلی و سپس فیلتر میانگین، برای ایجاد توازن در پیکسل‌های همسایه برای پردازش بهتر و یک‌دست‌سازی ناحیه پلاک روی تصویر خاکستری اعمال می‌شوند.

سپس به‌منظور بهبود شدت روشنایی تصویر، از روش مسطح‌سازی هیستوگرام استفاده شده است. شکل ۵، نمایی از بهبود تصاویر خودرو را قبل و بعد از اعمال این تکنیک متداول نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، روشنایی تصاویر پلاک تا حد زیادی، بهبود یافته‌اند.

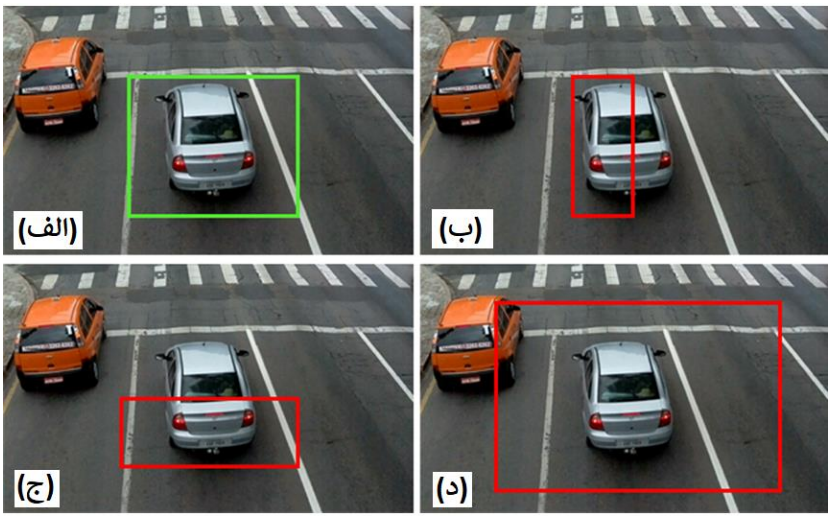
شکل ۵. نمایی از اعمال مسطح‌سازی هیستوگرام به جهت بهبود تصاویر [۱۵]. (الف) تصاویر اصلی، (ب) نمودار هیستوگرام تصویر اصلی، (ج) نمودار هیستوگرام بعد از اعمال الگوریتم مسطح‌سازی و (د) تصاویر بهبودیافته

محاسبه قدرمطلق اختلاف فریم پردازش شده (تفاضل پس زمینه)

در مرحله تشخیص خودروهای متحرک، از روش تفاضل پس‌زمینه استفاده شده است [۱۶]. با اعمال یک روش، شباهت بین بلوک‌های تصویر به‌دست‌آمده و تنها بخش‌هایی از تصویر که شامل سطوح تقریباً یک‌دست و پیوسته هستند، باقی می‌مانند. این مرحله همچنین کمک می‌کند تا بخش‌هایی از تصویر که پس از اعمال فیلترها دچار تغییرات بیشتری شده‌اند، شناسایی شوند و بخش‌های با تغییرات ناچیز برای حذف و نادیده‌گرفته‌شدن، استخراج گردند. این بخش‌های کوچک، توسط اعمال توابع آستانه‌یابی[1] حذف می‌شوند.

خروجی تفاضل پس‌زمینه، یک تصویر دودویی است؛ درصورتی‌که پیکسل تفاضل‌یافته، بخشی از پس‌زمینه باشد با رنگ سفید (مقدار یک) و در غیر این صورت با رنگ سیاه (مقدار صفر) نمایش داده می‌شود. همچنین به‌منظور متمرکز کردن الگوریتم تشخیص خودروی متحرک به بخش خاصی از تصویر، از یک ناحیه تعریف‌شده توسط کاربر (ROI) استفاده می‌گردد. بنابراین عملیات جداسازی پس‌زمینه ثابت از پیش‌زمینه شامل خودروهای در حال حرکت، تنها در این ناحیه انجام می‌پذیرد و ازاین‌رو می‌توان گفت که انتخاب ناحیه ROI مناسب بسیار مهم است. ابعاد ناحیه موردنظر باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که در عین متمرکز کردن الگوریتم برای تشخیص خودرو، فضای در نظر گرفته شده برای جابه‌جایی خودرو در تصویر برای ردیابی و اندازه‌گیری سرعت آن نیز کافی باشد [۱۳]. انتخاب ناحیه مناسب پردازشی ROI موجب می‌شود که از پردازش‌های اضافی بر نواحی‌ای که احتمال قرارگیری پلاک خودرو در آن‌ها صفر است و نیز بخش‌های بی‌تأثیر در تشخیص پلاک و نویزهای تصویر آن نواحی جلوگیری شود و با متمرکز ساختن بار پردازشی به ناحیه خاص تصویر تا حد زیادی به بهینه‌سازی عملکرد سیستم تشخیص پلاک کمک شود. نمونه‌ای از یک ناحیه ROI مناسب در شکل ۶ نمایش داده شده که معیار مناسب بودن ابعاد آن، با سعی و خطا و به‌صورت غیرخودکار توسط کاربر به‌دست‌آمده است.

[1] Thresholding



شکل ۶. نمونه‌ای از انتخاب ناحیه ROI. (الف) ناحیه ROI قابل‌قبول. (ب) غیرقابل‌قبول به دلیل عرض کم. (ج) غیرقابل‌قبول به دلیل ارتفاع کم. (د) غیرقابل‌قبول به دلیل وسعت زیاد [۱۵].

مرحله دوم - لبه‌یابی و آستانه‌گذاری

با اعمال الگوریتم لبه‌یابی Canny[1] [۱۷] و استخراج لبه‌های عمودی تصویر، امکان یافتن پلاک خودرو که تجمیعی از لبه‌های عمودی است، تسهیل می‌شود. با اعمال یک حد آستانه مشخص، نواحی دارای لبه‌هایی که از حد قابل‌قبول برای تعلق داشتن به کلاس پلاک خودرو کمتر یا بیشتر هستند، حذف می‌گردند. همچنین اعمال الگوریتم اجزای متصل[2] [۱۸] برای پیدا کردن بخش‌هایی از تصویر که نواحی توپر دارند و می‌توانند نمایانگر پلاک خودروها باشند نیز تا حد زیادی به یافتن نواحی کاندید پلاک کمک می‌کند. حذف نویزهای موجود در تصویر پردازش‌شده؛ مانند حفره‌های کوچک یا بخش‌های باقی‌مانده از آستانه‌گذاری، توسط اعمال تبدیلات مورفولوژی‌ای[3] [۱۹] انجام می‌شود. این تبدیلات که در پردازش تصویر عموماً به‌عنوان فیلتر بر روی تصاویر دودویی اجرا می‌شوند، گونه‌ای از عملیات ریاضی بر اساس اشکال موجود در تصویر هستند که دارای دو ورودی شامل تصویر دودویی اصلی و هسته (عنصر ساختاری) می‌باشند و یک تصویر دودویی را به‌عنوان خروجی ارائه می‌دهند. از میان تبدیلات متنوعی که وجود دارد، برخی از آن‌ها بسیار رایج هستند و در این پروژه نیز مورداستفاده قرار خواهند گرفت. اصلی‌ترین تبدیلات مورفولوژی‌ای عبارتند از کاهش یا Erosion، گسترش یا Dilation، باز کردن یا Opening و بستن یا Closing [۲۰] واضح است که انتخاب صحیح فیلترها و ترتیب مناسب اعمال آن‌ها در نتیجه نهایی، بسیار تأثیرگذار خواهد بود.

برخی تبدیلات دیگر پردازش تصویر نیز به‌صورت پرکاربردی مورداستفاده قرارگرفته‌اند. یکی از این تبدیلات، عملیات پر کردن سیلابی یا پر کردن حفره‌ها است که درون عناصر به هم متصل را به‌وسیله پیکسل‌های تعریف‌شده‌ای با توجه به میزان نزدیکی و روشنایی آن‌ها پر می‌کند. در پایان اعمال این فیلترها، نواحی حاوی تصویر پلاک به‌دست خواهد آمد که ممکن است چندین ناحیه منتخب برای پلاک بودن خودرو درنظر گرفته شود. تمامی کاندیداهای پلاک

[1] Canny Edge Detection
[2] Connected Components
[3] Morphological Transforms

خودرو، برچسب‌گذاری شده و توسط اعمال الگوریتم Hough [۲۱] برای یافتن شکل مستطیلی پلاک در تصویر، الگوریتم یافتن مستطیل‌های چرخش‌داده‌شده یا Rotated Rectangles برای یافتن پلاک مستطیلی‌شکل حتی در صورت داشتن زاویه و الگوریتم‌های پس‌پردازش و حذف نویز دیگر، ناحیه حاوی پلاک خودرو به دست خواهد آمد. در نهایت، یک فیلتر پردازشی برای مقایسه نواحی باقی‌مانده در تصویر با ویژگی‌های یک پلاک خودروی رایج، شامل نسبت طول و عرض و همچنین ابعاد به واحد پیکسل، روی تصویر اعمال می‌شود. خروجی این مراحل، شامل تعدادی مربع‌های محاط‌شده به‌عنوان Bounding-Box روی نواحی منتخب پلاک خودرو خواهد بود.

بررسی نتایج عملکرد

برای بررسی عملکرد سیستم، نسخه اولیه آن توسط زبان برنامه‌نویسی C# و با استفاده از کتابخانه Emgu.CV نسخه ۳.۲ [۲۲] پیاده‌سازی شد. دلیل انتخاب این محیط برنامه‌نویسی را می‌توان «سرعت بالا»، «وجود توابع پردازش تصویر» و همچنین «امکان اجرا در قالب واسط کاربری.NET» بیان کرد. از آنجایی‌که هدف از پیاده‌سازی راه‌کار پیشنهادی، استفاده از آن در شرایط واقعی بوده است، الگوریتم ارائه‌شده توسط زبان برنامه‌نویسی و کتابخانه مذکور پیاده‌سازی گردید و نسخه‌ای از آن در شرایط واقعی در ورودی دانشگاه فنی‌وحرفه‌ای استان گیلان، دانشکده شهید چمران رشت، نصب گردید تا تنظیمات نرم‌افزاری و الگوریتمی سیستم پیشنهادی راستی‌آزمایی گردد. تصاویر آماده‌سازی و آزمون عملیاتی در شکل ۷ نمایش داده شده است. در ادامه، به معرفی مجموعه داده و نتایج حاصل از آزمون اشاره خواهد شد.

(الف) (ب)

شکل ۷. نمایی از آزمون عملیاتی محصول. (الف) جانمایی دوربین نظارتی و (ب) تشخیص ناحیه پلاک

جمع‌آوری داده‌ها

یکی از مهم‌ترین مسائل در حوزه تشخیص پلاک، این است که داده‌های واقعی برای ارزیابی سیستم، آموزش آن، طراحی مدل و الگوریتم و حتی پیکربندی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری سیستم، مورد استفاده قرار گیرد. جمع‌آوری داده، فرایندی بسیار پیچیده و طاقت‌فرسا می‌باشد و لازم است که دقت زیادی در هنگام تهیه مجموعه داده مناسب وجود داشته باشد. داده‌هایی که برای تشخیص پلاک مورداستفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند به دو نوع اصلی ویدئو و تصویر ثابت باشند. در تصویر ثابت، لازم است که مشخصات پلاک، مناسب و ناحیه پلاک به خوبی در تصویر مشخص باشد. یک تصویر خوب، دارای کیفیت مناسب (دوربین تهیه تصویر با نرخ حداقل ۲ مگاپیکسل)، ابعاد مناسب (نسبت طول و عرض)، عمق و کنتراست تصویر بالا و همچنین حجم معقول ذخیره‌سازی است. اگر مجموعه داده به‌صورت ویدئویی باشد نیز لازم است که در کنار موارد یادشده، نرخ تصویربرداری (فریم بر ثانیه) مناسبی نیز برای تهیه تصویر وجود داشته باشد. هرچه میزان نرخ تصویربرداری بیشتر باشد، تعداد تصاویری که در واحد ثانیه از پلاک خودرو تهیه

می‌شوند نیز بیشتر خواهد بود. در سامانه جاری که میزان شفافیت تصویر بسیار اهمیت دارد و لازم است که تصویر شفاف و دقیقی از خودرو و پلاک آن تهیه شود، نرخ تصویر برداری ۱۰ فریم بر ثانیه نیز مناسب خواهد بود. همچنین دوربین با کیفیت ۲ مگاپیکسل که در فاصله بین ۱ الی ۲.۵ متری خودرو قرار داشته باشد نیز کفایت می‌کند. تصویر نهایی باید به‌گونه‌ای باشد که ناحیه‌ای که پلاک خودرو درون آن قرار دارد را به‌طور کامل پوشش دهد. همچنین حتی‌الامکان کمترین زاویه ممکن بین دوربین و پلاک خودرو وجود داشته باشد. یک تصویر پلاک خوب، عاری از هرگونه تاری و مات‌شدگی می‌باشد و تصویر پلاک به شکل یک مستطیل درون آن قرار می‌گیرد. شکل ۸، تصاویر پلاک مناسب، چالش‌برانگیز و نامناسب را نمایش می‌دهند.

شکل ۸. نمونه‌هایی از انواع تصویر پلاک. تصویر سمت راست: مناسب، تصویر وسط: چالش‌برانگیز و تصویر سمت چپ: نامناسب.

در تحقیق پیش رو، برای تهیه مجموعه دادگان مناسب در راستای ارزیابی سیستم، دو راهبرد کلی تهیه تصاویر حاوی پلاک خودروها پیشنهاد و اقدام شده است. در گام نخست، یک مجموعه داده شرایط واقعی (A) توسط دوربین گوشی همراه از خودروهای مختلف تهیه و برداشت شده است. این مجموعه داده، حاوی بیش از ۹۰۰ تصویر از خودروهای متوقف و درحال حرکت بوده که در شرایط روشنایی و آب‌وهوایی مختلف تهیه شده است. دوربین تهیه تصویر، دو مگاپیکسل و رنگی بوده و تصویر خودرو در فواصل یک الی ۵ متری از دوربین و با زاویه‌های صفر الی حدود ۳۵ درجه قرار دارند.

دومین مجموعه (B) با حمایت و هماهنگی پارک علم و فناوری گیلان در ورودی مجتمع کارگاهی و نیمه صنعتی فشتام تهیه گردید. این مجموعه از دادگان، کاملاً شرایط واقعی را در آب‌وهوا و روشنایی مختلف در خود دارد و قادر است نقاط قوت و ضعف راه‌کار پیشنهادی را به شکلی مناسب نمایش دهد. برای این منظور، یک دوربین با کیفیت دو مگاپیکسل در ارتفاع ۱.۷ متری از سطح زمین و با زاویه حدود ۳۰ درجه نسبت به زمین مستقر شد و تصویر خودروهای ورودی به مجموعه، با نظارت یک اپراتور انسانی تهیه و ذخیره گردید. این مجموعه داده کاملاً شرایط واقعی را در آب‌وهوا و روشنایی مختلف در خود دارد و قادر است نقاط قوت و ضعف راه‌کار پیشنهادی را به شکلی مناسب نمایش دهد. جدول ۱، مختصری از اطلاعات این دو مجموعه داده را به نمایش گذاشته است. شکل ۹ برخی از تصاویر بانک‌های داده را به نمایش گذاشته است.

جدول ۱. مشخصات مجموعه داده تهیه‌شده و به‌کارگرفته شده در تحقیق

مجموعه داده	مشخصات فایل	مشخصات فریم‌ها
بانک داده A	۹۳۲ تصویر ثابت	تهیه شده توسط گوشی موبایل با کیفیت ۲ مگاپیکسل در شرایط روشنایی و آب‌وهوایی مختلف
بانک داده B	۲۳۸۵ تصویر ثابت مستخرج از فایل ویدئویی از لحظه ورود خودرو در شرایط مختلف	تهیه‌شده توسط دوربین نظارتی با کیفیت ۲ مگاپیکسل با قابلیت تهیه ویدئو به مدت محدود (کمتر از ۱۰ ثانیه) از لحظه ورود خودرو به محل

(الف)

(ب)

شکل ۹. نمونه‌هایی از تصاویر مجموعه بانک داده (الف) A و (ب) B

نتایج تجربی و عملی به‌دست‌آمده

برای بررسی عملکرد سیستم طراحی‌شده در شرایط مختلف، یک آزمون برای ارزیابی دقت تشخیص ناحیه پلاک خودروها انجام پذیرفته است. برای این منظور، میزان موفقیت سیستم در شناسایی صحیح ناحیه پلاک خودروها، معیاری بر دقت و کارایی آن در نظر گرفته شده است. در این میان، یکی از اصلی‌ترین گام‌ها، تعریف یک ناحیه ROI جهت محدودسازی هر تصویر به یک ناحیه شامل پلاک با هدف کاهش پیچیدگی‌های محاسباتی و خطاهای احتمالی بوده است. برای این منظور، بخشی از میدان دید دوربین که پلاک یک خودرو درون آن جای می‌گیرد را به‌عنوان ناحیه مذکور انتخاب کرده و پردازش و محاسبات را در آن ناحیه انجام داده‌ایم. اگرچه در دیتاست‌های ارائه شده این اصل به‌صورت پیش‌فرض وجود داشت ولی در کاربردهای واقعی این موضوع می‌تواند تأثیر به‌سزایی در کارایی محصول داشته باشد. همچنین برای ارزیابی دقت تشخیص ناحیه پلاک خودرو، از دو نسبت مهم و کاربردی دقت[1] و بازخوانی[2] استفاده شده است. مقادیر این دو نسبت، از روابط ۱ و ۲ به‌دست می‌آیند:

$$Precision = TP \,/\, (TP + FP) \quad (۱)$$

$$Recall = TP \,/\, (TP + FN) \quad (۲)$$

[1] Precision
[2] Recall

در این روابط، مقدار TP به مثبت واقعی[1] یا تعداد نواحی پلاک به‌درستی تشخیص‌داده‌شده، FP به مثبت کاذب[2] یا تعداد پلاک‌های به‌اشتباه تشخیص‌داده‌شده و FN به منفی کاذب[3] تعداد پلاک‌های تشخیص‌داده‌نشده اشاره دارند. جدول ۳، نتایج ارزیابی دقت سیستم پیشنهادی در تشخیص پلاک را نمایش داده است. فرایند راستی‌آزمایی به‌صورت نظارتی و توسط یک گروه انسانی انجام پذیرفته است و احتمال خطا در آن تقریباً نزدیک به صفر است؛ زیرا خروجی تولیدی توسط سامانه (کلاس‌های پیداشده) و خروجی واقعی مقایسه شده و نتایج درج‌شده در جدول ۲ به‌دست آمده است. همچنین، راه‌کار پیشنهادی در مقایسه با دو راه‌کار دیگر ارائه‌شده در بخش کارهای مرتبط، بر مجموعه داده و محیط عملیاتی تشریح‌شده، آزمون شد که نتایج آن در جدول ۲ مشهود است.

جدول ۱. مشخصات مجموعه داده تهیه‌شده

روش مورداستفاده	مثبت واقعی	منفی کاذب	مثبت کاذب	دقت	بازخوانی
راه‌کار پیشنهادی	۲۳۱۲	۴۳	۳۰	۰.۹۸۷۱	۰.۹۸۱۷
روش سه‌همسایه [۷]	۲۲۴۱	۸۳	۶۱	۰.۹۷۳۵	۰.۹۵۶۹
روش ترکیبی [۹]	۲۲۷۳	۶۴	۴۸	۰.۹۷۹۳	۰.۹۷۲۶

همان‌طور که مشاهده می‌شود راه‌کار پیشنهادی قادر است تا مقادیر دقت و بازخوانی بهتری را روی مجموعه داده واقعی نمایش دهد. شایان ذکر است که دلیل پایین بودن برخی از دقت‌ها در تشخیص پلاک خودروها را می‌توان به دلایل زیر مرتبط دانست:

مناسب نبودن یا چالشی بودن تصویر

در صورتی که تصویر تهیه‌شده از خودرو که شامل ناحیه پلاک آن است با تنظیمات کلی سامانه در تضاد باشد؛ عملکرد سیستم مناسب نخواهد بود. برای نمونه، در برخی از تصاویر دیتاست، خودرو به‌درستی و در مسیر مشخص دوربین وارد نشده و با زاویه زیاد نسبت به محل نصب دوربین از آن تصویر تهیه شده است. این موارد باعث می‌شود که سامانه نتواند ناحیه پلاک خودرو را به‌درستی تشخیص دهد. همچنین در مواردی مانند کمبود نور محیط (غروب و شب) یا شرایط آب‌وهوایی بارشی، تشخیص ناحیه پلاک خودرو با معضل روبه‌رو شود که تأثیر منفی در عملکرد سامانه داشته است.

لرزش و حرکت دوربین در هنگام تهیه تصویر

درصورتی که به هر دلیلی مانند وزش باد شدید، دوربین در معرض لرزش قرار داشته باشد، تصویر تهیه‌شده تار می‌باشد و می‌تواند منجر به عدم‌وضوح مناسب ناحیه پلاک شود که یکی دیگر از مواردی است که تشخیص این ناحیه را با مشکل روبه‌رو می‌سازد.

[1] True-Positive
[2] False-Positive
[3] False-Negative

وجود مانع یا نویز در مقابل ناحیه پلاک

وجود نویز در هنگام تهیه تصویر توسط دوربین (به دلایلی مانند جذب نور زیاد از محیط) یا در هنگام ارسال، در کنار وجود مانع انسانی درحال عبور از مقابل خودرو، می‌تواند فرایند تشخیص ناحیه پلاک را با مشکل روبه‌رو کند و سامانه، قابلیت شناسایی این ناحیه را نداشته باشد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک راه‌کار استخراج ناحیه پلاک خودروها در تصاویر ورودی اماکن مختلف ارائه شد که برای کاربردهای نظارتی و کنترل تردد، قابل‌استفاده خواهد بود. روش پیشنهادی از ترکیب روش تشخیص لبه عمودی Canny و بررسی اجزای (کامپوننت‌های) متصل برای شناسایی مناطق نامزد پلاک خودرو استفاده می‌کند. نتایج تجربی نشان می‌دهد که اعمال پیش‌پردازش‌هایی همچون فیلترهای میانه و میانگین‌گیر، در شناسایی نواحی، کمک مؤثری می‌کند. همچنین، اعمال عملگرهای مورفولوژی و محاسبه نسبت ارتفاع به پهنا نواحی شناسایی شده، دقت تشخیص را بالا می‌برد. روش پیشنهادی قادر است که پلاک خودروها را با مقادیر دقت و بازخوانی به‌ترتیب ۹۸.۷۱ و ۹۸.۱۷ درصد تشخیص دهد. ویژگی مهم راه‌کار پیشنهادی، قابلیت عملکرد در دنیای واقعی و در شرایط متغیر واقعی می‌باشد که شامل شرایط روشنایی، محیطی و آب‌وهوایی مختلف است. همچنین برای آزمون راه‌کار پیشنهادی، یک مجموعه داده واقعی از گیت‌های ورودی تهیه شد و نسخه پیاده‌سازی‌شده روی آن آزمایش گردید.

به‌عنوان فعالیت‌های آینده می‌توان به استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای شناسایی بلادرنگ خودرو با دقت بسیار بالا، مجهز کردن سیستم به مرحله تشخیص کارکترهای درون پلاک، بازبینی مرحله پیش‌پردازش به‌منظور افزایش کارآمدی طیف تصاویر ورودی به سامانه برای پردازش و همچنین آزمون و مطابق‌سازی سیستم برای شرایط پارکینگ‌های فضای بسته اشاره کرد.

سپاسگزاری

بخشی از این پروژه تحت قرارداد ۹۷/۶۱۹۲ و در قالب کانون شکوفایی خلاقیت پارک علم و فناوری گیلان انجام گرفته است. در اینجا از حمایت‌های مدیران محترم آن مجموعه و نیز آقای مهندس عبدالرضا جوافشانی نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

References

[1] Maimaris, A., & Papageorgiou, G. (2016, Nov 1-4). *A review of Intelligent Transportation Systems from a communications technology perspective.* 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Rio de Janeiro, Brazil https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7795531

[2] Yang, Z., & Pun-Cheng, L. S. (2018). Vehicle detection in intelligent transportation systems and its applications under varying environments: A review. *Image and Vision Computing*, *69*, 143-154. https://doi.org/10.1016/j.imavis.2017.09.008

[3] Sumalee, A., & Ho, H. W. (2018). Smarter and more connected: Future intelligent transportation system. *IATSS Research*, *42*(2), 67-71. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2018.05.005

[4] Mahmood, Z., Khan, M. U. S., Jawad, M., Khan, S. U., & Yang, L. T. (2015, Aug 24-26). *A Parallel Framework for Object Detection and Recognition for Secure Vehicle Parking.* 2015 IEEE 17th International Conference on High Performance

Computing and Communications, 2015 IEEE 7th International Symposium on Cyberspace Safety and Security, and 2015 IEEE 12th International Conference on Embedded Software and Systems, New York, NY, USA. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7336278

[5] Hu, W., Zhou, R., El-Rafei, A., & Jiang, S. (2019). Quantum Image Watermarking Algorithm Based on Haar Wavelet Transform. *IEEE Access*, *7*, 121303-121320. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2937390

[6] Nelson, R., & Roberts, R. (2021). Some Multilinear Variants of Principal Component Analysis: Examples in Grayscale Image Recognition and Reconstruction. *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine*, *7*(1), 25-35. https://doi.org/10.1109/MSMC.2020.3012304

[7] Ashori, M., Haghiri, M., Tabasi, H., & Soleimanifard, A. (2014, October19). *An efficient algorithm for detecting the edges of colour images based on edge detection and the nature of the image concept.* Symposium on Advances in Science & Technology, Mashhad, Iran.

[8] Doran, M. J., & Broumandnia, A. (2013, 22/04). *The use of license plate recognition independent of rotation in intelligent transportation system.* 12th international conference on transportation and traffic engineering, Tehran, Iran. https://www.tpbin.com/Article/35229

[9] Tabrizi, S. S., & Cavus, N. (2016). A Hybrid KNN-SVM Model for Iranian License Plate Recognition. *Procedia Computer Science*, *102*, 588-594. https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.447

[10] 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. https://doi.org/10.1109/TITS.2014.2304515

[11] Azad, R., Davami, F., Jeo, J., & Shayegh, H. R. (2014, May 27-29). *New framework based on complementary methods for efficiency and accuracy of license plate recognition system* 2014 6th Conference on Information and Knowledge Technology (IKT), Shahrood, Iran. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7030353document/ 7030353

[12] Yuan, Y., Zou, W., Zhao, Y., Wang, X., Hu, X., & Komodakis, N. (2017). A Robust and Efficient Approach to License Plate Detection. *IEEE Transactions on Image Processing*, *26*(3), 1102-1114. https://doi.org/10.1109/TIP.2016.2631901

[13] Rahmani, M., Fazli, S., & Mohammadi, S. (2011, 03/22). *detection and tracking and classification of vehicles with image processing techniques for intelligent transportation system.* 11th international conference on transportation and traffic engineering, Tehran, Iran. https://www.tpbin.com/article/34967

[14] Tourani, A., Shahbahrami, A., Soroori, S., Khazaee, S., & Suen, C. Y. (2020). A Robust Deep Learning Approach for Automatic Iranian Vehicle License Plate Detection and Recognition for Surveillance Systems. *IEEE Access*, *8*, 201317-201330. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3035992

[15] Ali Tourani, A. S., Alireza Akoushideh,. (2019). Instantaneous Vehicle Speed Measurement using Relative-Discriminative Histogram of Oriented Gradient. *Iranian Computing Science Journal (CSJ)*, *12*(42-54). https://doi.org/10.5815/ijigsp.2019.04.04

[16] Chen, S., Zhang, J., Li, Y., & Zhang, J. (2012). A Hierarchical Model Incorporating Segmented Regions and Pixel Descriptors for Video Background Subtraction. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *8*(1), 118-127. https://doi.org/10.1109/TII.2011.2173202

[17] Canny, J. (1986). A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *PAMI-8*(6), 679-698. https://doi.org/10.1109/TPAMI.1986.4767851

[18] Wu, K., Otoo, E., & Shoshani, A. (2005). *Optimizing connected component labeling algorithms* (Vol. 5747). SPIE. https://doi.org/10.1117/12.596105

[19] Haralick, R. M., Sternberg, S. R., & Zhuang, X. (1987). Image Analysis Using Mathematical Morphology. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *PAMI-9*(4), 532-550. https://doi.org/10.1109/TPAMI.1987.4767941

[20] Duan, R., Liao, Y., & Wang, S. (2021). Adaptive Morphological Analysis Method and Its Application for Bearing Fault Diagnosis. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, *70*, 1-10. https://doi.org/10.1109/TIM.2021.3072116

[21] Dahnoun, N. (2018). *Multicore DSP: from algorithms to real-time implementation on the TMS320C66x SoC*. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781119125587.ch19

[22] Emgu. (2021). *Main Page*. Emgu. http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main_Page