APJ 6 (3):30-42, Autumn 2025

Arman Process Journal (APJ)

Quarterly Journal of ICT APJ

License Number: 87090

Arman Process Journal (APJ)

Homepage: https://www.armanprocessjournal.ir

Iranian License Plate Recognition Model Based on YOLOv9

Zahra Roozbahani

Department of Computer Engineering, National University of Skills, Qom, Iran

RESEARCH PAPER

Received: 2025-9-17
Accepted: 2025-12-5

KEYWORDS:
Car Plate,
Iranian Car,
YOLOv9 Model

[1] Corresponding author:
zroozbahani@tvu.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objectives: in this research, a novel method for detecting Iranian license plates and simultaneously recognizing letters and digits is introduced. Various approaches have been proposed for license plate detection, which have progressively improved over time. Traditional methods involve classical image processing techniques such as grayscale conversion, thresholding, and binary morphology. With advancements in machine learning, artificial neural network algorithms have been employed for license plate identification and recognition. Today, deep neural networks, particularly convolutional neural networks and recurrent neural networks, are recognized as leading methods in vehicle license plate detection. The objective of this study is to propose an efficient approach that includes locating the license plate using machine vision algorithms and segmenting the identifiers. Challenges such as variations in lighting conditions and vehicle speed have been examined in this research, and solutions to enhance detection accuracy and speed have been presented.

Methods: To improve the accuracy and robustness of the proposed model, a dataset consisting of 844 real Iranian license plate images captured under diverse lighting conditions and viewing angles was collected and expanded to 2024 images using data augmentation techniques. After fine-tuning, the model is capable of localizing license plate regions and extracting Persian characters using a CRNN-based architecture. The proposed system demonstrates a significant performance improvement over YOLOv8 and YOLOS models by reducing recognition errors in challenging scenarios such as strong illumination, shadows, high vehicle speed, and font variations. Findings: Ultimately, an accurate and efficient license plate recognition method based on the YOLOv9 architecture is proposed, achieving an overall accuracy of **98%**. Quantitative evaluation results, including precision, recall, and F1-score, indicate that the proposed model is well suited for real-time applications in visual surveillance, traffic monitoring, and intelligent transportation systems. Conclusion: The experimental results demonstrate that the proposed approach significantly enhances license plate detection accuracy and can effectively support intelligent transportation systems and automated traffic management applications.

Copyright © Author(s).

CC BY NC

-نشریه تخصصی آرمان پردازش، دوره ۶، شماره ۳، سال ۱۴۰۴

فصلنامه تخصصی آرمان پردازش
(APJ)
Homepage: www.armanprocessjournal.ir

فصلنامه تخصصی فناوری اطلاعات و ارتباطات
شماره مجوز: ۸۷۰۹۰

ارائه مدل تشخیص پلاک خودرو ایرانی برمبنای مدل YOLOv9

زهرا روزبهانی

گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه ملی مهارت، استان قم، ایران

چکیده

مقاله پژوهشی

پیشینه و اهداف: در این پژوهش، یک روش نوین برای تشخیص پلاک خودروهای ایرانی معرفی می‌شود. برای تشخیص پلاک خودرو، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که به مرور زمان بهبود یافته‌اند. امروزه، شبکه‌های عصبی عمیق به خصوص شبکه‌های عصبی کانولوشن و شبکه‌های بازگشتی به عنوان روش‌های پیشرو در تشخیص پلاک خودرو شناخته می‌شوند هدف از انجام این پژوهش ارائه روشی کارآمد شامل شناسایی محل پلاک با استفاده از الگوریتم‌های بینایی ماشین و جداسازی شناسه‌ها است.. چالش‌هایی نظیر تغییرات نور و سرعت خودرو در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته و راه‌کارهایی برای بهبود دقت و سرعت تشخیص ارائه‌شده است.

روش‌ها: در پژوهش حاضر، جهت افزایش دقت و پایداری مدل، یک مجموعه‌داده شامل ۸٤٤ تصویر واقعی پلاک در شرایط متنوع نوری و زاویه‌ای تهیه و با روش‌های افزایش‌داده به ۲۰۲٤ تصویر گسترش یافت. مدل پس از تنظیم دقیق، قادر به شناسایی ناحیه پلاک و استخراج کاراکترهای فارسی با استفاده از ساختار **CRNN** است. این سیستم با کاهش خطا در شرایط چالش‌برانگیز نظیر تابش شدید، سایه، سرعت بالای خودرو و تنوع فونت، نسبت به مدل‌های YOLOv8و YOLOS ، بهبود عملکرد قابل توجهی نشان می‌دهد.

یافته‌ها: در نهایت در این پژوهش، یک روش دقیق و کارآمد برای تشخیص پلاک خودروها مبتنی بر معماری YOLOv9 با دقت **98٪** ارائه گردید که نتایج کمی به‌دست‌آمده شامل دقت، فراخوان و امتیاز F1 نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی گزینه‌ای مناسب برای کاربردهای زمان–واقعی در سامانه‌های نظارت تصویری، کنترل عبور و مرور و حمل‌ونقل هوشمند است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد، روش پیشنهادی می‌تواند به‌طور قابل توجهی دقت تشخیص پلاک‌ها را افزایش داده و به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و مدیریت ترافیک کمک کند.

واژگان کلیدی:
پلاک خودرو، خودرو ایرانی، مدل YOLOv9

[۱] نویسنده مسئول:
zroozbahani@tvu.ac.ir

۱. مقدمه

تشخیص خودکار پلاک خودرو[۱] یکی از سیستم‌های حیاتی و کارآمد است که در بسیاری از زمینه‌های مرتبط با حمل‌ونقل و امنیت به کار گرفته می‌شود. این سیستم‌ها با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و یادگیری عمیق، اطلاعات پلاک خودروها را از تصاویر استخراج می‌کنند و امکان شناسایی و رهگیری دقیق‌تر خودروها را فراهم می‌نمایند. در دهه‌های اخیر، نیاز به سیستم‌های ALPR به طور چشمگیری افزایش یافته و این سیستم‌ها در کاربردهای متعددی مانند مدیریت ترافیک، پارکینگ‌های هوشمند، پرداخت عوارض، کنترل مرزی و اجرای قانون مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱] . تشخیص پلاک خودرو به دلایل متعددی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نخست، این سیستم‌ها به افزایش امنیت عمومی کمک می‌کنند. با استفاده از سیستم‌های ALPR، خودروهای مشکوک شناسایی شده و از جرایم رانندگی جلوگیری می‌شود. این سیستم‌ها می‌توانند به پلیس کمک کنند تا خودروهای دزدیده شده را ردیابی کرده و به امنیت عمومی کمک کنند. دوم، سیستم‌های ALPR به بهبود جریان ترافیک کمک می‌کنند. با شناسایی خودروهای متخلف و مدیریت بهتر ترافیک، می‌توان از ازدحام جلوگیری کرده و راندمان حمل‌ونقل را افزایش داد. سوم، در پارکینگ‌های هوشمند، سیستم‌های ALPR به ورود و خروج خودروها به صورت خودکار کمک می‌کنند. این سیستم‌ها بدون نیاز به کارت یا بلیت، فرآیند پارکینگ را ساده و سریع می‌کنند. چهارم، در بزرگراه‌ها و مسیرهای پرتردد، سیستم‌های ALPR به صورت خودکار عوارض را دریافت می‌کنند. این امر موجب کاهش زمان توقف و بهبود کارایی جاده‌ها می‌شود. در نهایت، در مرزها، سیستم‌های ALPR به شناسایی و ردیابی خودروها کمک کرده و امنیت مرزی را افزایش می‌دهند[۲]. برای تشخیص پلاک خودرو، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که به مرور زمان بهبود یافته‌اند. روش‌های سنتی شامل تکنیک‌های پردازش تصویر کلاسیک مانند تبدیل به خاکستری، آستانه‌گذاری و مورفولوژی باینری هستند. این تکنیک‌ها در تشخیص لبه‌ها، استخراج ویژگی‌ها و تقسیم‌بندی کاراکترها مورد استفاده قرار می‌گیرند. با پیشرفت‌های صورت گرفته در یادگیری ماشین، الگوریتم‌هایی مانند ماشین‌های بردار پشتیبان[۲] ، شبکه‌های عصبی مصنوعی[۳] و جنگل‌های تصادفی[٤] برای شناسایی و خواندن پلاک‌ها به کار گرفته شده‌اند. امروزه، شبکه‌های عصبی عمیق[۵] به خصوص شبکه‌های عصبی کانولوشن[٦] و شبکه‌های بازگشتی[۷] به عنوان روش‌های پیشرو در تشخیص پلاک خودرو شناخته می‌شوند[۳] این الگوریتم‌ها با قابلیت یادگیری ویژگی‌های سطح بالا و ساختارهای پیچیده تصویر، دقت بالایی در تشخیص پلاک‌ها دارند. ترکیب تکنیک‌های مختلف پردازش تصویر و یادگیری عمیق به بهبود دقت و سرعت سیستم‌های تشخیص پلاک منجر شده است. به عنوان مثال، استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشن برای استخراج ویژگی‌ها و الگوریتم‌های ماشین‌های بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی پلاک‌ها، نتایج بهتری ارائه می‌دهد[٤ و ۵]. با توجه به نیازهای رو به رشد و چالش‌های موجود در تشخیص پلاک خودرو، تحقیقات آینده به بررسی و توسعه تکنیک‌های جدید یادگیری عمیق مانند شبکه‌های عصبی پیچیده و تطبیقی می‌پردازند[٦]. علاوه بر این، ایجاد پایگاه داده‌های جامع‌تر و متنوع‌تر از پلاک‌ها نیز می‌تواند به بهبود دقت و کارایی این سیستم‌ها کمک کند. در این پژوهش نیز یک روش تشخیص پلاک برای خودروهای ایرانی مبتنی بر یادگیری عمیق ارائه شده است. این مدل بر مبنای مدل YOLOv9 بوده و برای آموزش این مدل از تصاویر پلاک‌های خودروهای ایرانی استفاده شده است. در روش پیشنهادی پس از آموزش مدل جهت تشخیص موقعیت پلاک خودروها از الگوریتم CRNN برای OCR فارسی استفاده شده است. این مدل با استفاده از یادگیری عمیق، قابلیت‌های پیشرفته‌تری را در شناسایی و تفکیک پلاک‌ها ارائه می‌دهد، که به طور قابل توجهی در کاهش زمان لازم برای شناسایی و پردازش اطلاعات پلاک‌ها مؤثر است.

---

۱ Automatic License Plate Recognition (ALPR)

۲ Support Vector Machines (SVM)

۳ Artificial Neural Networks (ANN)

٤ Random Forests

۵ Deep Neural Networks (DNN)

٦ Convolutional Neural Networks (CNN)

۷ Recurrent Neural Network (RNN)

ساختار مقاله در ادامه به این صورت خواهد بود؛ ابتدا به بررسی پژوهش‌های انجام شده در این حوزه پرداخته خواهد شد. در بخش سوم روش پیشنهادی ارائه شده است و سپس در بخش چهارم روش ارائه شده مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. در نهایت در بخش نتیجه گیری به جمع بندی مطالب و کارهای آتی پرداخته شده است.

۲. پیشینه پژوهش

در این بخش، به بررسی سیستم‌های موجود تشخیص پلاک خودرو پرداخته شده است. این سیستم‌ها شامل مراحل شناسایی ناحیه پلاک، استخراج کاراکترها و تشخیص نویسه‌ها هستند. مهم‌ترین مرحله، شناسایی ناحیه پلاک در تصویر است که با استفاده از روش‌های مختلفی مانند طبقه‌بندی کننده سلسله‌مراتبی، تشخیص لبه عمودی Canny و تحلیل خوشه‌ای انجام می‌شود[3,7,8,9].

برخی روش‌های پیشنهادی به بهبود دقت شناسایی پلاک و کاهش هشدارهای غلط، پرداخته‌اند و شامل رویکردهای آموزشی و آزمایشی دو مرحله‌ای، عملیات مورفولوژی و پردازش هیستوگرام عمودی تصویر هستند که توانسته‌اند دقت شناسایی ناحیه پلاک را افزایش دهند و نرخ هشدار غلط را کاهش دهند [7,8]. سیستم‌های کنترل هوشمند ورود و خروج نیز با استفاده از پردازش تصویر و ترکیب الگوریتم‌های مختلف، به شناسایی و ردیابی وسایل نقلیه، شمارش تردد و برآورد آماری مشتریان کمک می‌کنند. این سیستم‌ها با دقت بالای ۹۸ درصد در شرایط نوری مختلف عمل می‌کنند و به عنوان راهکارهای مناسب برای کنترل تردد شناخته می‌شوند **Error! Reference source not found.**. روش‌های نوآورانه‌ای نیز برای بهبود کنتراست تصویر، حذف کاراکترهای غیر عددی و تحلیل خوشه‌ای برای تعیین موقعیت مکانی پلاک پیشنهاد شده‌اند. این روش‌ها باعث کاهش پیچیدگی الگوریتم و افزایش سرعت و کارایی سیستم می‌شوند و در مقابل تغییرات روشنایی، مقاوم هستند **Error! Reference source not found.**. در تحقیقات دیگری نیز سیستم‌های تشخیص پلاک خودرو، با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و یادگیری ماشین بررسی شده‌اند. این سیستم‌ها به بهبود امنیت جاده‌ها و کاهش ازدحام ترافیکی کمک می‌کنند. این سیستم‌ها به بهبود دقت شناسایی پلاک‌ها و کاهش هشدارهای غلط کمک می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که این سیستم‌ها با دقت بالایی عمل می‌کنند و می‌توانند به بهبود دقت شناسایی پلاک‌ها و کاهش هشدارهای غلط کمک کنند **Error! Reference source not found.Error! Reference source not found.**. پژوهشگران به کمک سیستم‌های کنترل هوشمند ترافیک با استفاده از پردازش تصویر و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، به شناسایی و ردیابی وسایل نقلیه و بهبود جریان ترافیک کمک می‌کنند. نتایج نشان می دهد که این سیستم‌ها نیز با دقت بالایی عمل می‌کنند و می توانند به کاهش ترافیک و بهبود امنیت جاده‌ها کمک کنند **Error! Reference source not found.**. در بررسی دیگری، یک مدل تشخیص خودکار پلاک خودرو (ALPR)ارائه شده است که شامل دو مرحله محلی‌سازی و شناسایی پلاک با استفاده از ترکیب CNN وGAN می‌باشد و عملکرد بهتری در مقایسه با روش‌های پایه دارد **Error! Reference source not found.**.

برخی مدل‌های ارائه شده با چالش‌هایی مواجه هستند که شامل فرمت‌های مختلف پلاک، نورپردازی ضعیف، انسداد و دستکاری عمدی می‌شوند. چالش‌ها شامل شرایط طبیعی مانند تغییر نور، برف، باران، مه و گرد و غبار، عوامل محیطی مانند زاویه دوربین، انسداد، تحریف، نویز و کثیفی روی لنز دوربین و تنوع پلاک‌های بین‌المللی از نظر فرمت، رنگ، اندازه، فونت و کاراکترها هستند. همچنین حملات مخرب از طریق چرخش، افزودن نویز یا تحریف پلاک‌ها نیز تهدیدی ایجاد می‌کنند. تشخیص خودکار پلاک خودرو یک وظیفه چالش‌برانگیز است که نقش مهمی در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند[۱] ایفا می‌کند. الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری عمیق برای سیستم‌های ALPR در طراحی و اجرای آن‌ها پیشرفت قابل توجهی داشته‌اند، اما در محیط‌های واقعی با چالش‌های زیادی مواجه‌اند. الگوریتم LPR-Net به نظر می‌رسد برای غلبه بر چالش‌های محیطی مناسب باشد. با ترکیب داده‌های مختلف برای ایجاد یک مجموعه داده جامع و بهبود روش‌ها،

۱ Intelligent transportation systems (ITS)

سیستم‌های ALPR می‌توانند در برابر حملات مخرب مقاوم‌تر شوند و دقت بیشتری داشته باشند **Error! Reference source not found.**[**Error! Reference source not found.**]. همان‌طور که اشاره شد شرایط نوری مختلف یکی از چالش‌های این حوزه است که برخی پژوهشگران با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، برای رفع آن تلاش کرده‌اند **Error! Reference source not found.**.

با بررسی‌های انجام شده مشخص شد روش‌هایی که بر پایه شبکه‌های عصبی عمیق ارائه شده‌اند به طور قابل توجهی عملکرد بهتری نسبت به دیگر روش‌ها داشته‌اند؛ به عنوان نمونه سیستم‌های چند مرحله‌ای با بهره‌برداری از یادگیری عمیق و ترکیب چندین الگوریتم، عملکرد بهینه‌ای را بر روی دستگاه‌های GPU[1]به‌ها به دست می‌آورند و اعلان وسیله نقلیه شناسایی شده را به ابر ارسال می‌کنند. این سیستم‌ها دقت شناسایی مدل خودرو و پلاک‌ها را افزایش داده و با سرعت بالا عمل می‌کنند **Error! Reference source not found.**. پیشرفت‌های پردازش موازی توسط واحدهای پردازش گرافیکی[1] و الگوریتم‌های بینایی کامپیوتری نیز به توسعه شبکه‌های عصبی عمیق و کاربرد آن‌ها در شناسایی پلاک خودرو منجر شده است. شبکه‌های عصبی کانولوشنی، مولد متخاصم و بازگشتی برای حل مشکلات شناسایی پلاک خودرو استفاده شده‌اند و تمرکز اخیر پژوهشگران به یادگیری نیمه نظارت شده تغییر کرده است **Error! Reference source not found.**.

در پژوهش‌هایی که اخیرا ارائه شده‌اند، روش‌های مبتنی بر مدل YOLO[2]، برای تشخیص اشیاء کوچک‌تر در تصاویر و افزایش دقت شناسایی پلاک‌ها استفاده می‌شوند[۱۸, ۱۷, ۲۰, ۱۹]. مدل YOLO بر اساس اصل «شما فقط یک بار به یک تصویر نگاه می‌کنید» عمل می کند؛ به این معنی که یک تصویر را در عبور از یک شبکه عصبی عمیق پردازش می کند. این اصل، برخلاف سیستم‌های سنتی تشخیص اشیا است که از دو شبکه مجزا برای تشخیص و طبقه بندی اشیا استفاده می‌کنند. این رویکرد نوآورانه به YOLO اجازه می‌دهد تا اشیا را در زمان واقعی، با زمان پردازش تنها چند میلی ثانیه در هر فریم، شناسایی کند. YOLO دارای طیف گسترده‌ای از کاربردها در زمینه‌های مختلف از جمله بینایی کامپیوتر، نظارت، ماشین‌های خودران و بازی است که آن را به ابزاری همه کاره و ارزشمند برای بسیاری از صنایع تبدیل کرده است. این پتانسیل باعث ایجاد انقلابی در نحوه شناسایی و ردیابی اشیاء در زمان واقعی شده است. مقایسه تحقیقات اخیر در حوزه تشخیص پلاک و جایگاه پژوهش حاضر در جدول ۱ ارائه شده است. در این پژوهش برای اولین بار از مدل YOLO برای تسخیص پلاک خودرو ایرانی استفاده شده است که در بخش بعدی به ارائه مدل پیشنهادی پرداخته می‌شود.

جدول ۱. مقایسه تحقیقات اخیر در حوزه تشخیص پلاک و جایگاه پژوهش حاضر

پژوهش	مدل	داده آموزشی	چالش‌ها	دقت گزارش‌شده	تفاوت و مزیت نسبت به پژوهش حاضر
Amrouche et al., 2022	YOLOv5	تصاویر عمومی پلاک	نور، زاویه	٪۹۵–۹٤	فاقد OCR فارسی؛ بانک داده محدود
Al-Qudah & Suen, 2019	YOLOبهبود یافته	پلاک‌های بین‌المللی	ازدحام صحنه	٪۹۳	مختص پلاک‌های غیرایرانی
Khan et al., 2023	CNN-GRU	داده ترکیبی	ازدحام و سرعت	٪۹٦	چند مرحله‌ای؛ سرعت کمتر از YOLOv9
License Plate Recognizer (HF)	TrOCR	دیتاست ۵۲۰۰ عکس	شرایط سخت نوری	~٪۹۷	فقدان پشتیبانی از OCR فارسی
YOLOv8 (HF)	YOLOv8	500تصویر	تنوع پایین داده	٪۹۵	خطا در زاویه‌های شدید؛ ضریب اطمینان پایین‌تر

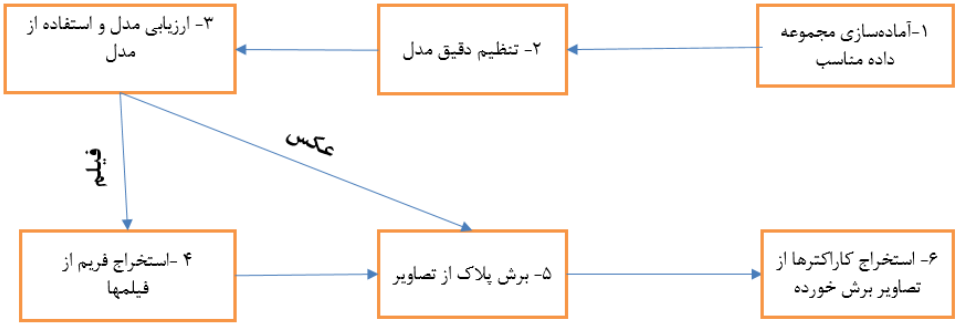
[1] Graphics Processing Units (GPU)

[2] You Only Look Once

تأخیر پردازشی بالا نسبت به YOLOv9	٪۹۶	کوچک بودن پلاک	5520 تصویر	Transformer-based	YOLOS-small
پشتیبانی از OCR فارسی؛ عملکرد بهتر در شرایط سخت؛ زمان‌واقعی	٪۹۸	نور، زاویه، سرعت	**۲۰۲٤تصویر افزایش داده شده**	**YOLOv9 + CRNN**	روش پیشنهادی (این پژوهش)

۳. روش پیشنهادی

پس از بررسی مدل‌های پیشین مشخص شد تاکنون مدل تشخیص پلاک خودرو ایرانی مبتنی بر مدل YOLOv9 جهت شناسایی کاراکترهای پلاک ارائه نشده است. همان طور که در بخش قبل بیان شد این مدل، یک مدل از پیش آموزش دیده شده است، اما مجموعه داده‌ای که جهت آموزش این مدل از آن استفاده شده، شامل عکس‌های پلاک خودرو نبوده و به طور پیش فرض نمی‌تواند پلاک خودرو را تشخیص دهد. مراحل ساخت و استفاده از این مدل در شکل ۱ آمده است. در ادامه به صورت گام به گام به معرفی روش پیشنهادی پرداخته می‌شود.



شکل ۱. مراحل کلی روش پیشنهادی تشخیص پلاک خودرو ایرانی شامل آماده‌سازی داده، افزایش داده، تنظیم دقیق مدل **YOLOv9**، تشخیص ناحیه پلاک، برش تصویر و استخراج کاراکترهای فارسی با استفاده از **CRNN.**

گام اول: آماده‌سازی مجموعه داده

در این مرحله ۸٤٤ تصویر پلاک خودروهای ایرانی، شامل تصاویر متنوع در شرایط مختلف نوری و زاویه‌های گوناگون، از سایت کگل[۱] جمع‌آوری شدند. سایت کگل به کاربران اجازه می‌دهد که به مجموعه داده‌های متنوعی دسترسی پیدا کنند و از آن‌ها برای تحلیل داده و آموزش مدل‌های یادگیری ماشین استفاده کنند. برای بهبود عملکرد مدل و افزایش تصاویر، از روش‌های افزایش داده[۲] استفاده شده است. این روش‌ها شامل تغییرات مختلفی مانند برگرداندن[۳] و برش[٤] تصاویر هستند. پس از اعمال این روش‌ها تعداد تصاویر از ۸٤٤ به ۲۰۲٤ تصویر افزایش یافت.

گام دوم: تنظیم دقیق مدل[۵]

بعد از جمع آوری و آماده‌سازی مجموعه داده مناسب، مدل بر طبق این مجموعه داده با تعداد دوره[٦]های مختلف و اندازه دسته[۷] ۸ آموزش داده شد.

گام سوم: ارزیابی مدل

۱ Kaggle
۲ Augmentation
۳ Flip
٤ Shear
۵ Fine-Tuning
٦ Epoch
۷ Batch

ورودی مدل تنظیم شده به کمک مجموعه داده، عکس یا ویدئو خواهد بود و متناسب با ورودی، خروجی نیز عکس یا ویدئو است. وظیفه مدل در این بخش تشخیص ناحیه پلاک خودرو است که با یک کادر قرمز در تصویر یا ویدئو مشخص می‌شود. یک نمونه از تصویر با مشخص شدن ناحیه پلاک در شکل ۲ نشان داده شده است.

شکل ۲. نمونه خروجی مدل **YOLOv9** در تشخیص ناحیه پلاک خودرو

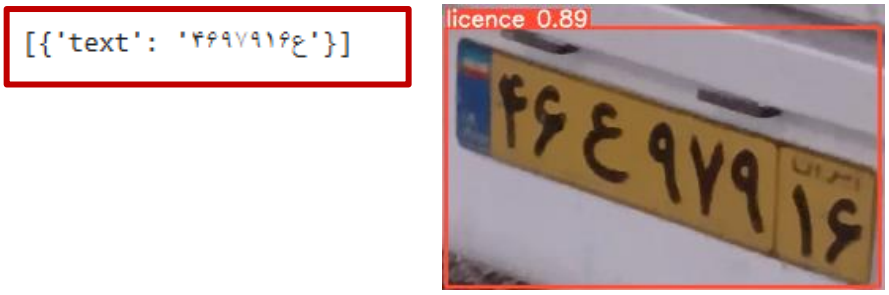
گام چهارم: برش تصویر

در این مرحله ناحیه پلاک خودرو برش خورده و یک تصویر مانند آنچه که در شکل ۳ مشاهده می‌کنید حاصل خواهد شد.

شکل ۳. تصویر پلاک برش‌خورده پس از مرحله تشخیص ناحیه پلاک، مورد استفاده برای مرحله **OCR.**

گام پنجم: استخراج محتوای تصویر

در مرحله آخر، به کاراکترهای پلاک از روی تصویر پلاک شناسایی و استخراج می‌شوند. یک نمونه از این تبدیل در شکل ٤ مشاهده می‌شود.



شکل ٤. نمونه خروجی تشخیص و استخراج کاراکترهای پلاک خودرو با استفاده از مدل **CRNN** برای **OCR** فارسی

٤. ارزیابی مدل

جهت ارزیابی این مدل از شاخص‌های زیر استفاده شده است.

ماتریس درهم ریختگی[1]: ابزاری است که عملکرد مدل‌های دسته بندی و شبکه‌های عصبی را با نشان دادن تعداد پیش‌بینی‌های درست و نادرست برای هر دسته، ارزیابی می‌کند.

۱ Confusion Matrix

نمودار منحنی دقت–اعتماد[۱]: این نمودار نحوه تغییر دقت[۲] مدل را بر اساس مقدارهای مختلف اعتماد[۳] نمایش می‌دهد.

دقت: نسبت موارد مثبت درست پیش‌بینی شده به تمامی مواردی است که به عنوان مثبت پیش‌بینی شده‌اند. فرمول محاسبه دقت به صورت زیر است:

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \qquad (1)$$

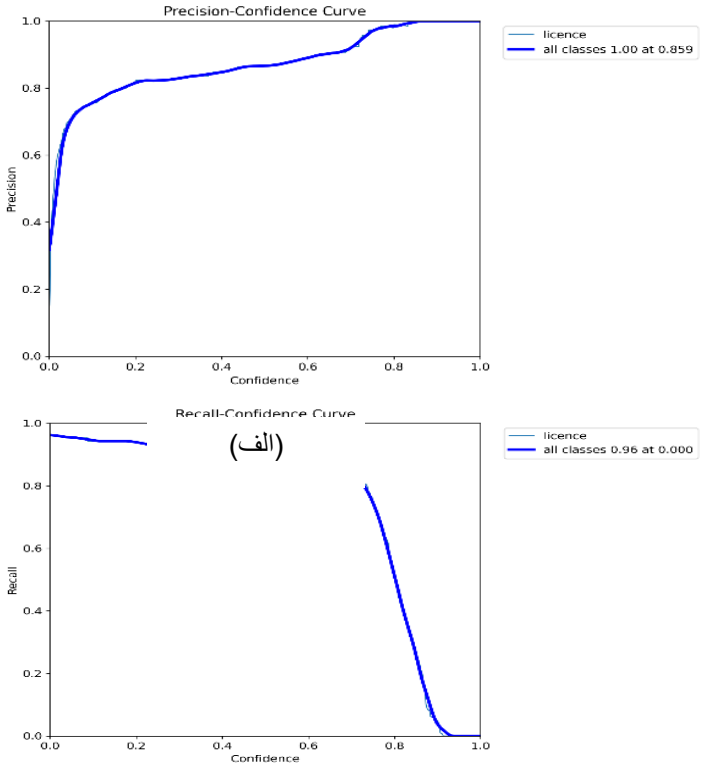
اعتماد: میزان اطمینان مدل به پیش‌بینی خود را نشان می‌دهد.

نمودار منحنی فراخوانی–اعتماد[۴]: این نمودار، فراخوانی[۵] مدل را بر اساس مقدارهای مختلف اعتماد نمایش می‌دهد.

فراخوانی: نسبت موارد مثبت درست پیش‌بینی شده به تمامی مواردی است که واقعا مثبت هستند. فرمول محاسبه فراخوانی به صورت زیر است:س

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \qquad (2)$$

نمودار منحنی دقت–فراخوانی[۶]: این نمودار نحوه تغییر دقت و فراخوانی را با توجه به آستانه[۷]های مختلف پیش‌بینی مدل نمایش می‌دهد.



تصویر ۵. آموزش مدل با تعداد ۲۰ دور؛ (الف) تغییرات معیار دقت **(Precision)**، (ب) تغییرات معیار فراخوانی **(Recall)** نسبت به تعداد دورهای آموزش

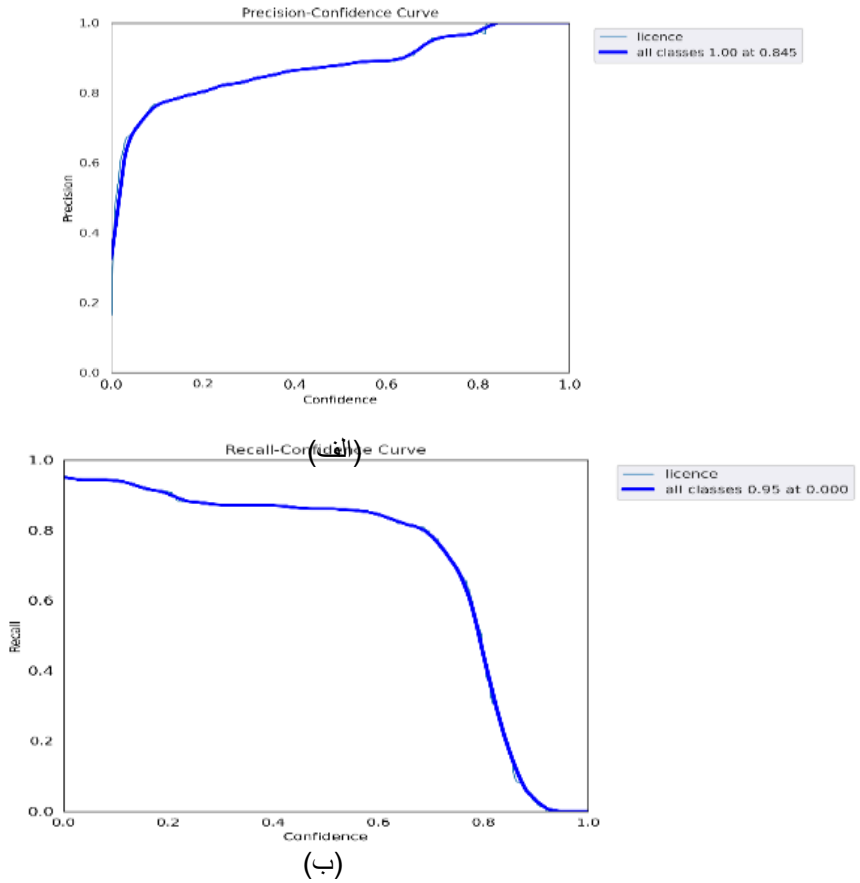
۱ Precision-Confidence Curve
۲ Precision
۳ Confidence
٤ Recall-confidence curve
٥ Recall
٦ Precision-Recall Curve
۷ Threshold

نمودار منحنی F1–اعتماد[1]: این نمودار نحوه تغییر امتیاز F1[2] مدل را بر اساس سطوح مختلف اعتماد نمایش می‌دهد.

امتیاز F1: امتیاز F1 میانگین هارمونیک دقت و فراخوانی است و تعادلی بین این دو معیار ایجاد میکند. فرمول محاسبه امتیاز F1 به صورت زیر است:

$$F1\ Score = \frac{2*Precision*Recall}{Precision+Recall} \quad (3)$$

نتایج حاصل از ارزیابی مدل با توجه به تغییر پارامترهای شبکه انجام شده است. شکل ۵ نتایج حاصل از ارزیابی مدل با تعداد ۲۰ دور آمده است. نتایج نشان می‌دهند با افزایش تعداد دورها دقت مدل افزایش یافته است.

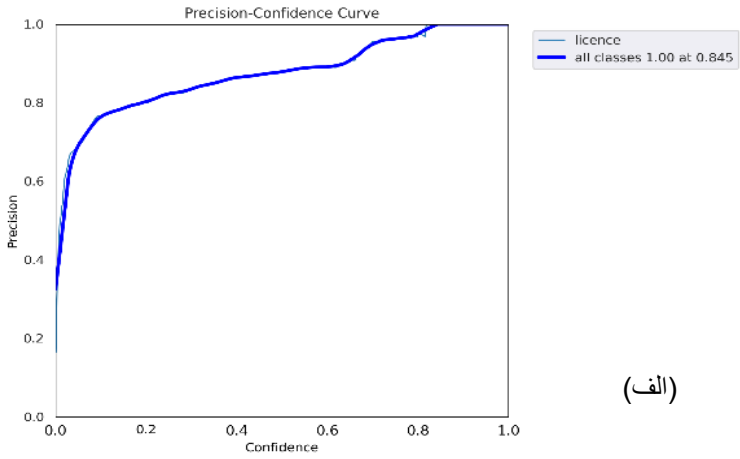


تصویر٦. آموزش مدل با تعداد ۳۰ دور؛ (الف) تغییرات معیار دقت (Precision) ، (ب) تغییرات معیار فراخوانی(Recall) نسبت به تعداد دورهای آموزش

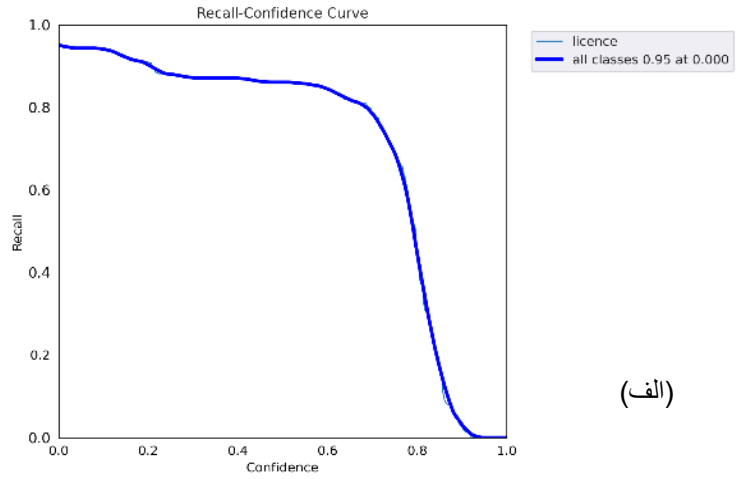
شکل ٦ نتایج حاصل از ارزیابی مدل پس از آموزش با تعداد ۳۰ دور را نشان می‌دهد و همچنین شکل ۷ نتایج حاصل از ارزیابی مدل پس از آموزش با تعداد ٤۰ دور است.

۱ F1-Confidence Curve

۲ F1 Score



(الف)



(الف)

تصویر۷. آموزش مدل با تعداد ۴۰ دور؛ (الف) تغییرات معیار دقت (Precision) ، (ب) تغییرات معیار فراخوانی(Recall) نسبت به تعداد دورهای آموزش

در جدول ۲ خلاصه نتایج حاصل از ارزیابی مدل با توجه به شاخص‌ها و تعداد دورهای مختلف آمده است.

جدول ۲. خلاصه نتایج حاصل از ارزیابی مدل با توجه به شاخص‌های ارزیابی

تعداد دور	امتیاز $F1$	دقت	فراخوانی	منحنی دقت فراخوانی
10	98%	100%	96%	91%
15	97%	100%	95%	92%
20	98%	100%	96%	93%
30	97%	100%	95%	91%
40	97%	100%	95%	91%

۵. مقایسه روش پیشنهادی با مدل‌های موجود

طبق بررسی‌های انجام شده توسط پژوهشگران در پایگاه هاگینگ فیس[۱] ۳ مدل با عملکرد قابل قبول جهت تشخیص پلاک خودرو انتخاب و بررسی شده‌اند. هاگینگ فیس یک شرکت آمریکایی است که در سال ۲۰۱۶ تأسیس شد. این شرکت به دلیل ارائه کتابخانه‌های پیشرفته برای پردازش زبان طبیعی و یادگیری ماشین، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. هاگینگ فیس با هدف دموکراتیزه کردن هوش مصنوعی و تسهیل دسترسی به ابزارهای پیشرفته، به توسعه‌دهندگان و محققان کمک می‌کند تا پروژه‌های خود را به سرعت پیاده‌سازی کنند. هاگینگ فیس از سال ۲۰۱۹ به طور گسترده‌ای از مدل‌های یادگیری عمیق استفاده کرده است. دراین سال، کتابخانه ترنسفورمرها[۲] را معرفی کرد که به سرعت به یکی از محبوب‌ترین ابزارها برای پردازش زبان طبیعی و یادگیری عمیق تبدیل شد. در ادامه به صورت خلاصه به معرفی این مدل‌ها پرداخته می‌شود.

مدل license plate recognizer[۳] [۲۱] توسعه یافته مدل trocr base handwritten[۴] [۲۲]است که به طور اختصاصی برای تشخیص و استخراج متن از تصاویر پلاک خودرو طراحی شده است. این مدل روی دیتاستی[۵] [۲۳]از عکس پلاک‌ها آموزش داده شده و برای عملیات‌های OCR متمرکز بر پلاک مناسب است. این مدل متن را از تصاویر پلاک خودرو برای استفاده در سیستم‌های مختلف خودکار استخراج می‌کند و برای ادغام در سیستم‌های نظارت خودکار برای نظارت در زمان واقعی مناسب است. ممکن است در شرایط کم نور یا تصاویر با وضوح پایین عملکرد مدل کاهش یابد و همچنین ممکن است با طرح‌های پلاک خودرو که به طور قابل توجهی با طرح‌های موجود در مجموعه داده آموزشی متفاوت است، مشکل داشته باشد و عملکرد خوبی نداشته باشد.

مدل License Plate Detection Model using YOLOv8[۶] مدل تشخیص پلاک خودرو مبتنی بر YOLOv ۸ است. این روش که در آدرس[۲٤] آمده است یک مدل یادگیری عمیق برای تشخیص و برش پلاک خودرو در تصاویر است که با استفاده از معماری تشخیص شیء YOLOv ۸ آموزش داده شده است. این مدل تصویری از یک وسیله نقلیه به عنوان ورودی می‌گیرد و یک تصویر برش خورده از پلاک شناسایی شده را برمی‌گرداند. این مدل بر روی مجموعه داده ای از ۵۰۰ تصویر از وسایل نقلیه آموزش داده شده است. مجموعه داده به گونه‌ای تنظیم شده است که انواع پلاک‌ها، زاویه‌ها و شرایط نوری را شامل شود .

مدل YOLOS (small-sized) model[۷] [۲۵]نسخه‌ای از مدل yolos-small[۸] [۲٦]است که روی دیتاستی که ۵۲۰۰ عکس برای آموزش و ۳۲۰ عکس برای تست داشته اعمال شده است مدل دیگری نیز با نام License Plate Character Detector[۹] [۲۷]مبتنی بر YOLOv۸ برای تشخیص کاراکترها در پلاک‌ها ارائه شده است این مدل برای شناسایی پلاک خودرو آموزش دیده است که می تواند برای کاربردهای مختلف مانند سیستم‌های پارک خودکار، نظارت بر ترافیک و شناسایی خودرو مفید باشد. این مدل به دقت کلی ٪۹۷,۱۲ در مجموعه آزمایشی دست یافته است. مدل ارائه شده در این پژوهش به دقت کلی ٪۹۸ دست یافته است.

٦. نتیجه‌گیری

در این پژوهش، یک روش دقیق و کارآمد برای تشخیص پلاک خودروها مبتنی بر معماری YOLOv9 ارائه شد. مدل پیشنهادی با استفاده از یک مجموعه داده‌ی اختصاصی و متنوع،

---

۱ Hugging Face

۲ Transformers

۳ https://huggingface.co/PawanKrGunjan/license_plate_recognizer

٤ https://huggingface.co/microsoft/trocr-base-handwritten

۵ https://huggingface.co/datasets/PawanKrGunjan/license_plates

٦ https://huggingface.co/MKgoud/License-Plate-Recognizer

۷ https://huggingface.co/nickmuchi/yolos-small-finetuned-license-plate-detection

۸ https://huggingface.co/hustvl/yolos-small

۹ https://huggingface.co/MKgoud/License-Plate-Character-Detector

به‌خوبی آموزش و تنظیم گردید تا بتواند پلاک خودروها را در شرایط محیطی و نوری گوناگون با دقت بالا شناسایی کند. ارزیابی‌های کمی انجام‌شده بر اساس معیارهای اصلی سنجش دقت در بینایی کامپیوتر، از جمله صحت و فراخوان، در قالب نمودار برای دوره‌های[1] مختلف ترسیم شدند، که این نتایج برتری روش پیشنهادی را به وضوح نشان می‌دهند. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که مدل تنظیم شده نه تنها در تشخیص پلاک در تصاویر با کیفیت بالا، بلکه در مواجهه با چالش‌هایی همچون زوایای غیرمتعارف، تغییر مقیاس، و نورپردازی‌های نامناسب نیز از عملکرد پایدار برخوردار است. این سطح از دقت و سرعت، مدل را به یک گزینه عملی برای پیاده‌سازی در سیستم‌های نظارتی و کنترل ترافیک هوشمند تبدیل می‌کند و همچنین نتایج کمی شامل دقت ۹۸٪، فراخوان ۹۶–۱۰۰٪ و امتیاز F1 برابر ۹۷–۹۸٪ نشان می‌دهد که مدل YOLOv9 پس از تنظیم دقیق، توانسته است نسبت به مدل‌هایYOLOv5 ، YOLOv8و YOLOS در شرایط چالش‌برانگیز، از جمله نور شدید، تغییر مقیاس، سرعت بالای خودرو و زاویه‌های غیرمتعارف، عملکرد پایدارتر و دقیق‌تری ارائه دهد. ترکیب YOLOv9 با ساختار CRNN برای OCR فارسی نیز سبب کاهش قابل توجه خطای کاراکترخوانی شده و یک مزیت رقابتی نسبت به مدل‌های موجود فراهم می‌سازد. پیشنهاد می‌شود در ادامه، مجموعه‌داده شامل تصاویر متنوع‌تر مانند پلاک‌های آسیب‌دیده، محوشده، کثیف و همچنین تصاویر ثبت‌شده در شرایط جوی دشوار تکمیل شود. همچنین استفاده از مدل‌های Transformer محور، مانند ViT یا DETR، می‌تواند پایداری مدل را در برابر نویز و تغییرات ساختاری افزایش دهد.

منابع

1. Indira K, Mohan K, Nikhilashwary T. Automatic license plate recognition. In: Advances in intelligent systems and computing. 2019. Available from: https://doi.org/10.1007/978-981-10-8863-6_8
2. Pechiammal B, Arokia Renjith J. An efficient approach for automatic license plate recognition system. In: Proc IEEE Int Conf on Smart Technologies (ICONSTEM); 2017 Mar 23. Available from: https://doi.org/10.1109/ICONSTEM.2017.8261267
3. Tabatabaei H, Ghasemi S, Najafzadeh M, Zovari H. Presenting a vehicle license plate detection algorithm using mathematical computation methods. 2021. [Persian].
4. Sharifi M. Automated license plate detection and recognition using deep learning. In: Computational intelligence in computer vision. 2022. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-031-23724-9_39
5. Application of YOLOv7 and transformer structures to small object (license plate) detection in complex traffic scenes. Proc IEEE Int Conf on Machine Learning Big Data and Business Intelligence. 2022. Available from: https://doi.org/10.1109/MLBDBI58171.2022.00031
6. Khan MM, Ilyas M, Khan IR, Alshomrani SM, Rahardja S. A review of license plate recognition methods employing neural networks. IEEE Access. 2023;11:73613-73646. Available from: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3254365
7. Ramezankhani F, Yazdian Dehkordi M. Detection of Iranian vehicle license plates based on hierarchical classifiers. 2021. [Persian].
8. Akoushideh A, Tourani A, Shahbahrami A, Masoumnejad M. Design and implementation of an automatic license plate detection system for secure access gates. Karafan J. 2021;18(3):237-252. [Persian].
9. Fadaei S, Kavari A, Dehghani A, Rahimizadeh K. Automatic vehicle license plate recognition system based on morphological operations and vertical histogram

۱ Epoch

processing. Soft Comput. 2022;10(2):84-97. [Persian].
10. Givaki D, Dalvand A, Rastgar H. Introduction of AirPlate dataset for Iranian vehicle license plate recognition. J Mach Vis Image Process. 2022;9(2):81-95. [Persian].
11. Islam D, Mahmud T, Chowdhury T. An efficient automated vehicle license plate recognition system under image processing. Indones J Electr Eng Comput Sci. 2023;29(2):1055-1062.
12. Akbarzadeh O, Khosravi MR, Alex LT. Design and MATLAB simulation of Persian license plate recognition using neural network and image filtering for intelligent transportation systems. ASP Trans Pattern Recognit Intell Syst. 2022;2(1):1-14.
13. Soleimanzadeh Rasteh F, Motamed S. Automatic license plate recognition using improved convolutional neural network. Comput Intell Electr Eng. 2024;14(4).
14. Quraishi AA, Feyzi F, Shahbahrami A. Detection and recognition of vehicle licence plates using deep learning in challenging conditions: a systematic review. Int J Intell Syst Technol Appl. 2024;22(2):105-150.
15. Shi H, Zhao D. License plate recognition system based on improved YOLOv5 and GRU. IEEE Access. 2023;11:10429-10439.
16. Ammar A, Koubaa A, Boulila W, Benjdira B, Alhabashi Y. A multi-stage deep-learning-based vehicle and license plate recognition system with real-time edge inference. Sensors. 2023;23(4):2120.
17. Khan MM, Ilyas MU, Khan IR, Alshomrani SM, Rahardja S. License plate recognition methods employing neural networks. IEEE Access. 2023;11:73613-73646.
18. Application of YOLOv7 and transformer structures to small object (license plate) detection in complex traffic scenes. Proc IEEE Int Conf on Machine Learning Big Data and Business Intelligence. 2022. Available from: https://doi.org/10.1109/MLBDBI58171.2022.00031
19. Al-Qudah R, Suen CY. Enhancing YOLO deep networks for the detection of license plates in complex scenes. In: Proc Int Conf on Data Science; 2019. Available from: https://doi.org/10.1145/3368691.3368712
20. Amrouche A, Hezil N, Bentrcia Y, Abed A. Real-time detection of vehicle license plate numbers. In: Proc IEEE NTIC; 2022 Dec 21. Available from: https://doi.org/10.1109/NTIC55069.2022.10100479
21. PawanKrGunjan. License plate recognizer [Internet]. HuggingFace; Available from: https://huggingface.co/PawanKrGunjan/license_plate_recognizer
22. Microsoft. TrOCR base handwritten [Internet]. HuggingFace; Available from: https://huggingface.co/microsoft/trocr-base-handwritten
23. PawanKrGunjan. License plates dataset [Internet]. HuggingFace; Available from: https://huggingface.co/datasets/PawanKrGunjan/license_plates
24. MKgoud. License plate recognizer [Internet]. HuggingFace; Available from: https://huggingface.co/MKgoud/License-Plate-Recognizer
25. Nickmuchi. YOLOS-small finetuned license plate detection [Internet]. HuggingFace; Available from: https://huggingface.co/nickmuchi/yolos-small-finetuned-license-plate-detection
26. HUSTVL. YOLOS-small [Internet]. HuggingFace; Available from: https://huggingface.co/hustvl/yolos-small
27. MKgoud. License plate character detector [Internet]. HuggingFace; Available from: https://huggingface.co/MKgoud/License-Plate-Character-Detector