طراحی یک سامانه هوشمند مبتنی بر پلاک‌خوانی خودرو برای تحلیل جریان ترافیک و مدیریت سفر در مناطق ناشناخته

مقاله علمی – پژوهشی

*محمد مرادی (نویسنده مسئول)، استادیار، استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی، دانشگاه بزرگمهر قائنات، قائنات، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m_moradi@buqaen.ac.ir

دریافت:۱۴۰۴/۱۰/۲۰- پذیرش:۱۴۰۵/۰۳/۰۲

صفحه ٤٦٤-٤٥٣

چکیده

تحلیل جریان ترافیک و مدیریت سفر در مناطق ناشناخته شهری، چالشی مهم در حوزه حمل‌ونقل هوشمند محسوب می‌شود. پژوهش حاضر با هدف توسعه سامانه‌ای هوشمند مبتنی بر پلاک‌خوانی خودرو انجام شد که قادر به جمع‌آوری داده‌های مکانی-زمانی و تحلیل رفتار حرکتی رانندگان است. این سامانه با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و یادگیری ماشین، اطلاعات تردد خودروها را پردازش کرده و توصیه‌های موقعیت‌محور برای مدیریت سفر و بهینه‌سازی جریان ترافیک ارائه می‌دهد. دقت شناسایی پلاک خودرو با استفاده از مدل‌های پیشرفته YOLO به ۹۸,۹۸٪ رسید و الگوریتم خوشه‌بندی و طبقه‌بندی الگوهای حرکتی، با دقت ۹۵٪ توانست رفتار رانندگان را پیش‌بینی کند. فرایند تحقیق در چهار فاز شامل شناسایی پلاک و جمع‌آوری داده، پردازش داده‌ها با یادگیری ماشین، طراحی سیستم توصیه‌گر هوشمند و ارزیابی عملکرد سامانه اجرا شد. نتایج حاصل از بازخورد ۲۰ کاربر نشان داد که میزان رضایت کاربران از عملکرد سیستم به‌طور میانگین ٤,٥ از ٥ است، که مؤید توانمندی سامانه در ارائه توصیه‌های دقیق و سفارشی‌شده برای مدیریت سفر در مناطق ناآشنا است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت سفر، جریان ترافیک، تشخیص پلاک خودرو، یادگیری ماشین، سیستم توصیه‌گر هوشمند

۱- مقدمه

رشد روزافزون جمعیت، گسترش شهرنشینی و افزایش حجم سفرهای درون‌شهری و برون‌شهری، چالش‌های متعددی را در حوزه مدیریت حمل‌ونقل به‌وجود آورده است. در این میان، کمبود داده‌های دقیق و به‌موقع از جریان ترافیک به‌ویژه در مناطق ناشناخته یا کمتر پایش‌شده، مانعی جدی برای برنامه‌ریزی بهینه و تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد محسوب می‌شود. توسعه سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل به‌عنوان یکی از راهکارهای نوین، امکان بهره‌گیری از فناوری‌های مبتنی بر بینایی ماشین، داده‌کاوی و اینترنت اشیاء را برای گردآوری و تحلیل داده‌های ترافیکی فراهم ساخته است (نووارا و همکاران، ۲۰۲۲؛ تانگاراج و همکاران، ۲۰۲۲). در این راستا، سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل به‌عنوان یکی از راهبردهای کلیدی برای ارتقای بهره‌وری و ایمنی شبکه‌های حمل‌ونقلی، توجه بسیاری از پژوهشگران و سیاست‌گذاران را به خود جلب کرده است. یکی از فناوری‌های نوین در این حوزه، پلاک‌خوانی خودکار خودرو است که با بهره‌گیری از پردازش تصویر و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، امکان شناسایی و رهگیری وسایل نقلیه را فراهم می‌آورد. این فناوری علاوه بر نقش‌آفرینی در کنترل عبور و مرور و مدیریت ایمنی، می‌تواند به‌عنوان منبعی ارزشمند برای تحلیل جریان ترافیک، شناسایی الگوهای سفر و بهبود مدیریت تقاضای

حمل‌ونقل مورد استفاده قرار گیرد. در مناطق ناشناخته که فاقد داده‌های سنتی مانند حسگرهای ترافیکی یا سامانه‌های ثبت خودکار تردد هستند، استفاده از پلاک‌خوانی خودرو به‌عنوان یک راهکار کارآمد و اقتصادی مطرح می‌شود (کی و همکاران، ۲۰۲۳؛ یاو و همکاران، ۲۰۲۱؛ روی و همکاران، ۲۰۲۲). بر همین مبنا، هدف پژوهش حاضر طراحی و توسعه یک سامانه هوشمند مبتنی بر پلاک‌خوانی خودرو است که بتواند جریان ترافیک را تحلیل کرده و اطلاعاتی کاربردی برای مدیریت سفر در مناطق ناشناخته فراهم سازد. این پژوهش در پی آن است که با ترکیب فناوری‌های بینایی ماشین، یادگیری عمیق و داده‌کاوی، مدلی ارائه دهد که نه‌تنها به ثبت و پردازش داده‌های تردد خودروها بپردازد، بلکه الگوهای رفتاری سفر را استخراج کرده و از آن برای پشتیبانی تصمیم‌گیری در حوزه حمل‌ونقل بهره گیرد. پژوهش در چهار مرحله اصلی طراحی شده است: مرحله نخست شامل تشخیص پلاک خودرو و جمع‌آوری داده‌های مکانی و زمانی است؛ مرحله دوم به پردازش داده‌ها با الگوریتم‌های یادگیری ماشین اختصاص دارد؛ در مرحله سوم، سیستم توصیه‌گر طراحی و پیاده‌سازی شده است؛ و در نهایت، عملکرد آن مورد ارزیابی تجربی قرار گرفته است. نتایج حاصل می‌تواند علاوه بر ارتقای کارایی سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل، در حوزه‌های مدیریت بحران، افزایش ایمنی جاده‌ای و تحقق اهداف توسعه پایدار نیز به‌کار گرفته شود. ساختار مقاله حاضر به این صورت تنظیم شده است: در بخش دوم، پیشینه پژوهش‌ها و شکاف‌های موجود در زمینه به‌کارگیری فناوری‌های نوین به‌ویژه پلاک‌خوانی خودرو در سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل و مدیریت جریان ترافیک مرور می‌شود. در بخش سوم، چارچوب مفهومی و روش‌شناسی پژوهش شامل مراحل طراحی سامانه، جمع‌آوری و پردازش داده‌ها تشریح می‌گردد. بخش چهارم به ارائه و تحلیل یافته‌های پژوهش در خصوص الگوهای ترافیکی استخراج‌شده و کاربرد آن‌ها در مدیریت سفر اختصاص دارد. در بخش پایانی نیز جمع‌بندی، دلالت‌های کاربردی و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آینده ارائه خواهد شد.

۲-پیشینه تحقیق

در این بخش، مطالعات پیشین مرتبط با کاربرد فناوری‌های نوین در حوزه حمل‌ونقل هوشمند، به‌ویژه استفاده از پلاک‌خوانی خودرو برای تحلیل جریان ترافیک و مدیریت سفر مرور می‌شود. هدف اصلی، بررسی روش‌ها، نتایج، مزایا، محدودیت‌ها و خلأهای موجود در این زمینه است. اردن–مجیا و هورتاس (۲۰۲۲) در پژوهشی تجربی به بررسی حمل‌ونقل هوشمند در چت‌بات‌های گردشگری مقصد و تأثیر آن‌ها بر کنترل جریان ترافیک پرداختند. در این مطالعه که با مشارکت ٤٦٨ کاربر بالقوه و با بهره‌گیری از روش‌های تحلیل عاملی اکتشافی و رگرسیون سلسله‌مراتبی انجام شد، مشخص شد که اطلاع‌رسانی و تعامل‌پذیری از مهم‌ترین ویژگی‌هایی هستند که به‌صورت معناداری رضایت کاربران چت‌بات را پیش‌بینی می‌کنند. در مقابل، ویژگی دسترسی‌پذیری تأثیر معناداری نداشت. یافته‌های این تحقیق می‌تواند راهنمایی مؤثر برای توسعه‌دهندگان چت‌بات‌های گردشگری و مدیران مقاصد هوشمند جهت کنترل جریان ترافیک و بهبود مدیریت حمل‌ونقل باشد. شی و ژائو (۲۰۲۳) یک مدل یادگیری عمیق انتها به انتها برای مکان‌یابی و شناسایی پلاک خودرو در شرایط طبیعی و محیط‌های واقعی ارائه کرده‌اند. در این مدل، با بهبود سازوکار توجه کانالی در فرآیند پایین‌نمونه‌برداری شبکه YOLOv5، دقت تشخیص افزایش یافته است. نتایج تجربی پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی توانسته است به میانگین دقت تشخیص معادل ۹۸,۹۸ درصد دست یابد که به‌طور قابل توجهی بالاتر از عملکرد الگوریتم‌های سنتی شناسایی پلاک خودرو است. این دستاورد می‌تواند زیرساخت مناسبی برای توسعه سامانه‌های هوشمند مکان‌محور در حوزه‌هایی چون مدیریت ترافیک، پایش شهری و همچنین حمل‌ونقل هوشمند فراهم کند.

یو و همکاران (۲۰۲۵) با مطالعه ۳۱ شهر پیشرو در حوزه حمل‌ونقل هوشمند در چین، به تحلیل اجزای کلیدی و مسیرهای پیاده‌سازی نوآوری دیجیتال پرداخته‌اند. آنان با استفاده از نظریه داده‌بنیاد، چارچوبی مفهومی را ارائه داده‌اند که شامل نوآوری سازمانی دیجیتال، پلتفرم‌های داده‌محور هوشمند، زیست‌بوم مشارکتی چندذینفعی است. یافته‌ها نشان می‌دهد که نوآوری در حمل‌ونقل هوشمند می‌تواند از طریق نوآوری بسته (با تکیه بر پلتفرم‌های داده‌ای) یا نوآوری باز (با مشارکت ذینفعان) محقق شود. سلطان و همکاران (۲۰۲۳) یک روش نوین برای شناسایی پلاک خودرو در شرایط محیطی چالش‌برانگیز ارائه کرده‌اند. روش پیشنهادی آن‌ها قادر است در مواجهه با موانعی نظیر تنوع در شکل و طرح پلاک‌ها، عدم تبعیت از الگوهای استاندارد، خطوط نویسه‌های نامنظم، تغییر زاویه دید دوربین و حتی وجود

انسداد جزئی بر روی پلاک، عملکرد مؤثری از خود نشان دهد. این پژوهش با تمرکز بر افزایش پایداری و دقت شناسایی در شرایط غیرایده‌آل، گامی مؤثر در جهت توسعه سامانه‌های قابل اعتماد تشخیص پلاک در محیط‌های واقعی برداشته است. این پژوهش گامی مؤثر در توسعه سامانه‌های قابل اعتماد تشخیص پلاک برای محیط‌های واقعی محسوب می‌شود و کاربردهای گسترده‌ای در مدیریت جریان ترافیک و ارتقای ایمنی دارد. نابستانی و بارانی علی اکبری (۱۴۰۳) به بررسی و تحلیل عوامل موثر بر شکل‌گیری رهیافت حمل‌ونقل هوشمند و گردشگری هوشمند پرداختند. روش پژوهش بر اساس هدف از نوع کاربردی و بر اساس ماهیت، توصیفی-تحلیلی بود. نتایج این پژوهش نشان داد که مفهوم حمل‌ونقل و گردشگری هوشمند نتیجه مجموعه‌ای از شاخص‌های اقتصاد هوشمند، حکمرانی هوشمند، زیرساخت هوشمند، مردم هوشمند، اتصال هوشمند و آموزش هوشمند است. ضرغام بروجنی و صدیق بازکیاگوراب (۱۴۰۴) عوامل موثر بر پذیرش مدل مقصد هوشند توسط شرکت‌های گردشگری با توجه به رویکردی اکوسیستمی را مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه بر اساس چارچوب فناوری-سازمان-محیط و مدل پذیرش فناوری، پیشنهاد می‌نماید که حمایت از توسعه پروژه مقصد هوشمند و انگیزه پیوستن به آن تحت تاثیر عوامل تکنولوژیکی، سازمانی و محیطی می‌باشد. جدول ۱، پیشینه پژوهش را بر اساس سال انتشار، موضوع پژوهش، روش پژوهش، یافته‌ها، مزایا و محدودیت‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۱. پژوهش‌های پیشین

محقق / سال	موضوع پژوهش	روش پژوهش	یافته‌ها / مزایا	محدودیت‌ها / نکات قابل توجه
اردن-مجیا و هورتاس (۲۰۲۲)	تحلیل ویژگی‌های فناوری‌های هوشمند در چت‌بات‌های حمل‌ونقل	تحلیل عاملی اکتشافی، رگرسیون سلسله‌مراتبی؛ نمونه ٤٦٨ نفر	تأثیر مثبت اطلاع‌رسانی و تعامل‌پذیری بر رضایت کاربران چت‌بات	عدم تأثیر ویژگی دسترسی‌پذیری
شی و ژائو (۲۰۲۳)	مدل یادگیری عمیق برای شناسایی پلاک خودرو با YOLOv5	مدل یادگیری عمیق انتها به انتها با مکانیزم توجه بهبودیافته	دقت بالا (۹۸,۹۸٪) در شناسایی پلاک؛ بهبود نسبت به الگوریتم‌های سنتی	نیاز به منابع محاسباتی بالا برای اجرا
یو و همکاران (۲۰۲۵)	تحلیل نوآوری دیجیتال در ۳۱ مقصد حمل‌ونقل هوشمند در چین	نظریه داده‌بنیاد؛ داده‌های ثانویه و مصاحبه با مسئولان	ارائه چارچوب نوآوری دیجیتال؛ نقش داده‌ها و زیست‌بوم مشارکتی	بر مبنای داده‌های چین؛ تعمیم‌پذیری نیاز به بررسی دارد.
سلطان و همکاران (۲۰۲۳)	شناسایی پلاک در شرایط چالش‌برانگیز	توسعه الگوریتم LPR مقاوم در برابر انسداد و زوایای متغیر	عملکرد پایدار در شرایط غیرایده‌آل تصویری؛ قابل کاربرد در شهر هوشمند	تمرکز بر دقت فنی؛ فاقد ارزیابی رفتاری یا کاربردی
عنابستانی و بارانی علی اکبری (۱۴۰۳)	شناسایی شاخص‌های مؤثر بر شکل‌گیری حمل‌ونقل و گردشگری هوشمند	توصیفی-تحلیلی؛ کاربردی	شناسایی ٦ شاخص کلیدی شامل اقتصاد، زیرساخت، مردم، آموزش و حکمرانی هوشمند	مدل مفهومی نیازمند آزمون تجربی
ضرغام بروجنی و صدیق بازکیاگوراب (۱۴۰۴)	پذیرش مقصد هوشمند توسط شرکت‌های گردشگری	بر مبنای مدل فناوری-سازمان-محیط و پذیرش فناوری	تأثیر عوامل تکنولوژیکی، سازمانی و محیطی بر مشارکت شرکت‌ها	پیشنهادی؛ فاقد ارزیابی میدانی گسترده

مرور این مطالعات نشان می‌دهد که هرچند پیشرفت‌های چشمگیری در حوزه الگوریتم‌های شناسایی پلاک و کاربرد آن‌ها در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند صورت گرفته است، اما همچنان خلأهایی در زمینه به‌کارگیری این فناوری برای تحلیل جریان ترافیک در مناطق ناشناخته وجود دارد. اغلب پژوهش‌ها یا بر بهبود دقت الگوریتم‌های تشخیص تمرکز داشته‌اند یا در بستر مناطق شهری شناخته‌شده انجام شده‌اند. بنابراین، طراحی سامانه‌ای که بتواند داده‌های پلاک‌خوانی خودرو را در محیط‌های کمتر پایش‌شده گردآوری و تحلیل کند و از آن برای مدیریت سفر و حمل‌ونقل بهره گیرد، می‌تواند پاسخی نوآورانه به این خلأ پژوهشی باشد.

۳- روش تحقیق

این پژوهش با هدف طراحی یک سامانه هوشمند مبتنی بر پلاک‌خوانی خودرو برای تحلیل جریان ترافیک و پشتیبانی از مدیریت سفر در مناطق ناشناخته انجام شده است. در گام نخست، با بهره‌گیری از الگوریتم‌های بینایی ماشین و شبکه‌های عصبی عمیق، سامانه‌ای برای شناسایی خودکار پلاک خودروها توسعه داده شد. این سامانه قادر است در بستر زمان واقعی، داده‌های مرتبط با شماره پلاک، زمان عبور و موقعیت مکانی خودروها را ثبت و ذخیره نماید. در گام دوم، داده‌های گردآوری‌شده مورد پردازش و پالایش قرار گرفت تا خطاهای احتمالی ناشی از شرایط محیطی نظیر نور، زاویه دید و کیفیت تصویر کاهش یابد. سپس این داده‌ها به‌وسیله تکنیک‌های یادگیری ماشین و داده‌کاوی مورد تحلیل قرار گرفتند. روش‌هایی نظیر خوشه‌بندی و مدل‌های طبقه‌بندی برای شناسایی الگوهای ترافیکی، تفکیک جریان‌های پرتردد و تحلیل رفتارهای حرکتی رانندگان به کار گرفته شدند. در گام سوم، بر اساس نتایج تحلیل داده‌ها، چارچوبی برای مدل‌سازی جریان ترافیک در مقیاس خرد و کلان ارائه گردید. این مدل‌ها امکان پیش‌بینی الگوهای تردد، شناسایی مسیرهای پرترافیک و تحلیل اثرات حضور خودروها در مناطق کمترشناخته‌شده را فراهم می‌سازند. همچنین با تکیه بر این تحلیل‌ها، سامانه قابلیت ارائه توصیه‌های مدیریتی از جمله بهبود توزیع بار ترافیکی، پیشنهاد مسیرهای جایگزین و پشتیبانی از برنامه‌ریزی سفر را دارا می‌باشد. در گام پایانی، به‌منظور ارزیابی عملکرد سامانه، شاخص‌هایی همچون دقت شناسایی پلاک، صحت تحلیل الگوهای ترافیکی و میزان هم‌خوانی پیشنهادهای سیستمی با شرایط واقعی مورد سنجش قرار گرفت. ارزیابی‌ها از طریق ترکیبی از روش‌های شبیه‌سازی، تحلیل داده‌های میدانی و بازخورد کاربران انجام شد. نتایج این فرایند نشان داد که سامانه طراحی‌شده می‌تواند با دقت و اثربخشی قابل قبول، در مدیریت هوشمند جریان ترافیک و ارتقای کارایی سیستم‌های حمل‌ونقل شهری مورد استفاده قرار گیرد.

شکل ۱، فرآیند تحقیق را نشان می‌دهد.

شکل ۱. فرآیند تحقیق

٤- یافته‌های تحقیق

در این بخش، فازهای بیان شده، یک به یک اجرا و نتایج هر یک مورد بحث قرار گرفته است.

٤-١- فاز اول: تشخیص پلاک خودرو و جمع‌آوری داده‌ها

در نخستین گام، با بهره‌گیری از الگوریتم‌های پردازش تصویر و تکنیک‌های یادگیری عمیق، سامانه‌ای برای شناسایی خودکار پلاک خودروها طراحی و پیاده‌سازی شد. این سامانه به‌گونه‌ای تنظیم گردید که بتواند در فضاهای شهری، پلاک وسایل نقلیه عبوری را شناسایی کرده و به‌همراه مختصات مکانی (GPS) و زمانی، در پایگاه داده ثبت نماید. داده‌های حاصل در این فاز، بنیان اصلی سایر مراحل تحلیل را فراهم می‌آورند.

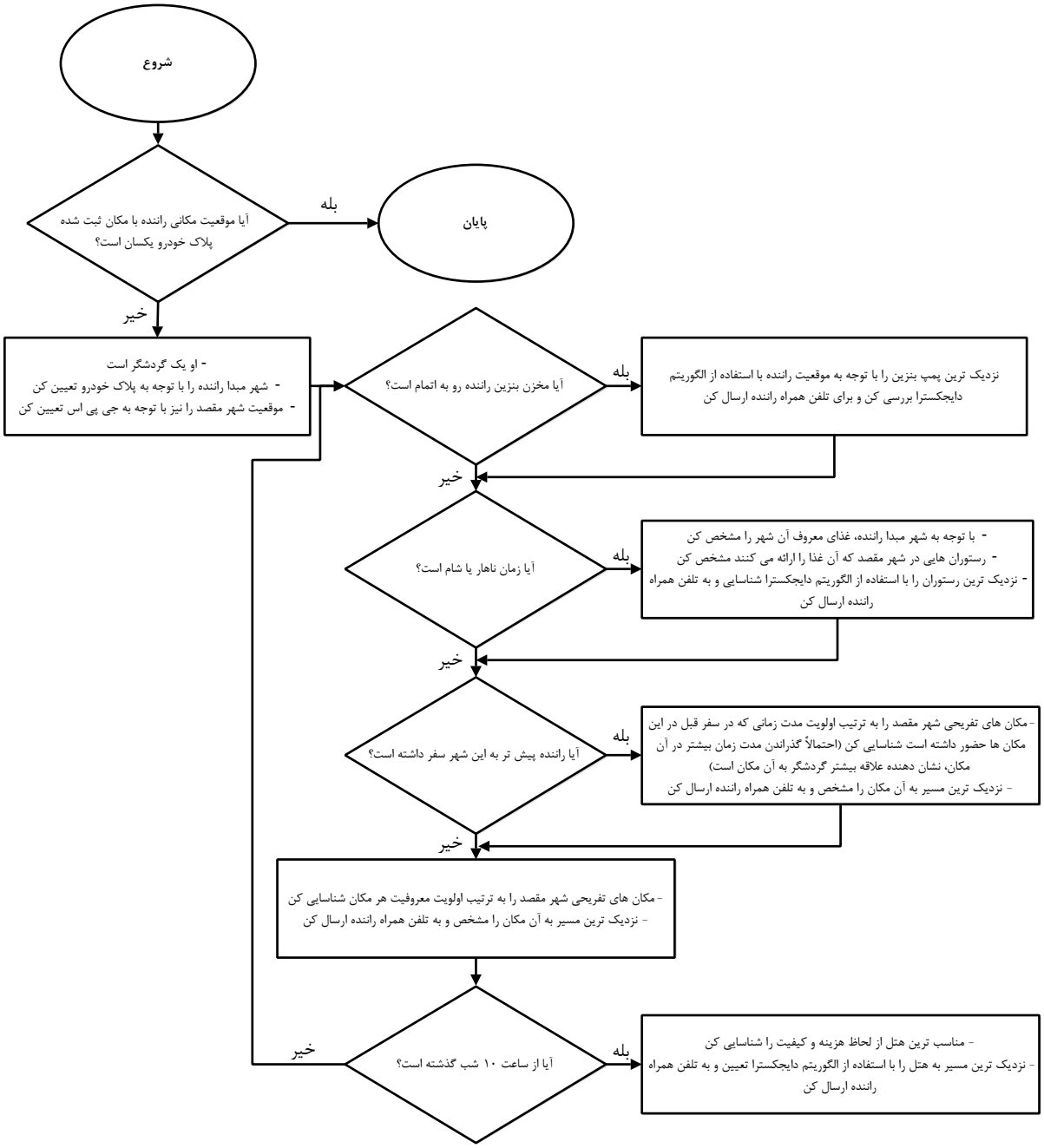
بدین‌منظور، در ابتدا مجموعه داده مربوط به انواع پلاک‌ها (شخصی-دولتی-تاکسی و غیره) به همراه مختصات مربوط به پلاک خودرو هر عکس در سایت روبوفلو بارگذاری شد و yolov7 تعیین شد که یکی از مدل‌های مدرن و دقیق در زمینه تشخیص اشیاء است. این مرحله نقش کلیدی در آماده‌سازی مدل تشخیص پلاک خودرو دارد و زیرساخت فنی لازم برای شناسایی هوشمند الگوهای حرکتی گردشگران را فراهم می‌سازد. سپس شروع به آموزش مدل شد (پیوست ۱).

٤-٢- فاز دوم: پردازش داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین

در این مرحله، داده‌های خام به‌دست‌آمده از سامانه پلاک‌خوانی خودرو که شامل شناسه پلاک، زمان عبور و موقعیت مکانی بود، وارد چرخه پردازش و تحلیل شدند. به منظور شناسایی الگوهای ترافیکی، ابتدا داده‌ها پیش‌پردازش و نرمال‌سازی گردید تا خطاهای احتمالی ناشی از ثبت ناقص یا شرایط محیطی کاهش یابد. سپس با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین، از جمله الگوریتم‌های خوشه‌بندی برای گروه‌بندی مسیرهای پرتردد و مدل‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده برای تفکیک جریان‌های ترافیکی، ساختارهای پنهان در داده‌ها استخراج شدند. تحلیل‌های انجام‌شده امکان شناسایی رفتارهای حرکتی رانندگان، تشخیص مسیرهای پرترافیک و الگوهای زمان‌بندی اوج سفر را فراهم ساخت. علاوه بر این، قواعد انجمنی حاصل از تحلیل داده‌ها به‌عنوان دانش استخراج‌شده به کار گرفته شد تا روابط میان متغیرهایی همچون زمان، مکان و حجم تردد شناسایی گردد. این خروجی‌ها مبنای تصمیم‌گیری برای ارائه راهکارهای مدیریتی در حوزه حمل‌ونقل، از جمله پیشنهاد مسیرهای جایگزین و بهینه‌سازی توزیع بار ترافیکی در مناطق ناشناخته، قرار گرفتند.

٤-٣- فاز سوم: شناسایی الگوی حرکتی توسعه سامانه مدیریت سفر هوشمند

در این مرحله، بر اساس الگوهای استخراج‌شده از داده‌های ترافیکی، مدلی برای طراحی سامانه مدیریت سفر هوشمند توسعه یافت. این سامانه با بهره‌گیری از زیرساخت‌های اینترنت اشیاء و تحلیل بلادرنگ داده‌ها، قادر است جریان ترافیک را پایش کرده و نیازهای احتمالی کاربران جاده‌ای را پیش‌بینی نماید. مکان راننده، بازه زمانی تردد و الگوهای تکرارشونده سفر به‌عنوان متغیرهای کلیدی در مدل لحاظ شدند تا از طریق آن امکان شناسایی مقاصد محتمل، نقاط پرترافیک و شرایط غیرعادی فراهم شود. علاوه بر تحلیل وضعیت ترافیکی، سامانه طراحی‌شده توانایی ارائه پیشنهادهای عملیاتی به کاربران را دارد؛ به‌گونه‌ای که می‌تواند مسیرهای جایگزین، نقاط توقف بهینه، یا خدمات موردنیاز در محدوده جغرافیایی مقصد (از جمله پارکینگ، اقامتگاه یا خدمات حمل‌ونقل عمومی) را توصیه کند. ویژگی برجسته این سامانه، ارائه توصیه‌های شخصی‌سازی‌شده در بستر بلادرنگ است که می‌تواند نقش مهمی در کاهش بار ترافیکی، بهبود تجربه سفر و ارتقای بهره‌وری سیستم حمل‌ونقل شهری ایفا نماید. شکل ٦ فلوچارت فرآیند تصمیم‌گیری سامانه را نمایش می‌دهد که در آن با توجه به مکان راننده، زمان تردد و سابقه حرکتی، نوع نیاز شناسایی شده و خدمت متناسب پیشنهاد می‌شود.

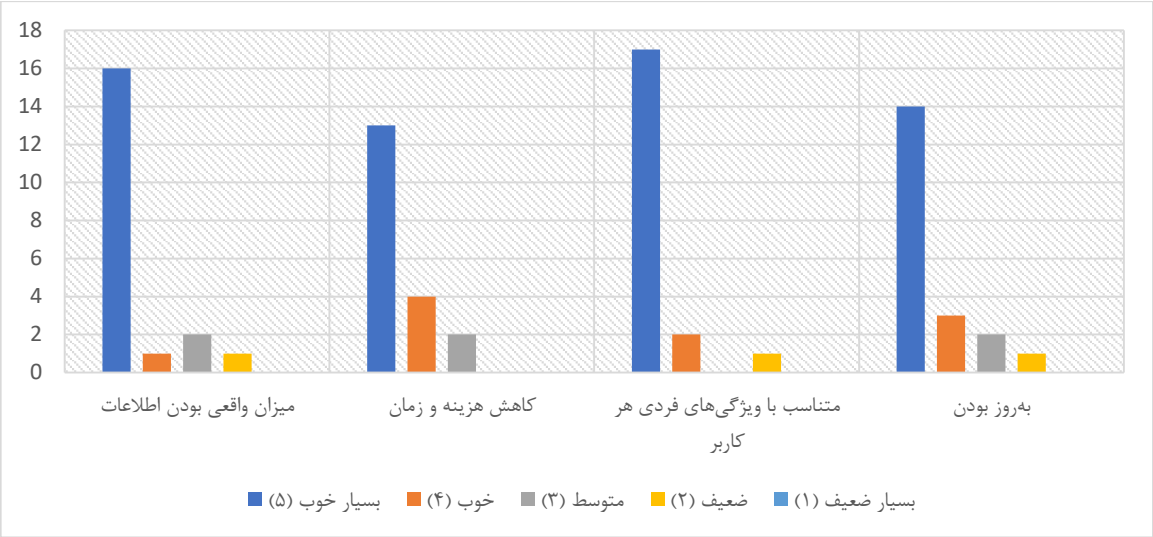


شکل ٦. فلوچارت سامانه مدیریت سفر هوشمند مبتنی بر پلاک‌خوانی خودرو در بستر اینترنت اشیاء

شبه‌کد الگوریتم مربوطه نیز در پیوست ۲ آمده است.

٤-٤- فاز چهارم: ارزیابی عملکرد سامانه مدیریت سفر هوشمند با دریافت بازخورد از کاربران

در مرحله پایانی، به منظور سنجش اثربخشی و کاربرپذیری سامانه مدیریت سفر هوشمند مبتنی بر پلاک‌خوانی خودرو، بازخوردهایی از کاربران شامل رانندگان و مسافران جمع‌آوری شد. ارزیابی عملکرد سیستم با استفاده از پرسش‌نامه‌ها و تحلیل کیفی داده‌ها انجام گرفت تا معیارهای دقت، قابلیت کاربرد، و رضایت کاربران از خدمات پیشنهادی اندازه‌گیری شود. نتایج این بررسی‌ها، امکان بهینه‌سازی طراحی سامانه در نسخه‌های بعدی و بهبود ارائه خدمات مبتنی بر داده‌های تردد بلادرنگ را فراهم می‌آورد. شکل ۷ نتایج حاصل از نظرسنجی ۲۰ کاربر را بر اساس میزان رضایت آن‌ها از عملکرد سامانه مدیریت سفر نشان می‌دهد. ارزیابی با مقیاس پنج‌درجه‌ای لیکرت انجام شد، به طوری که مقدار ۵ نشان‌دهنده بالاترین سطح رضایت و مقدار ۱ پایین‌ترین سطح رضایت کاربران است.



شکل ۷. نتایج بازخورد گردشگران در مورد سیستم توصیه‌گر هوشمند

۵- نتیجه‌گیری

تحول در مدیریت سفر و حمل‌ونقل شهری نیازمند بهره‌گیری هوشمندانه از فناوری‌های نوین و داده‌محور است. این پژوهش با هدف توسعه سامانه‌ای هوشمند برای تحلیل جریان ترافیک و مدیریت سفر در مناطق ناشناخته، سامانه‌ای مبتنی بر پلاک‌خوانی خودرو طراحی کرد که با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر، یادگیری ماشین و اینترنت اشیاء، قادر به ثبت و تحلیل رفتار حرکتی رانندگان و مسافران و ارائه توصیه‌های موقعیت‌محور است. برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً بر توسعه زیرساخت‌های دیجیتال یا تحلیل داده‌های کلان تمرکز داشته‌اند، روش پیشنهادی این مقاله از داده‌های کمتر بهره‌برداری‌شده اما مؤثر پلاک خودرو و اطلاعات زمانی–مکانی استفاده می‌کند. این نوآوری امکان شناسایی نیازهای آنی رانندگان و مسافران در مناطق ناآشنا و ارائه توصیه‌های شخصی‌سازی‌شده، بدون نیاز به تعامل مستقیم با سیستم یا نصب برنامه خاص، را فراهم می‌آورد.

مزایای کلیدی روش پیشنهادی عبارتند از:

-تحلیل خودکار رفتار حرکتی خودروها به صورت غیرتهاجمی؛

-ارائه توصیه‌های سفارشی‌شده بر اساس الگوی تردد و سابقه حرکتی هر خودرو؛

-کاربردپذیری بالا در مناطق کمترشناخته‌شده با کمبود داده‌های برخط؛

-امکان یکپارچه‌سازی با زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند و سیستم‌های ترافیکی موجود.

نتایج پژوهش نشان داد که دقت بالای تشخیص پلاک خودرو و تحلیل داده‌های حرکتی می‌تواند مبنای قابل اتکایی برای ارائه خدمات مدیریت سفر و بهینه‌سازی جریان ترافیک فراهم کند. بازخورد مثبت کاربران نیز تأییدکننده اثربخشی سامانه و کارایی توصیه‌های ارائه‌شده است. در مجموع، این پژوهش ضمن پر کردن خلأهای موجود در زمینه استفاده از داده‌های پلاک خودرو برای تحلیل رفتار حرکتی، گامی نوین در توسعه سامانه‌های هوشمند مدیریت سفر و بهبود تجربه مسافران در مناطق ناشناخته و ارتقاء کارایی سیستم‌های حمل‌ونقل شهری برداشته است.

٦–مراجع

–ضرغام بروجنی، حمید و صدیق بازکیاگوراب، مهسا (۱۴۰۴). تبیین مدل مقصد هوشمند گردشگری (مطالعه موردی: شرکت‌های گردشگری شهر تهران، *مطالعات مدیریت گردشگری عصر هوشمند*، ۲ (۱)، ۳۵–۱۷.

–عنابستانی، علی اکبر و بارانی علی اکبری، سجاد (۱۴۰۳). تحلیل فضایی عوامل موثر بر شکل‌گیری رهیافت گردشگری هوشمند روستایی (مورد مطالعه: روستاهای هدف گردشگری شرق استان کرمانشاه)، *برنامه‌ریزی فضایی*، ۱۴ (۳)، ۱۱۴–۸۷.

-Ke, X., Zeng, G., & Guo, W. (2023). An ultra-fast automatic license plate recognition approach for unconstrained scenarios. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *24*(5), 5172-5185.

-Novera, C. N., Ahmed, Z., Kushol, R., Wanke, P., & Azad, M. A. K. (2022). Internet of Things (IoT) in smart tourism: a literature review. *Spanish Journal of Marketing-ESIC*, *26*(3), 325-344.

-Orden-Mejía, M., & Huertas, A. (2022). Analysis of the attributes of smart tourism technologies in destination chatbots that influence tourist satisfaction. *Current Issues in Tourism*, *25*(17), 2854-2869.

-Roy, D., & Dutta, M. (2022). A systematic review and research perspective on recommender systems. *Journal of Big Data*, *9*(1), 59.

-Shi, H., & Zhao, D. (2023). License plate recognition system based on improved YOLOv5 and GRU. *IEEE Access*, *11*, 10429-10439.

-Sultan, F., Khan, K., Shah, Y. A., Shahzad, M., Khan, U., & Mahmood, Z. (2023). Towards automatic license plate recognition in challenging conditions. *Applied Sciences*, *13*(6), 3956.

-Thangaraj, M., Suguna, S., & Sudha, G. (2022). Big data Analytics: Concepts, Techniques, Tools and Technologies. *PHI Learning Pvt. Ltd.*

-Xu, J., Shi, P. H., & Chen, X. (2025). Exploring digital innovation in smart tourism destinations: insights from 31 premier tourist cities in digital China. *Tourism Review*, *80*(3), 681-709.

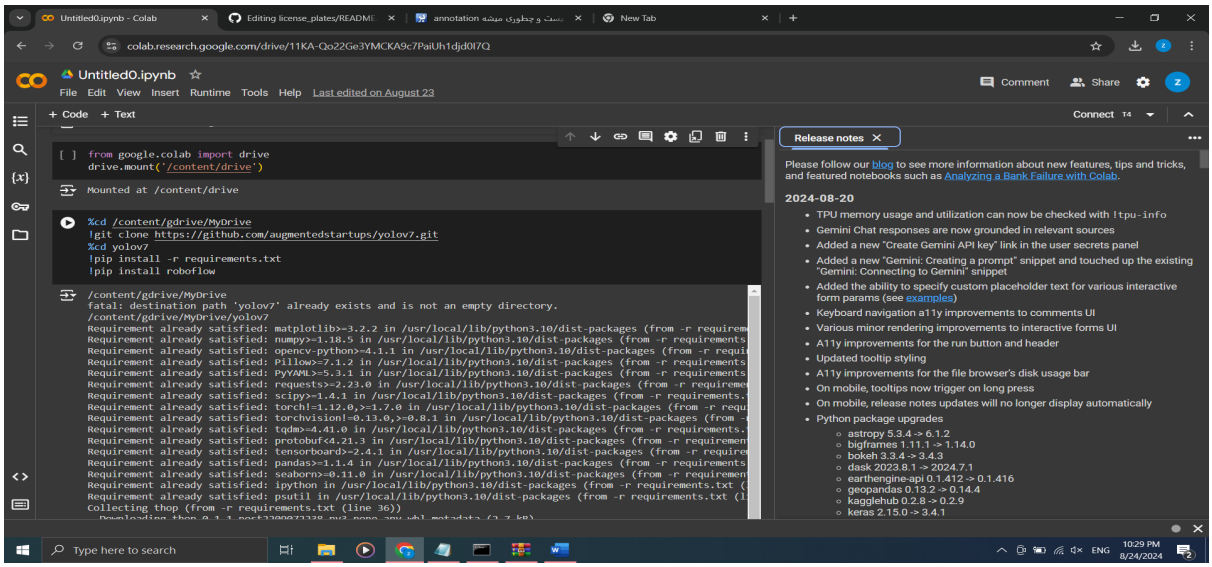
-Yao, W., Zhang, M., Jin, S., & Ma, D. (2021). Understanding vehicles commuting pattern based on license plate recognition data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *128*, 103142.

پیوست

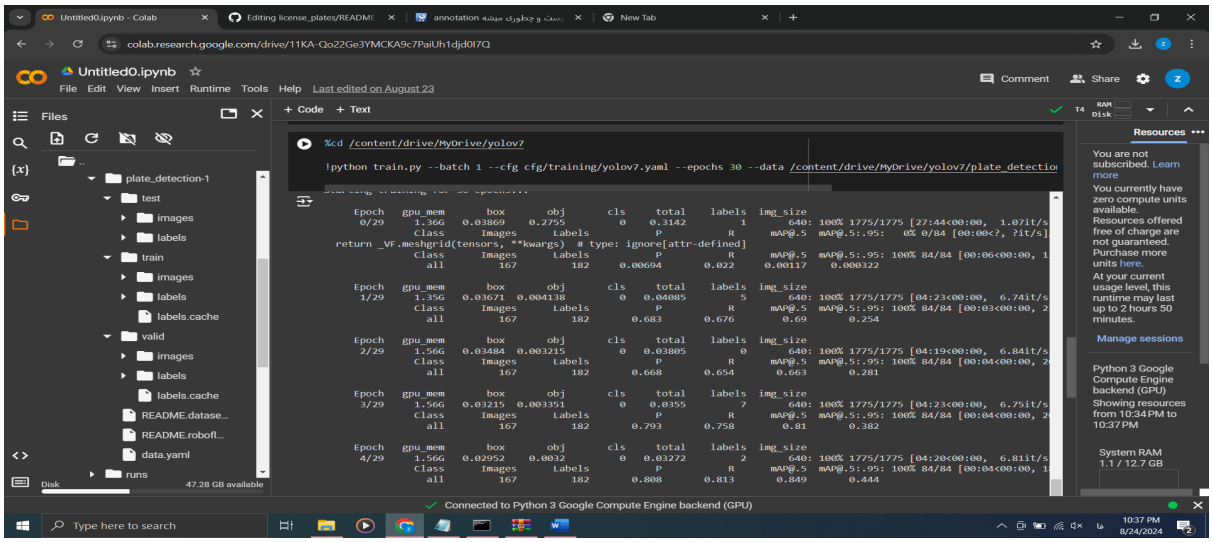
پیوست ۱: آموزش مدل تشخیص پلاک خودرو

```
from Roboflow import Roboflow
rf = Roboflow (api_key="ge04UulX2BqHjBuPZwfV")
project = rf. workspace("platedetection-jgwnf"). project("plate_detection-6e2ul")
dataset = project. Version (1). Download ("yolov7")
```

کد فوق با استفاده از API سرویس Roboflow، پروژه آموزش مدل YOLOv7 را بارگیری کرده و داده‌ها را برای استفاده در فرآیند آموزش مدل آماده می‌کند. شکل ۲ اتصال به گوگل درایو و سپس کلون کردن فایل‌های yolov7 (هوش مصنوعی برای یادگیری پلاک خودرو) و نصب ملزومات آن را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است تعداد ایپوک‌ها ۳۰ در نظر گرفته شد که در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲. اتصال به گوگل درایو و کلون کردن فایل‌های yolov7



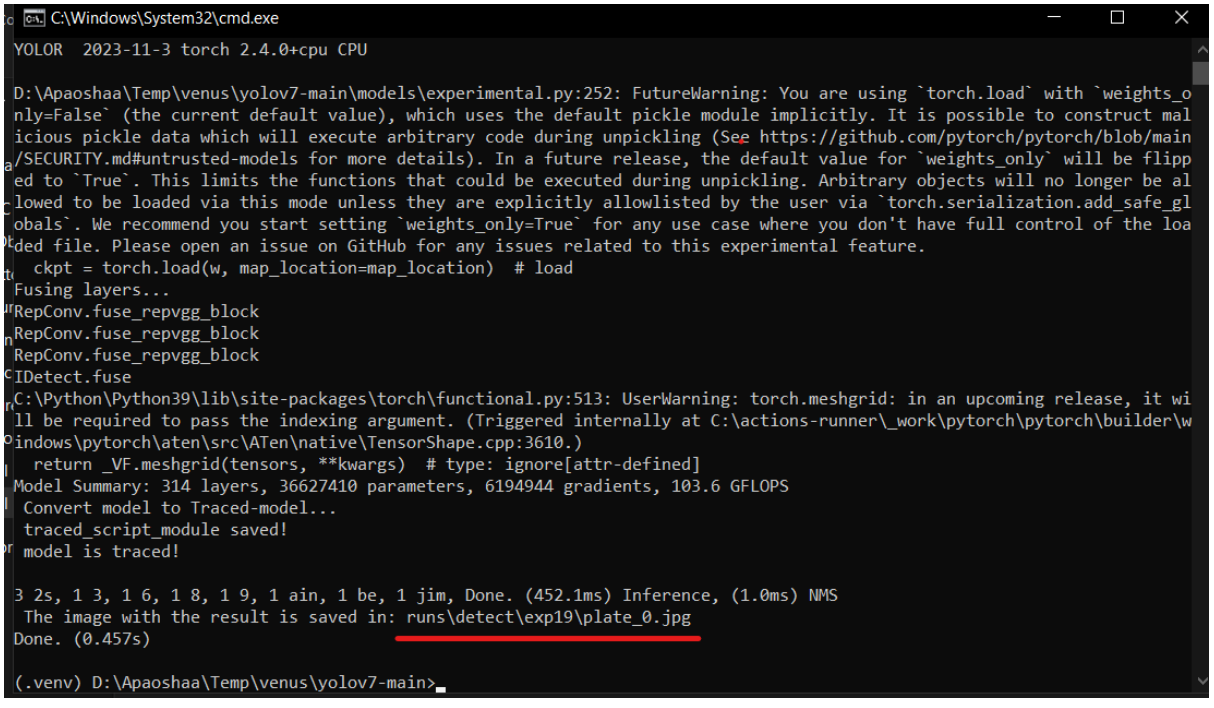
شکل ۳. تعیین تعداد ۳۰ ایپوک

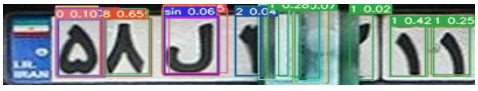
مراحل بیان شده برای تشخیص پلاک خودرو بود. برای تشخیص کاراکترهای خودرو از کد زیر استفاده شد.

```
from Roboflow import Roboflow
rf = Roboflow(api_key="ge04UulX2BqHjBuPZwfV")
project = rf.workspace ("platedetection-jgwnf").project("numdetection")
dataset = project. version(1).download("yolov7")
```

سپس به تست و اجرا کردن به کمک خروجی گرفته شده از گوگل کلاب پرداخته شد. پلاک خودرو شکل ٤ به منظور تست در نظر گرفته شد. شکل ٥ نتایج را نشان می‌دهد.

شکل ٤: تست تشخیص پلاک و کاراکترهای خودرو





شکل ٥. نتایج تشخیص پلاک و کاراکترهای خودروی مورد تست

پیوست ۲. شبه‌کد سامانه مدیریت سفر هوشمند مبتنی بر پلاک‌خوانی خودرو در بستر اینترنت اشیاء

```
BEGIN

IF current_location == registered_license_location THEN
    EXIT
ELSE
    IF current_location != home_city THEN
        Determine current_city based on GPS
        Determine origin_city and destination_city

    IF is_first_time_in_city THEN
        nearest_gas_station = find_nearest_gas_station
(current_location)
        send_to_driver (nearest_gas_station)

    IF current_time < office_hours_start THEN
        potential_targets = find_usual_morning_destinations
(current_city)
        nearest_place = find_nearest(potential_targets)
        send_to_driver(nearest_place)

    IF has_visited_city_in_last_month THEN
        frequent_locations = get_frequent_stops(driver_id,
current_city)
        likely_workplace =
find_likely_workplace(frequent_locations)
        route = find_best_route(current_location,
likely_workplace)
        send_to_driver(route)

    IF is_near_service_centers(current_location) THEN
        service_info = get_service_center_info(current_location)
        send_to_driver(service_info)

    IF current_time >= 22:00 THEN
        best_hotel = find_best_hotel(current_location,
budget_constraints)
        send_to_driver(best_hotel)

END
```

Design of an Intelligent Vehicle License Plate-Based System for Traffic Flow Analysis and Travel Management in Unfamiliar Areas

Mohammad Moradi, *Assistant Professor, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Bozorgmehr University of Qaenat, Qaenat, Iran.*

E-mail: m_moradi@buqaen.ac.ir

Received: February 2026- Accepted: May 2026

ABSTRACT

Efficient traffic flow analysis and travel management in unfamiliar urban areas remain critical challenges in intelligent transportation systems. This study presents an intelligent system based on vehicle license plate recognition capable of collecting spatiotemporal data and analyzing driver movement patterns. Leveraging image processing and machine learning techniques, the system processes vehicle passage data and provides context-aware recommendations for travel and traffic management. License plate recognition achieved an accuracy of 98.98% using advanced YOLO models, while clustering and classification of movement patterns predicted driver behavior with 95% accuracy. The research was conducted in four phases: phase 1: license plate detection and data collection, phase 2:data processing with machine learning, phase 3: design of the intelligent recommendation system, and phase 4: system performance evaluation. The feedback from 20 users indicated an average satisfaction score of 4.5/5, demonstrating the system's effectiveness in delivering precise and personalized recommendations for travel management in unfamiliar areas.

Keywords: Intelligent Transportation, Traffic Flow Analysis, Vehicle License Plate Recognition, Machine Learning, Intelligent Recommendation System