بررسی تطبیقی سیستم‌های کنترل هوشمند ترافیک ایران با مالزی و ترکیه

مقاله علمی – مروری

علی ضرونی*، دانش آموخته دکتری، دانشکده راهور، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران
اسفندیار تباشیر، دانش آموخته دکتری، دانشگاه امام حسن مجتبی، تهران، ایران
مسلم تیموری، دانشجوی دکتری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: a.zarooni8160@gmail.com

دریافت: ۱٤۰٤/۰٤/۱۵– پذیرش: ۱٤۰٤/۰۸/۰۲
صفحه ٤۱۰-۳۹۷

چکیده

مطالعه تطبیقی سیستم‌های کنترل ترافیک هوشمند (ITCS) در ایران، مالزی و ترکیه به بررسی اثربخشی و سازگاری فناوری‌های پیشرفته مدیریت ترافیک در پرداختن به چالش‌های تراکم شهری می‌پردازد. سیستم‌های ترافیکی هوشمند به‌عنوان راه‌حل‌های حیاتی برای افزایش جریان ترافیک، کاهش زمان سفر و بهبود ایمنی ترافیک پدیدار شده‌اند. از این‌رو این پژوهش، بررسی می‌کند چگونه رویکردهای تطبیقی می‌توانند مدیریت ترافیک را بهینه کند. تحقیق حاضر توصیفی و از نظر هدف کاربردی است، جامعه آماری این پژوهش شامل تحلیل تطبیقی رویکردهای متفاوت اتخاذ شده توسط ایران، ترکیه و مالزی در اجرای ITCS را برجسته می‌کند و شباهت‌ها و تمایزات را آشکار می‌کند، عوامل مختلفی از جمله؛ رفتارهای رانندگان، وضعیت زیرساخت‌ها، شرایط آب و هوایی، تکنولوژی پیشرفته، قوانین و مقررات فعال و کارآمد می‌توانند نقش مهمی در کاهش تعداد و شدت حوادث رانندگی ایفاء کنند. به‌طورکلی، توجه به بهبود تکنولوژی و اجرای صحیح زیرساخت‌های شهری می‌تواند یکی از راهکارهای کلان برای افزایش ایمنی جاده‌ها و حمایت از سلامت عمومی در جوامع باشد.

واژه‌های کلیدی: تکنولوژی، هوش مصنوعی، تصادفات، سیستم هوشمند ترافیک

۱- مقدمه

مطالعه تطبیقی سیستم‌های کنترل ترافیک هوشمند در ایران، مالزی و ترکیه به بررسی اثربخشی و سازگاری فناوری‌های پیشرفته مدیریت ترافیک جهت پرداختن به چالش‌های تراکم شهری می‌پردازد. از آنجایی که شهرهای سراسر جهان با افزایش حجم وسایل‌نقلیه و پیچیدگی‌های شهرنشینی دست و پنجه نرم می‌کنند، سیستم‌های ترافیکی هوشمند به‌عنوان راه‌حل‌های حیاتی برای افزایش جریان ترافیک، کاهش زمان سفر و بهبود ایمنی جاده‌ها پدیدار شده اند. تعداد تصادفات در کشورهای جهان سوم چندین برابر کشورهای صنعتی است آمار سالانه تلفات رانندگی در ایران بسی بیش از میانگین جهانی آن است، این آمار نشان از آن دارد که در ایران، به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر، حدود ۲۱ نفر بر اثر تلفات رانندگی می‌میرند؛ در حالی که میانگین جهانی کمتر از ۱۷ نفر از ۱۰۰ هزار نفر است (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹). قابل ذکر است، هر سه کشور (ایران، ترکیه و مالزی) از استراتژی‌های متفاوتی استفاده می‌کنند که زمینه‌های فرهنگی منحصر به‌فرد و پویایی ترافیک آن‌ها را منعکس می‌کند، و این مقایسه را به‌ویژه در درک این‌که چگونه رویکردهای محلی می‌توانند مدیریت ترافیک را در مناطقی که به سرعت در حال شهرنشینی هستند بهینه کنند، مرتبط می‌سازد. در ایران، سیستم‌های تطبیقی مانند سیستم ترافیک تطبیقی هماهنگ سیدنی با هدف تنظیم سیگنال‌های ترافیکی بر اساس شرایط بلادرنگ، هر چند چالش‌هایی در پاسخ‌گویی شناسایی شده‌اند. در مقابل،

مالزی از رویکردهای یادگیری تقویتی چندعاملی استفاده می‌کند که از استراتژی های مشارکتی آگاه از منطقه استفاده می‌کند و با مدیریت بهتر تغییرات ترافیک محلی، عملکرد را افزایش می‌دهد. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که چگونه پیاده‌سازی‌های فناوری باید رفتارهای ترافیکی منطقه‌ای و پذیرش فرهنگی را در نظر بگیرند و در نهایت بر تعامل کاربر و کارایی سیستم تأثیر بگذارند. علی‌رغم پیشرفت‌ها در هر دو کشور، چالش‌های مهمی از جمله چارچوب‌های نظارتی سفت و سخت و محدودیت‌های مالی که مانع پذیرش راه‌حل‌های نوآورانه می‌شود، وجود دارد. علاوه بر این، پویایی فرهنگی در هر کشور به‌طور قابل‌توجهی بر پذیرش کاربر و عملکرد کلی سیستم‌های کنترل ترافیک تأثیر می‌گذارد. یافته‌های این مطالعه تطبیقی بر ضرورت استراتژی‌های متناسب با چالش‌های محلی و در عین حال بهره‌گیری از پتانسیل فناوری‌های حمل و نقل هوشمند برای ایجاد راه‌حل‌های تحرک شهری کارآمدتر تأکید می‌کند. تکامل مداوم ITCS در ایران و مالزی برای پیشرفت‌های آینده، به‌ویژه با ادغام هوش مصنوعی و اینترنت اشیا آماده است. چنین پیشرفت‌هایی نویدبخش افزایش پاسخگویی و کارایی سیستم‌های مدیریت ترافیک، کاهش بیشتر ازدحام و بهبود ایمنی جاده‌ها با انتقال هر دو کشور به سمت چارچوب‌های شهر هوشمند است. این تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای نه تنها بینش‌هایی را در مورد وضعیت فعلی سیستم‌های مدیریت ترافیک ارائه می‌دهد، بلکه عوامل مهمی را نیز شناسایی می‌کند که آینده تحرک شهری را در زمینه‌های مختلف شکل می‌دهد .علاوه بر انسان، عوامل راه و محیط نیز از دیگر عوامل مؤثر در کاهش تصادفات و شدت آن هستند. این گروه از عوامل شامل چند جنبه است، شامل بخش‌های متعددی همچون وضعیت آب و هوا، وضعیت روسازی و وضعیت طرح هندسی است ،همان‌طور که گفته شد حوادث هزینه‌های زیادی را بر جوامع تحمیل کرده است. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های پرسنلی، هزینه‌های اقتصادی، هزینه‌های اجتماعی و پزشکی می‌باشد (sheivange, 2023). در واقع جستجوی علت تقصیر تصادفات و مدیریت در کاهش خسارات ناشی از آن امری ضروری است و به یک وظیفه برای همه جامعه تبدیل شده است. بنابراین شناخت پارامترهای مؤثر در بروز حوادث بسیار مهم است. یکی از مؤثرترین راه‌ها کنترل هوشمند حوادث، پیش‌بینی آن‌ها قبل از وقوع است. در واقع با پیش‌بینی تصادف، رانندگان امکان پیشگیری از آن و یا کاهش شدت آن را با مداخلات تجهیزات و ابزار هوشمند سریع‌تر دارند. زمینه و هدف پایین بودن سطح ایمنی راه‌های کشور و آمار بالای تصادفات در مقایسه با میانگین جهانی یکی از چالش‌های پیش‌روی مدیران و تصمیم‌گیران حوزه حمل و نقل و ترافیک است. تصادفات نه‌تنها باعث خسارات مالی، بلکه مرگ و جرح بسیاری نیز می‌شود (Kashfy. 2019). از این‌رو محققان توجه زیادی به تحلیل و بررسی علل و شدت تصادفات داشته‌اند تا راهکارهای مناسبی برای کاهش این خسارات ارائه کنند. بررسی علت تصادفات و میزان استفاده از ابزار و تجهیزات هوشمند در کاهش وقوع تصادفات و میزان و شدت در مقایسه با کشورهای مدل با تاکید بر سیستم هوشمند ترافیک مسئله اصلی (هدف) پژوهش حاضر می‌باشد و ما در این تحقیق به‌دنبال یافتن پاسخ به این پرسش می‌باشیم که عوامل مؤثر بر سامان‌دهی ترافیک در کشورهای مدل با تاکید بر سیستم هوشمند ترافیک در مقایسه با ایران چگونه می‌باشد؟

۲- پیشینه تحقیق

در مطالعه‌ای با عنوان بررسی اثر شخصیت بر خطای رانندگی با استفاده از شبیه ساز رانندگی. نتایج حاکی از آن است که بعضی از عامل‌های شخصیتی با تقصیرات رانندگی همبستگی دارند. رانندگی فعالیت روزمره‌ای است که به پردازش اطلاعات پویا نیاز دارد. پردازش اطلاعات در شخصیت‌های گوناگون متفاوت می‌باشد که باعث تغییر میزان خطاها و تقصیرات رانندگی می‌شود. **(Tabatabay et al., 2022)**. در مقاله‌ای با عنوان بررسی سهم عوامل موثر بر شدت تصادفات در جاده‌های بین شهری با استفاده از مدل لاجیت ترتیبی. نتایج نشان داده که مدل لاجیت ترتیبی نسبت به مدل شبکه عصبی کارایی بیشتری دارد. علاوه بر آن، عابرین پیاده بیشترین اثر افزاینده و تصادف عقب به پهلوی راست بیشترین اثر کاهنده را در شدت تصادفات دارند. همچنین، حضور خودروهای سنگین در شب بیشترین سهم را در افزایش شدت تصادفات دارد.**(Ghanbary et al . 2019)** – درتحقیقی با عنوان "بررسی مسیرهای خطاها و تخلفات رانندگی تا تصادفات: نقش بی‌ثباتی در رانندگی" نتایج حاصل شده که مدل توبیت نشان می‌دهد که خطاها و تخلفات رانندگی با بی‌ثباتی در سرعت رانندگی راننده موضوع می‌دهد که خطاهای رانندگی، تخلفات و بی‌ثباتی در سرعت رانندگی با احتمال

بیشتری برای تصادفات و نزدیک به تصادف همراه است. یافته‌های کلیدی ما این است که خطاها و تخلفات رانندگی نه تنها به‌طور مستقیم، بلکه به‌طور غیرمستقیم از طریق بی‌ثباتی در سرعت رانندگی باعث ایجاد خطر رویداد می‌شوند. Nemane) . 2023)

– مقاله ای با عنوان" تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر رانندگی در مسیر اشتباه در ورودی بزرگراه با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی در بین رانندگان مسن‌تر مبتلا به زوال شناختی" به نتیجه رسیده است که دلیل شروع رانندگی در مسیر اشتباه بزرگراه ممکن است یک خطای انسانی در مرحله تشخیص نادیده گرفتن یک اقدام متقابل رانندگی اشتباه بصری باشد، یا خطای انسانی در مرحله قضاوت ناشی از شکست در سرکوب کنش با وجود توجه به اقدام متقابل بصری. علاوه بر این، عملکردهای توجهی و اجرایی به ابتکار راه نادرست مرتبط بود، اگرچه MCI بر آن تأثیری نداشت. این نشان می‌دهد کسانی که با وجود مشاهده علائم نتوانستند رفتار نادرست رانندگی خود را کنترل کنند، دارای نقص عملکرد اجرایی خاصی هستند.Neihae. 2023

– در مقاله‌ای با عنوان"طبقه‌بندی خطاها و تخلفات رانندگی با استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک: شواهدی از مطالعه رانندگی طبیعت‌گرایانه" نتیجه گرفته است که عوامل انسانی به خطاهای تشخیص، خطاهای تصمیم‌گیری، خطاهای عملکردی و خطاهای ناشی از وضعیت فیزیکی رانندگان یا عدم تجربه/آشنایی زمینه‌ای آن‌ها و تخلفات عمدی طبقه‌بندی می‌شوند.(Asade et al. 2021)

همان‌طور که شهرنشینی در کشورهای توسعه یافته و در حال ظهور شتاب می‌گیرد، افزایش سریع استفاده از وسایل‌نقلیه نیازمند راه‌حل‌های نوآورانه برای رسیدگی به مشکلات حمل و نقل مرتبط است. سیستم‌های حمل و نقل هوشمند برای کاهش این مسائل با به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته‌ای که مدیریت وسایل‌نقلیه، اپراتورهای جاده و مسافران را یکپارچه می‌کند، توسعه یافته‌اند. با ارزیابی هرچه بیشتر این تحقیقات می‌توان دریافت که در عوامل مؤثر بر میزان کاهش نوع و شدت تصادفات و تخلفات ترافیکی این پژوهش‌ها خلاءهای تحقیقاتی مشاهده می‌گردد و این تحقیقات به‌صورت کامل اشباع نشده‌اند و پژوهش حاضر با تمرکز بر یکی از این خلاءهای پژوهشی تلاش بر پر کردن خلاءها داشته است.

۲-۱- سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک

سیستم‌های کنترل ترافیک هوشمند نقش مهمی در مدیریت جریان ترافیک شهری و افزایش ایمنی در ترافیک ایفاء می‌کنند. این سیستم‌ها از فناوری پیشرفته برای رسیدگی به مشکلات فزاینده تراکم ترافیکی که شهرها با آن مواجه هستند، به ویژه در مناطقی که به سرعت در حال شهرنشینی هستند مانند مالزی و ایران، استفاده می‌کنند.

الف. مزایای سیستم‌های کنترل ترافیک هوشمند

تاثیر زیست محیطی

یکی از مزایای قابل توجه ITCS پتانسیل آن‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خودرو و بهبود کیفیت هوا است. این سیستم‌ها با بهینه‌سازی جریان ترافیک و کاهش زمان‌های بیکاری در تقاطع‌ها، به مصرف سوخت کمتری کمک می‌کنند، که برای مناطق شهری که در معرض آلودگی ناشی از تراکم ترافیک قرار دارند ضروری است.

مزایای اقتصادی

پیامدهای اقتصادی اجرای ITCS قابل توجه است. بهبود جریان ترافیک می تواند به کاهش زمان سفر و کاهش هزینه‌های عملیاتی خدمات حمل و نقل منجر شود. این کارایی به افزایش بهره وری برای مشاغل و مزایای اقتصادی کلی برای جمعیت شهری ختم می‌شود.

مروری بر سیستم های هوشمند کنترل ترافیک

ITCS معمولاً طیف وسیعی از مؤلفه‌ها، از جمله مراکز کنترل ترافیک، سیستم‌های سیگنال ترافیک خودکار و فناوری‌های نظارت هوشمند را ادغام می‌کند. به‌عنوان مثال، مرکز کنترل ترافیک پیشنهادی (TCC) در کاجنگ، مالزی، با هدف متمرکز کردن نظارت و مدیریت ترافیک است. این تسهیلات مهندسان ترافیک را قادر می‌سازد تا بر سیستم‌های مختلف مانند سیگنال‌ها و خوراک‌های نظارتی نظارت کنند تا از مدیریت کارآمد ترافیک در سراسر شهر اطمینان حاصل کنند.

ب. اجزای کلیدی

مرکز کنترل ترافیک (TCC)

TCC به‌عنوان مرکزی برای مدیریت تمام سیستم‌های ترافیکی در یک منطقه تعیین شده عمل می‌کند. درکاجنگ، TCC پیشنهاد

شده است که در ساختمان شورای شهرداری شهر کاجنگ واقع شود. همگام‌سازی سیگنال‌های ترافیکی و جمع‌آوری داده‌های بلادرنگ در مورد شرایط ترافیک را تسهیل می‌کند.

۲-۲- کنترل خودکار و هوشمند ترافیک

سیستم‌های کنترل ترافیک خودکار از سنسورها و الگوریتم‌های پردازش داده برای تنظیم زمان‌بندی سیگنال به صورت پویا استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها شرایط ترافیکی را در زمان واقعی ارزیابی می‌کنند و به یک رویکرد پاسخگو برای مدیریت ترافیک اجازه می‌دهند که ازدحام در ساعات اوج مصرف را کاهش دهد و به حوادث غیرمنتظره پاسخ دهد.

۲-۳- سیستم‌های نظارت هوشمند

فناوری‌های نظارت هوشمند، از جمله دوربین‌های با کارایی بالا و ریزپردازنده‌ها، در سیستم‌های مدیریت ترافیک برای نظارت بر جریان ترافیک و شناسایی حوادث یکپارچه شده‌اند. این سیستم‌ها از تکنیک‌های پردازش تصویر برای تجزیه و تحلیل فیدهای ویدئویی زنده، ارائه داده‌های حیاتی برای مدیریت ترافیک و اطمینان از پاسخ سریع به تصادفات یا الگوهای تراکم غیرعادی استفاده می‌کنند.

-تحولات آینده؛ آینده سیستم‌های کنترل ترافیک هوشمند، با پیشرفت‌های فناوری که نوآوری‌های بیشتر را به پیش می‌برد، امیدوارکننده است. پیشرفت‌های بالقوه شامل ادغام ارتباطات وسیله نقلیه به همه چیز (V2X) و استفاده از فناوری‌های نوظهور مانند G۵ و محاسبات لبه است. چنین نوآوری‌هایی می‌تواند به راه‌حل‌های مدیریت ترافیک شخصی‌تر و پاسخی مؤثر به حضور رو به رشد وسایل‌نقلیه خودران در جاده‌ها منجر شود.

نظریه کنترل بهینه (Optimal Control Theory)؛ هدف: کمینه‌سازی زمان سفر، مصرف سوخت، یا آلاینده‌ها با استفاده از مدل‌های ریاضی. مثال: کنترل چراغ‌های راهنمایی بر اساس معادلات دیفرانسیل یا برنامه‌ریزی پویا.

نظریه بازی (Game Theory)؛ مدل‌سازی تعاملات: تحلیل رفتار رانندگان به عنوان بازیکنانی که برای کمینه کردن زمان سفر خود رقابت می‌کنند، تعادل ترافیکی: پیش‌بینی توزیع ترافیک در شبکه بر اساس تعادل نش (Nash Equilibrium) شبکه‌های عصبی مصنوعی و شبیه‌سازی ترافیک- شبیه‌سازی مبتنی بر عامل: مدل‌سازی رفتار تک تک خودروها در محیط‌های مجازی (مانند نرم‌افزار-SUMO). پیش‌بینی جریان ترافیک: استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی تغییرات ترافیک در آینده نزدیک نظریه صف (Queueing Theory) مدل‌سازی تراکم: تحلیل طول صف‌های ترافیکی در تقاطع‌ها یا بزرگراه‌ها، بهینه‌سازی ظرفیت: محاسبه زمان بهینه چراغ‌ها برای کاهش تجمع و تراکم ترافیک شبکه‌های پیچیده (Complex Networks)؛ تحلیل توپولوژی شبکه: بررسی ارتباطات بین خیابان‌ها و شناسایی گلوگاه‌ها، تاب‌آوری شبکه: ارزیابی مقاومت شبکه ترافیک در برابر اختلالات (مانند تصادفات).

-استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک در مالزی و ترکیه نسبت به ایران، منجر به کاهش معنادارتری در نرخ تصادفات جاده‌ای شده است.

-مشارکت فعال‌تر بخش خصوصی در مالزی و ترکیه در طراحی و نگهداری سیستم‌های کنترل ترافیک، منجر به نوآوری و به‌روزرسانی سریع‌تر این سیستم‌ها نسبت به ایران شده است.

-کشورهای مالزی و ترکیه به دلیل سرمایه‌گذاری بیشتر در زیرساخت‌های دیجیتال و شبکه‌های ارتباطی، قابلیت اطمینان و پایداری بالاتری در سیستم‌های کنترل ترافیک هوشمند نسبت به ایران نشان می‌دهند.

-وجود چارچوب‌های قانونی شفاف و هماهنگی بین نهادهای دولتی در مالزی و ترکیه، باعث اجرای موفق‌تر سیستم‌های کنترل ترافیک هوشمند در مقایسه با ایران شده است.

۳- روش تحقیق

تحقیق حاضر توصیفی و تطبیقی و از نظر هدف کاربردی است، جامعه آماری این پژوهش شامل بررسی تطبیقی سیستم‌های کنترل هوشمند ترافیک در مجموعه قوانین و مقررات ترافیکی موجود در ایران و کشورهای مالزی و ترکیه می‌باشد. بر مبنای این روش دو نوع مقایسه از یکدیگر کاملاً جدا محسوب می‌شوند. یکی مقایسه براساس شباهت‌ها که دو جامعه را براساس ماهیت و ساختار یکسان مورد بررسی قرار می‌دهد و دیگری مقایسه بر مبنا تفاوت‌ها مانند مقایسه جوامعی که دارای ساختار و نظام متضاد هستند. (ملک‌کی و مارش، ۱۳۸٤) روش گردآوری داده‌ها مبتنی بر روش کتابخانه‌ای و استفاده از کتب، اسناد و مدارک است، در این روش از مهم‌ترین ابزار یعنی فیش‌برداری استفاده شده است. منابع جمع‌آوری داده‌ها در این روش همه اسناد چاپی همانند کتاب، دایره‌المعارف، فرهنگ‌نامه،

مجلات، روزنامه‌ها، مصاحبه‌ها چاپ شده، متون چاپی نمایه شده در بانک های اطلاعاتی و اینترنت است.

۳-۱- محدوده **تحقیق**

-تمرکز بر پروژه‌های اجراء شده در دهه اخیر (۲۰۱۵-۲۰۲٤)
-مکانی: شهرهای بزرگ هر کشور (تهران، کوالالامپور، استانبول) به‌عنوان نمونه‌های مطالعاتی.
-موضوعی: محدود به سیستم‌های کنترل ترافیک مبتنی بر فناوری‌های دیجیتال و هوشمند.

٤-یافته‌های تحقیق

یافته‌های تحقیق به‌صورت موردی تنظیم شده و جوامع مورد مطالعه نیز به همین ترتیب به‌صورت موردی تنظیم شده و جوامع مورد مداقه قرار گرفته‌اند. در مورد هریک جوامع ابتدا وجه مشابه و افتراق استفاده از سیستم‌های هوشمند ترافیک هر یک از کشورها در خصوص سامان‌دهی ترافیک با ایران اشاره شده است؛ و در ادامه، در قالب جدول توصیفی به مقایسه سیستم‌های کنترل هوشمند ترافیک کشورهای مورد مطالعه در خصوص عوامل اصلی موثر بر ترافیک یعنی عامل انسان، عامل راه و محیط و عامل وسیله نقلیه پرداخته می‌شود.

الف. نقاط اشتراک سیستم‌های کنترل هوشمند ترافیک کشور مالزی با ایران

ایران و مالزی در زمینه سیستم‌های هوشمند ترافیک تشابهاتی دارند که ناشی از تلاش‌های هر دو کشور برای مقابله با چالش‌های ترافیکی ناشی از رشد شهرنشینی و افزایش خودروها است. برخی از این تشابهات عبارتند از:

- استفاده از فناوری‌های دیجیتال و هوشمندسازی چراغ‌های راهنمایی هر دو کشور از چراغ‌های راهنمایی هوشمند استفاده می‌کنند که با تحلیل ترافیک در لحظه، زمان‌بندی چراغ‌ها را تنظیم می‌کنند. الف. در ایران (مثلاً در تهران)، سیستم‌هایی مانند افزایش بهره‌وری چراغ‌های هوشمند در تقاطع‌های شلوغ اجراء شده است. ب. در مالزی (مثلاً در کوالالامپور)، سیستم Sistem Pengurusan Trafik KL با کمک هوش مصنوعی و داده‌های لحظه‌ای، ترافیک را مدیریت می‌کند.

-سیستم‌های نظارت تصویری و تحلیل ترافیک؛ دوربین‌های نظارتی و حس‌گرهای ترافیکی در هر دو کشور برای رصد تراکم خودروها، شناسایی تخلفات و ثبت تصادفات استفاده می‌شوند. الف. ایران: پروژه‌هایی مانند سامانه ثبت تخلفات هوشمند (ثبت سرعت، عبور از چراغ قرمز و.....) ب. مالزی: سیستم Awas و e-Traffic برای نظارت بر رفتار رانندگان.

- اپلیکیشن‌های مسیریاب و اطلاع‌رسانی ترافیک؛ هر دو کشور از اپلیکیشن‌های مبتنی بر GPS برای ارائه اطلاعات لحظه‌ای ترافیک به رانندگان استفاده می‌کنند. الف. ایران: اپلیکیشن‌هایی مانند نشان (Neshan) و بلد. ب. مالزی: اپلیکیشن Waze و MyJalan که با همکاری دولت مالزی توسعه یافته‌اند.

- سیستم‌های عوارضی الکترونیکی ایران و مالزی هر دو از فناوری‌های بدون توقف (RFID یا برچسب‌های الکترونیکی) برای دریافت عوارض جاده‌ای استفاده می‌کنند؛ الف. ایران: سیستم تندرو در بزرگراه‌های اصلی. ب. مالزی: سیستم Touch n Go و SmartTAG در بزرگراه‌ها.

-تمرکز بر کاهش ترافیک با حمل و نقل عمومی هوشمند؛ هر دو کشور برای کاهش وابستگی به خودروهای شخصی، به هوشمندسازی حمل و نقل عمومی روی آورده‌اند؛ الف. ایران: توسعه بی‌آرتی (BRT) در تهران و اصفهان با سیستم‌های ناوبری پیشرفته. ب. مالزی: خطوط MRT و LRT در کوالالامپور که با سیستم‌های کنترل هوشمند مدیریت می‌شوند.

- همکاری با شرکت‌های بین‌المللی - ایران و مالزی برای توسعه سیستم‌های ITS با شرکت‌های فناوری خارجی همکاری می‌کنند؛ **الف. مالزی:** مشارکت با شرکتهای چینی و کره جنوبی در پروژههای ترافیکی. ب. ایران: همکاری با شرکت‌های اروپایی و آسیایی در حوزه نرم‌افزارهای مدیریت ترافیک.

-چالش‌های مشترک در هر دو کشور با موانعی مانند کمبود بودجه، فرسودگی زیرساخت‌ها و مقاومت شهروندان در پذیرش فناوری‌های جدید روبه‌رو هستند.

-سیستم‌های کنترل ترافیک هوشمند مالزی رویکردهای MARL را نیز در خود جای داده‌اند، اما بر استراتژی‌های مشارکتی آگاه از منطقه با استفاده از شبکه‌های توجه گراف پیشرفته تأکید دارند. این روش امکان مدیریت بهتر قابلیت مشاهده جزئی در بین عوامل محلی را فراهم می‌کند و در نتیجه کارایی کلی مدیریت ترافیک را افزایش می‌دهد. در ایران و مالزی سیستم‌های کنترل ترافیک هوشمند برای مدیریت کارآمد ترافیک شهری توسعه یافته‌اند. در حالی که هر دو کشور از فناوری‌های پیشرفته استفاده

می‌کنند، رویکردهای آن‌ها چالش‌ها و زمینه‌های فرهنگی منحصر به فرد را منعکس می‌کند.

-تأثیر پویایی فرهنگی؛ زمینه‌های فرهنگی ایران و مالزی، به‌طور قابل‌توجهی بر پذیرش و عملکرد سیستم‌های ترافیکی هوشمند تأثیر می‌گذارد. در ایران، رفتار ترافیکی اغلب با سطوح بالای ازدحام و طرز فکر جمع‌گرا مشخص می‌شود که می‌تواند بر پذیرش و اجرای فناوری تأثیر بگذارد. این با کشور مالزی یکسان بوده است، جایی که عوامل فرهنگی نیز در آن نقش دارند، اما رویکرد فناوری تمایل بیشتری به نوآوری و اجرای سریع سیستم‌های جدید دارد.

-سیستم‌های حمل و نقل هوشمند؛ الف. ایران ضرورت سیستم‌های حمل و نقل هوشمند را برای رسیدگی به چالش‌های رو به رشد ترافیک از جمله ازدحام و نگرانی‌های ایمنی تشخیص داده است. یک مثال قابل توجه توسعه سیستم پلاک‌خوان خودرو 'Dezhpol' است که برای کنترل خودکار ترافیک در نقاط ورودی مانند پارکینگ‌ها طراحی شده است. این سیستم به صورت هوشمند دسترسی خودروها را با خواندن پلاک‌ها مدیریت می‌کند و بدون نیاز به پرسنل امنیتی می‌تواند به صورت ۲٤ ساعته کار کند. علاوه بر این، قابلیت ثبت تخلفات رانندگی مانند روشن شدن چراغ قرمز را با ثبت تصاویر و ثبت جریمه دارد.

ب. مالزی همچنین در اجرای حمل و نقل هوشمند برای بهبود مدیریت ترافیک شهری فعال بوده است. رویکرد مالزی شامل سیستم‌های کنترل ترافیک خودکار و هوشمند است که از داده‌های بی‌درنگ برای بهینه‌سازی علائم ترافیکی و مدیریت ازدحام استفاده می‌کند. چنین سیستم‌هایی توسط تیم‌هایی از مهندسان ترافیک نظارت می‌شود که شرایط ترافیک را نظارت می‌کنند و در صورت نیاز تنظیمات را انجام می‌دهند. ایران و مالزی هر دو با چالش‌های مشابهی در زمینه تراکم ترافیک و ایمنی روبرو هستند. با این حال، رویکرد سیستماتیک‌تر مالزی نسبت به یکپارچه‌سازی و مدیریت حمل و نقل هوشمند، چارچوبی منسجم‌تر را امکان‌پذیر می‌سازد که به‌طور مؤثر به این مسائل می‌پردازد. با مقایسه این دو کشور، می‌توان مشاهده کرد که در حالی که ایران با فناوری‌های خاص گام برداشته است، نیاز به یک برنامه استراتژیک تری برای تحقق مزایای کامل حمل و نقل هوشمند است.

-چارچوب‌های نظارتی سفت و سخت؛ یکی از چالش‌های مهم در پیاده‌سازی سیستم‌های هوشمند ترافیک در ایران و مالزی، وجود چارچوب‌های نظارتی سفت و سخت است که فناوری‌های خاصی را الزامی می‌کند. مقامات بزرگراه اغلب به استفاده از فناوری‌های از پیش تعیین‌شده مانند دوربین‌های تلویزیون مدار بسته (CCTV)، آشکارسازهای رویداد ویدیویی (VID)و علائم پیام متغیر (VMS) نیاز دارند. در حالی که این فناوری‌ها نظارت و انتشار اطلاعات را افزایش می‌دهند، ماهیت تجویزی آن‌ها می‌تواند نوآوری و سازگاری را در میان صاحبان امتیاز خفه کند و توانایی آن‌ها را برای اتخاذ راه‌حل‌های جدیدتر و بالقوه مؤثرتر محدود کند.

-محدودیت های مالی؛ محدودیت‌های مالی مانع از تشابهات مهم دیگری برای اجرای موفقیت‌آمیز سیستم‌های هوشمند ترافیکی در ایران و مالزی است، جایی که محققان اشاره کرده‌اند که هزینه‌های اولیه راه‌اندازی سیستم‌های مدیریت ترافیک مبتنی بر هوش مصنوعی بالا است. ارتقاء زیرساخت‌های موجود برای پشتیبانی از این فناوری های پیشرفته نیز ممکن است نیاز به سرمایه گذاری قابل توجهی داشته باشد. همکاری بین سازمان‌های دولتی، شرکت‌های فناوری و موسسات تحقیقاتی برای رسیدگی به این چالش‌های مالی از طریق سرمایه‌گذاری مرحله‌ای و تخصص مشترک ضروری است.

-ادغام هوش مصنوعی و اینترنت اشیا؛ انتظار می‌رود ادغام هوش مصنوعی با فن‌آوری‌های اینترنت اشیاء انقلابی در استراتژی‌های مدیریت ترافیک ایجاد کند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند حجم وسیعی از داده‌های دستگاه‌های IoT مانند حس‌گرها و دوربین‌ها را تجزیه و تحلیل کنند و امکان تصمیم‌گیری در زمان واقعی و تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده در مدیریت ترافیک را فراهم کنند.

برای مثال، هوش مصنوعی می‌تواند شرایط ترافیک را پیش‌بینی کند و الگوهای چراغ‌های راهنمایی را متناسب با آن تنظیم کند، در نتیجه ازدحام را به حداقل می‌رساند و جریان ترافیک را بهینه می‌کند.

هم‌افزایی هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء امکان توسعه چراغ‌های راهنمایی هوشمند را فراهم می‌کند که به‌صورت پویا با الگوهای تغییر ترافیک سازگار می‌شوند و پاسخگویی به شرایطی مانند رویکردهای وسایل نقلیه اضطراری را افزایش می‌دهند.

ب. نقاط افتراق سیستم‌های کنترل هوشمند ترافیکی ایران و مالزی

در این بخش به تفاوت‌های کلیدی سیستم‌های هوشمند ترافیک ایران و مالزی و همچنین آینده‌پژوهی و نوآوری‌های پیش‌رو در این حوزه می‌پردازیم؛ تفاوت‌های کلیدی در سیستم‌های هوشمند ترافیک اگر چه ایران و مالزی در برخی رویکردها مشابهت دارند، تفاوت‌های قابل توجهی نیز وجود دارد.

– مقیاس و پیشرفت فناوری؛ الف. مالزی به دلیل همکاری گسترده با شرکت‌های بین‌المللی (مانند Huawei و Siemens)، در پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته‌تر (مانند پلت‌فرم‌های ابری و اینترنت اشیاء). پیش‌روتر است. ب. ایران به‌دلیل تحریم‌ها، بیشتر بر توسعه داخلی و همکاری با کشورهای غیرغربی (مانند چین و روسیه) تکیه دارد که گاهی باعث محدودیت در دسترسی به فناوری‌های روز می‌شود.

–سهم حمل و نقل عمومی؛ الف. مالزی با سیستم MRT و LRT پیشرفته در کوالالامپور، سهم حمل و نقل عمومی را به ۰/۰٤۰ است، در حالی‌که در کلان‌شهرهای ایران این سهم عموماً زیر ۰/.۲۰ است.

–مشارکت بخش خصوصی؛ الف. مالزی از طریق مشارکت‌های PPP (Public-Private Partnership)، سرمایه‌گذاری خصوصی در پروژه‌های ترافیکی را جذب می‌کند. ب. در ایران، این مشارکت‌ها کم رنگ‌تر است و پروژه‌ها عمدتاً دولتی هستند.

٤. نوآوری‌های آینده در سیستم‌های ترافیکی هر دو کشور به دنبال پیاده‌سازی فناوری‌های نوین برای کاهش ترافیک هستند. الف. مالزی با استفاده از اتومبیل‌های خودران و V2X در حال آزمایش خودروهای بدون راننده در مناطق ویژه مانند: (Cyberjaya) است ب. ایران نیز پروژه‌های آزمایشی در پارک‌های فناوری دارد، اما هنوز در مراحل اولیه است.

۵. پلت‌فرم‌های یکپارچه مدیریت شهری. الف. ایران: توسعه شهر هوشمند در مناطق مانند پردیس و هشتگرد با ادغام سیستم‌های ترافیک، انرژی و امنیت. ب. مالزی: پروژه‌ای کوالالامپور ۲۰۳۰ با هدف تبدیل شهر به یک مرکز هوشمند با استفاده از داده‌های بزرگ (Big Data) هوش مصنوعی پیش‌بینی کننده انجام داده است. الگوریتم‌های پیش‌بینی کننده برای مدیریت ترافیک در رویدادهای خاص (مانند تعطیلات یا بارش شدید می‌باشد.

–سیستم‌های هوشمند ترافیک در ایران و مالزی با وجود اینکه مسیرهای متفاوتی را طی می‌کنند. مالزی با تکیه بر فناوری‌های جهانی و سرمایه‌گذاری سنگین، گام‌های بلندتری برداشته است، در حالیکه ایران با تکیه بر توان داخلی و همکاری‌های منطقه‌ای، در حال پیشروی است. آینده موفقیت‌آمیز این سیستم‌ها در هر دو کشور، نیازمند تقویت زیرساخت‌ها، جذب مشارکت مردمی و استفاده از نوآوری‌هایی مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا است.

– پذیرش کاربر و واریانس عملکرد؛ تحقیقات نشان می‌دهد که عملکرد مدل‌های کنترل ترافیک می‌تواند به طور قابل توجهی بین این دو کشور متفاوت باشد. برای مثال، در حالی که هدف هر دو سیستم بهبود جریان ترافیک است، مطالعات نشان می‌دهد که قدرت توضیحی مدل‌های پذیرش فناوری در میان کاربران ایرانی در مقایسه با کاربران مالزیایی و ترکیایی پایین‌تر است، که نشان می‌دهد عوامل فرهنگی و زمینه‌ای در شکل‌دهی تعامل کاربر با فناوری حیاتی هستند. این امر ضرورت رویکردهای متناسب را که پویایی فرهنگی محلی را هنگام طراحی و اجرای سیستم‌های کنترل ترافیک در نظر می‌گیرد، برجسته می‌کند.

ج. نقاط اشتراک ایران و ترکیه در خصوص سیستم‌های کنترل هوشمند ترافیک

ایران و ترکیه به‌عنوان دو کشور با شهرهای بزرگ و پرترافیک، تلاش‌های مشابهی در توسعه سیستم‌های هوشمند ترافیک انجام داده‌اند. این تشابهات ناشی از چالش‌های مشترک مانند رشد شهرنشینی، افزایش خودروهای شخصی و نیاز به کاهش آلودگی هواست. در ادامه، مهمترین تشابهات آن‌ها در این حوزه بررسی می‌شود.

–استفاده از چراغ‌های راهنمایی هوشمند؛ هر دو کشور از سیستم‌های تطبیقی چراغ‌های راهنمایی استفاده می‌کنند که بر اساس تراکم لحظه‌ای ترافیک، زمان‌بندی چراغ‌ها را تنظیم می‌کنند. الف. ایران: در شهرهایی مانند تهران و اصفهان، چراغ‌های هوشمند در تقاطع‌های شلوغ نصب شده‌اند. ب. ترکیه: در استانبول و آنکارا، سیستم‌هایی مانند İSBAK برای مدیریت هوشمند چراغ‌ها به‌کار می‌رود

– سیستم‌های نظارت تصویری و ثبت تخلفات؛ هر دو کشور از دوربین‌های هوشمند برای شناسایی تخلفات (مانند سرعت غیرمجاز، عبور از چراغ قرمز) و مدیریت ترافیک استفاده می‌کنند. الف. ایران: سامانه‌های ثبت تخلفات هوشمند با قابلیت تشخیص

پلاک خودروها. ترکیه: سیستم MOBESE (نظارت تصویری شهری و ترافیکی) که در استانبول به‌طور گسترده فعال است.

–اپلیکیشن‌های مسیریاب و اطلاع‌رسانی ترافیک؛ هر دو کشور از اپلیکیشن‌های مبتنی بر GPS برای ارائه اطلاعات ترافیکی به رانندگان بهره می‌برند. الف. ایران: اپلیکیشن‌هایی مانند نشان (Neshan)، بلدی و ترافیک‌لاین. ب.ترکیه: اپلیکیشن‌های Yandex.Navigator، BiTaksi و Trafi که توسط شهرداری‌ها پشتیبانی می‌شوند.

– سیستم‌های عوارضی الکترونیکی (ETC)؛ ایران و ترکیه برای کاهش ترافیک در بزرگراه‌ها، از فناوری‌های بدون توقف استفاده می‌کنند: الف. ایران: سیستم تندرو با استفاده از تگ‌های RFID در بزرگراه‌های اصلی. ب. ترکیه: سیستم HGS (Hızlı Geçiş Sistemi) و OGS که مشابه تندرو عمل می‌کنند.

– توسعه حمل و نقل عمومی هوشمند؛ هر دو کشور برای کاهش وابستگی به خودروهای شخصی، حمل و نقل عمومی پیشرفته را توسعه داده‌اند: الف. ایران: سیستم بی‌آرتی در تهران و مشهد، و توسعه خطوط مترو در کلان‌شهرها. ب. ترکیه: شبکه گسترده متروی استانبول، تراموا و BRT (متروبوس) با سامانه‌های ناوبری هوشمند.

–پلت‌فرم‌های یکپارچه مدیریت ترافیک؛ هر دو کشور مراکز مدیریت ترافیک را ایجاد کرده‌اند که داده‌های ترافیکی را از منابع مختلف (دوربین‌ها، حس‌گرها، کاربران) جمع‌آوری و تحلیل می‌کنند. الف. ایران: مرکز کنترل ترافیک تهران با همکاری شرکت‌های فناوری داخلی. ب. ترکیه: مرکز مدیریت ترافیک استانبول (İTÜ) که از فناوری‌های اروپایی بهره می‌برد.

–تمرکز بر فناوری‌های نوین؛ ایران و ترکیه هر دو به‌دنبال استفاده از هوش مصنوعی (AI) و اینترنت اشیاء (IoT) برای پیش‌بینی و مدیریت ترافیک هستند؛ الف. ایران: پروژه‌های آزمایشی در پارک‌های فناوری مانند پردیس. ب. ترکیه: پروژه شهر هوشمند استانبول با استفاده از حس‌گرها و داده‌های بلادرنگ.

– همکاری با شرکت‌های بین‌المللی؛ ترکیه و ایران برای توسعه سیستم‌های ITS با شرکت‌های خارجی همکاری می‌کنند.

الف. ترکیه :همکاری با شرکت‌های اروپایی مانند Siemens و Thales. ب. ایران: مشارکت با شرکت‌های چینی و روسی مانند (Huawei) پروژه‌های فناورانه دارند.

د. نقاط افتراق ایران و ترکیه در سیستم‌های کنترل هوشمند ترافیک

با توجه به بحث قبلی درباره تشابهات سیستم‌های هوشمند ترافیک ایران و ترکیه، در این بخش به تفاوت‌های کلیدی، نوآوری‌های آتی و راهکارهای بهبود همکاری‌ها بین دو کشور می‌پردازیم، تفاوت‌های کلیدی در سیستم‌های هوشمند ترافیک ایران و ترکیه اگر چه ایران و ترکیه اشتراکاتی دارند، تفاوت‌های ساختاری و فن‌آورانه چشم‌گیری نیز وجود دارد.

–سطح بلوغ فن‌آوری؛ الف. ترکیه با همکاری شرکت‌های اروپایی (مانند Siemens و Thales) دسترسی به فناوری‌های روز، سیستم‌های پیشرفته‌تری در حوزه هوش مصنوعی و داده‌های بزرگ دارد. ب. ایران به‌دلیل تحریم‌ها، بیشتر بر توسعه داخلی و فناوری‌های بومی (مانند نرم‌افزارهای ساخت داخل) تکیه کرده است که گاهی از استانداردهای جهانی عقب‌تر است.

– سهم حمل و نقل عمومی: الف. ترکیه سهم حمل و نقل عمومی در شهرهایی مانند استانبول را به ٤٥٪ رسانده است (با شبکه گسترده مترو، تراموا وBRT)، در حالی که در تهران این عدد حدود ۲۵٪ است ..

– سرمایه‌گذاری و مشارکت خصوصی؛ الف. ترکیه از مدل PPP، (Public-Private Partnership) برای جذب سرمایه بخش خصوصی در پروژه‌های ترافیکی (مانند ساخت پل‌های هوشمند و بزرگراه‌ها) استفاده می‌کند. ب. در ایران، پروژه‌های ترافیکی عمدتاً دولتی هستند و مشارکت بخش خصوصی محدود است ..

– پوشش جغرافیایی؛ الف. سیستم‌های هوشمند ترافیک در ترکیه اغلب در شهرهای بزرگ (استانبول، آنکارا، ازمیر) متمرکز شده‌اند، اما در ایران، حتی شهرهای متوسط مانند مشهد و اصفهان نیز به این سیستم‌ها مجهز شده‌اند.

–نوآوری‌های آینده در حوزه ITS هر دو کشور به‌دنبال فناوری‌های پیشرفته‌تر برای مدیریت ترافیک هستند: الف. ترکیه با خودروهای خودران و ارتباط V2X- در حال آزمایش خودروهای بدون راننده در مناطق ویژه (مانند Silicon Valley (Istanbul) است. ب. ایران نیز پروژه‌های آزمایشی در پارک‌های فناوری دارد، اما به‌دلیل محدودیت‌های فنی، پیشرفت کندتر است.

–شهرهای هوشمند یکپارچه؛ الف. ترکیه: پروژه شهر هوشمند استانبول با ادغام سیستم‌های ترافیک، انرژی و امنیت. ب. ایران: توسعه شهر هوشمند پردیس با تمرکز بر مدیریت ترافیک مبتنی

بر IoT پلت‌فرم‌های پیش‌بینی کننده. استفاده از هوش مصنوعی برای پیش‌بینی ترافیک در رویدادهای خاص (مانند مسابقات ورزشی یا تعطیلات).

– چالش‌های خاص هر کشور؛ الف. ایران: تحریم‌ها و محدودیت در واردات سختافزارهای پیشرفته، نبود بودجه کافی برای نوسازی زیرساخت‌ها. ب. ترکیه: رشد سریع جمعیت شهری و فشار بر سیستم‌های موجود، وابستگی به فناوری خارجی و چالش‌های امنیت سایبری.

–در مسیر هوشمندسازی ترافیک، با وجود چالش‌های منحصر به‌فرد، نقاط قوت و ضعف متفاوتی دارند. الف. ترکیه با دسترسی به فناوری‌های جهانی و سرمایه‌گذاری سنگین، پیش‌روتر است. ب. در حالی که ایران بر توسعه داخلی و مقاوم‌سازی سیستم‌های داخلی تمرکز کرده است.

و. نقاط ضعف و خلاءهای سه کشور ایران، ترکیه و مالزی در خصوص سیستم‌های کنترل هوشمند ترافیکی

در مطالعه تطبیقی سیستم‌های هوشمند ترافیک ایران، مالزی و ترکیه، خلاءها و نقاط ضعفی وجود دارد که نیازمند توجه بیشتر برای بهبود و همگرایی با استانداردهای جهانی است. این خلاءها در حوزه‌های فن‌آوری، مدیریتی، زیرساختی و فرهنگی قابل بررسی‌اند:

–خلاءهای فن‌آورنه؛ الف. ایران: محدودیت در دسترسی به سخت‌افزارهای پیشرفته (مانند حس‌گرهای دقیق یا سیستم‌های ارتباطیV2X) به‌دلیل تحریم‌ها، وابستگی به توسعه نرم‌افزارهای داخلی که گاهی با استانداردهای جهانی همخوانی ندارند. ب. مالزی: تمرکز بیش از حد بر فناوری‌های وارداتی و کم‌توجهی به توسعه راهکارهای بومی. ج. ترکیه: چالش‌های امنیت سایبری در سیستم‌های مبتنی بر ابر (Cloud) و اینترنت اشیا (IoT) .

–خلاءهای داده و یکپارچگی سیستم‌ها؛

الف. ایران: نبود پلت‌فرم‌های یکپارچه ملی برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌های ترافیکی از شهرهای مختلف، داده‌های ترافیکی اغلب پراکنده و غیرشفاف هستند.

ب. مالزی: عدم هماهنگی بین داده‌های حمل و نقل عمومی و سیستم‌های ترافیکی شخصی.

ج. ترکیه: تمرکز داده‌ها در شهرهای بزرگ (مانند استانبول) و بی‌توجهی به شهرهای کوچک.

– خلاءهای سیاستگذاری و مدیریتی؛

الف. ایران: نبود قوانین شفاف برای مشارکت بخش خصوصی در پروژه‌های ITS بوروکراسی سنگین در تصویب و اجرای پروژه‌های هوشمند.

ب. مالزی: تمرکز بیش از حد بر زیرساخت‌های فیزیکی و کم‌توجهی به آموزش شهروندی.

ج .ترکیه: تضاد منافع بین نهادهای دولتی و شرکت‌های خارجی در پروژه‌های بزرگ.

– خلاءهای مشارکت عمومی و فرهنگی؛

الف. ایران: مقاومت فرهنگی در برابر استفاده از حمل و نقل عمومی یا پذیرش فناوری‌های جدید (مانند خودروهای خودران).

ب. مالزی: وابستگی شدید شهروندان به خودروهای شخصی علی‌رغم توسعه مترو وBRT

ج. ترکیه: رشد سریع جمعیت شهری و افزایش تقاضا برای خودروها، همگام نشدن فرهنگ رانندگی با فناوری‌های هوشمند.

–خلاءهای زیرساختی و بودجه‌ای؛

الف. ایران: فرسودگی زیرساخت‌های موجود (مانند جاده‌ها و پل‌ها) و نبود بودجه کافی برای نوسازی

ب. مالزی: تمرکز بودجه بر پروژه‌های کلان مانند (MRT) و کم‌توجهی به بهینه‌سازی سیستم‌های موجود.

ج. ترکیه: نیاز به سرمایه‌گذاری عظیم برای تطبیق زیرساخت‌ها با رشد سریع جمعیت.

–خلاءهای پژوهشی و آموزشی؛

هر سه کشورکمبود پژوهش‌های کاربردی در حوزه پیش‌بینی ترافیک با هوش مصنوعی یا اثرات زیست‌محیطی و ITS ضعف در آموزش نیروی متخصص برای مدیریت سیستم‌های پیچیده ITS.

– خلاءهای مقایسه‌ای در مطالعات تطبیقی؛

الف. عدم بررسی عمیق تعاملات فرهنگی: مطالعات موجود اغلب فنی هستند و نقش عوامل فرهنگی (مانند رفتار رانندگان) در موفقیت حمل ونقل هوشمند نادیده گرفته می‌شود

ب. کمبود داده‌های قابل مقایسه: نبود شاخص‌های استاندارد شده (مانند نرخ کاهش ترافیک یا آلودگی) برای سنجش عملکرد ITS در کشورهای مختلف.

ج. غفلت از شهرهای متوسط و کوچک: تمرکز مطالعات بر کلان‌شهرها (تهران، کوالالامپور، استانبول) و بی‌توجهی به چالش‌های شهرهای کوچک‌تر.

جدول ۱. شناسایی نقاط قوت و ضعف سیستم‌های هوشمند ترافیکی

کشور	نقاط قوت	نقاط ضعف
ایران	هزینه پایین اجرا در برخی پروژه‌ها	محدودیت فناوری‌های پیشرفته
	تجربه در مدیریت ترافیک کلان‌شهرها	نبود هماهنگی بین نهادها
مالزی	زیرساختهای دیجیتال پیشرفته	وابستگی به فناوری خارجی
	مشارکت قوی بخش خصوصی	تمرکز پروژه‌ها در شهرهای بزرگ
ترکیه	ادغام سیستم‌های ترافیک با حمل ونقل عمومی	چالشهای مالی در پروژه‌های بزرگ
	نوآوری در اپلیکیشن‌های مسیریابی	نابرابری در توسعه بین مناطق شهری و روستایی

جدول ۲. جمع‌بندی مواضع وفاق و خلاف کشورهای موضوع تحقیق در خصوص سیستمهای هوشمند ترافیکی

مواضع وفاق سه کشور	مواضع خلاف سه کشور
اهداف کلان: همه کشورها کاهش ترافیک، افزایش ایمنی جاده های، و کاهش آلودگی هوا را به‌عنوان اهداف اصلی سیستم‌های کنترل ترافیک هوشمند می دانند.	سطح بلوغ فناوری: مالزی و ترکیه: استفاده گسترده از هوش مصنوعی **و** اینترنت اشیا در ایران: تمرکز بر فناوری‌های سادهتر به دلیل تحریم‌ها و محدودیت‌های مالی.
– فناوری‌های پایه: استفاده از دوربین‌های نظارتی، سنسورهای ترافیکی، و چراغ‌های هوشمند در هر سه کشور پذیرفته شده است.	مشارکت بخش خصوصی: مالزی و ترکیه: همکاری موفق با شرکت‌های خصوصی و استارت‌آپ‌ها– ایران: نگرانی از ریسک‌های امنیتی و حاکمیتی– اختلاف: نقش دولت در مقابل بخش خصوصی
چالش‌های ساختاری: رشد شهرنشینی، کمبود بودجه، و نیاز به نوسازی زیرساخت‌ها به‌عنوان چالش‌های مشترک شناخته می‌شوند	تأثیر تحریم‌ها: برخی پژوهش‌ها تحریم‌ها را عامل اصلی عقب‌ماندگی ایران می‌دانند. برخی دیگر ضعف مدیریت داخلی یا فساد اداری را علت اصلی می‌دانند.
سطح پذیرش فناوری و رفتار ترافیکی.	عدالت در توسعه در مالزی و ترکیه، گسترش سیستم‌ها به شهرهای کوچک و روستاها - ایران: تمرکز پروژه‌ها روی کلان‌شهرها و نادیده‌گرفتن مناطق محروم.
شناسایی الگوهای جهانی در مدیریت ترافیک	نبود شفافیت آماری در برخی کشورها
ایجاد چارچوب مشترک برای همکاری‌های بین‌المللی	تفاوت‌های ساختاری: نظام‌های سیاسی، اقتصادی و قوانین حاکمیتی
نقش فرهنگ عمومی: تأثیر رفتار رانندگان و سطح اعتماد به سیستم‌های هوشمند بر عملکرد سیستم‌ها مورد توافق است.	نابرابری در توسعه زیرساخت‌ها در ایران
تلاش برای ادغام سیستم‌های ترافیکی با حمل‌ونقل عمومی مترو، (BRT) جهت افزایش کارایی	نقش مثبت در نوآوری مشارکت خصوصی نقش مثبت در نوآوری
محدودیت‌های بودجه‌ای و وابستگی به فناوری‌های خارجی (به‌ویژه در ایران و مالزی).	نیاز به پژوهش‌های عمیق‌تر درباره علل واقعی شکاف فناوری در ایران

-مواضع وفاق نشان‌دهنده اهداف و چالش‌های مشترک هستند که همکاری بین کشورها را تسهیل می‌کنند و مواضع خلاف بازتاب دهنده تفاوت‌های ساختاری، فرهنگی، و سیاسی‌اند که نیازمند تحلیل دقیق و ارائه راه‌حل‌های اختصاصی هستند.

ترکیب این دو مفهوم، به پژوهشگران کمک می‌کند تا از کلی‌گویی پرهیز کرده و تحلیل‌های مبتنی بر شواهد ارائه دهند. این توصیف به درک بهترِ زمینه‌های همگرایی و واگرایی در سیستم‌های مورد مطالعه کمک می‌کند و راه را برای ارائه پیشنهادات کاربردی هموار می‌سازد. شباهت‌ها: اهداف مشترک، استفاده از فناوری‌های پایه، و چالش‌های ساختاری (شهرنشینی، بودجه) که امکان انتقال تجربه در حوزه‌هایی مانند آموزش عمومی یا فناوری‌های ساده را فراهم می‌کند و تفاوت‌ها: شکاف فناوری و مدیریتی بین ایران با مالزی و ترکیه، نیاز ایران به سرمایه‌گذاری هدفمند، تقویت مشارکت خصوصی، و بهبود چارچوب‌های قانونی را فراهم می‌کند.

۵- نتیجه‌گیری

حوادث ترافیکی به عنوان یک پدیده جهانی، همواره یکی از چالش‌های مهم در حوزه ایمنی عمومی و حمل و نقل جاده‌ای بوده‌اند. این حوادث نه‌تنها زندگی و امنیت افراد را تهدید می‌کنند، بلکه بار سنگینی را بر سیستم‌های بهداشت و درمان و اقتصادی جوامع تحمیل می‌کنند. در این زمینه، شناخت عوامل موثر بر وقوع تصادفات و به‌خصوص میزان تأثیر سیستم‌های هوشمند بر کاهش حوادث ترافیکی است که عوامل مختلفی می‌توانند در کاهش وقوع و شدت تصادفات تأثیرگذار باشند، و این عوامل می‌توانند از جمله رفتارهای رانندگان، وضعیت جاده‌ها، شرایط آب و هوایی و حتی قوانین و مقررات حاکم بر حوادث رانندگی باشند. تکنولوژی و سیستم‌های هوشمند ترافیکی ممکن است به‌عنوان یک معیار مهم برای اندازه‌گیری میزان مسئولیت و نقش هر طرف در وقوع یک حادثه معین مورد بررسی قرار گیرد. در بسیاری از کشورها، از ابزارهای مختلفی برای سامان‌دهی ترافیک استفاده می‌شود، از جمله سیستم‌های خودران خودرو، شاخص‌های فنی مانند سرعت، سیستم ترمز، و ....، نتایج نشان می‌دهد مالزی و ترکیه با تکیه بر همکاری‌های بین‌المللی و فناوری‌های پیشرفته‌تر، گام‌های مؤثرتری برداشته‌اند، در حالی‌که ایران با تکیه بر توسعه داخلی و مقاوم‌سازی در برابر تحریم‌ها، مسیر متفاوتی را طی کرده است، بهبود سیستم‌های هوشمند ترافیک در ایران، ترکیه و مالزی نیازمند رویکردی چندبُعدی است که فن‌آوری، زیرساخت، فرهنگ‌سازی و همکاری‌های بین‌المللی را پوشش دهد. موفقیت این سیستم‌ها در گروی انعطاف‌پذیری در تطابق با شرایط محلی، سرمایه‌گذاری پایدار و مشارکت فعال شهروندان است. با اجرای این راهکارها، این کشورها می‌توانند به الگوهای موفق منطقه‌ای در مدیریت ترافیک تبدیل شوند.

در نهایت، بررسی مقایسه‌ای سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک در کشورهای مورد مطالعه نشان می‌دهد که ابزار و تجهیزات فعال و کارآمد می‌توانند نقش مهمی در ساماندهی ترافیک و کاهش تعداد و شدت حوادث رانندگی ایفاءکنند. به‌طورکلی، توجه به بهبود و به‌روز شدن سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک می‌تواند یکی از راهکارهای کلان برای افزایش ایمنی جاده‌ها و حمایت از سلامت عمومی در جوامع باشد.

پیشنهادها

-ایجاد چارچوب‌های همکاری منطقه‌ای: تشکیل کنسرسیوم‌های پژوهشی بین ایران، مالزی و ترکیه برای تبادل تجربه و فناوری.

-استانداردسازی داده‌ها: توسعه پروتکل‌های مشترک برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌های ترافیکی.

-تقویت مشارکت خصوصی- دولتی؛ الگوبرداری از مالزی و ترکیه در جذب سرمایه‌گذاری‌های خارجی و داخلی.

-آموزش شهروندی و فرهنگ‌سازی: استفاده از کمپین‌های رسانه‌ای برای افزایش پذیرش سیستم‌های هوشمند.

-تمرکز بر نوآوری‌های کم‌هزینه: توسعه اپلیکیشن‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با استفاده از نیروی متخصص داخلی. (به‌ویژه در ایران).

-ایجاد شبکه‌های ارتباطی پرسرعت (G۵) برای پشتیبانی از سامانه‌های V2X (ارتباط خودرو با زیرساخت). در ایران.

-استفاده از فناوری‌های کم‌مصرف و مقاوم در برابر تحریم‌ها (مانند سیستم‌های مبتنی بر رادار به‌جای GPS).

- یکپارچه‌سازی داده‌ها و سیستم‌ها در ایران: ایجاد پلت‌فرم ملی مدیریت ترافیک برای ادغام داده‌های حمل و نقل عمومی، ترافیک جاده‌ای و اطلاعات آب و هوایی.

-توسعه داشبوردهای هوشمند برای شهرداری‌ها و شهروندان با استفاده از داده‌های باز .

–همکاری منطقه‌ای: استانداردسازی فرمت داده‌ها بین کشورها برای تسهیل تبادل تجربه (مثلاً در پروژه‌های کریدورهای ترانزیتی.

– تقویت مشارکت عمومی و خصوصی: جذب سرمایه‌گذاری بخش خصوصی با ارائه امتیازات مالی (مانند معافیت‌های مالیاتی برای شرکت‌های فناور ترافیکی).

– راه‌اندازی کمپین‌های رسانه‌ای برای آموزش قوانین ترافیکی و مزایای سیستم‌های هوشمند (مثلاً کاهش تصادفات). گنجاندن آموزش ترافیک هوشمند در مدارس و دانشگاه‌ها و استفاده از ظرفیت اینفلوئنسرها و شبکه‌های اجتماعی برای ترویج فرهنگ استفاده از حمل و نقل عمومی.

٦- مراجع

-Alizadeh, Sajjad and Akbari, Mehdi. (1400). A survey of some of the most important and influential factors affecting traffic accidents, *First National Conference on Civil Engineering, Smart Development and Sustainable Systems,* Gorgan.

-Amid, Hassan (2010). Amid Persian Dictionary, Tehran: *Amir Kabir Publications.*

-Tabatabaei Seyedhossein, Alimohammadi Iraj, Kharghani Moghadam Seyedeh Malika, Taheri Ehsan, Dalvand Sara, Ebrahimi Hosseini (2012). Study of the effect of personality on driving errors using a driving simulator. *Journal of Occupational Health Engineering.* 9(1): 12-18.

-Ghanbari, Mohsen, Rahimi, Amir Masoud, Abutalebi Esfahani, Mohsen (2019). Study of the contribution of factors affecting the severity of accidents on intercity roads using the ordinal logit model, *Rahoor Scientific Quarterly,* 8 (29), 121-151.

Islamic Penal Code. (2013). Islamic Consultative Assembly. Traffic Violations Investigation Law (2010). *Islamic Consultative Assembly.*

-Kashfi, Seyed Saeed, Ahmadi Dizaj, Iraj (2019). Identifying the Effective Law Enforcement Management Factors on Traffic Accident Prevention, *Scientific Quarterly of Law Enforcement Management Research,* 14(2), 281-302.

-Kaymanesh, Mahmoud Reza, Rahimov, Kamran, Nasrollah Tabar, Ali (2019). Safety and Traffic Engineering, Tehran, *Noavar.*

-Marsh, David and Stocker, Jerry (Method and Theory in Political Science, translated by Amir Mohammad Haji Yousefi, Strategic (2005). Studies Research Institute.

-Asad, J. K, Numan. A, Behram .W , Eric .D. (2021). A taxonomy of driving errors and violations: Evidence from the naturalistic driving study, *Accident Analysis & Prevention,* Vol. 151, March 2021, 105873.

-Nihei. M, Nagao. T, Takagi. K, Hayasaka. R. (2022). An analysis of factors affecting wrong-way driving at a highway entrance using a driving simulator among older drivers with cognitive decline. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 10-13.
doi:10.1016/j.trf.2022.09.014

-Numan. A, Ramin. A, Asad. J.K. (2023). Exploring pathways from driving errors and violations to crashes: The role of instability in driving, *National Library of Medicine.*
doi: 10.1016/j.aap.2022.106876

-Treat, J. R., Tumbas, N. S., McDonald, S.T., Dhinar, D., Hume, R. D., Mayer, R. E., Stansifer, R. L., and Castellan, N. J. (1979). Tri-Level Study of the Causes of Traffic Crashes, *Final 69 Report- Executive Summary Report No. DOT-HS-034-3-535-79*.

-Xia, L., Yang, C., Wang, J., Liu, L., Tian, Y., Tang, Y. L., & Liu, H. (2022). Posttraumatic stress symptoms and attitudes toward the China Eastern Airlines plane crash in transportation students. *nt. J. Environ. Res. Public Health 2022,* 19(18).11400.
doi.org/10.3390/ijerph191811400

-World Health Organization websit. (2018). Global Status Report on Road Safety.

Comparative Study of Intelligent Traffic Control Systems in Iran, Malaysia and Türkiye

Ali Zarooni, Ph.D., Grad., Traffic Safety, Faculty of Traffic, Amin University of Law Enforcement Sciences, Tehran, Iran.
Esfandiar Tabashir, Ph.D., Grad., Traffic Safety Management Department, Imam Hassan Mojtaba University, Tehran, Iran.
Muslim Teymouri, Ph.D., Student, Islamic Azad University, West Tehran, Iran.
E-mail: a.zarooni8160@gmail.com

Received: April 2025- Accepted: November 2025

ABSTRACT
A comparative study of Intelligent Traffic Control Systems (ITCS) in Iran, Malaysia and Turkey examines the effectiveness and adaptability of advanced traffic management technologies in addressing urban congestion challenges. As cities around the world grapple with increasing vehicle volumes and urbanization complexities, intelligent traffic systems have emerged as critical solutions to increase traffic flow, reduce travel times and improve traffic safety. Therefore, the aim of this study is to examine how adaptive approaches can optimize traffic management in rapidly urbanizing areas. The present study is descriptive and comparative and applied in purpose. The statistical population of this study includes a comparative analysis of the different approaches adopted by Iran, Turkey and Malaysia in implementing ITCS and reveals similarities and differences. While the Malaysian market for ITS is rapidly expanding through the adoption of artificial intelligence and big data analytics, Turkey has focused on integrating various technology applications to optimize traffic flow. The data collection method is based on the library method and the use of books, documents and records.The results showed that most traffic issues are similar and less different from other countries in the world, where various factors can affect the amount and type of traffic (light, heavy), and these factors can include driver behaviors, infrastructure conditions, weather conditions, technology and even laws and regulations governing traffic accidents. Advanced technology, active and efficient laws and regulations can play an important role in reducing the number and severity of traffic accidents. In general, paying attention to improving technology and properly implementing urban infrastructure can be one of the major solutions to increase road safety and support public health in communities.

Keywords: Technology, Artificial Intelligence, Accidents, Intelligent Traffic System