تحلیل و ارزیابی سیستم هوشمند رمپ میترینگ بر کنترل جریان ترافیک شهری (مطالعه موردی تهران- بزرگراه حکیم)

مقاله علمی – پژوهشی

محمدامین ابراهیم زاده*، دانشجوی دکتری، گرایش برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده عمران، هنر و معماری، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
حسن جوانشیر، استادیار، دانشکده صنایع، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
محمداسفندیاری، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گرایش برنامه ریزی حمل ونقل، دانشگاه تهران جنوب، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Amin.ebrahimzadeh@srbiau.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۷- پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰
صفحه ۲۳۴-۲۱۹

چکیده

بهره‌گیری از پیش بینی‌های کوتاه مدت ترافیک و استفاده از آن در مدیریت ترافیک ، مسدودی‌های محتمل را کاهش خواهد داد و با پایین آوردن زمان سفرها و مسافت طی شده توسط خودروها، باعث کاهش آلودگی صوتی، آلودگی هوا و همچنین هزینه‌های مصرفی سوخت خواهد شد. با دانستن تردد در ساعات مختلف و پیش بینی آن می‌توان مدیریت و برنامه ریزی بهتری برای جاده‌های کشور داشت. خصوصیات جریان ترافیک در یک راه از مهمترین عوامل تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری ترافیک در یک منطقه است. در این مطالعه با استفاده از پروتکل‌های ارزیابی ترافیک به‌وسیله شبکه عصبی به ساخت مدلی پیش‌بینی ارزیابی ترافیک پرداخته شد. همچنین به ارزیابی فنی و منافع اقتصادی آن پرداخته می‌شود. در این رابطه با استفاده شمارش تردد در بزرگراه‌های شهری و با استفاده مدل شبکه عصبی به پیش‌بینی ترافیک پرداخته شده است، در شبکه عصبی استفاده شد ٤ متغیر ورودی، چگالی کم یا زیاد،حجم تعداد خودرو، نوع وسیله نقلیه، سرعت جریان، تعداد ۱۰ نورون در لایه پنهان مورد استفاده قرار گرفت، و در نهایت مدل عددی به صورت یک ماتریس عددی نمایش داده شد. برای پیش‌بینی تراکم جریان با دقت مناسب که در اینجا با ۰/۹۳ =r صورت گرفت. همچنین برای مقایسه مدل رگرسیون خطی ساخته شدف که دقت مدل رگرسیون کمتر از مدل شبکه عصبی بوده و برابر ۰/۸۸ =r در سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ بدست آمده است.

واژه‌های کلیدی: رمپ میترینگ، شبکه عصبی، رگرسیون

۱-مقدمه

رمپ میترینگ یکی از روش‌های کنترل ترافیک در شهر است که با استفاده از سیستم‌های هوشمند، جریان ترافیک را بهبود می‌بخشد. این سیستم از شبکه‌های حسگر، داده‌های واقعی زمانی و الگوریتم‌های هوشمند برای کنترل جریان ترافیک استفاده می‌کند. هدف از رمپ میترینگ، بهبود جریان ترافیک، کاهش زمان سفر و کاهش تصادفات در شهر است. در این سیستم، سرعت خودروها با استفاده از تابلوهای الکترونیکی کنترل می‌شود و در صورت لزوم، خودروها به سمت خط فرمان هدایت می‌شوند تا جریان ترافیک بهبود یابد. با بهره‌گیری از این سیستم، می‌توان به طور دقیقی جریان ترافیک را مدیریت کرد و تصادفات را به حداقل رساند. در این مطالعه، به تحلیل و ارزیابی سیستم هوشمند رمپ میترینگ بر کنترل جریان ترافیک شهری پرداخته خواهد شد. بررسی و تحلیل مزایا و معایب این سیستم، ارزیابی عملکرد آن در شهرهای مختلف و بررسی روند توسعه آن در

آینده، از جمله موضوعاتی هستند که در این مقاله مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در این مطالعه، سعی شده است تا بهبود جریان ترافیک و کاهش تصادفات در شهر با استفاده از رمپ میترینگ به طور دقیقی مورد بررسی قرار گیرد. بزرگراه‌های درون شهری به عنوان یکی از تسهیالت زیربنایی هستند که در سفرهای روزانـه درون شهری نقـش مهمـی ایفا می‌کنند، بنابراین مـدیریت درست آمد و شد آن اهمیت بالینی دارد. مدیریت صحیح آن با استفاده از وسایل مختلف کنترل باعث جریان ترافیک روان و یکنواخـت خواهد شد که در کاهش تأخیرها و افزایش ظرفیت جریان ترافیک بسیار کارآمد است. رفتار کنترل جریان ترافیک مبتنی بر منطق، یک استراتژی کنترل یکپارچه برای نصب و راه‌اندازی کنترلکننده رمپ و محدودیتهای سرعت متغیراست. کنترل رمپ یکی از ابزارهای کنترل ترافیک بزرگراهی است که در سالهای اخیر مطالعات زیادی روی آن انجام گرفته شده است. کنترلکننده رمپ در واقع چراغ کنترل کنندهای است که برای کنترل حجم وسایل نقلیه ورودی به بزرگراه‌ها و شریان‌های آن طراحی شده است که در خروجـی رمـپ‌هـا نصـب و بـااستراتژی‌های کنترلی متفاوت، زمـانبنـدی مـی‌شـود. از آن جا که در کشور ایران مشکلات ترافیکی بسیاری وجود دارد استفاده از کنترل‌کننده رمپ در خروجی بزرگراه‌ها امری اجتناب‌پذیر است. کنترل‌کننده رمپ می‌تواند وضعیت ازدحام بزرگراه‌ها را با محدود کردن تعداد خودروهای ورودی به بزرگراه بهبود بخشد و در اثر این امر جریان ترافیک را کنترل کند و به روان بودن جریان ترافیک کمک کند. همچنین باایجاد شکاف بزرگی در جریان ترافیک ادغامایمنتری را برای وسایل نقلیه فراهم میکند .در این پژوهش با بررسی مطالعات گذشته و البته با توجه به محدودیت اطالعات مورد نیاز، آخرین مطالعات جامع بزرگراه صدر که در شهر تهران صورت گرفته است جمع آوری و بررسی خواهد شد.در این پژوهش از مقاالت و مجالت معتبر برای روند انجام پژوهش استفاده خواهد شد .تحقیق در مورد رمپ میترینگ بسیار مهم و ضروری است. یکی از چالش‌های بزرگ شهرها، مدیریت جریان ترافیک است. ترافیک نامنظم و عدم توجه به مدیریت ترافیک، باعث تراکم و طولانی شدن زمان سفر، آلودگی هوا و کاهش کیفیت زندگی شهروندان می‌شود.رمپ میترینگ به عنوان یک سیستم هوشمند برای مدیریت جریان ترافیک، می‌تواند بهبود و بهینه سازی جریان ترافیک در شهرها کمک کند. با توجه به پیشرفت فناوری و استفاده از شبکه‌های حسگر، داده‌های واقعی زمانی و الگوریتم‌های هوشمند، سیستم رمپ میترینگ باعث بهبود جریان ترافیک و کاهش زمان سفر می‌شود. علاوه بر این، رمپ میترینگ باعث کاهش تصادفات و حوادث جاده‌ای ناشی از ترافیک نامنظم و عدم توجه به مدیریت ترافیک می‌شود [Han, Yu, et al,2020]. بنابراین، تحقیق در مورد رمپ میترینگ به منظور بهبود کیفیت زندگی شهروندان، افزایش امنیت و کاهش تصادف در شهرها بسیار حائز اهمیت است [Xie,J and Qi, L,2022]. همچنین، سیستم رمپ میترینگ هنوز در بسیاری از شهرهای جهان به‌کار نگرفته شده است و تحقیق در این زمینه می‌تواند به عنوان یک گام در جهت توسعه و استفاده از این سیستم مفید باشد. به طور کلی، تحقیق در مورد رمپ میترینگ به عنوان یک راه حل هوشمندانه برای مدیریت جریان ترافیک و بهبود کیفیت زندگی شهروندان، بسیار مهم و ضروری است. در این مقاله به۳ سوال زیر پرداخته می‌شود.

– سیستم اندازه گیری هوشمند رمپ چقدر در کنترل جریان ترافیک در بزرگراه های شهری موثر است؟

–چگونه می توان یک سیستم اندازه گیری رمپ هوشمند را برای دستیابی به بهترین نتایج ممکن کنترل جریان ترافیک بهینه کرد؟

–عوامل کلیدی که بر عملکرد یک سیستم اندازه گیری رمپ هوشمند در کنترل جریان ترافیک شهری تأثیر می‌گذارد، چیست؟

۲–پیشینه تحقیق

سیستم هوشمند رمپ میترینگ یک سیستم جدید و پیشرفته کنترل ترافیک است که به عنوان یکی از راه حل‌های بهبود جریان ترافیک در شهرها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سیستم، رمپ‌ها به صورت خودکار با استفاده از حسگرهای نصب شده در جاده، جهت کنترل جریان ترافیک تنظیم می‌شوند از مزیت‌های این سیستم می‌توان به کاهش ترافیک، کاهش تصادفات، بهینه سازی زمان سفر، بهبود سطح صدا و هوا و کاهش هزینه‌های سوخت اشاره کرد. با استفاده از این سیستم، ترافیک کنترل می‌شود و خودروها به صورت منظم و هوشمند در جاده‌ها حرکت می‌کنند. سیستم هوشمند رمپ میترینگ با استفاده از تکنولوژی‌های مختلف از جمله حسگرهای ترافیک، دوربین‌های تصویری و سیستم‌های رایانه‌ای عمل می‌کند.

با استفاده از این تکنولوژی‌ها، جریان ترافیک در شهر به صورت هوشمند کنترل می‌شود و خودروها به صورت منظم و موثر حرکت می‌کنند. باتوجه به اهمیت کنترل ترافیک در شهرها و هزینه‌های بالایی که برای این منظور صرف می‌شود، استفاده از سیستم هوشمند رمپ میترینگ می‌تواند در بهبود و بهینه سازی جریان ترافیک موثر باشد و هزینه‌های اضافی را کاهش دهد. به علاوه، با بهبود کیفیت هوا و کاهش آلودگی، سلامت جامعه نیز حفظ خواهد شد. سیستم هوشمند رمپ میترینگ یک سیستم هوشمند کنترل ترافیک است که برای بهبود جریان ترافیک در شهرها طراحی شده است. در این سیستم، رمپ‌ها به صورت خودکار با استفاده از حسگرهای موجود در جاده، جهت کنترل جریان ترافیک تنظیم می‌شوند. در ادامه، تحلیل ارزیابی سیستم هوشمند رمپ میترینگ بر کنترل جریان ترافیک شهری بررسی می‌شود. رمپ میترینگ یکی از ابزارهای مهم در بزرگراه‌ها است که برای اندازه‌گیری سرعت و وزن خودروهای عبوری از این محیط استفاده می‌شود. تاریخچه رمپ میترینگ در بزرگراه‌ها به سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ برمی‌گردد. در آن زمان، برای اندازه‌گیری سرعت خودروهای عبوری از بزرگراه‌ها از روش‌های سنتی مانند پلیس‌راه استفاده می‌شد که علاوه بر اینکه هزینه بالایی داشت، برای رانندگان و مسافران نیز ناراحت کننده بود.

در نتیجه، نیاز به روشی سریعتر، دقیق‌تر و کم هزینه‌تر برای اندازه‌گیری سرعت و وزن خودروها در بزرگراه‌ها احساس شد و رمپ میترینگ به عنوان یکی از راهکارهای موثر در این زمینه به کار گرفته شد. از آن زمان به بعد، رمپ میترینگ به عنوان یکی از ابزارهای اصلی در بزرگراه‌ها به کار گرفته شده است و با توسعه فناوری، بهبود و توسعه یافته است. امروزه، رمپ میترینگ با استفاده از سیستم‌های الکترونیکی پیشرفته و نرم‌افزارهای قدرتمند، به صورت دقیق و موثر مورد استفاده قرار می‌گیرد رمپ میترینگ ابتدا در ایالات متحده در دهه ۱۹۶۰ میلادی توسعه یافت و برای اولین بار توسط آی. تی. ایوانز ارائه شد. در آن زمان، رمپ میترینگ به عنوان یک روش برای اندازه گیری سرعت اتومبیل‌های شرکت خودروسازی فورد مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۱۹٦٦، کنترل کیفیت سازمان ایالات متحده رمپ میترینگ را به عنوان یک روش موثر برای اندازه گیری کیفیت تولید در صنعت پذیرفت. سپس در دهه ۱۹۷۰، سازمان بین المللی استانداردسازی رمپ میترینگ را به عنوان یک روش رسمی اندازه گیری کیفیت تولید در صنعت تایید کرد.استفاده از رمپ میترینگ به عنوان یک روش قابل اطمینان و موثر در اندازه گیری کیفیت و عملکرد در صنعت به مرور زمان گسترش یافته است و در حال حاضر به عنوان یکی از روش‌های پرکاربرد در صنعت به شمار می‌رود Trubia, S.et al, [2021]. رمپ مترینگ مبتنی بر زمان در این روش، زمان را به عنوان شاخصی برای مدیریت ترافیک استفاده می‌شود. در این روش، زمان واقعی پردازش شدن ترافیک در ایستگاه رمپ بررسی می‌شود و بر اساس این زمان تعداد خودروهایی که مجاز به ورود به جاده هستند، تنظیم می‌شود. این روش برای مسیرهایی که دارای میزان ترافیکی غیر قابل پیش‌بینی هستند و دارای تراکم‌های غیرمنتظره‌ای هستند، مناسب است. روش رمپ مترینگ مبتنی بر زمان یکی از روش‌های معمول در کنترل ترافیک حرکتی است که در آن سیستم کنترل ترافیک مانیتورهای موجود را با روشی تنظیم می‌کند که در هر لحظه فقط تعداد مشخصی از خودروها به مسیر وارد شوند. در این روش، زمان شروع و توقف شار شاخه خروجی متناسب با ترافیک حاضر تنظیم می‌شود و همچنین مانیتورهای ترافیکی برای اعلام زمان شروع و توقف شار برای خودروها وارد می‌شوند. این روش به طور کلی باعث کاهش ترافیک و زمان رانندگی می‌شود. به طور مثال، در یک رمپ مترینگ مبتنی بر زمان، در یک سیستم کنترل ترافیک متوسط، فقط دو خودرو در هر ۲۰ ثانیه به مسیر وارد می‌شوند. بنابراین اگر تعداد بیشتری از خودروها در حال حرکت به سمت مسیر هستند، آنها باید منتظر باشند تا ۲۰ ثانیه بعد تردد را شروع کنند. این روش به صورت خودکار با توجه به ترافیک حاضر بهینه می‌شود و می‌تواند به طور کامل به تقلیل ترافیک و افزایش سرعت رانندگی کمک کند. رمپ مترینگ مبتنی بر جریان ترافیک در این روش، برای مدیریت ترافیک، از شاخص جریان ترافیک استفاده می‌شود. در این روش، پارامترهای جریان ترافیکی در ورودی ایستگاه رمپ اندازه‌گیری می‌شوند و به صورت پویا با ترافیک جاری مطابقت داده می‌شوند. این روش برای مسیرهایی که دارای میزان ترافیکی قابل پیش‌بینی هستند و جریان ترافیک در آنها به صورت پایدار است، مناسب است [Tajdari, F.et al,2021] [Kattan, L. and S. Saidi,2013]

در طول سال‌های گذشته، تعدادی از استراتژی‌های کنترل رمپ از نوع ساده به استراتژی‌های کنترل پیچیده و بسیار پیچیده‌تر توسعه یافته‌اند. استراتژی‌های کنترل رمپ براساس واکنش به ترافیک می‌تواند به دو دسته کنترل بهینه استاتیک و کنترل بهینه

دینامیک تقسیم شود. با افزایش تقاضای وسایل نقلیه در رمپ ورودی، موقعیت‌های نامعینی برای پیوستن به بزرگراه شلوغ بوجود می‌آید. برای کنترل تقاضای اضافه شده به رمپ ورودی، چندین استراتژی کنترل رمپ با محدود کردن تعداد وسایل وارد شده به تردد اصلی توسعه یافته‌اند. کنترل رمپ، یکی از موثرترین استراتژی‌های مدیریت بزرگراه، به مدت طولانی بوده که قادر به تولید مزایای زیادی برای عموم خواهد بود. مواردی از قبیل افزایش میزان خروجی در گلوگاه‌ها، کاهش زمان سفر، بهبود قابلیت اطمینان زمان سفر و کاهش تعداد تصادفات و همچنین انتشار آلودگی وسایل نقلیه. در این روش کنتورهای رمپ به صورت علائم ترافیکی کنترل کننده که بر روی رمپ‌های ورودی بزرگراه‌ها و بزرگراه‌ها نصب می‌شوند، میزان خودروهایی که به خط اصلی وارد می‌شوند را کنترل می‌نمایند. به طوری که میزان تردد پایین دست افزایش نیابد. بدین وسیله انتقال حداکثر تردد ترافیک با سرعت یکنواخت امکان پذیر است. کنترل بهینه استاتیک شامل استراتژی‌های کنترل رمپ ثابت، پیش زمان بندی شده و زمانی از روز است. این استراتژی‌ها به صورت نابهنگام و بر پایه تقاضای زمانی (داده‌های ترافیک) تعیین می‌شوند. نرخ‌های کنترل رمپ متفاوت برای زمان‌های متفاوتی از روز مطابق با تقاضا تنظیم خواهد شد. مزیت این استراتژی‌ها این است که اجازه می‌دهند تعداد وسایل نقلیه سرویس داده شده حداقل شود تا مسافت پیموده شده کل، کمینه شده یا صف‌های رمپ بالانس شود. عیب به کارگیری این استراتژی‌ها آن است که تغییر تقاضا در یک روز و یا از یک روز به روز دیگر را که می‌تواند به اضافه بار تردد اصلی در زمان ازدیاد تقاضا یا بهره‌برداری پایین‌تر در زمان کاهش تقاضا در بزرگراه منجر شود درنظر نمی‌گیرند. استراتژی کنترل رمپ زمان ثابت توسط پاپاگوپوی وهمکاران به استراتژی کنترل پویا توسعه یافته است. [Papageorgiou,M,1991]،[Kondyli,A,2013].

مطالعه اثر طول رمپ میترینگ بر رفتار رانندگان، در این مطالعه با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی، اثر طول رمپ میترینگ بر رفتار رانندگان در مسیر بزرگراه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که طول مناسب رمپ میترینگ برای حرکت سریع و ایمن خودرو حدود ۲۰۰ متر است. در یکی از مطالعات موردی، با هدف ارزیابی عملکرد رمپ میترینگ در جاده‌های با شیب و مطالعه تاثیر پارامترهای مختلف در عملکرد آن، یک مدل شبیه‌سازی ترافیک با استفاده از نرم‌افزار Vissim تهیه شده است. این مطالعه در سال ۲۰۲۲ توسط ونگ و همکارانش انجام شده است در این مطالعه، ابتدا با استفاده از داده‌های واقعی جاده‌ای با شیب، یک مدل ترافیک در نرم‌افزارVissim ایجاد شده است. سپس با اعمال رمپ میترینگ در نقاط ورودی به جاده، عملکرد رمپ میترینگ در جاده با شیب مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت، نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که استفاده از رمپ میترینگ در جاده‌های با شیب، عملکرد جریان ترافیک را بهبود می‌بخشد و باعث کاهش زمان سفر و تاخیر در ترافیک می‌شود. همچنین، تاثیر پارامترهای مختلفی مانند فاصله بین خودروها، سرعت مجاز خطرناک و میزان تراکم ترافیک بر عملکرد رمپ میترینگ مورد بررسی قرار گرفته است[Wang and yung,2022]. اندازه‌گیری رمپ یک تکنیک موثر برای مدیریت ترافیک بزرگراه است و از دهه ۱۹۶۰ در چندین شهر ایالات متحده مورد استفاده قرار گرفته است. در سال‌های اخیر تحت چتر سیستم‌های مدیریت ترافیک پیشرفته و سیستم‌های حمل و نقل هوشمند تاکید فزاینده‌ای دریافت کرده است. در حال حاضر بیش از ۴۰ دستگاه خودپرداز در ایالات متحده توسط آژانس‌های حمل و نقل ایالتی مستقر، در دست ساخت و یا در مرحله برنامه‌ریزی هستند. آینده اندازه گیری سطح شیب دار در این زمینه سیستم‌های حمل و نقل هوشمند است، از جمله یکپارچه سازی و رابط با سایر سیستم‌های کنترل ترافیک پیشرفته ITS. وزارت حمل و نقل ویرجینیا علاقه مند به اجرای اندازه‌گیری رمپ در بخش‌های دیگر بزرگراه‌ها در سراسر ایالت است. این مطالعه ادبیات موجود در مورد اندازه‌گیری رمپ، از جمله تأثیرات، مزایا/مزایا و معایب/مزایا، ضمانت‌ها، معیارها، دستورالعمل‌ها و نرخ‌های اندازه‌گیری را بررسی می‌کند [Arnold,1998].

اندازه‌گیری رمپ یک استراتژی موثر، قابل اجرا و عملی است که برای مدیریت ترافیک بزرگراه استفاده می‌شود. این یک تکنیک مدیریت بزرگراه اثبات شده است و اشکال مختلف کنترل رمپ از دهه ۱۹۶۰ در مناطق شیکاگو، دیترویت و لس آنجلس وجود داشته است. در سال‌های اخیر بر روی سیستم‌های مدیریت ترافیک پیشرفته، که جزء سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند است، بر اندازه‌گیری رمپ تأکید بیشتری شده است. طبق گزارش ITS America، در حال حاضر بیش از ۴۰ دستگاه در ایالات متحده توسط آژانس‌های حمل و نقل ایالتی مستقر، در دست ساخت، یا در مرحله برنامه ریزی هستند. آینده‌ی اندازه‌گیری رمپ نیز در

این زمینه سیستم‌های حمل و نقل هوشمند است، از جمله یکپارچه‌سازی و رابط با کنترل سیستم محلی خیابان و سایر سیستم‌های کنترل ترافیک پیشرفته سیستم‌های حمل و نقل هوشمند مانند سیستم‌های کنترل پیشرفته خودرو، هدایت مسیر پویا، و سیستم‌های پیشرفته اطلاعات مسافران. رمپ مترها در محل قرار دارند و به طور موثر در بخش‌های ۱-۳۹۵ و ۱-۶۶ در ویرجینیای شمالی کار می‌کنند. وزارت حمل و نقل ویرجینیا علاقه زیادی به امکان سنجی اجرای رمپ اندازه گیری در بخش‌های دیگر بزرگراه‌ها در سراسر ایالت دارد. بر این اساس، هدف از این مطالعه بررسی و ترکیب ادبیات موجود در مورد اندازه گیری رمپ بود[Arnold,1998].

۳-روش‌شناسی

در این تحقیق مدل شبکه عصبی برای پیشبینی نرخ تغیر لاین استفاده شده است. در مدل شبکه عصبی مجموعه ها به سه زیر مجموعه ((آموزش))، ((اعتبار سنجی)) و ((تست)) تقسیم می‌شود. با توجه به اینکه هدف ما پیدا کردن شبکه‌ای است که بهترین کارایی را برای داده‌های جدید داشته باشد ساده‌ترین راه برای ارزیابی شبکه‌های مختلف، مقایسه خطای آن‌ها با استفاده از همان داده‌هایی است، که برای آموزش بکار رفته اند. در اولین مرحله تعیین بهترین شبکه، مقدار وزن‌ها و آستانه‌های شبکه‌های مختلف براساس هدف مینیمم شدن خطای شبکه برای داده‌های ((مجموعه آموزش)) تعیین می‌شوند. سپس کارایی شبکه با تعیین مقدار خطا برای ((مجموعه اعتبار سنجی)) بررسی می‌شود. توابع شبکه‌های عصبی مقدار خروجی هر شبکه عصبی تحت تاثیر سه عامل قرار دارد، ساختار شبکه عصبی (تعداد سلول‌های هر لایه ونحوه ارتباط سلول‌های لایه‌های مختلف با یکدیگر) مقدار وزن‌ها و آستانه‌های شبکه و در نهایت توابع مختلفی که دریک شبکه عصبی وجود دارند. ساختار شبکه عصبی توسط طراح تعیین می‌شود و در حین آموزش ثابت می‌ماند و نهایتا ساختار مناسب با انجام سعی وخطا و از بین مجموعه جواب‌های تولید شده انتخاب می‌شود. وزن‌ها و آستانه‌های شبکه نیز حین آموزش شبکه ثابت هستند و امکان تغییر آنها وجود ندارد. دو تابع ترکیب کننده هر سلول عصبی تمام مقادیری را که از طریق کانال‌های ارتباطی از سایرواحدها دریافت می‌کند با یکدیگر ترکیب کرده و سیگنالی به نام ورودی خالص را تولید می‌کند، تابعی که این سیگنال را تولید می‌کند.

ساخت مدل رگرسیون

از نرم‌افزار آماری SPSS برای طراحی مدل رگرسیون غیرخطی استفاده می‌شود. در مدل‌های آماری، تحلیل رگرسیون یک فرایند آماری برای تخمین روابط بین متغیرها می‌باشد. این روش شامل تکنیک‌های زیادی برای مدل‌سازی و تحلیل متغیرهای خاص و منحصر بفرد است وقتی‌که تمرکز روی روابط بین متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل باشد. تحلیل رگرسیون خصوصاً کمک می‌کند در فهم اینکه چگونه مقدار متغیر وابسته با تغییر هرکدام از متغیرهای مستقل و با ثابت بودن دیگر متغیرهای مستقل تغییر می‌کند. بیشترین کاربرد تحلیل رگرسیون تخمین امید ریاضی شرطی متغیر وابسته از متغیرهای مستقل معین است که معادل مقدار متوسط متغیر وابسته است وقتی‌که متغیرهای مستقل ثابت هستند. کمترین کاربرد آن تمرکز روی چندک یا پارامتر مکانی توزیع شرطی متغیر وابسته از متغیر مستقل معین است. در همه موارد هدف تخمین یک تابع از متغیرهای مستقل است که تابع رگرسیون نامیده شده است. در تحلیل رگرسیون تعیین پراکندگی متغیر وابسته اطراف تابع رگرسیون مورد توجه است که می‌تواند توسط یک توزیع احتمال توضیح داده شود. تحلیل رگرسیون به صورت گسترده برای پیش‌بینی استفاده شده است. تحلیل رگرسیون همچنین برای شناخت ارتباط میان متغیر مستقل و وابسته و شکل این روابط استفاده شده است. در شرایط خاصی این تحلیل برای استنتاج روابط عالی بین متغیرهای مستقل و وابسته می‌تواند استفاده شود. هرچند این می‌تواند موجب روابط اشتباه یا باطل شود. بنابراین احتیاط قابل توصیه است. تکنیک‌های زیادی برای انجام تحلیل رگرسیون توسعه داده شده است. روش‌های آشنا همچون رگرسیون خطی و حداقل مربعات که پارامتری هستند، در واقع در آن تابع رگرسیون تحت یک تعداد محدودی از پارامترهای ناشناخته از داده‌ها تخمین زده شده است. این نوع از رگرسیون، روشی برای یافتن مدلی غیرخطی در جهت یافتن رابطه میان متغیر وابسته و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل است.

اجرای مدل عصبی در نرم افزارمتلب

انتخاب مدل و تعداد نرون عصبی و نوع تابع در فرآیند پیش بینی شبکه عصبی نقش مهمی را دارد. در مدل شبکه عصبی که شبکه چند لایه پرسپرتون استفاده شده و ۱ تابع آموزش TrainLM تعداد ۲ لایه داخلی که در لایه اول از تابع سیگموئید

هیپربولیک و در لایه دوم از تابع خطی استفاده شده است. برای قسمت performance از تابع خطا که از رابطه ۱ استفاده شده است و با تعداد ٦نورون در لایه پنهان است برای ساخت این مدل از نرم افزار MATLAB استفاده شده است.

اجرای مدل عصبی در نرم افزارمتلب

انتخاب مدل و تعداد نرون عصبی و نوع تابع در فرآیند پیش بینی شبکه عصبی نقش مهمی را دارد. در مدل شبکه عصبی که شبکه چند لایه پرسپترون استفاده شده و تابع آموزش TrainLM تعداد۲ لایه داخلی که در لایه اول از تابع سیگموئید هیپربولیک و در لایه دوم از تابع خطی استفاده شده است. برای قسمت performance از تابع خطا که از رابطه ۱ استفاده شده است و با تعداد ٦نورون در لایه پنهان است برای ساخت این مدل از نرم افزار MATLAB2016 استفاده شده است.

(۱)

$$MSE(\overline{X}) = E\left[(\overline{X}-\mu)^2\right] = (\frac{\sigma}{\sqrt{n}})^2 = \frac{\sigma^2}{n}$$

متغیرهای مدل

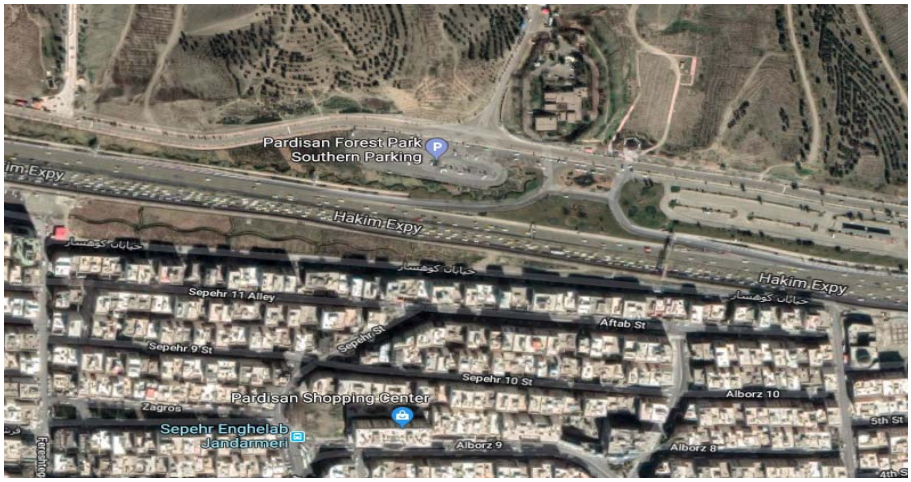
در مدل شبکه عصبی، رگرسیون لوجستیک می‌تواند یک مورد خاص از مدل خطی عمومی و رگرسیون خطی دیده شود. مدل رگرسیون لوجستیک، بر اساس فرض‌های کاملاً متفاوتی (درباره رابطه متغیرهای وابسته و مستقل) از رگرسیون خطی است. تفاوت مهم این دو مدل در دو ویژگی رگرسیون لوجستیک می‌تواند دیده شود. اول توزیع شرطی یک توزیع برنولی به جای یک توزیع گوسی است، زیرا متغیر وابسته دودویی است. دوم مقادیر پیش‌بینی احتمالاتی است و محدود بین بازه صفر و یک و به کمک تابع توزیع لوجستیک بدست می‌آید رگرسیون لوجستیک احتمال خروجی پیش‌بینی می‌کند.

متغیر وابسته: تعداد خودرو (حجم) وسیله تقلیه بر ساعت

متغیر مستقل:۱-چگالی کم یا زیاد ۲- زمان (ساعت)۳ - سرعت جریان

٤-مطالعه موردی

با توجه به بررسی‌های انجام شده و با توجه به دلایلی از جمله وجود تابلوهای هوشمند ترافیکی در این بزرگراه در بخش بعدی به آنها اشاره خواهد شد در نهایت رمپ شیخ فضل اله به یادگار شمال ناحیه مورد بررسی قرار گرفت. در شکل شماره ۱ ناحیه از مطالعه موردی در شهر تهران آمده است، مشخص شده است.



شکل۱. تصویر هوایی از بزرگراه حکیم

بزرگراه آیت‌الله حکیم که در مرکز تهران واقع شده یکی از معابر اصلی پایتخت است و در موازات بزرگراه شهید همت قرار دارد. این بزرگراه که به نام آیت‌الله سید محمدباقر حکیم نام‌گذاری شده است، در مسیر شرق به غرب و بالعکس قرار دارد و از تونل رسالت در شرق آغاز و به بزرگراه علامه جعفری در غرب ختم می‌شود. این بزرگراه تقریبا ۹ کیلومتر مسافت دارد و از ٤ خط و در بعضی از مسیرها ۳ خط سرعت در دو باند تشکیل شده است.جایگاه گاز حکیم نیز در حاشیه این بزرگراه قرار دارد. مهم‌ترین ورودی و خروجی‌های این بزرگراه از شرق به غرب عبارت‌اند از: تونل رسالت، بزرگراه کردستان،بلوار آزادگان،

خیابان شیخ بهایی، خیابان کارگر شمالی،بزرگراه چمران،کوی نصر،بزرگراه شیخ فضل‌الله نوری، بزرگراه یادگار امام، بزرگراه اشرفی‌اصفهانی، بلوار ابوذر، خیابان بهنام، خیابان جواهریان، بزرگراه ستاری، بلوار کاشانی، بلوار شقایق و بزرگراه علامه جعفری. محله‌های باغ فیض، شهرک ژاندارمری، کوی نصر و یوسف آباد در مسیر بزرگراه آیت‌الله حکیم واقع شده‌اند. بوستان نظام گنجوی، بوستان آ اس پ، شهرداری منطقه ٦، مجتمع دادگستری، مرکز لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، بیمارستان میلاد، برج میلاد، مرکز پینبال برج میلاد، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، موزه تنوع زیستی

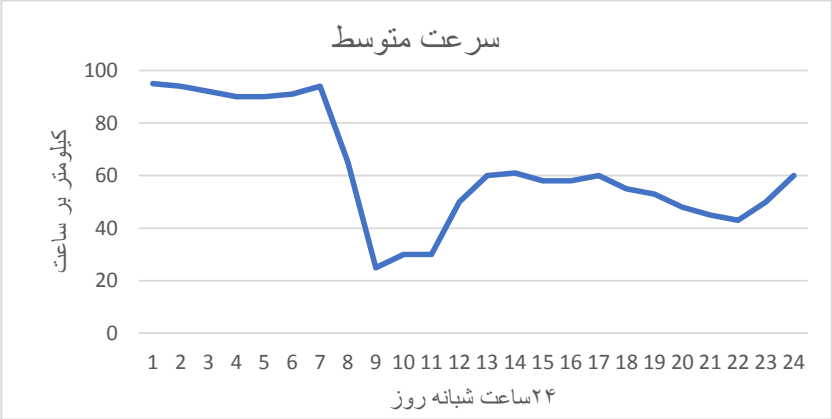
برداشت اطلاعات

برای تحلیل و بدست آوردن پیش‌بینی نیاز است سرعت متوسط و تعداد تردد را برای وسایلی که در محور مورد مطالعه تردد می‌کنند را بدست آورده شود. توانای دوربین فیلم‌برداری در برداشت سرعت لحظه‌ای و شمارش تعداد وسایل است. بنابراین زمانی که از محور مورد مطالعه توسط دوربین فیلم‌برداری شد، نیاز است از روی فیلم مشاهده‌شده اطلاعات تردد و سرعت بدست آید. فرم اطلاعات برداشت در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول ۱. فرم برداشت اطلاعات

فرم۱	فرم برداشت اطلاعات پیان نامه						
شماره فرم		تعداد خودرو	سرعت متوسط سواری	ردیف	تعداد خودرو	سرعت متوسط سواری	ردیف
محل برداشت				۱۹			۱
				۲۰			۲
				۲۱			۳
				۲۲			٤
شمالی –جنوب	غرب–شرق			۲۳			٥
جنوب–شمال	شرق–غرب			۲٤			٦
سرعت آزاد				۲٥			۷
				۲٦			۸
				۲۷			۹
				۲۸			۱۰
				۲۹			۱۱
				۳۰			۱۲
				۳۱			۱۳
				۳۲			۱٤

۱۵			۳۳				
۱۶			۳۴				
۱۷			۳۵				
۱۸			۳۶				
۱۹			۳۷				
۲۰			۳۸				



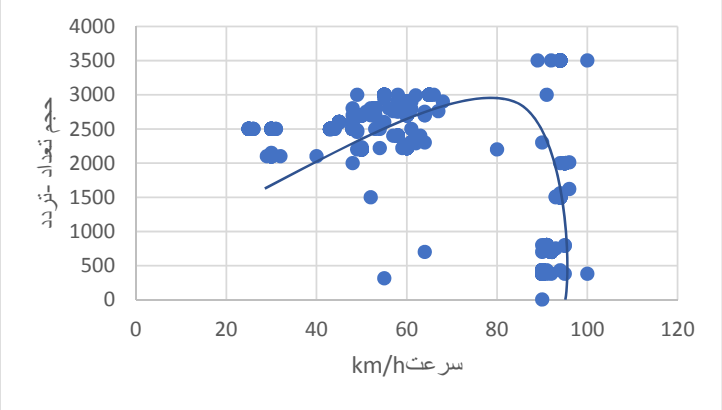
شکل ۲. نمودار سرعت متوسط برای بزرگراه حکیم

در شکل ۲سرعت متوسط وسایل نقلیه عبور از بزرگراه حکیم آورده شده است، این نمودار با استفاده از فیلم‌برداری و پردازش داده‌ها تهیه شده است. نمودار نشان دهنده سرعت در ساعات مختلف است در هنگام صبح بین ساعات ۸-۱۱ کمترین مقدار است. در بین ساعات ۲-۶ صبح بیشترین سرعت است.

در شکل شماره ۳ نمودار تردد حجم تردد وسایل نقلیه در این بزرگراه نشان داده شده است. تعداد تردد بین ساعات ۲-۵ صبح کمترین است در ساعت ۷ صبح به بیشترین مقدار خود میرسید و سپس در یک محور تقریباً مستقیم با اندکی کم یا زیاد حرکت می‌کند.

شکل ۳. نمودار تعداد تردد متوسط در شبانه‌روز برای بزرگراه حکیم(تهران)

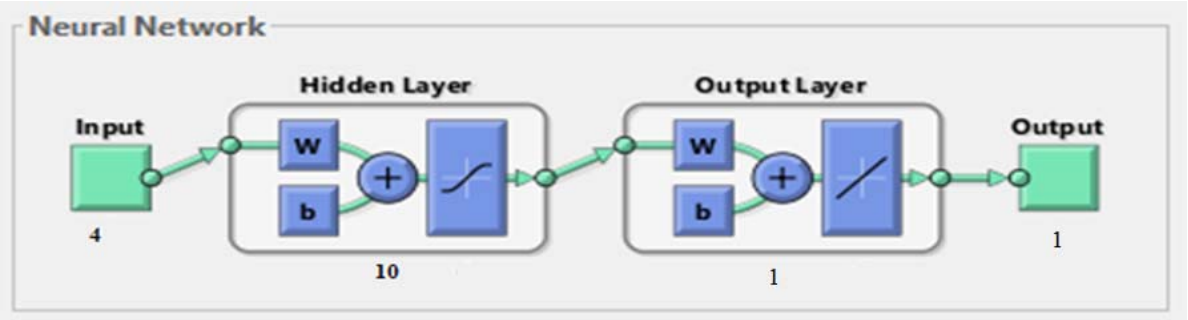
در شکل٤ نمودار سرعت – چگالی آورده شده، نمودار الگوی سهمی گرین شیلد را تقریباً رعایت کرده است، علت آن است که در بزرگراه رمپ‌های ورودی و خروجی زیادی وجود دارد، بنابراین تأثیرات ورودی و خروجی‌ها بر جریان تأثیر دارد که الگوی گرین شیلد این مهم مورد بررسی قرار نگرفته است. برای مثال ممکن است در یک حجم تردد کم، سرعت پایینی به دلیل بازگشت جریان در رمپ‌ها خروجی بر مسیر اصلی به وجود آید، که متضاد با الگوی گرین شیلد است.



شکل٤. نمودار سرعت –حجم بزرگراه حکیم (تهران)

ساخت مدل عصبی

برای ساخت مدل در شبکه عصبی از داده‌های گذشته استفاده می‌گردد در این مطالعه هدف پیش‌بینی چگالی جریان است تا به این وسیله برای تابلوهای هوشمند بتوان اعلام جریان کرد متغیر ورودی در مدل ٤ و تعداد نورون عصبی ۱۰ در لایه پنهان و تابع اصلی تانژانت هیپر بولیک سیگموئید است.



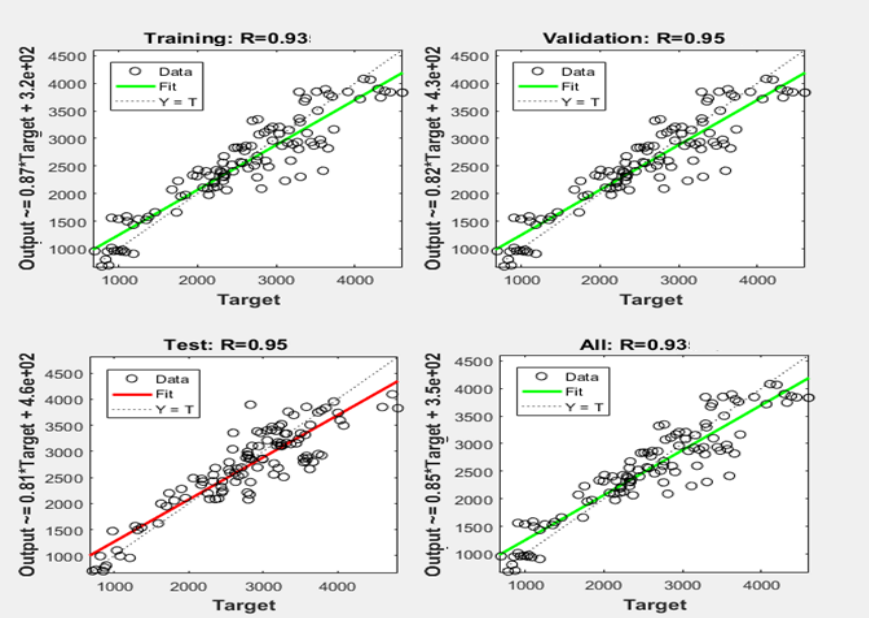
شکل ۵. مدل تصویری شبکه عصبی برای پیش‌بینی

فلوچارت شکل ۵ گویای این مطلب است،این فلوچارت که خروجی نرم‌افزار متلب است مدل استفاده شده را بیان می‌کند. عدد ۱۰ تعداد نورون استفاده شده است. در جدول شماره ۲ مدل عددی ساخته شده برای پیش‌بینی بزرگراه حکیم است در قسمت ستون w(1,1) ماتریس وزن برای لایه پنهان (مرحله اول) که یک ماتریس[4,10]است که به دلیل آنکه سه متغیر و ۱۰ نورون عصبی دارد. در ستون W(1,2)که یک ماتریس[1,10]است و در ستون‌های بعدی بایس مربوط به لایه اول و دوم است. برای آموزش و تست واعتبار سنجی است و میانگین آن در نمودار all است. در هر نمودار خط رگرسیون نمایان گر سازگاری بین بهترین نتیجه خروجی شبکه و داده‌های هدف که داده‌های هدف در این جا همان تردد و سرعت دستگاه تردد شمار است. هر چه مقدار R به یک نزدیک‌تر باشد ارتباط بیشتری بین خروجی‌های شبکه عصبی و داده‌های هدف وجود دارد. مقدارR در همه نمودارها تقریباً یکسان است و تجمع داده‌ها برروی خط رگرسیون نسبتاً خوب است که نشان از کارآمدی شبکه می‌دهد که توانای مناسب شبکه عصبی جهت پیش بینی را نشان می‌دهد وکه بطور متوسط رگرسیون R=۰,۹۲

است. رابطه خطی که کنار هر چهار نمودار آمده است رابطه خط رگرسیون است. خط نشان داده شده در نمودار که با عنوان Fit آمده است خط برازش هر نمودار است. مقدار R بالای هر نمودار آمده است، وخط کنار نمودار تابع رگرسیون است.

جدول ۲. مدل عددی ساخته شده برای پیش بینی چگالی

شماره نورون	وزن‌های مدل پرسپترون شبکه عصبی تردد						
	w(1,1)				w(1,2)	bias1	bias2
۱	0.0227	-0.138	0.58979	-8.0505	0.0329	-1.963	2.0656
۲	5.8736	-0.184	-10.513	3.74439	-1.105	-9.187	
۳	0.0284	10.116	0.01711	-1.808	0.8074	2.9135	
٤	-0.129	5.3653	-0.1741	-2.379	-0.554	2.9302	
٥	0.0239	-7.648	2.36878	-3.357	0.6407	2.6634	
٦	0.1518	1.4948	1.98851	0.6304	3.3821	-2.371	
۷	3.90276	0.58979	-8.0505	0.01711	-6.4093	-2.4906	
۸	-0.036	-10.513	3.74439	-0.1741	-0.9393	-6.4093	
۹	-2.8004	6.95033	-3.1723	2.36878	9.46674	2.9302	
۱۰	-0.129	5.3653	-0.1741	0.8074	2.9135	9.46674	



شکل ٦. نمودار رگرسیون ارزیابی مدل شبکه عصبی برای پیش بینی چگالی جریان

در شکل شماره ٦ نمودار خط چین پیش بینی حاصل از مدل است و نمودار ممتد داده‌های واقعی است که درمورد چگالی جریان بزرگراه حکیم است. نمودار عمودی چگالی جریان است. نمودار افقی ساعت تردد در هفته اول است، از آنجا که پیش بینی برای یک هفته است و تعداد ساعات در یک روز ٢٤ است، پس تعداد ساعات نمایش داده شده در محور افقی ١٦٨ است که البته نرم افزار اکسل تا ١٨٠ نمایش داده است. می‌توان دید که نمودار پیش بینی(خط چین) برروی نمودار واقعی(خط ممتد) است در بعضی قسمت‌ها موج‌ها پیش بینی بر روی موج‌های آبی قرار نگرفته است این به دلیل ماهیت مقاومتی شبکه عصبی نسب به داده‌های غیر معمول است. در شکل شماره ٦ نمودار خط چین پیش‌بینی تردد حاصل از مدل است و نمودار خط ممتد داده‌های واقعی است که درمورد چگالی جریان است، که جهت مقایسه بهتر در یک جا آورده شده است.

اجرای مدل جهت پیش بینی چگالی جریان

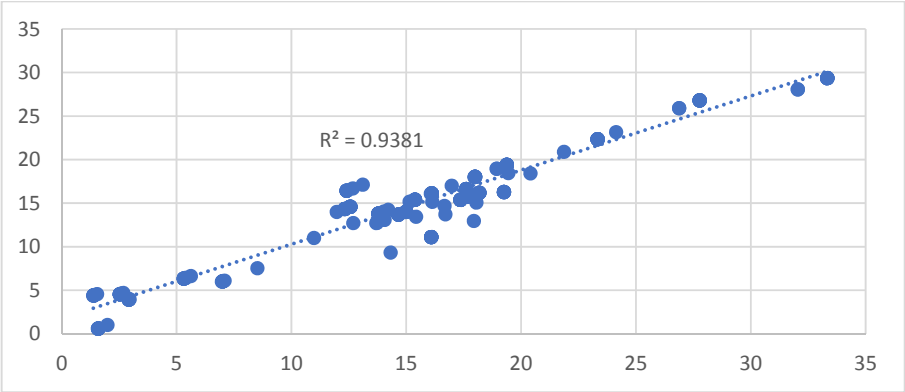
در مراحل قبل مدل ساخته شد، در این قسمت مدل ساخته شده برای پیش بینی چگالی در هفته اول اسفند ١٤٠١ استفاده می شود و در قسمت بعد میزان اعتبار و درستی مدل و انطباق آن با داده های واقعی بررسی می شود.درجدول شماره ٣ قسمتی ازپیش بینی چگالی (به دلیل حجیم بودن جدول) برای هفته اول اسفند آورده شده است.

جدول ٣. قسمتی از پیش بینی تردد برای هفته اول اسفند ١٤٠١

پیش بینی چگالی	واقعی چگالی	زمان به ساعت	پیش بینی چگالی	واقعی چگالی	زمان به ساعت
14.33333	12.33333	١٤٠١/12/01 15:00:00	6.017544	7.017544	١٤٠١/12/01 00:00:00
14.56831	12.56831	١٤٠١/12/01 16:00:00	6.319149	5.319149	١٤٠١/12/01 01:00:00
13.7931	13.7931	١٤٠١/12/01 17:00:00	4.536232	2.536232	١٤٠١/12/01 02:00:00
11.09195	16.09195	١٤٠١/12/01 18:00:00	4.407407	1.407407	١٤٠١/12/01 03:00:00
16.11111	16.11111	١٤٠١/12/01 19:00:00	0.596296	1.596296	١٤٠١/12/01 04:00:00
16.18182	18.18182	١٤٠١/12/01 20:00:00	3.930403	2.930403	١٤٠١/12/01 05:00:00
16.61006	17.61006	١٤٠١/12/01 21:00:00	16.41135	12.41135	١٤٠١/12/01 06:00:00
15.36111	17.36111	١٤٠١/12/01 22:00:00	15.38462	15.38462	١٤٠١/12/01 07:00:00
16.25926	19.25926	١٤٠١/12/01 23:00:00	29.33333	33.33333	١٤٠١/12/01 08:00:00
19.37984	19.37984	١٤٠١/12/02 00:00:00	26.77778	27.77778	١٤٠١/12/01 09:00:00
18	18	١٤٠١/12/02 01:00:00	22.33333	23.33333	١٤٠١/12/01 10:00:00
14	15	١٤٠١/12/02 02:00:00	13.66667	14.66667	١٤٠١/12/01 11:00:00

صحت سنجی مدل

برای تعیین ضریب رگرسیون می‌تواند اعتبار و دقت مدل ساخته شده را توسط R^2 بیان کرد نمودار رگرسیون خط آورده شده است همانطور که نشان داده شده است مقدار $R^2=0.93$ است. تجمه نسبتاً خوب داده برای پیشبینی چگالی نشان از کارآمد بودن مدل است.



شکل ۷. نمودار رگرسیون صحت سنجی مدل برای پیشبینی چگالی جریان

متغیرهای مدل استفاده برای متغیر وابسته حجم خودرو خودروها yعبارتند از: متغیر مستقل:۱-زمان (ساعت) ۲-چگالی۳- سرعت جریان

جدول ٤. مدل سازی رگرسیون

v	B	str-error	sig
constant	3.69	0.313	0
T	-0.004	0.002	0.03
c	0.001	0	0.002
Rb	2.702	1.65	0.004

$$y = 0.001 - 0.004t + 0.001c + 2.7rb \quad (۲)$$

در جداول شماره ٤ و شماره ۵ میزان فیت شدن و کالیبره شدن مدل‌های رابطه جریان ترافیک آمده است. Model Summary به معنای خلاصه مدل است. این جدول مقادیر Rو R Square را نشان می‌دهد. در جدول شماره ۵ مقدار R که برابر است با ۰/۸۷۷ است، به کالیبره شدن خوب مدل اشاره دارد و نشان می‌دهد متغیر وابسته یعنی تراز شدت صوت به میزان بالایی می‌تواند توسط متغیرهای مستقل تبیین شود.

جدول ۵. صحت سنجی مدل رگرسیون خطی

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.888[a]	.877	.873	.4746

۵-نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی شد که به روشی بهتر برای پیش بینی جریان ترافیک دست یافته شود. تحقیقات گذشته بررسی شد. برای ارزیابی استفاده حمل ونقل هوشمند در تابلوهای ترافکی و استفاده از هوش مصنوعی برای پیش بینی چگالی، مدل شبکه عصبی شاخته شد. در این پژوهش به یافته‌های مطالعه اشاره می‌شود. به اختلاف و نتایج و برتری این مطالعه با مطالعات گذشته پرداخته می‌شود. با توجه به نمودارها و جداول مدل عصبی می‌تواند در حمل ونقل هوشمند به عنوان یک ابزار برای پیشبینی تراکم جریان با دقت مناسب که در اینجا با۰,۹۳ =r صورت گرفت کمک کند. داده‌ها گذشته تردد به دلیل آنکه با پردازش دوربین توسط محقق صورت گرفت می‌تواند توسط پردازش تصویر با دقت بهتری صورت گیرد در این صورت اطلاعات دقیق‌تری از تردد بدست خواهدامد که می‌تواند در افزایش دقت تراکم جریان یا چگالی کمک کند، با این حال پیش بینی صورت گرفته و مدل ساخته شده برای صحت سنجی مدل مورد استفاده قرار گرفت. شبکه عصبی توان پیشبینی براساس دادهای گذشته را دارد، بنابراین چنانچه از ابزارها هوشمند در محوری استفاده نشده باشد نمی‌توان به پیش بینی استفاده از ان پرداخت .در این محور بجز دوربین ثبت تخلف سرعت و تابلو هوشمند اعلان ترافیک از ابزار دیگری استفاده نشده، بنابراین ارزیابی کامل بدون داده‌های گذشته را دچار مشکل می‌کند. در این مطالعه ارزیابی ایمنی و اقتصادی صورت نگرفت، تنها ارزیابی فنی و توانایی اینکار در پیش بینی چگالی صورت گرفت،شبکه عصبی توان ارزابی بدون داشتن اطلاعات گذشته را ندارد. در شبکه عصبی استفاده شد ٤ متغیر ورودی و خروجی مدل پیش‌بینی سرعت و تردد است، تعداد ۱۰نورون در لایه پنهان مورد استفاده قرار گرفت، و در نهایت مدل عددی به صورت یک ماتریس نمایش داده شد.

در مورد پیش بینی ترافیک تا کنون مقالات و روش‌های مختلفی استفاده شده است و همچنان در حال توسعه است، این توسعه وابستگی زیادی به ابزارهای مکانیکی که تردد را برداشت می کند دارد. امروزه شرکت‌ها پیش رو در زمینه پیش بینی زمان سفر و میزان تردد چون گوگل از اطلاعات جی پی اس (GPS) که خودرو از طریف گوشی همراه خود ارسال می‌کند برای پیش بینی در مسیر یاب‌ها استفاده می‌کنند. مقالات اخیر نشان داده است که پژوهشگران برای پیش بینی از این گونه ابزارها بهره برده‌اند و مسیر آینده محدود به تردد شمارها و دوربین‌ها و سنسورها جاده‌ای نیست. این محدودیت بر این مقاله بود و داده‌های جی پی اس قابل دسترس نبود در آیند دسترسی به این داده‌های راحت‌تر خواهد بود. بنابراین این مدل با این گونه داده‌ها می‌تواند دوباره نویسی شود و دقت بسیار بهتری بدست آید. از جمله کارهای که برای ادامه این مطالعه می‌توان انجام داد فهرست‌وار در زیر آورد شده است. ارزیابی و بررسی تردد خروجی‌های و رمپ‌ها برای شاخت مدلی ترافیکی شبکه‌ای، زیرا در ارتباط با تردد، تردد بالادست و پائین دست رمپ‌ها در تردد مسیر اصلی تاثیرات مهمی دارد، که در این مطالعه بررسی نشد. شبکه عصبی توان پیش بینی براساس دادهای گذشته را دارد، بنابراین چنانچه از ابزارها هوشمند در محوری استفاده نشده باشد نمی‌توان به پیش بینی استفاده از ان پرداخت. در این محور بجز دوربین ثبت تخلف سرعت و تابلو هوشمند اعلان ترافیک از ابزار دیگری استفاده نشده بنابراین ارزیابی کامل بدون داده‌های گذشته را دچار مشکل می‌کند. به عبارت دیگر چنان اطلاعات قبل و بعد از استفاده سیستم‌های هوشمند سازی موجود بود، با استفاده از داده‌ها و تحلیل‌های آماری میزان کاهش یا افزایش ایمنی مشخص می‌گردید. بنابراین در این گایان به بررسی ایمنی پرداخته نشد.

٦- مراجع

-افندی زاده، شهریار و آبگون، البرز و تاج الدینی، آتوسا (۱۳۹٤). ارائه روشی عملی برای کنترل هوشمند ترافیکی کریدور بزرگراهی با رویکرد کنترل رمپ (مطالعه موردی بزرگراه رسالت غرب از حد فاصل بزرگراه صیاد تا پل سید خندان)، *پانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک*، تهران.

- افندی زاده، شهریار و حاج محمدی، هاجر و کلانتری، نوید، (۱۳۹۱). هماهنگ سازی بهینه کنترل رمپ و سرعت مجاز متغیر جهت کنترل بزرگراهی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، *پژوهشنامه حمل ونقل*.

-Arnold, E. D. (1998). Ramp metering: a review of the literature.

-Han, Y., Wang, M., Li, L., Roncoli, C., Gao, J., & Liu, P. (2022). A physics-informed

-Tajdari, F., Ramezanian, H., Paydarfar, S., Lashgari, A., & Maghrebi, S. (2022, May). Flow metering and lane-changing optimal control with ramp-metering saturation. In *2022 CPSSI 4th International Symposium on Real-Time and Embedded Systems and Technologies (RTEST)*, IEEE. 1-6.

-Trubia, S., Curto, S., Barberi, S., Severino, A., Arena, F., & Pau, G. (2021). Analysis and evaluation of ramp metering: From historical evolution to the application of new algorithms and engineering principles. *Sustainability*, *13*(2), 850.

-Wang, Q., & Yang, X. (2022). *Design and Evaluate Coordinated Ramp Metering Strategies for Utah Freeways* (No. MPC-641, MPC 22-486). Mountain-Plains Consortium.

-Xie, J., & Qi, L. (2022, December). Combined On-line Variable Speed Limit and Ramp Metering Control for Highway Bottleneck. In *2022 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*, IEEE. 1-6.

reinforcement learning-based strategy for local and coordinated ramp metering. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *137*, 103584.

-Kattan, L., & Saidi, S. (2013). Comparative analysis of probe□based ramp metering with detector□based and pretimed ramp metering. *Journal of Advanced Transportation*, *47*(1), 61-78.

-Kondyli, A., Elefteriadou, L., Brilon, W., Hall, F. L., Persaud, B., & Washburn, S. (2013). Development and evaluation of methods for constructing breakdown probability models. *Journal of Transportation Engineering*, *139*(9), 931-940.

-Luspay, T., Kulcsár, B., & Péni, T. (2016). Set□theoretic analysis of the isolated ramp metering problem. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, *26*(6), 1246-1266.

-Papageorgiou, M., Hadj-Salem, H., & Blosseville, J. M. (1991). ALINEA: A local feedback control law for on-ramp metering. *Transportation research record*, *1320*(1), 58-67.

Analysis and Evaluation of Smart Ramp Metering System on Urban Traffic Flow Control (Case Study: Tehran-Hakim Highway)

Mohammd Amin Ebrahimzadeh, Ph.D., Candidate, Majoring in Transportation Planning, Faculty of Civil Engineering, Arts and Architecture, Tehran Science and Research, Tehran, Iran.

Hassan Javanshir, Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Mohammad Esfandiyari, M.Sc., Grad., Civil Engineering, Transportation Planning, South Tehran University, Tehran, Iran.

E-mail: Amin.ebrahimzadeh@srbiau.ac.ir

Received: June 2024- Accepted: September 2024

ABSTRACT

The use of short-term traffic predictions and their application in traffic management will reduce potential blockages. By decreasing travel times and the distance covered by vehicles, it will help reduce noise pollution, air pollution, and fuel consumption costs. Knowing the traffic at different hours and predicting it can lead to better management and planning for the country's roads. Traffic flow characteristics on a road are among the most important factors in decision-making and traffic policy-making in a region. In this study, traffic evaluation protocols were used to develop a traffic prediction model using a neural network. Furthermore, the technical assessment and economic benefits were examined. In this context, by using traffic count data from urban highways and employing a neural network model, traffic prediction was carried out. In the neural network, four input variables were used: low or high density, vehicle volume, vehicle type, and flow speed. Ten neurons were used in the hidden layer, and ultimately, the numerical model was displayed as a numerical matrix. To predict flow density with suitable accuracy, a correlation coefficient of r = 0.93 was achieved. Additionally, for comparison, a linear regression model was built, which showed a lower accuracy than the neural network model, with a correlation coefficient of r = 0.88 at a significance level of less than 0.05.

Keywords: Ramp Metering, Neural Network, Regression