مدل انتخاب سرعت وسایل نقلیه در برخورد با آرام‌سازهای فیزیکی و ادراکی

مقاله علمی – پژوهشی

فرشیدرضا حقیقی*، دانشیار، گروه راه و ترابری، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران
امیرقاسم ملک، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه راه و ترابری، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: farshidreza@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۸- پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۲
صفحه ۴۳۰-۴۰۹

چکیده

در بسیاری از کشورها اولویت اصلی ایمنی ترافیک، اجرای اقداماتی است که باعث کاهش سرعت عملکردی و افزایش انطباق محدودیت سرعت شود، چراکه سرعت نامناسب به عنوان مهمترین عامل ایجادکننده حوادث ترافیکی جدی شناخته شده است. اقدامات آرام‌سازی ترافیک، اقدامات مهندسی است که با کاهش قابل توجه سرعت خودروها، باعث کاهش تعداد و شدت حوادث ترافیکی می‌شود و بدین صورت بهبود ایمنی جاده‌ها حاصل خواهد شد. در این پژوهش اثربخشی برنامه‌های آرام‌سازی ترافیک که به صورت اقدامات پشت سرهم طراحی می‌شوند بر روی انتخاب سرعت رانندگان مورد بررسی قرار گرفته است؛ در این راستا ۲۸ سرعت‌کاه تخت و قوسی در محور محمودآباد به چالوس به طول تقریبی ۸۰ کیلومتر به دلیل تراکم بالای مناطق مسکونی و رشد جوامع کوچک در کناره راه اصلی و اهمیت آرامسازی ترافیک در این مناطق، به عنوان نماینده‌ای از آرامسازهای فیزیکی و تابلو نمایش سرعت به عنوان نماینده‌ای از ادوات آرامساز ادراکی انتخاب شدند و مدلسازی انتخاب سرعت رانندگان در برخورد با این نوع آرامسازها با استفاده از شاخص‌هایی نظیر ارتفاع سرعت‌کاه، عرض سرعت‌کاه، شیب ورودی سرعت‌کاه، سرعت اولیه، اختلاف سرعت اولیه و سرعت مجاز نمایش داده شده بر روی تابلوی نمایش سرعت در بستر شبکه عصبی (MLP) صورت گرفت. نتایج خروجی مدل حاکی از آن بوده که این مدل توانسته با دریافت مشخصات نامبرده سرعت انتخابی کاربران را پیش‌بینی نماید.

واژه‌های کلیدی: ایمنی، آرام‌سازی ترافیک، تابلوی نمایش سرعت، سرعت‌کاه، شبکه عصبی MLP

۱-مقدمه

امروزه استفاده از وسیله‌نقلیه شخصی مورد توجه عموم مردم است. هر روزه بر تعداد و میزان استفاده از اتومبیل افزوده می‌شود. رقابت کارخانجات خودروسازی مختلف در دنیا و ارائه"حداکثر سرعت" و "شتاب اولیه" به عنوان فاکتورهای مهم و تاثیرگذار در انتخاب، همچنان نشان از مقبولیت بالای جهانی آیتم سرعت در نگاه مشتریان دارد. امری که با کاهش زمان تصمیم‌گیری و عکس‌العمل و افزایش تصاعدی ریسک تصادف، امروزه به عنوان یکی از مهمترین عوامل ایجاد تصادفات جاده‌ای به شمار می‌آیند. بر همین اساس اولین اقدام شناسایی عوامل بالقوه ایجاد تصادفات است تا بتوان با رفع و یا کاهش آن‌ها، پتانسیل وقوع تصادف را کاهش داد. به طور واضح، می‌بایست کنترل سرعت در صدر برنامه‌ها قرار گیرد (مقدس‌نژاد و نادم نالکیاشدری، ۱۳۹۶) بسیاری از اقدامات انجام شده در زمینه ایمنی نیز با هدف وادار کردن کاربران جاده به کاهش سرعت و رعایت محدودیت‌های سرعت انجام می‌شود. با توجه به تغییر در میانگین سرعت این اقدامات، اثرات آن بر ایمنی جاده از نظر تعداد تصادفات و تعداد مصدومان و کشته‌شدگان به خوبی مشخص است. با این حال، مطمئناً تنها میانگین سرعت تحت

تأثیر اقدامات ایمنی ترافیک نمی‌باشد و این اقدامات بر شاخص‌هایی مانند صدک ۸۵ انحراف استاندارد از سرعت و شکل توزیع سرعت نیز می‌تواند تأثیرگذار باشد (Box and Oppenlander, 1976). از دیگر اقداماتی که در راستای مطلب فوق‌الذکر با جدیت در حال پیگیری است، شناسایی نقاط حادثه خیز محورهای مختلف، طبقه‌بندی و تلاش در جهت اصلاح آن‌هاست. در خصوص اقدامات مورد نیاز در نقاط حادثه خیز راهکارهای متفاوتی نظیر انواع روش‌های آرام‌سازی و یا اصلاح هندسی، بسته به محل و نوع نیاز مورد استفاده قرار می‌گیرد. آرام‌سازهای ترافیکی نیز خود انواع و اقسام مختلفی دارند که بنا به نظر کارشناسان متخصص ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. گام بعدی در استفاده از هرکدام از این آرام‌سازها، بررسی میزان تاثیرگذاریشان در کاهش سرعت، افزایش ایمنی و یا کاهش میزان و شدت تصادفات است. این که هرکدام به چه میزان تاثیرگذار خواهند بود و به بیان مهندسی‌تر، استفاده از هرکدام و یا ترکیب چند نوع مختلف از آن‌ها، با چه رابطه‌ای می‌تواند باعث کاهش سرعت وسایل‌نقلیه عبوری شود.

۲-پیشینه تحقیق

در رابطه با آرامسازی ترافیک در مراجع مختلف تعاریف مختلفی ارائه شده است، ولی به طور کلی "مجموعه‌ای از استراتژی‌هایی است که توسط برنامه‌ریزان شهری و مهندسان ترافیک به منظور کاهش سرعت ترافیک (با تعریف عام) استفاده می‌شود. نتیجه مستقیم این امر افزایش ایمنی ترافیک به ویژه افراد پیاده و دوچرخه‌سواران است" (خاکسار، بهرامی، ۱۳۹٤). روش‌های زیادی برای آرام‌سازی ترافیک وجود دارد. معمول‌ترین اقدامات آرام‌سازی ترافیک عبارتند از سرعت‌گیر تخت، سرعت‌گیر قوسی، باریک‌سازی و سرعت کاه‌ها و اقدات مختلف آرامسازی ادراکی مانند خط‌کشی‌های عرضی، تابلوهای نمایش سرعت و محدودیت سرعت و ... . این اقدامات در راه‌ها وسایل‌نقلیه را ملزم به کاهش سرعت می‌نمایند. اقدامات آرام‌سازی به صورت جداگانه، به صورت پیوند با همانند (مانند دو سرعت‌گیر) و یا به همراه اقدامات دیگر (مانند سرعت‌گیر و نوارهای لرزاننده) مورد استفاده قرار می‌گیرند. توصیه شده است که استفاده از یکسری اقدامات به صورت باهم، از عملکرد تکی اقدامات بهتر می‌باشد، اما باز هم بسیاری از برنامه‌های آرام‌سازی با توجه به محدودیت‌های بودجه‌ای برای تنها یک نوع اقدام (که معمولا ارزانترین آن‌ها می‌باشد) طراحی شده‌اند. در بیشتر اقدامات آرام‌سازی که به صورت سلسله‌وار و پشت هم اجرا شده‌اند، ترتیب اقدامات اجرا شده معمولا به نحوی است که میانگین سرعت در طول راه را به سطح مطلوب برسانند. (پروژه، اخضری بابکی، مختاریان، ۱۳۹٦) در صده اخیر با توسعه حمل و نقل موتوری شهرهای بزرگ در صدد رفع مشکلات ایمنی مطالعات متعددی در زمینه آرامسازی ترافیک به عمل آوردند که از جمله آن‌ها می توان به موارد نامبرده در جدول ذیل اشاده نمود.

جدول ۱. پیشینه تحقیق

ردیف	نام محقق	زمان	هدف تحقیق	نتیجه تحقیق
۱	Damsere-Derry et al	2019	تأثیر اقدامات آرام‌سازی ترافیک بر سرعت خودرو و ارتباط بین اقدامات آرام‌سازی ترافیک و شدت آسیب‌دیدگی عابر پیاده	ادوات آرامساز ترافیک سرعت خودرو را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد و در نتیجه، ایمنی عابران پیاده را در غنا بهبود می‌بخشد.
۲	Shen, Wang	2019	بررسی تأثیر علائم پیام متغیر بر رفتارهای رانندگی در مناطق شهری،	رانندگان میانسال هنگام خواندن VMS تمایل به کاهش سرعت دارند. نتایج آشنایی کاربران با شبکه راه و میزان توجه به VMS حاکی از آن است که رانندگانی که گاهی اوقات به VMS توجه می کردند تمایل به کاهش سرعت داشتند.
۳	Li et al	2019	بررسی چیدمان علائم پیام متغیر در شبکه‌های شهری	آگاهی دادن به رانندگان در مورد برآورد زمان سفر همراه با پیام‌های حادثه، استفاده از مسیر انحرافی را افزایش می‌دهد.

ردیف	نام محقق	زمان	هدف تحقیق	نتیجه تحقیق
٤	Romero et al	2019	تأثیر اطلاعات علائم پیام متغیر (VMS) در انتخاب مسیر رانندگان	VMS ابزاری مناسب برای مدیریت ترافیک جاده‌ای، بهبود قابلیت اطمینان رانندگان و استفاده بهینه‌تر از زیرساخت‌های جاده‌ای است، به ویژه برای رفع تقاضای نامتعادل که معمولاً بین بزرگراه‌های عوارضی و جاده‌های بدون ازدحام رقابتی مشاهده می‌شود.
٥	Jeihani et al	2017	یافتن عوامل مؤثر بر انحراف مسیر تحت شرایط مختلف ترافیکی و اطلاعات علائم پیام متغیر	وجود VMS میزان انحراف مسیر را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، وجود اطلاعات هدایت مسیر و انحراف تا حد زیادی میزان انحراف مسیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد.
٦	Choueiri et al	2017	تأثیر علائم پیام متغیر (VMS) بر رفتار راننده	VMS یک ایده امیدوار کننده در افزایش عملکرد ترافیک است، به ویژه در شرایطی که حوادث قابل لمس برای رانندگان مانند ازدحام ترافیک، فعالیت‌های جاده‌ای و ... وجود داشته باشد.
۷	La et al	2017	تعیین ابعاد بهینه سرعت‌گیر	در این مطالعات بر اساس محدودیت سرعت، ابعاد مختلفی برای سرعت‌کاه‌ها ارائه شده است.
۸	Agerholm et al	2017	اقدامات آرام‌سازی سرعت و تأثیر آن‌ها بر سرعت رانندگی	به طور کلی، اجرای SCS منجر به کاهش میانگین سرعت از ۵۳/۵ کیلومتر در ساعت به ٤۹/٤ کیلومتر در ساعت شد. در مورد سرعت ۸۵٪ که از ۵۹/۹ کیلومتر در ساعت به ۵۵/٦ کیلومتر در ساعت کاهش یافته است که کاهش کمی بیشتر را نشان می‌دهد.
۹	Vaitikus et al	2017	تاثیرات اقدامات آرام‌ساری بر سرعت متوسط و سرعت لحظه‌ای	اقدامات آرامساز ترافیک به طور مقطعی سرعت کاربران را کاهش می‌دهند.
۱۰	Ronchi et al	2016	طراحی علائم پیام متغیر (VMS) به عنوان یک روش کمک برای یافتن تخلیه‌های اضطراری تونل‌های جاده‌ای	نماد تصویری "خروج اضطراری" به دلیل شناخته‌تر بودن، موثر تر از نماد هشدار می‌باشد.
۱۱	Shirmohammadi et al	2016	بررسی اثرات انواع اقدامات آرامساز ترافیکی و فاصله آن‌ها بر ظرفیت جاده‌های شهری	نتایج به دست آمده مربوط به ظرفیت نشان می‌دهد که شبکه فاقد TCM به حداکثر ظرفیت رسیده است. به عبارت دیگر، مقایسه ظرفیت سناریوها، نشان داد که TCM تأثیر مستقیمی بر ظرفیت شبکه دارند، بنابراین ظرفیت شبکه می‌تواند تحت تاثیر هرگونه تغییر در تعداد و مکان اقدامات آرامسازی قرار گیرد.
۱۲	امیرسلیمانی	۱۳۹۷	استفاده از نوع خاصی تابلوی پیام متغیر به منظور تاثیرگذاری بر کاهش سرعت وسایل نقلیه در یکی از محورهای واقع در استان مازندران	با توجه به نتایج بدست آمده، میانگین سرعت در مطالعات بعد در حالت‌های کل وسایل نقلیه، وسایل نقلیه ۲۰ متر قبل از تابلو، وسایل نقلیه۳۰ متر قبل از تابلو، وسایل نقلیه۵۰ متر قبل از تابلو، وسایل نقلیه روی محل نصب تابلو، وسایل نقلیه۲۰ متر بعد از تابلو و وسایل نقلیه ۵۰ متر بعد از تابلو، نسبت به میانگین سرعت در مطالعات قبل به ترتیب ۷، ۱۱/۳، ۱۱، ٦/۵، ۳/۷، ۳/٦، ۳/۵ درصد کاهش داشتند.

ردیف	نام محقق	زمان	هدف تحقیق	نتیجه تحقیق
۱۳	کدخدایی و همکاران	۱۳۹۶	انتخاب بهترین شیوه‌های آرام‌سازی ترافیک	مناسب‌ترین روش‌های آرام‌سازی ترافیک در کلان شهرها به ترتیب روش‌های کنترل حجم ترافیک، روش‌های کنترل سرعت توسط تغییرات قائم در سطح راه، روش‌های کنترل سرعت توسط تغییرات افقی در سطح راه و روش‌های کاهش عرض مسیر می باشند.
۱٤	پوررجب و پاک‌شیر	۱۳۹٦	راهکارهای افزایش کارایی تابلوهای متغیر خبری	زمانی تابلوهای متغیر خبری بیشترین کارآیی را خواهند داشت که بتوانند اطلاعات مربوط به رخدادها و ترافیک را به صورت لحظه‌ای، صحیح و با دقت بالا در اختیار رانندگان قرار دهند.
۱۵	شیخ فرد و همکاران	۱۳۹٦	ارزیابی تاثیر تابلوهای ترافیکی بالاسری بر رفتار رانندگان	اجرای تابلوی مذکور منجر به تغییر در رفتار رانندگی افراد می شود به گونه ای که کاهش ۳۰/ ۵ کیلومتر بر ساعت وسایل‌نقلیه گواه بر این نتیجه می‌باشد. ضمناً میزان کاهش سرعت وسائل نقلیه در بین خودروهای سبک و سنگین مشابه نبود، بنابر مقایسه‌ی نتایج آماربرداری قبل و بعد اجرای تابلو، از میزان سرعت وسائل نقلیه‌سبک ۵/٤٤ کیلومتر بر ساعت و نیز برای وسائل نقلیه سنگین ۷۱ / ٤ کیلومتر بر ساعت کاسته شد.
۱٦	اکبری‌نیا و حاجی جعفری	۱۳۹٦	جانمایی صحیح تابلوهای متغیر خبری	جانمایی صحیح این اقلام از سیستم‌های حمل و نقل هوشمند می‌تواند استفاده حداکثری از ظرفیت تردد سایر معابر موازی بین مبدا و مقاصد مشخص در شبکه معابر شهری را برای کاربران فراهم آورد.
۱۷	زادخوری و حقیقی	۱۳۹۵	اثر ادوات آرام‌سازی جریان ترافیک بر روی عملکرد رانندگان وسایل نقلیه به منظور ارزیابی کاهش سرعت	استفاده از سرعت‌کاه سرعت را به صورت مقطعی تغییر می‌دهند و اگر هدف آرامسازی در طول یک معبر باشد می‌بایست سرعت‌کاه‌ها در ترکیب با دیگر ابزار آرامسازی و یا به صورت سری نصب شوند.
۱۸	زادخوری و همکاران	۱۳۹۵	بررسی تاثیر سرعت‌کاه تخت بر عملکرد رانندگان و مدل‌سازی کاهش سرعت خودروها	متغیر سرعت قبل از نصب، طول رم ورودی و طول قسمت مسطح میانی سرعت‌کاه تخت مهمترین متغیر در مدل می‌باشد
۱۹	حقیقی و همکاران	۱۳۹٤	بررسی تأثیر تمهیدات آرام‌سازی ادراکی ترافیک در کاهش سرعت ورودی شهرها در دنیای واقعی و محیط دستگاه شبیه‌ساز رانندگی	میانگین سرعت‌ها در حالت سرعت کل وسایل نقلیه در مطالعه بعد نسبت به مطالعه قبل ۸/ ۳ درصد کاهش نشان داده است و سرعت‌ها از ۸۳/۷۳ کیلومتر بر ساعت به ۸۰/۵۸ کیلومتر بر ساعت رسیده‌اند که از سرعت مجاز ٦۰ کیلومتر بر ساعت نشان داده شده در مسیر ۵۸/ ۲۰ کیلومتر بر ساعت بیشتر بوده است.
۲۰	فلاح زواره و ممدوحی	۱۳۹۳	بررسی نحوه اثرگذاری پیام ایمنی ارائه شده بر تابلوی پیام متغیر بر رفتار تعقیب رانندگان	داده‌های تعقیب در بازه‌های زمانی شب بیش از بازه‌های زمانی روز درک می‌شوند. همچنین این سطح خطر درک شده در خط عبوری تندرو از خطر درک شده در خط عبوری کندرو بیشتر است.

ردیف	نام محقق	زمان	هدف تحقیق	نتیجه تحقیق
۲۱	سعیدمنش و همکاران	۱۳۹۱	اثر پیغام‌های نمایش داده شده در تابلوهای متغیر خبری بر روی رفتار رانندگان	جنسیت در توجه به تابلوهای متغیر خبری نقشی ندارد، زنان و مردان به یک میزان به آن توجه می‌نمایند! برخلاف تصورات اولیه، میزان تحصیلات چندان بر این میزان توجه تاثیرگذار نیست! همچنین افراد جوانتر بیشتر به این ابزار ترافیکی اطمینان دارند.
۲۲	زنگنه پور و همکاران	۱۳۹۰	بررسی اثر پیغام‌های نمایش داده شده در تابلوهای متغیر خبری، بر روی رفتار رانندگان	میزان تمایل رانندگان در استفاده از مسیر بلندتر اما خلوت مهمترین عامل در توجه به پیام‌های نشان داده شده در تابلو است.

همانطور که از جدول (۱) پیداست، مطالعات متعددی چه در داخل و چه در خارج ایران در زمینه آرام‌سازهای ترافیکی و کاربردهایشان در زمینه‌های مختلف انجام گرفته است اما کمتر پژوهشی علی‌الخصوص در ایران به تاثیر همزمان دو نوع آرام‌ساز فیزیکی و ادراکی ترافیکی پرداخته است. لذا بناست در این پژوهش به ساخت مدل انتخاب سرعت وسایل نقلیه در برخورد با آرام‌سازهای فیزیکی و ادراکی پرداخته شود.

در سال‌های گذشته در مورد رابطه بین سرعت و تصادفات تحقیقات بسیاری انجام شده و در این زمینه پیشرفت‌های چشمگیری حاصل شده است و در بین این پژوهش‌ها توافق کلی وجود دارد که انتخاب نامناسب در بروز تصادفات نقش اساسی دارد (Palmer. Buttress and Maycock, 1999) با این حال، عواملی که بر سرعت‌های اتخاذ شده توسط رانندگان به صورت انفرادی تأثیر می‌گذارند، کمتر شناخته شده است، و برای ایجاد راهکارهای مؤثرتر برای تغییر در انتخاب سرعت رانندگان، نیاز به چنین اطلاعاتی وجود دارد. با توجه به مطلب ذکر شده می‌توان اینگونه بیان نمود که هدف از این تحقیق یافتن روابط آماری بین عوامل موثر در آروام‌سازی ترافیک و در نهایت استفاده از این دانش به عنوان پایه‌ای برای تدوین اقدامات جهت تغییر در انتخاب سرعت رانندگان به گونه‌ای است که باعث کاهش تصادفات شود، لذا به طور خاص می‌توان از موارد مورد بررسی در این پژوهش به موارد ذیل اشاره نمود:

۱. بررسی تأثیر آرام‌سازهای فیزیکی و ادراکی در تغییر توزیع سرعت وسایل‌نقلیه

۲. تعیین پارامترهای شاخص و تاثیرگذار در انتخاب سرعت رانندگان در مواجهه با آرامسازها

۳. مدلسازی انتخاب سرعت رانندگان بر اساس پامترهای تاثیرگذار

۳-روش تحقیق

در این پژوهش که ترکیبی از تکنیک‌های مطالعه کتابخانه‌ای و پیمایش درجا می‌باشد، بناست اثربخشی برنامه‌های آرام‌سازی ترافیک که با در نظر گرفتن اقدامات پشت سرهم طراحی می‌شوند بر روی انتخاب سرعت رانندگان مورد بررسی قرار گیرند؛ از این رو رویکرد بررسی بر روی اقداماتی از قبیل سرعت‌کاه‌های (تخت و قوسی) به عنوان نماینده‌ای از آرامسازهای فیزیکی و تابلو نمایش و محدودیت سرعت به عنوان نماینده‌ای از ادوات ادراکی آرامساز متمرکز شده است. در مرحله اول در محور مطالعاتی ابعاد هندسی سرعت‌کاه جهت تعیین ارتباط بین این ابعاد و میزان کاهش سرعت وسایل نقلیه و همچنین بهینه‌سازی ابعاد هندسی سرعت‌کاه با استفاده از دوربین نقشه برداری برداشت و در نهایت با پیاده‌سازی آن در نرم‌افزار civil3D مقطع عرضی هر کدام حاصل خواهد شد. برای بررسی بخش ادراکی تابلویی که نمایشگر محدودیت سرعت و سرعت لحظه‌ای کاربران می‌باشد، در محل مناسب قبل از سرعت‌کاه‌ها، نصب می‌گردد و تاثیر این تابلو بر سرعت رانندگان و کمک به بهبود کارایی سرعت‌کاه‌ها مورد بررسی خواهد گرفت.

شکل ۱. تابلوی نمایش سرعت

گام بعدی شامل اندازه‌گیری سرعت نمونه‌هایی از وسایل‌نقلیه در محل مطالعه موردی در بخش‌های خاصی از جاده که در آن اقدامات آرامساز ترافیکی انجام شده است می‌باشد، بدین صورت که بناست جهت سنجش اثر بخشی ادوات آرامساز در سرعت انتخابی رانندگان، سرعت در مسافت‌های دور از اقدامات آرامساز و بعد از آن‌ها ثبت شود. با ثبت سرعت در نقاط مختلف (قبل، محدوده و بعد از اقدامات آرامساز ترافیکی) پروفایل سرعت خودرو بدست می‌آید. این پروفایل‌ها درک بهتری از نحوه واکنش رانندگان به اقدامات آرام‌ساز ترافیکی ارائه می‌کنند. برای اندازه‌گیری سرعت، از سنسورهای PIR، استفاده شده است، بر اساس انتشار و دریافت پرتوهای مادون قرمز که از مسیر عمود بر جاده عبور می‌کنند. و با تکیه بر فرمول فیزیکی سرعت، سرعت لحظه‌ای خوروها ثبت می‌شود. انحراف از میانگین سرعت هنگام پیمایش و گذر از اقدامات آرامساز نشان از تفاوت‌های رفتاری در بین رانندگان است. برای تعیین تغییرات سرعت ناشی از اقدامات آرامساز، از آزمون F برای برابری واریانس استفاده خواهد شد. این تست اهمیت آماری تفاوت در انحراف استاندارد در سرعت بین بخش‌های مانع (یعنی در محدوده آرامسازها) و بخش‌های بدون مانع (یعنی در فواصل دور از آرامساز) را نشان می‌دهد. در نهایت مدلسازی سرعت امنتخابی کاربران در اثر مواجهه با آرامسازهای فیزکی و ادراکی با استفاده از متغیرهایی که در مطالعات پیشین تاثیرگذاری آن‌ها اثبات شده است انجام خواهد شد.

۳-۱- محل مطالعه موردی و جمع آوری داده

محدوده مورد مطالعه شامل محور محمودآباد به چالوس به طول تقریبی ۸۰ کیلومتر است که به صورت جداشده بود و چهارخطه می‌باشد. از دلایل انتخاب این محور این است که می‌توان گفت این محور یکی از اصلی‌ترین محورهای شمالی کشور بوده و همواره تعداد زیادی از وسایل‌نقلیه مختلف از آن عبور می‌کنند و به دلیل تراکم بالای مناطق مسکونی و رشد جوامع کوچک در کناره راه اصلی بین شهری نقش اجتماعی راه مذکور بالا رفته است. شهرهای منطقه مطالعاتی به عنوان نمونه بارزی از جوامعی هستند که در کنار راه اصلی به صورت خطی رشد نموده‌اند. به این دلیل این محور به انواع TCMها مجهز شده بوده که هر کدام از لحاظ هندسه و خصوصیات فیزیکی شرایط خاص و متفاوتی داشتند. این TCMها شامل سرعت‌کاه، باریک نمودن مسیر، میدان ورودی شهر، خط کشی و ... می‌باشد که هر کدام بر سرعت وسایل نقلیه عبوری از این منطقه تأثیر می‌گذارند. از موارد مهم دیگری که منجر به انتخاب این محور جهت انجام مطالعه موردی شده شرایط مورد نیاز پژوهش بوده که به اختصار می‌توان به مواردی نظیر شریانی بودن این محور و نیز مشاهده جریان آزاد در اکثر اوقات اشاره کرد که باعث می‌شود نقش جابه‌جایی وسایل‌نقلیه در آن غالب بوده و اثر تداخل حرکت عابر با جریان خودرو کم شود و بهتر بتوان تغییرات سرعت انتخابی رانندگان در شرایط مختلف را مورد بررسی قرار داد. شکل (۲) نمایی از منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد.

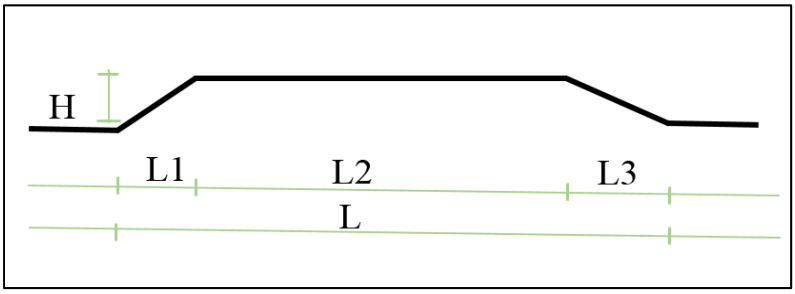
شکل ۲. حوزه مطالعاتی پژوهش

۳-۲- معرفی شاخص‌های مستقل و وابسته مورد استفاده در این پژوهش

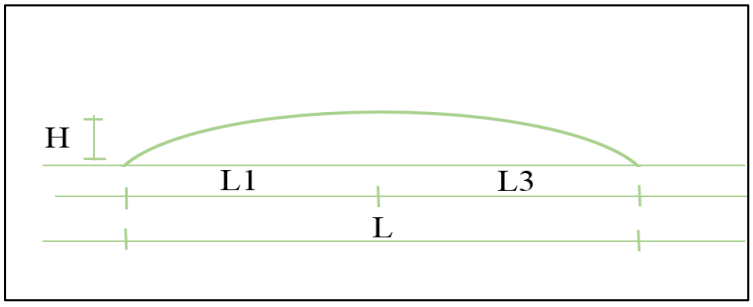
شاخص‌های مستقل : در پژوهش حاضر از ویژگی‌های هندسی سرعت کاه، سرعت مجاز که با توجه به شرایط راه بر تابلوی متغیر خبری نمایش داده شده به عنوان متغییرهای مستقل مدل شبکه عصبی استفاده گردید. مشخصات هندسی سرعت کاه شامل موارد زیر می‌باشد.

- عرض سرعت کاه
- طول کل سرعت‌کاه در جهت مسیر (L)
- طول رمپ ورودی (L1)
- طول قسمت میانی سرعت کاه تخت (L2)
- طول رمپ خروجی (L3)
- ارتفاع سرعت‌کاه(H) (زادخوری، ۱۳۹۶)

شکل شماتیک مقطع عرضی سرعت کاه قوسی و تخت در اشکال (۲) و (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳. شکل شماتیک مقطع عرضی سرعت کاه تخت



شکل ٤. شکل شماتیک مقطع عرضی سرعت کاه قوسی

سرعت مجاز : منظور از سرعت مجاز محدوده سرعت‌هایی که با تابلوهای راهنمایی و رانندگی نمایش داده شده‌اند می‌باشد. این علائم می‌توانند از ۳۰ کیلومتر در ساعت تا ۱۲۰ کیلومتر در ساعت متغیر باشند. در این پژوهش در راستای تاثیر تابلوی نمایش سرعت، سرعت مجاز محدوده نصب سنسور با برچسبی بر تابلوی نمایش سرعت نصب شده تا راننده با مشاهده سرعت و مقایسه آن با سرعت مجاز به کاهش سرعت خویش اقدام نماید.

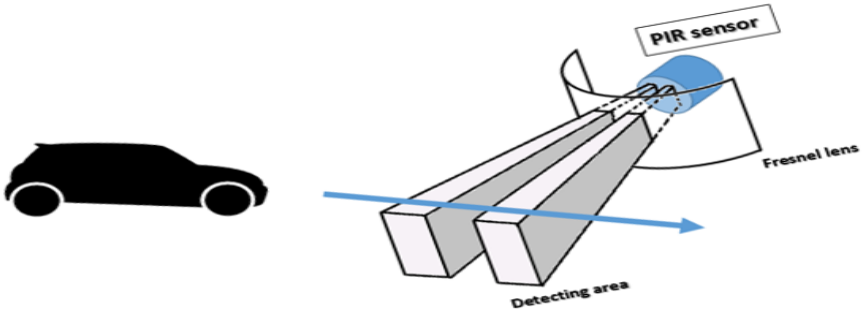
داده‌ها می‌بایست مطابق با معیارهای زیر جمع‌آوری شوند.

- در روزهای هفته در ساعات خارج از ساعات اوج،
- شرایط آب و هوایی مناسب؛
- وسایل نقلیه سبک با جریان آزاد، جامعه هدف خواهند بود.
- برقراری جریان آزاد؛

تعاریف مختلفی در مورد جریان آزاد بیان شده است. هموبوگر و همکاران در اصول مهندسی ترافیک، ٤ سرفاصله زمانی ثانیه را توصیه کردند (Homburger, Hall, Loutzenheiser & Reilly. 1996) پو و همکاران به این نتیجه رسیدند که سرفاصله زمانی ۵ ثانیه برای در نظر گرفتن شرایط جریان آزاد مناسب است (Poe and Mason. 2000). فیتزپاتریک و همکاران وجود سرفاصله زمانی حداقل ۵ ثانیه را پیشنهاد نمودند (Wooldridge. 2003 ,Fitzpatrick, Carlson, Brewer and). در این پژوهش وجود سرفاصله زمانی حداقل ۵ ثانیه به عنوان معیار برقراری جریان آزاد خودروی سبک ثبت گردید.

در این پژوهش از سنسورهای مادون قرمز پسیو برای جمع‌آوری داده‌های سرعت استفاده شده است. "سنسورهای مادون قرمز پسیو" وسایل الکترونیکی هستند که تشعشعات اینفرارد از اجسام و اهداف را در میدان دیدش اندازه‌گیری می‌کند. به این سنسورها "سنسورهای PIR" گفته می‌شود که از مخفف Passive InfraRed sensors گرفته شده است. PIRها گاهی برای آشکارسازی اهداف متحرک بکار می‌روند، به این صورت که منبع انتشار اینفرارد با یک دما، مانند بدن، از جلوی منبع اینفرارد دیگر با دمای دیگر، مانند دیوار عبور می‌کند و بر اساس این تغییر آشکارسازی صورت می‌گیرد. همه اشیاء اینفرارد (مادون قرمز) تشعشع می‌کنند. این تشعشع از دید انسان نامرئی است ولی می‌تواند با وسایل الکترونیکی که برای این هدف ساخته شده‌اند، آشکار شود. عبارت "Passive " در این سنسور به این معنی است که این سنسور از خود هیچ نوع انرژی ساتع نمی‌کند، و فقط تشعشعات اینفرارد را از قسمت جلوئی سنسور دریافت می‌کند (Box and Oppenlander, 1976).

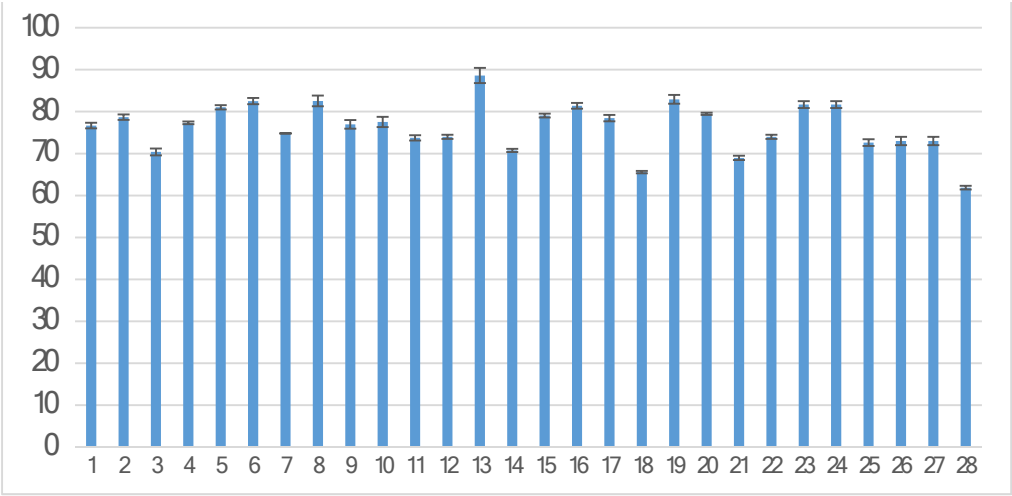
شاخص وابسته : در این بخش می‌بایست سرعت وسایل‌نقلیه قبل از رسیدن به تجهیزات آرام‌ساز ترافیک و بعد از عبور از آن مورد بررسی قرار گیرند. در واقع بررسی شرح داده شده به این منظور است که تجهیزات آرام‌ساز در کاهش سرعت وسایل‌نقلیه تاثیر دارند و یا اینکه بی‌تاثیرند و آیا رانندگان پس از عبور از این تجهیزات در جهت تلاش برای بازیابی زمان از دست رفته، شتاب می‌گیرند؟ این بررسی شامل جمع‌آوری داده‌های سرعت لحظه‌ای است.



شکل ۵. سنسورPIR

شکل ٦. سنسورPIR مورد استفاده در این پژوهش

در راستای اعتبارسنجی دستگاه سرعت‌سنج به کار برده شده در این پژوهش بعد از نصب سنسور در هر یک از مکان‌های مطالعه موردی (پیش از ثبت داده‌های اصلی)، چندین وسیله‌نقلیه با سرعت مشخص از مکان‌های نصب سنسور عبور داده شدند و سرعت ثبت شده توسط سنسور با سرعت مندرج بر صفحه سرعت خودرو که توسط راننده در زمان عبور از سنسور قرائت شده مورد مقایسه قرار گرفت. همانطور که در شکل (۷) نیز قابل مشاهده می‌باشد خطای سنسور در حد ۱٪ می‌باشد.



شکل (۷) خطای سنسور ثبت سرعت در مکان‌های مطالعه موردی

۳-۳- معیارهای انتخاب داده‌ها

با توجه به مطالب ارائه شده در قسمت شاخص وابسته، دو تعریف مهم و اساسی که به عنوان پایه‌ای برای انتخاب داده‌ها، استفاده شده است، مورد اول مربوط به نوع وسیله نقلیه و مورد دوم وضعیت ترافیک می‌باشد.

در این پژوهش تنها وسایل‌نقلیه سبک هدف مطالعات هستند، بنابراین تنها خودروهای سواری و وانت در برداشت نمونه سرعت در نظر گرفته می‌شوند و وسایل نقلیه سنگین مانند اتوبوس، مینی‌بوس، تریلی و ... در نظر گرفته نمی‌شوند.

با توجه به اینکه این مطالعه، به بررسی رفتار رانندگان هنگام برخورد با اقدامات آرام‌ساز ترافیکی می‌پردازد، معقول است که برداشت داده در زمانی که راننده نسبت به تصمیم‌گیری درباره سبک رانندگی خود کنترل دارد، و تحت تاثیر وسایل‌نقلیه دیگر قرار ندارد، صورت گیرد. وسیله‌نقلیه‌ای که تحت این شرایط در حال عبور است به عنوان وسیله نقلیه بدون سرنشین شناخته می‌شود، این بدان معناست که راننده تحت تأثیر حرکت وسیله‌نقلیه که بلافاصله قبل از او در جریان ترافیک قرار دارد، یا توسط عوامل دیگر (عابر پیاده، دوچرخه سوار و وسایل‌نقلیه

مخالف) تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (Barbosa. 1995).
با توجه به این تعاریف، معیارهای زیر برای انتخاب داده‌ها تعیین شده است، و داده‌هایی که در شرایط زیرند حذف می‌شوند:
-وسایل نقلیه که در خیابان شروع به حرکت می‌کنند یا متوقف می‌شوند.
-وسایل نقلیه غیر از اتومبیل یا وانت؛
-وسایل نقلیه تحت تأثیر عابران پیاده، دوچرخه‌سواران یا حیوانات؛
-تداخل بین وسایل‌نقلیه در جهت مخالف؛
-داده‌های ناقص

۳-٤- الزامات اندازه نمونه

تعیین اندازه نمونه به سه عامل بستگی دارد:
الف) انحراف استاندارد تخمین زده شده
ب) سطح اطمینان مطلوب
ج) دقت لازم در سرعت متوسط برآورد شده
برای تعیین حداقل اندازه نمونه مطابق با نظر باکس و اپن لندر (۱۹۷٦) تعداد سرعتی که باید اندازه‌گیری شود از رابطه ذیل استفاده می‌شود:

$$N = (\frac{SK}{E})^2 \quad (۱)$$

که در آن:
N = حداقل اندازه نمونه
S = انحراف استاندارد نمونه برآورد شده
K = ثابت مطابق با سطح اطمینان مطلوب
E = خطای مجاز در برآورد سرعت

به گفته نویسندگان فوق، این خطا ممکن است از ۱± الی ۸ ± کیلومتر در ساعت و یا انحراف استاندارد سرعت نقطه‌ای برای یک جاده دو خطه شهری برابر با ۷/۷۲ کیلومتر در ساعت باشد.
همانطور که در ادامه نیز اشاره خواهد شد بررسی‌های صورت گرفته و جمع‌آوری داده در این پژوهش در ۲۸ مکان مطالعه موردی صورت گرفت و با توجه به نوع داده‌های مد نظر این پژوهش (حرکت آزادانه و بدون تاثیر عوامل خارجی) درهر مکان مطالعاتی ٦۰ داده سرعت (٦۰ وسیله نقلیه تحت نظارت) ثبت گردید، بنابراین در مجموع ۱٦۸۰ وسیله نقلیه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در راستای بررسی کفایت نمونه‌ها با استفاده از رابطه باکس و اپن لندر، ثابت مربوط به سطح اطمینان ۹۵٪ برابر با ۱/۹٦ است و طبق نظر محققین در این سطح از اطمینان خطای مجاز برابر با ۱/٦ کیلومتر در ساعت می‌باشد. با بررسی‌های صورت گرفته بر روی سرعت ۱٦۸۰ کاربر قبل از اقدامات آرامسازی مقدار انحراف استاندارد برابر با ۱۳/۵۳ بدست آمد؛ بنابراین تعداد نمونه مورد نیاز برابر با ۲۷۸ می‌باشد که نشان از کفایت تعداد داده جمع‌آوری شده دارد.

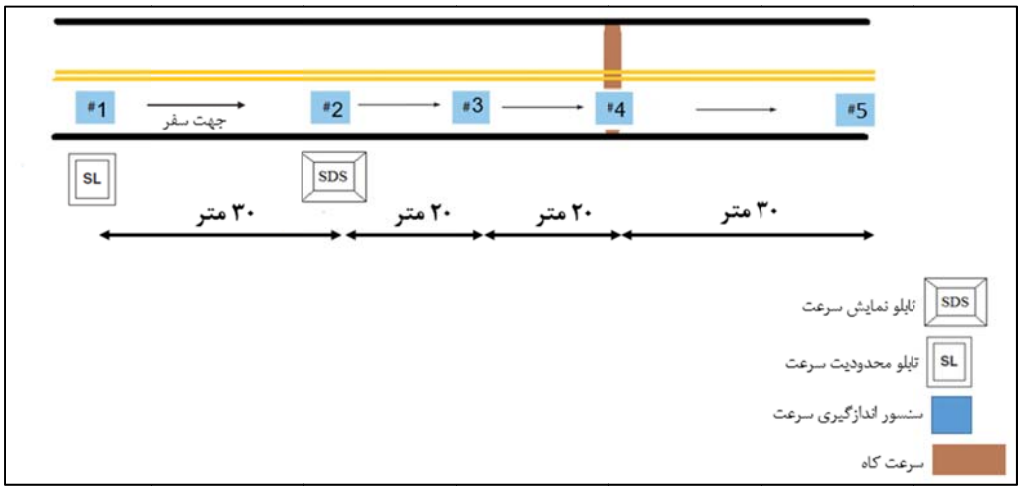
٤-نتایج

٤-١- بررسی توزیع سرعت کاربران راه

در راستای ارزیابی میزان اثربخشی استفاده همزمان تابلوی نمایش سرعت (SDS) و سرعتکاه‌ها، داده‌های سرعت با قرار دادن سنسورهای PIR در پنج نقطه مختلف در امتداد هر محل مطالعه جمع آوری شدند.

- مکان اول (سنسور ۱) در منطقه با سرعت بالا قبل از شروع منطقه انتقالی است، با توجه به محدودیت برد PIR، تقریباً ۳۰ متر بالادست محل SDS، که در آن سرعت عملیاتی بدون تأثیر SDS قابل اندازه‌گیری است.
- مکان دوم (سنسور ۲) در مجاورت نقطه اجرای SDS است که ۲۰ متر پایین دست انتهای منطقه انتقال قرار دارد. این نقطه برای ثبت هرگونه کاهش سریع سرعت مرتبط با SDS کمک کرده است.
- مکان سوم (سنسور سوم) در ۲۰ متری پایین‌دست SDS و ۲۰ متری بالادست سرعت‌کاه جهت بررسی تاثیر تغییر سرعت منحصر به وجود سرعت‌کاه (فاصله SDS و سرعت کاه ٤٠ متر در نظر گرفته شد)
- مکان چهارم (سنسور ٤) در مکان سرعت‌کاه جهت بررسی تاثیر ابعاد هندسی سرعت‌کاه و ارتباط آن با میزان کاهش سرعت می‌باشد.
- نقطه جمع‌آوری سرعت نهایی (سنسور ٥)، ۳۰ متر در پایین‌دست از محل سرعت‌کاه قرار دارد تا تغییرات سرعت پس از عبور رانندگان از سرعت‌کاه را ثبت کند. این نقطه برای تعیین اینکه آیا کاهش سرعت منتسب به ادوات آرام‌ساز پس از عبور از آن‌ها ثابت مانده است، انتخاب شده است.

شکل (۸) موقعیت سنسورها نسبت به ادوات آرام‌ساز سرعت را در حدود مناطق مطالعاتی نشان می‌دهد. در راستای بررسی اثر کاهشی استفاده همزمان از دو نوع ادوات هندسی و ادراکی آرامسازی ترافیک، سرعت‌های ثبت شده توسط سنسورهای ۱ و ۳ در حالت بدون حضور تابلو با نتایج سنسورهای ۳ و ٥، ۱ و ٥ در ۲۸ سایت مطالعه موردی در حالت وجود تابلوی نمایش سرعت مورد بررسی قرار گرفتند. خلاصه نتایج در جدول (۲) الی (٤) ارائه شده است.



شکل ۸. موقعیت سنسورهای ثبت سرعت نسبت به ادوات آرامساز فیزیکی و ادراکی

جدول ۲. مشخصات آماری سرعت وسایل نقلیه در محدوده سرعت‌کاه (بدون حضور تابلوی نمایش سرعت)

سنسور	مکان	سرعت ۸۵ درصد (کیلومتر بر ساعت)	میانگین (کیلومتر بر ساعت)	انحراف معیار (کیلومتر بر ساعت)	حداقل (کیلومتر بر ساعت)	حداکثر (کیلومتر بر ساعت)
سنسور ۳	قبل از سرعتکاه قوسی	۸۱,٦۷	۷٦,٦۵	۵,۸۷	٦۱,۸۷	۸۸,٦۱
	قبل از سرعتکاه تخت	۸۰,۷۰	۷٦,۱۷	٦,۵۳	٦۵,۵۸	۸۲,٤۵
سنسور ٤	روی سرعتکاه قوسی	۵۷,٤۳	٤۸,٦۵	۹,٤۰	۳۰,۱۳	٦۷,۱٦
	روی سرعتکاه تخت	۵۷,۲۱	۵۱,۲٤	٦,۵۰	٤۳,۷۱	٦۰,۵۵
سنسور ۵	بعد از سرعتکاه قوسی	٦٦,۸۰	٦۰,۳۷	۹,۰٦	٤۳,۷۰	۷٦,٦٤
	بعد از سرعتکاه تخت	٦۵,۸۹	٦۲,۰۵	٤,۷٤	۵٦,٦۷	٦۵,۹٦

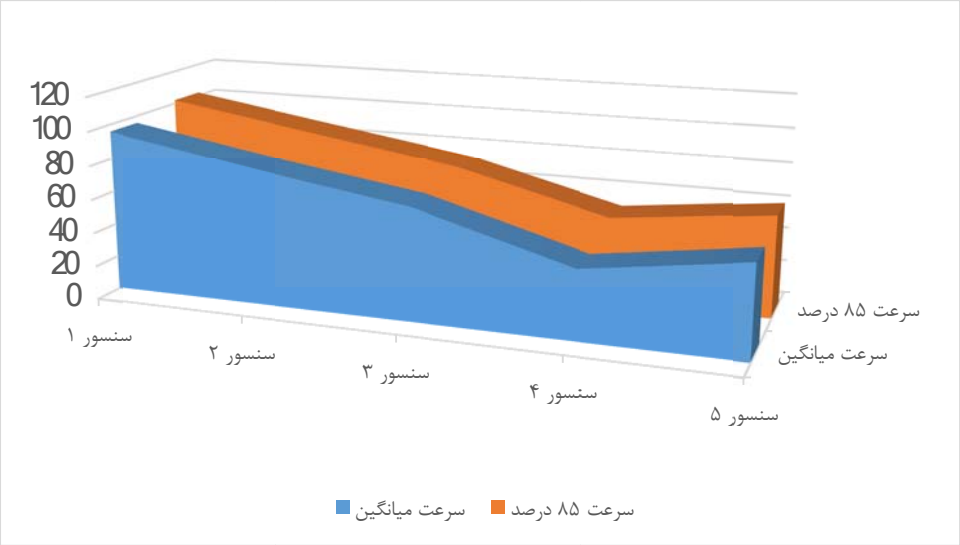
جدول ۳. مشخصات آماری میانگین سرعت وسایل‌نقلیه در محدوده تابلوی نمایش سرعت

مکان	سرعت ۸۵ درصد (کیلومتر بر ساعت)	میانگین (کیلومتر بر ساعت)	انحراف معیار (کیلومتر بر ساعت)	حداقل (کیلومتر بر ساعت)	حداکثر (کیلومتر بر ساعت)
قبل از SDS (سنسور ۱)	۱۰۱,۹	۹٦	۱,۰۳۱	۸۱	۱۰۹
در مکان SDS (سنسور ۲)	۸۷,۷۰	۸۱	۷,۲٤	٦۱	۹۱
بعد از عبور از SDS (سنسور ۳)	۷۳,٤٦	٦۷	٦,٦٦	۵۰	۷٦

جدول ٤. مشخصات آماری میانگین سرعت وسایل‌نقلیه در ابتدا و انتهای محدوده‌های مطالعاتی

مکان	سرعت ۸۵ درصد (کیلومتر بر ساعت)	میانگین (کیلومتر بر ساعت)	انحراف معیار (کیلومتر بر ساعت)	حداقل (کیلومتر بر ساعت)	حداکثر (کیلومتر بر ساعت)
قبل از SDS (سنسور ۱)	۱۰۱/۹۵	۹٦	۷/۰۳	۸۱	۱۰۹
بعد از عبور از سرعتکاه (سنسور ۵)	٦۰/۹۰	۵٤	۷/٦۹	٤۲	۷٦

مقایسه نتایج جدول (٤) با جداول (۲) و (۳) که به ترتیب اثر به‌کارگیری منفرد ادوات آرامساز فیزیکی، اثر منفرد استفاده از آرامساز ادراکی و استفاده همزمان از ارامساز فیزیکی و ادراکی را نشان می‌دهد، حاکی از اثربخشی بیشتر استفاده همزمان از این دو نوع از آرامسازهای سرعت می‌باشد.



شکل ۹. روند تغییرات سرعت متوسط و سرعت ۸۵ درصد در طول به کارگیری هر دو ادوات آرامساز

با توجه به اینکه کاهش میانگین سرعت در هر ۲۸ سایت مشاهده شد. برای تعیین اینکه آیا کاهش سرعت در سطح اطمینان ۹۵٪ از نظر آماری معنی‌دار بود، از آزمون t جفت نمونه‌ای استفاده شد. در این آزمون فرضیه صفر (H0) فرضیه‌ای که باید مورد آزمون قرار گیرد و عدم تفاوت و یا یکسان بودن را در جامعه نشان می‌دهد و فرضیه جانشین(H1) درست برخلاف فرضیه H۰ را نشان می‌دهد.

جدول ۵. خروجی آزمون t-test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	BEFORE	95.8750	840	9.48067	.32711
	AFTER	54.3024	840	9.70416	.33483

جدول ٦. خروجی آزمون t-test

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	BEFORE & AFTER	840	.294	.000

جدول ۷. خروجی آزمون t-test

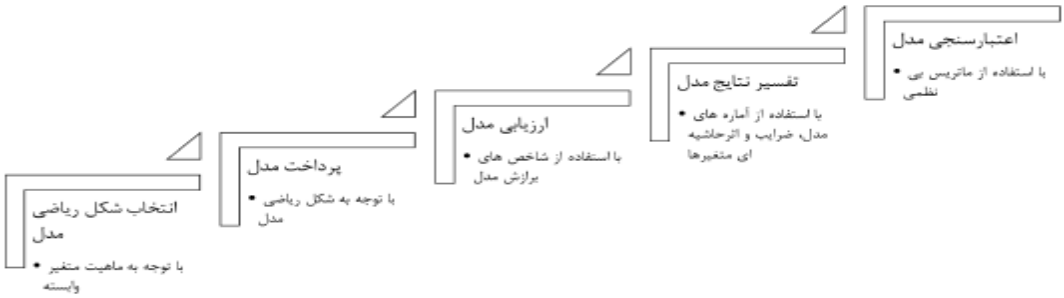
Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	BEFORE - AFTER	4.1572E1	11.39839	.39328	40.80069	42.34455	105.707	839	.000

با توجه به خروجی فوق، چون مقدار معناداری یعنی Sig. کوچکتر از سطح آزمون، یعنی ۰/۰۵ شده است، فرضیه صفر را رد می‌شود. به‌عبارت دیگر خروجی نشان می‌دهد که تفاوت معناداری در میانگین سرعت کاربران راه و بعد از عبور از ادوات آرامساز وجود دارد. با توجه به مقدار میانگین‌ها بعد از عبور کاربران از دو آرامساز ترافیک، میانگین سرعت کاربران به اندازه‌ی ٤/١٥٧ کیلومتر در ساعت کاهش یافته است.

در بسیاری از موارد، پژوهشگران به مسائل آماری مربوط به فن مدل‌سازی از قبیل کنترل فرضیات دربرگیرندهٔ هر مدل و حوزه کاربرد صحیح نتایج آن توجه کافی نمی‌کنند و این امر منجر به ارائه نتایج نادرست و شتاب‌زده می‌شود Shams and (Rahimi-Movaghar. 2009). در این پژوهش سعی شده است. با توجه به فلوچارت ارائه شده در شکل (۱۰) فرایند ساخت مدل با دقت بیش‌تری انجام شود.

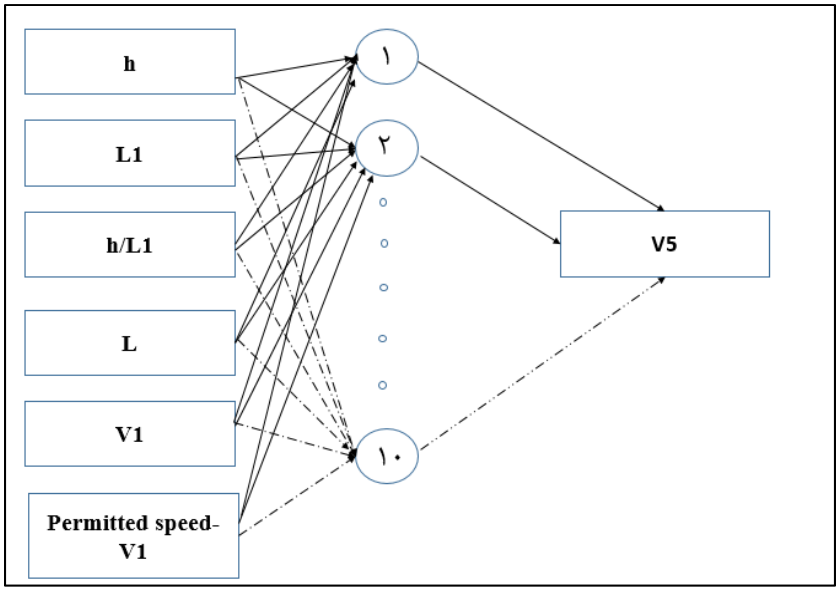
٤-۲- مدل ارائه شده



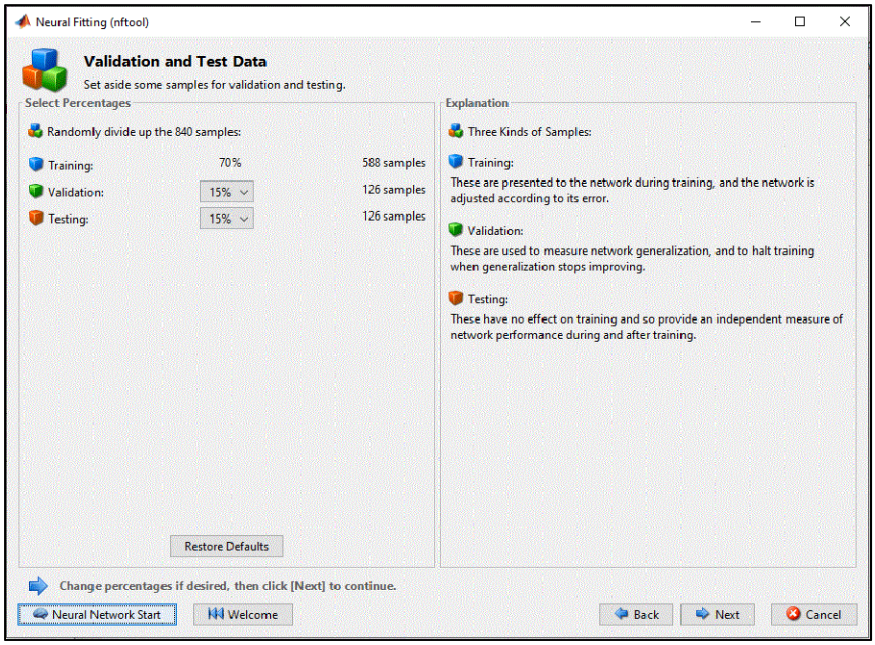
شکل ۱۰. فرایند مدل‌سازی

٤-۲-۱- شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه MLP

شبکه‌های عصبی مصنوعی، به عنوان زیر مجموعه هوش محاسباتی یکی از کاربردیترین روش‌های مدل‌سازی مسائل می باشند. شبکه عصبی مصنوعی در واقع مدلی است به منظور تقریب توابع و برقراری ارتباط بین داده‌های ورودی و خروجی که از سیستم عصبی مغز انسان جهت پردازش اطلاعات الهام گرفته است (Haykin. 2004). یکی از انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه به عنوان ابزاری جهت مدلسازی و تقریب توابع می باشند. این نوع از شبکه‌های عصبی مصنوعی، یکی از عمومی‌ترین و موفقترین شبکه‌ها در پیش‌بینی بوده که از یادگیری پس‌انتشارخطا استفاده می‌نماید. با توجه به مطالعه سوابق تحقیقات مشابه و عملکرد انواع شبکه‌های عصبی بخصوص توانایی در رگرسیون کاملاً غیرخطی، به منظور مدل-سازی تغییرات سرعت، ویژگی‌های ادوات آرام‌ساز ترافیکی، شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه انتخاب گردید. به منظور انتخاب یک معماری کارا برای مدلسازی، اقدام به مدلسازی با ساختارهای معماری مختلف گردید که نهایتاً شبکه با یک لایه مخفی مشتمل بر ۱۰ نرون انتخاب گردید. برای آموزش از الگوریتم لونبرگ- مارکوآرت و تابع هیپربولیک برای کلیه نرون‌ها استفاده شد. مدل شماتیک کلی در شکل (۱۱) آورده شده است. در جدول (۸) ضرایب وزنی و بایاس لایه پنهان بکار رفته در مدل نهایی آورده شده است. همچنین بایاس نرون خروجی برابر ۰/۹۷۱۰ بدست آمده است. این ضرایب از این نظر اهمیت دارند که برای بکار گرفتن شبکه عصبی موصوف، امکان پیاده‌سازی شبکه را فراهم می‌سازند و در حقیقت جدول (۸) ضرایب وزنی کالیبره شده برای مورد مطالعاتی را در بردارد. همانطور که در شکل (۱۱) قابل مشاهده می‌باشد متغیرهای ورودی ارتفاع سرعت‌گاه (h)، عرض سرعت‌گاه (L)، شیب ورودی سرعت‌گاه (h/L1)، سرعت اولیه (V1سرعت در محل سنسور ۱)، اختلاف سرعت اولیه و سرعت مجاز نمایش داده شده بر روی تابلوی نمایش سرعت (Permitted speed-V1) می‌باشد. به منظور دستیابی به مدل با قابلیت تعمیم‌پذیری و پرهیز از حفظ کردن، کلیه داده‌ها به سه دسته آموزش و اعتبارسنجی و آزمون (به ترتیب ۷۰ درصد، ۱۵ و ۱۵ درصد کل داده‌ها) تقسیم شدند. به منظور ارزیابی آموزش صورت گرفته، تنها در صورتی مدل‌سازی متوقف و مدل نهایی اختیار گردید که ضرایب برازش دسته‌های آموزش و آزمون در یک حد قرار داشتند.



شکل ۱۱. شکل شماتیک مدل نهایی

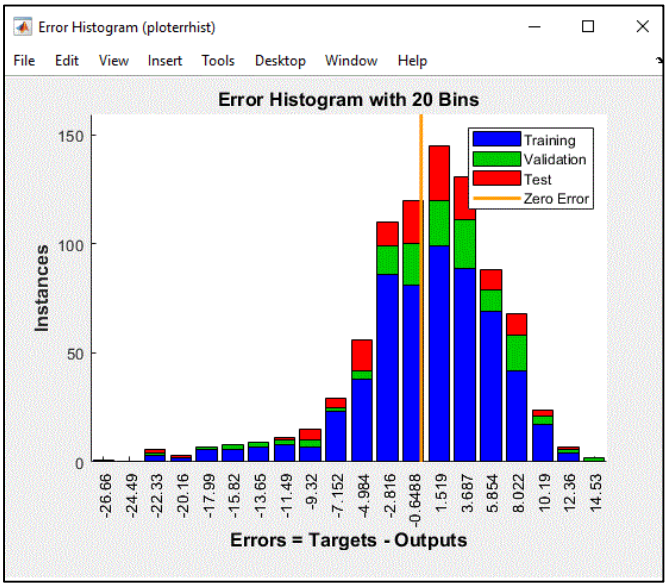


شکل ۱۲. تنظیمات شبکه عصبی در متلب

جدول ۸. ضرایب وزنی و بایاس لایه پنهان بکار رفته در مدل نهایی

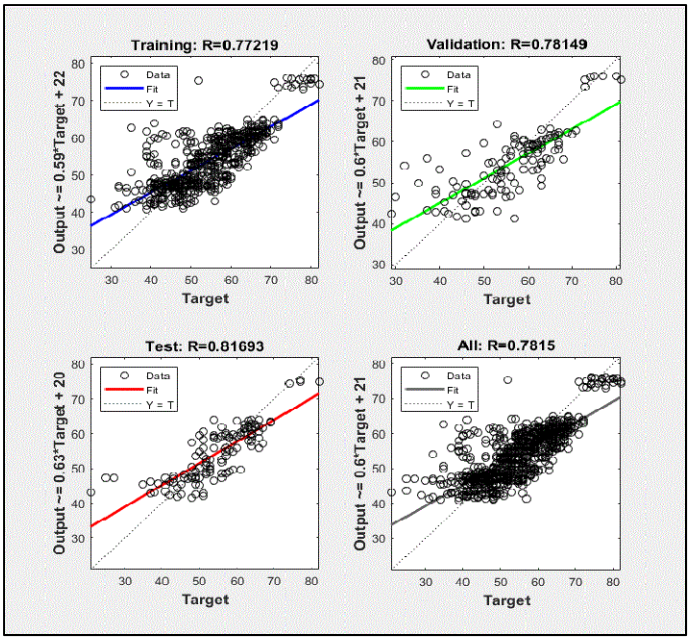
شماره نرون	ضرایب وزنی ارتباطی بین متغییر ورودی و لایه پنهان						بایاس‌های نرون‌های لایه پنهان	ضرایب وزنی خروجی نرون
	H	L1	H/L1	L	V1	اختلاف سرعت مجاز و سرعت کاربر		
۱	۱,۹۳۷۸	-۰,۰۷۱۱	-۰,۳۵۰۷	-۰,۲۲۱٤	۱,۳٦۸٦	-۳,۱۱۰۷	-۱,۵۲٤۸	۰,۷۱٤۰
۲	۰,۷۵۳٦	۱,۲۳۰٤	-۰,۷۷۳٦	-۰,۰۲۷۲	-۰,۲۷۹۲	۰,۵۵۳۲	-۲,٤۳۲٦	۰,۲۳٤۹
۳	-۰,۰۳٤۹	۲,٤۷۳۲	۱,٦۵٤۰	-۰,۵۰٦۵	۰,۷۸۵۸	۱,٤۱۸۱	۰,٦۵۰۸	۰,۱۵۸٤
٤	۱,۰۷۱۳	-۳,۰۱۹۳	۰,۲۳۳۳	-۱,۳۰۸۹	۱,۳٦۹۱	-۰,۷۷۰۷	-۰,٤۸۹٤	۰,۳۱۷۸
۵	۰,۳۲۰۰	۰,۰۵۸۹	-۰,۳۹۷۵	-۲,۲۲۷۵	-۳,٦۱٦۲	-۰,٦۱۸۲	-۲,۰۵۹۰	۰,۳۷۲۳
٦	-۰,۲٤۳۷	-۱,۷۹۷۳	۱,٦۰۰٤	۰,۵۹۷۱	۰,۲۳۸٤۰	-۰,۹۰٤۵	-۱,٤٤۸۰۲	-۱,۳۰۵٤
۷	-۰,۷٦۲۸	۰,۵٤۸۲	۰,٤۹۸٤	۱,٦۵۹۱	-۱,۷۳٦۵	۰,۹۷۳۰	-۰,۳٦۱۳	۰,۳۹۲۰۸
۸	۰,۷۲۳٦	۰,٤۱۵۵	-۱,۲۰۲۳	-۰,۹۰۷۷	۰,۷۵٦۸	-۰,۲۰۵۸	۲,۵٤۰۳	-۰,۰۲۰۷
۹	۱,٦٦۵۷	۰,۳٦۷٤	-۱,۷۹۱۱	۳,۰۰۸۷	۲,۱۷۵۹	-۰,٦٦۰۰	۲,۱۱۳۷	-۰,٦٦۹۲
۱۰	۱,۸٤۱۲	۱,۵۱٦٤	-۱,۰۷۷٦	-۰,۵۸۳۷	-۱,۲۷۸۰	-۱,۱۷۹۸	۱,٦۸۷۱	-۰,۳٦۸۲

نمودارهای خطا برای داده‌های آموزش و اعتبارسنجی و آزمون در شکل (۱۳) ارائه شده است.



شکل ۱۳. نمودار خطا

نمودارهای برازش برای داده‌های آموزش و آزمون در شکل (۱٤) ارائه شده است.



شکل ۱٤. نمودارهای برازش برای داده‌های آموزش و آزمون

٤-۲-۲- ارزیابی عملکرد و اعتبار مدل

در پایان جهت بررسی و آزمون اعتبار شبکه‌ها، به ارزیابی عملکرد آن‌ها پرداخته شد. برای ارزیابی عملکرد شبکه، از دو روش زیر استفاده گردید:

-ضریب تعیین همبستگی خطی R2

توان دوم ضریب همبستگی خطی را، یعنی R2 که میزان همبستگی بین دو متغیر (داده‌های محاسباتی و داده‌های مشاهداتی را تعیین می‌کند، ضریب تعیین همبستگی خطی می‌نامند.

$$R^2 = \frac{\sum_1^n (calc - avg.obs)^2}{\sum_1^n (obs - avg.obs)^2} \qquad (۲)$$

Avg.obs: میانگین داده‌های مشاهداتی، n: تعداد کل زوج داده‌های مشاهداتی و محاسباتی

obs: داده‌های مشاهداتی، Calc: داده‌های محاسباتی متناظر با داده‌های مشاهداتی

مقدار ایده آل برای R2 یک می‌باشد (Ho, Xie and Goh.2002).

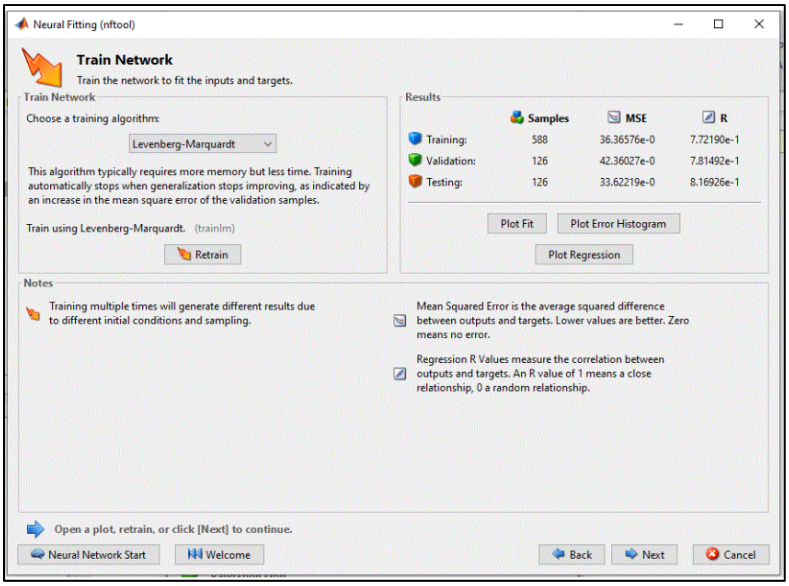
-میانگین مربعات خطا (MSE)

خطای میانگین مربعات (MSE) روشی برای برآورد میزان خطاست که در واقع تفاوت بین مقادیر تخمینی و آنچه تخمین زده شده، است.

$$MSE = \frac{\sum_1^n (obs - calc)^2}{N} \qquad (۳)$$

N= تعداد داده‌ها

مقدار ایده آل برای معیار MSE صفر می‌باشد (Ho, Xie and Goh.2002).



شکل ۱۵. خروجی ارزیابی مدل در متلب

با توجه به شکل (۱۳) نتایج ارزیابی داده‌ها با استفاده از دو شاخص MSE و R2 به شرح جدول (۹) می‌باشد. بر اساس شاخص‌های مطرح می‌توان گفت تا حد قابل قبولی شبکه عصبی پرسپترون چند لایه توانسه در مدلسازی انتخاب سرعت رانندگان موفق عمل نماید.

جدول ۹. ارزیابی خروجی مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه

نوع داده	MSE	R2
آموزش	۳۶/۳۶	۰/۷۷۲
اعتبارسنجی	٤۲/۳٦	۰/۷۸۱
آزمون	۳۳/٦۲	۰/۸۱٦

۵-نتیجه‌گیری

در مناطق شهری، از اقدامات آرام‌سازی ترافیک برای بهبود ایمنی استفاده‌کنندگان از جاده‌ها، بویژه کاربران آسیب‌پذیر استفاده می‌شود. با انواع اقدامات آرامساز ترافیک برای استفاده مجزا یا ترکیبی و یک روش اجرای ساختار یافته، می‌توان راه‌حل را به بهترین وجه متناسب با هر موقعیتی طراحی کرد. در بخش اولیه این پژوهش، نمونه مطالعات انجام شده انواع شیوه‌های آرامسازی ترافیک به طور مختصر معرفی گردیده و در بخش بعدی به طور اختصاصی فاکتورهای مهم و ویژگی‌های دو نوع خاص از ادوات آرامساز، سرعت‌کاه و تابلوی نمایش سرعت به عنوان نمایندگان آرام‌سازهای فیزیکی و ادراکی مورد بررسی قرار گرفته است. برداشت سرعت در ۲۸ منطقه بزرگراه محمودآباد به رامسر برای ارزیابی اثربخشی همزمان بکارگیری SDS و سرعت‌کاه در کاهش سرعت خودروهای سواری آزاد انجام شد. به طور خلاصه یافته‌های پژوهش به شرح ذیل می‌باشد.

-بررسی سرعت‌کاربران در حالت استفاده منفرد از سرعت‌کاه در مکان‌های مطالعه موردی به طور متوسط بیشترین کاهش سرعت وسایل‌نقلیه تحت تاثیر سرعت‌کاه‌های قوسی می‌باشد.

-بررسی سرعت‌های ثبت شده توسط سنسورهای موجودقبل و بعد از سرعت‌کاه‌ها حاکی از آن است که رانندگان بعد از عبور از سرعت‌کاه بخشی از کاهش سرعتشان تحت تاثیر وجود

سرعت‌کاه را جبران می‌نمایند، اما بـه طـور کلـی رونـد تغییـرات سرعت روند کاهشی است.

-بررسی و مقایسه متوسط سرعت‌های ثبت شده توسـط سنسـور موجود قبل از رویت تابلو تابلوی نمایش سـرعت توسـط رانـنده با سرعت‌های ثبت شده توسط سنسـور موجـود در محـلSDS، نشان می‌دهد که SDS در کاهش میانگین سـرعت وسـیله نقلیـه مؤثر است.

-مقایسه متوسط سرعت کاربران در محل SDS و بعد از عبور از آن نشان می‌دهد که رانندگان به علت درک حس نظارت و کنترل پس از عبور از تابلو، برخلاف روند تغییرات عبور از سرعت‌کـاه، بلافاصله سرعت عملکردی خود افزایش نمی‌دهند.

-مقایسه سرعت‌های ثبت شده توسط سنسورها در حالت استفاده تنها از آرام‌سازها (سرعت‌کاه و تابلوی نمایش سرعت) و اسـتفاده همزمان آن‌ها حاکی از اثربخشی بیشتر استفاده همزمان از ایـن دو نوع از آرامسازهای سرعت می‌باشد.

-با توجه به تاثیرگذاری عوامل مختلفی در نوع عملکرد رانـندگان در مواجهـه بـا انـواع ادوات آرامسـاز در بخشـی از پـژوهش به بررسی عوامل موثر بر رفتار رانندگان در عبور از آرامسـازهـای فیزیکی و ادراکی پرداخته شده است و فرایند مدلسـازی انتخـاب سرعت رانـندگان در بسـتر شـبکه عصـبی پرسـپترون چنـد لایـه (MLP) بـا متغیرهـای ورودی ارتفـاع سـرعت‌کـاه (h)، عـرض سرعت‌کاه (L)، شیب ورودی سرعت‌کاه (h/L1)، سـرعت اولیـه (V1: سـرعت در محـل سنسـور ۱)، اخـتلاف سـرعت اولیـه و سرعت مجاز نمایش داده شده بـر روی تـابلوی نمـایش سـرعت (Permitted speed-V1) صورت گرفت.

-در مدل‌سازی انتخاب سرعت رانندگان در بستر شـبکه عصـبی، به منظور دستیابی به مدل با قابلیت تعمیم‌پذیری و پرهیز از حفظ کردن، کلیه داده‌ها به سه دسته آمـوزش و اعتبارسـنجی و آزمـون (به ترتیب ۷۰ درصد، ۱۵ و ۱۵ درصد کل داده‌ها) تقسـیم شـدند. بـه منظـور ارزیـابی آمـوزش صـورت گرفتـه، تنهـا در صـورتی مدل‌سازی متوقف و مدل نهایی اختیار گردید که ضـرابی بـرازش دسته‌های آموزش و آزمون در یک حد قرار داشتند.

-نتایج ارزیابی مدل شبکه عصـبی انتخـاب سـرعت رانـنـدگان بـا شاخص‌های مطرح شـده در سـطرهای پیشـین بـا اسـتفاده از دو شاخص MSE و R2 حاکی از آن است که تا حـد خـوبی شـبکه عصبی پرسپترون چند لایـه توانسـه در مـدل‌سـازی موفـق عمـل نماید.

-نتایج این پژوهش اثرات مثبت استفاده همزمان از سرعت‌کاه و تابلوی نمایش سرعت را در آرامسازی ترافیک نسبت به استفاده انفرادی آن‌ها نشان داده است. بنابراین می‌توان گفت استفاده از این ترکیب در فضاهایی که باید سرعت کاربران به طور موقفی کاهش باید یک راه حل احتمالی برای حل نگرانی سرعت بالای ترافیک خواهد بود.

-در راستای اطمینان از اثرگذاری این ترکیب می‌توان از سرعت‌کاه موقت و تابلوی نمایش سرعت موقتی استفاده شود تا با آسیب کم به روسازی موجود به راحتی نصب و برداشته شد. این دستگاه‌های موقتی فرصت ارزشمندی را در اختیار حوزه‌های قضاوت و ارزیابی قرار می‌دهند تا بتوان ارزیابی دقیق نمود که این ترکیب به چه میزان یک راه حل موثر برای یک مشکل خاص ترافیکی هستند. همچنین فرصتی برای ارزیابی نظر مردم درباره دستگاه‌ها فراهم خواهد شد.

-اگرچه هزینه‌های اولیه دستگاه‌های موقت ممکن است از نصب یک دستگاه دائمی بیشتر باشد، اما اگر دستگاه دائمی توسط مردم رد شود و یا عملکردی موثر و کارا نداشته باشد، دولت هزینه‌های اضافی در روند حذف متحمل می‌شود، به خصوص اگر تعداد دستگاه نصب شده زیاد باشد.

-این دستگاه‌های موقت همچنین ممکن است برای مناطقی که فقط در بعضی از زمان‌های سال ویژگی‌های ناخواسته ترافیکی را تجربه می‌کنند (به عنوان مثال مناطق تفریحی) ایده‌آل باشند.

٦- مراجع

-اکبری‌نیا، فرزاد و حاجی جعفری، محمد (۱۳۹٦). مکانیابی تابلوهای پیام متغیر خبری (VMS) در شبکه‌های درون شهری با استفاده از نرم افزار ARC GIS نمونه موردی : شهر کرج.https://civilica.com/doc/706855

-امیرسلیمانی، آرمین و حقیقی، فرشیدرضا و شیخ فرد، عباس (۱۳۹۷). تعیین سرعت میانگین وسایل نقلیه با استفاده از سنسورهای ثبت سرعت مادون قرمز (PIR) در محور کمربندی امیرکلا، *کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران*، تهران.https://civilica.com/doc/847607

-پژوه، شقایق و اخضری بابکی، ندا و مختاریان، حمیدرضا (۱۳۹٦). راهکارهای آرام سازی ترافیک به منظور افزایش ایمنی با نگاهی بر تجارب موفق جهانی، *دومین همایش ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار*.https://civilica.com/doc/748584

-پوررجب، هادی و پاک شیر، امیرحسین (۱۳۹٦). بررسی اثرات ناشی از اجرای تابلوهای متغیر خبری (VMS) در بهبود شرایط و روانسازی شبکه معابر مطالعه موردی: شهر اصفهان، *هفتمین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری*، اصفهان.https://civilica.com/doc/701541

-حقیقی، فرشیدرضا و زادخوری، مهلا (۱۳۹۵). بررسی تاثیر سرعتکاه تخت به عنوان نوع خاصی از اقدامات فیزیکی آرام سازی ترافیک بر عملکرد رانندگان، *چهارمین کنگره بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری*، تهران

https://civilica.com/doc/619737

-حقیقی، فرشیدرضا و زادخوری، مهلا (۱۳۹۵). بررسی تاثیر سرعتکاه تخت به عنوان نوع خاصی از اقدامات فیزیکی آرام سازی ترافیک بر عملکرد رانندگان، *چهارمین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری*، تهران.

https://civilica.com/doc/619737

- فرشیدرضا و یوسفی، حامد و جعفری، رضا و اکبری، علی (۱۳۹۳). بررسی تأثیر تمهیدات آرام سازی ادراکی ترافیک در کاهش سرعت ورودی شهرها در دنیای واقعی و محیط دستگاه شبیه ساز رانندگی.https://civilica.com/doc/489377

-خاکسار، حسن و بهرامی، لیلی (۱۳۹٤). رویکردهای نوین آرام سازی ترافیک در طراحی شهری، *هفتمین کنفرانس ملی برنامه‌ریزی و مدیریت شهری با تأکید بر راهبردهای توسعه شهری*، مشهد.https://civilica.com/doc/435774

-شیخ فرد، عباس و حقیقی، فرشیدرضا و محمدی، حسین (۱۳۹٦). عملکرد اجرای تابلوی بالاسری محدودیت سرعت بر سرعت جریان ترافیک در دنیای واقعی (مطالعات قبل و بعد مسیر)، *اولین کنفرانس بین المللی پیشرفت‌های نوین در مهندسی عمران*،آمل.https://civilica.com/doc/727125

-فلاح‌زواره، محسن و ممدوحی، امیررضا (۱۳۹۳). بررسی اثر پیام تابلوهای متغیر خبری در بهبود رفتار رانندگان و ارتقای ایمنی (مطالعه موردی: آزادراه تهران – ساوه)، نخستین همایش سیستم‌های حمل و نقل هوشمند جاده‌ای. تهران.

https://civilica.com/doc/385070

-کدخدایی، مسعود، شاد، روزبه، کدخدایی، محسن و افندی‌زاده، شهریار (۱۳۹٦). ارزیابی طرح‌های آرام سازی ترافیک در کلان شهرها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، مطالعه موردی: شهر مشهد. *هفدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران*.https://civilica.com/doc/759218

-مقدس‌نژاد، فریدون و نادم نالکیاشری، محمد علی (۱۳۹٦). اثربخشی روش آرام سازی ترافیک، ترکیب خطوط اکستروژن و سرعت‌کاه کوتاه در مدیریت سرعت. پانزدهمین کنفرانس حمل و نقل و ترافیک. تهران.https://civilica.com/doc/558443

-Agerholm, N., Knudsen, D., & Variyeswaran, K. (2017). Speed-calming measures and their effect on driving speed–Test of a new technique measuring

behavior in response to variable message signs. *IATSS research*, *41*(4), 164-171.

-Li, Y., Tu, M., & Wang, J. (2019). Layout Study of the Variable Message Signs on Urban Road Networks. In *CICTP 2019*, 4306-4317.

-Lav, A. H., Bilgin, E., & Lav, A. H. (2018). A fundamental experimental approach for optimal design of speed bumps. *Accident Analysis & Prevention*, *116*, 53-68.

-Poe, C. M., & Mason Jr, J. M. (2000). Analyzing influence of geometric design on operating speeds along low-speed urban streets: mixed-model approach. *Transportation Research Record*, *1737*(1), 18-25.

-Romero, F., Gomez, J., Rangel, T., Jurado-Piña, R., & Vassallo, J. M. (2020). The influence of variable message signs on en-route diversion between a toll highway and a free competing alternative. *Transportation*, *47*(4), 1665-1687.

-Ronchi, E., Nilsson, D., Modig, H., & Walter, A. L. (2016). Variable Message Signs for road tunnel emergency evacuations. *Applied Ergonomics*, *52*, 253-264.

-Shams, M., & Rahimi-Movaghar, V. (2009). Risky driving behaviors in Tehran, Iran. *Traffic injury prevention*, *10*(1), 91-94.

-Shen, J., & Wang, H. (2019). Effects of urban road variable message signs on driving behavior. *Advances in Mechanical Engineering*, *11*(4), 1687814019841843.

-Shirmohammadi, H., Mardani, E., Emdadian Ghane, M., & Hasheminezhad, A. (2018). Simulating the Effects of Type and Spacing of Traffic Calming Measures on Urban Road Capacity. *International Journal of Transportation Engineering*, *6*(1), 65-83

-Vaitkus, A., Čygas, D., Jasiūnienė, V., Jateikienė, L., Andriejauskas, T., Skrodenis, D., & Ratkevičiūtė, K. (2017). Traffic calming measures: an evaluation of the effect on driving speed. Promet-Traffic & Transportation, 29(3), 275-285.

speeds based on GNSS data. *Transportation research part F: traffic psychology and behavior*, 46, 263-270.

-Barbosa, H. M. (1995). Impacts of traffic calming measures on speeds on urban roads (Doctoral dissertation, *University of Leeds*.

-Box, P. C., & Oppenlander, J. C. (1976). Manual of traffic engineering studies.

-Choueiri, E. M., Aoun, J., & Otayek, E. (2017, June). Effectiveness of the newly introduced variable message signs in Lebanon on driver behavior. In *2017 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, IEEE.562-567.

-Damsere-Derry, J., Ebel, B. E., Mock, C. N., Afukaar, F., Donkor, P., & Kalowole, T. O. (2019). Evaluation of the effectiveness of traffic calming measures on vehicle speeds and pedestrian injury severity in Ghana. *Traffic injury prevention*, *20*(3), 336-342.

-Fitzpatrick, K., Carlson, P., Brewer, M., & Wooldridge, M. D. (2003, January). Design speed, operating speed, and posted speed limit practices. In *82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.*

-Haykin, Simon, and Neural Network. (2004). A comprehensive foundation. Neural networks 2, No. 2004, 41.

-HOMBURGER, W., HALL, J., LOUTZENHEISER, R., & REILLY, W. (1996). Spot speed studies. In fundamentals of traffic engineering. Institute of Transportation Studies. *University of California, Berkeley*, 6-1.

-Ho, S. L., Xie, M., & Goh, T. N. (2002). A comparative study of neural network and Box-Jenkins ARIMA modeling in time series prediction. *Computers & Industrial Engineering*, *42*(2-4), 371-375.

-Jeihani, M., NarooieNezhad, S., & Kelarestaghi, K. B. (2017). Integration of a driving simulator and a traffic simulator case study: Exploring drivers'

Vehicle Speed Selection Model Encountering Physical and Perceptual Traffic Calming

Farshidreza Haghighi, Associate Professor, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran.

Amirghasem Malek, M.Sc., Grad., Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran.

E-mail: farshidreza@gmail.com

Received: February 2024- Accepted: June 2024

ABSTRACT

In many countries, the main priority of traffic safety is to implement measures that reduce operational speed and increase compliance with speed limits, because improper speed is recognized as the most important cause of serious traffic accidents. Traffic calming measures are engineering measures that reduce the number and severity of traffic accidents by significantly reducing the speed of vehicles, and thus improve road safety. In this study, 28 flat and arcuate speed humps of Mahmudabad to Chalous axis with a length of approximately 80 km due to high density of residential areas and the growth of small communities along the main intercity road, as a representative of physical calming devices and speed display sign as a representative of perceptual calming devices were selected and modeling the speed selection of drivers in dealing with this type of traffic calmer using indicators such as speedhump height, speedhump width, speedhump entrance slope, initial speed, The difference between the initial velocity and the allowable velocity displayed on the speed display sign, in the Neural network (MLP) platform was done. The output results of the model indicate that this model was able to predict the speed selected by users by receiving the mentioned specifications.

Keywords: Safety, Traffic Calming, Speed Display Sign, Speed Limit, MLP Neural Network