بررسی تأثیر تمهیدات آرام‌سازی ادراکی ترافیک در کاهش سرعت ورودی شهرها در دنیای واقعی و محیط دستگاه شبیه‌ساز رانندگی

فرشیدرضا حقیقی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

حامد یوسفی (مسئول مکاتبات)، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

رضا جعفری، دانشجوی کارشناسی ارشد ، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه غیرانتفاعی شمال، آمل، ایران

علی اکبری، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

E-mail: hamedyoosefi@gmail.com

دریافت:۱۳۹۲/۱۰/۲۵ پذیرش:۱۳۹۳/۰۵/۲۰

چکیده:

سرعت زیاد و غیر مجاز رانندگان یکی از خطاهای انسانی و تأثیرگذار بر تصادفات جاده‌ای است. با توجه به این که اقدامات پلیس برای مقابله با رانندگان متخلف، پرهزینه است و اغلب مورد پذیرش رانندگان قرار نمی‌گیرد، روش‌های دیگری نیز برای کنترل سرعت وجود دارد که آرام‌سازی ترافیک از جمله آن روش‌ها است که به صورت گسترده در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. آرام‌سازی ترافیک به دو روش فیزیکی و ادراکی انجام می‌شود، روش ادراکی آرام سازی ترافیک در سه طبقه افزایش محدودیت جبری (مانند استفاده از تجهیزات کنترل سرعت مانند دوربین) علائم متغیر هوشمند برای تعیین محدودیت سرعت و علامت گذاری تقسیم بندی می‌شود. علامت گذاری توسط تابلوهای کنار جاده و خط کشی بر سطح راه انجام می‌گیرد. این تحقیق با طراحی تابلو و خط کشی مطابق با استانداردهای آیین‌نامه‌ای و جانمایی مناسب آنها در ورودی یکی از شهرهای استان مازندران سرعت رانندگان را قبل و بعد از اجرای این تمهیدات مورد بررسی قرار داده است. همچنین از طرح‌های استفاده شده در مطالعات میدانی در محیط دستگاه شبیه‌سازی رانندگی نیز استفاده شد. مطالعات میدانی بر روی سرعت وسایل نقلیه به صورت قبل و بعد در سه حالت کل وسایل نقلیه، وسایل نقلیه سبک و وسایل نقلیه سنگین عبوری از مقطع مورد آزمایش انجام شد و نتایج نشان داد که سرعت میانگین کل وسایل نقلیه ۱۵/۳ کیلومتر بر ساعت و سرعت میانگین وسایل نقلیه سبک و سنگین به ترتیب ۳/۰۵ و ۱/۹۳ کیلومتر بر ساعت پس از نصب تابلو و خط کشی سطح راه کاهش پیدا کرد. در محیط دستگاه شبیه‌سازی رانندگی نیز کاهش سرعت‌های میانگین تحت تأثیر تمهیدات به کار رفته قابل توجه و از حالت میدانی شدیدتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: سرعت، آرام سازی ترافیک، دستگاه شبیه‌سازی، خط کشی سطح راه، تابلو کنار جاده

۱. مقدمه و معرفی

تصادفات جاده‌ای یکی از عوامل تأثیرگذار بر مرگ و میر در دنیا به شمار می‌رود، بنا بر گزارش سازمان بهداشت جهانی[1] سالانه حدود یک میلیـون و دویست هزار نفر جان خود را در اثر تصادفات جاده‌ای از دست می‌دهنـد و حدود پنجاه میلیـون نفر در اثر این حوادث آسیب می‌بیننـد [Vahabzadeh, 2008]. در کلیه تصادفات ٤ عامل اصلی خطای انسانی، عیب وسیله نقلیه، عیب مسیر و راه و عوامل محیطی نقش اساسی دارنـد. سرعت زیـاد و غیرمجاز رانندگان یکـی از خطـاهای انسانی است که موجب رخداد بسیاری از تصادفات است، برخی از محققین، عامل سرعت را در بیش از ۳۷ در صد تصادفات منجر به مرگ مؤثر دانسته‌اند [Ruschman et al. 1981].

در میان انواع روش‌های مدیریت سرعت، آرام‌سازی ترافیک از جمله روش‌های کاربردی است که به صورت گسترده درکشورهای پیشرفته دنیا مورد استفاده قرار می گیرد. آرام‌سازی ترافیک به روش ادراکی یکی از راه‌هایی است که توسط برنامه‌ریزان شهری و مهندسان ترافیک برای کاهش اثرات منفی وسایل نقلیه موتوری، تغییر رفتار رانندگان و بهبود وضعیت کاربران غیر موتوری راه‌ها بکار گرفته می‌شود. روش‌های ادراکی آرام‌سازی ترافیک به طور کلی شامل اقدامات و یا اصلاحات کم هزینه و از نظر اجرا، روشهای راحتی هستند که با تأثیر بر درک راننده، رفتار او را کنترل می‌کند که به دلیل تأثیر غیر مستقیم و زیرکانه در خود آگاهی حواس رانندگان، این دسته اقدامات به عنوان یک ابزار موفق و با تأثیر طولانی مطرح می‌شوند. در میان اقدامات ادراکی آرام‌سازی ترافیک تابلوگذاری کنار راه و خط کشی سطح راه را می‌توان نام برد که موضوع بحث این تحقیق نیز قرار گرفته اند. طبق تحقیقات انجام شده ٦٠ درصد تصادفات جاده‌ای در ایران در ورودی شهرها اتفاق می‌افتد [Khabiri and Ahmadinejad, 2002]. همچنین با توجه به مشکلاتی که دیگر اقدامات کنترل سرعت (مانند استفاده نابجا از سرعت‌گیرها و سرعت‌کاه‌ها) دارند این تحقیق سعی دارد تا با طراحی تابلوها و خط کشی‌ها مطابق استانداردهای آیین نامه‌ای و جانمایی مناسب آنها در ورودی یکی از شهرهای کشور، تأثیر آنها بر سرعت رانندگان را قبل و بعد از نصب تابلو و خط کشی مورد بررسی قرار دهد.

تأثیر این تمهیدات در محیط مجازی در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی نیز مورد بررسی قرار گرفت. در دهه‌های اخیر به منظور صرفه‌جویی در هزینه و همچنین افزایش ایمنی برای انجام مطالعات رفتاری رانندگان، استفاده از دستگاه شبیه ساز رانندگی افزایش یافته است. اگر چه هزینه اولیه دستگاه‌های شبیه ساز رانندگی نسبتاً زیاد است، ولی به دلیل هزینه های جانبی و بعدی بسیار کم آنها، صرفه اقتصادی این دستگاه ها قابل توجیه است. علاوه بر آن، چون تمامی مراحل انجام مطالعات در آزمایشگاه انجام می‌شود، ایمنی کافی را برای کاربران فراهم می آورد، بخصوص در شرایط مربوط به تصادفات حین رانندگی که هیچ آسیبی به کاربران نمی‌رسد.

در زمینه آرام‌سازی ترافیک به روش ادراکی مطالعات گسترده ای از دهه ۱۹۸۰ تاکنون به صورت جدی در دنیا صورت پذیرفته و نتایج مختلفی از بکارگیری این تمهیدات و تأثیر آنها به منظور کاهش سرعت در دنیای واقعی و مجازی به دست آمده است که در این قسمت به بررسی چندی از این مطالعات که بر آرام‌سازی ترافیک به وسیله علائم عرضی سطح راه متمرکز هستند، پرداخته می‌شود.

مطالعه‌ای در مرکز تحقیقات تصادفات دانشگاه موناش استرالیا توسط گادلی و همکاران در محیط دستگاه شبیه ساز رانندگی بر روی تمهیدات مختلفی در زمینه آرام‌سازی ادراکی ترافیک مانند استفاده از خطوط عرضی پیوسته و محیطی[2] و استفاده از خطوط طولی میانی و کناری به منظور باریک‌سازی مسیر، انجام شد که نتایج مشخص نمود که خطوط عرضی پیوسته (میله‌ای) به خوبی خطوط عرضی محیطی، بر کاهش سرعت سفر مؤثر واقع می‌شوند [Godley, 1999].

کاتز و راخا در سال ۲۰۰۸ به بررسی تأثیر خط کشی‌های عرضی محیطی در رویکرد قوسی که در ورودی یک شیبراهه خروجی آزاد راهی اجرا شده بود، پرداختند. مسیر مورد نظر به صورت کنترل شده بوده و رانندگان به صورت انتخابی در

این تحقیق شرکت نمودند و داده‌ها توسط دستگاهی که در یک خودرو کار گذاشته شده بود ثبت می‌شد [Katz and Rakha, 2008]. موارد بررسی شامل ۱-تغییرات سرعت وسیله نقلیه در هر لحظه ۲-پروفیل سرعت وسایل نقلیه با توجه به فاصله از مبدا ۳-وضعیت پدال ترمز وسایل نقلیه با توجه به فاصله از مبدا بوده است. خط کشی‌های مورد نظر شامل دو نوع طرح مجزا با چیدمان عبور وسیله نقلیه از ۲ خط در هر ثانیه، و عبور وسیله نقلیه از ٤ خط در هر ثانیه بود. با توجه به نتایج به دست آمده، خط کشی اجرا شده با چیدمان ٤ خط در هر ثانیه، موجب کاهش ٤٤ درصدی میانگین سرعت‌ها نسبت به میانگین سرعت‌ها قبل از اجرای این نوع خط کشی شد که به میزان ۱۹/۷ کیلومتر بر ساعت بوده و مقدار این کاهش برای خط کشی با چیدمان ۲ خط در هر ثانیه به میزان ۱۳/٦ کیلومتر بر ساعت به دست آمد. همچنین در این تحقیق به این نکته اشاره شد که هنگامی که خود قوس از فاصله دورتر قابل مشاهده بود، این تمهیدات کارآیی از خود نشان نداده و در قوس‌های تند، رانندگان علاوه بر اینکه تحت تأثیر شرایط هندسی قوس اقدام به کاهش سرعت می‌کنند، نیاز به کاهش سرعت بیشتری در رویکرد قوس دارند تا در کنترل وسیله نقلیه خود در قوس دچار مشکل نگردند و ایمنی آنها به خطر نیافتد.

در سال ۲۰۰۹، پژوهشی با عنوان استفاده از ادوات آرام‌سازی ترافیک در جوامع کوچک در ایتالیا صورت پذیرفت که هدف این پروژه بررسی تمهیدات آرام‌سازی ترافیک در راه‌های اصلی عبوری از جوامع کوچک در ایتالیا بود [Abate et al. 2009]. بسیاری از راه‌های عبوری از جوامع کوچک در ایتالیا بخشی از راه‌های بین ایالتی یا بزرگراه‌هایی با محدودیت سرعت بالای بزرگراهی هستند که وسایل نقلیه با سرعت بالا وارد این مناطق می‌شوند و با حفظ سرعت خود از این مناطق عبور می‌نمایند. در این پروژه از تمهیدات آرام‌سازی دروازه ای در Giffoni Sei Casali, salermo که منطقه مسکونی کوچکی در ایتالیا است، استفاده شده که هدف از آن بررسی عملکرد دروازه‌ها در ورودی جوامع کوچک در ایتالیا بر کنترل سرعت وسایل نقلیه با استفاده از تمهیدات کم هزینه آرام‌سازی ترافیک بوده است. در یکی از دروازه‌های بکار رفته، سرعت میانگین وسایل نقلیه ٦۰ کیلومتر بر ساعت بوده که با کاهش ۱۹ درصدی به ٤۸ کیلومتر بر ساعت رسیده است که این سرعت پایین‌تر از سرعت مجاز اعلام شده توسط تابلوهای موجود که ۵۰ کیلومتر بر ساعت را نشان می‌دادند، بود. اختلاف انحراف استاندارد توزیع سرعت وسایل نقلیه کم و در حدود ۱۸درصد به دست آمد، اما سرعت عملی بعد از دروازه‌ها همچنان بیشتر از ۵۰ کیلومتر بر ساعت بوده است.

در سال ۲۰۱۰، کالوی، بندتو و بلیسیس با استفاده از دستگاه شبیه ساز رانندگی عملکرد راننده را در خط کاهش سرعت آزادراه ها در ورودی شیبراهه‌ها بررسی کردند [Calvi, Benedetto and De Blasiis, 2010]. این مقاله نتایج مطالعات دستگاه شبیه ساز را با تمرکز برعملکردهای رانندگی هنگام نزدیک شدن به ناحیه جدا کننده و کاهش سرعت در طول مانور خارج شدن توصیف می‌کند. در سه سناریو ترافیکی متفاوت شامل ترافیک سنگین، ترافیک متوسط و ترافیک سبک که در دستگاه شبیه ساز STI شبیه سازی شد، عملکرد ۳۰ راننده مورد بررسی قرار گرفت و با جمع آوری اطلاعات مربوط به سرعت، موقعیت جانبی و کاهش سرعت آنها این نتیجه حاصل شد که حجم ترافیک کم منجر به بالا رفتن سرعت خارج شدن می شود و همچنین رانندگانی که می‌خواهند تغییر خط دهند در حجم ترافیک کم در راه اصلی سرعت خود را زود تر کم می‌کنند. نکته جالبی که به دست آمد این بود که سرعت در انتهای خط کاهش سرعت و در نقطه تغییر خط، چندان تحت تأثیرحجم ترافیک نبوده است. همچنین رانندگان قبل از رسیدن به خط کاهش سرعت، شروع به کاهش سرعت می کنند که موجب تداخل با جریان اصلی می شود. علاوه بر این سرعتهای ثبت شده در انتهای خط کاهش سرعت، بیشتر از مقدار طراحی شده برای قوس شیبراهه بود که این باعث ایجاد شرایط رانندگی خطرناک می شود در نتیجه همین توجیه مناسبی برای نسبت بالای تصادفات در مطالعات شیبراهه خروجی است.

در سال ۲۰۱۱ تحقیقی با عنوان "تأثیرخط کشی‌های عرضی پیوسته (میله‌ای) سطح راه در ورودی جوامع کوچک بین شهری"صورت

پذیرفت که در آن میزان تأثیر این علائم در ورودی این جوامع، در یک مسیر دو خطه دو طرفه جدا شده در کاهش سرعت مورد بررسی قرار گرفت [Balde and Dissanayake, 2011]. داده‌های مربوط به سرعت در دو دوره زمانی قبل و بعد در ۵ نقطه، جمع آوری شد و بر روی آنها تحلیل صورت پذیرفت. میزان تأثیر این علائم با استفاده از بررسی تغییر میانگین سرعت وسایل نقلیه و ۸۵ درصد با در نظر گرفتن شرایط مختلف مانند همه وسایل نقلیه، تفکیک وسایل نقلیه با در نظر گرفتن تعداد محورها (دو محوره در مقایسه با بیشتر از دو محور)، روزهای مختلف هفته (روزهای وسط هفته در مقایسه با آخر هفته) و زمان روز (زمان روز در مقایسه با شب) مشخص شد. تغییرات قابل توجهی در کاهش سرعت میانگین و واریانس سرعت‌ها در انتهای اجرای خط کشی در ٤ نقطه مشاهده شد که کاهش سرعت در روزهای وسط هفته و در طول ساعات روز بیشتر بوده و همچنین کاهش سرعت برای وسایل نقلیه با دو محور در مقایسه با سایر وسایل نقلیه در سه نقطه بیشتر بوده است. سرعت وسایل نقلیه در جهت مخالف و در بالادست اجرای این تمهیدات افزایش پیدا کرده بود که دلیل بر تأثیر بیشتر این تمهیدات در کاهش سرعت بوده است.

شهر ایزدشهر نمونه بارزی از جوامعی است که در کناره مسیر اصلی بین شهری به صورت خطی رشد کرده است و سرعت ورود وسایل نقلیه به این منطقه بالا است. مسیر عبوری از این شهر شامل یک راه دو خطه دو طرفه است که به وسیله رفوژ میانی مسیر رفت و برگشت از هم جدا شده‌اند. سرعت وسایل نقلیه‌ای که از این ناحیه عبور می‌کنند، در نواحی داخلی شهر به وسیله سرعت گیرها و سرعت‌کاه‌ها کنترل می‌شود، اما سرعت ورود وسایل نقلیه به این منطقه بالا است که به این منظور در ورودی این شهر اقدام به استفاده از تمهیدات آرام‌سازی ادراکی ترافیک به دلیل سرعت بالای وسایل نقلیه شد. همچنین استفاده از این نوع تمهیدات به منظور آرام‌سازی ادراکی ترافیک برای اولین بار در ایران و شمال کشور اجرا شده و مورد بررسی قرار گرفته است. این موضوع همچنین می تواند تأثیر پذیری رانندگان از این نوع تمهیدات را نیز به طور غیرمستقیم مورد اشاره قرار دهد. علاوه بر این، آنچه که این مطالعه را نسبت به دیگر مطالعات متمایز می‌کند، ارزیابی تأثیر این نوع خط کشی‌ها در راههای چند خطه برون شهری با میانه وسط است.

۲. روش شناسی

۲-۱ مطالعات میدانی

این تحقیق به دنبال انتخاب تابلوها و طرح خط کشی و اجرای آن برای کاهش سرعت وسایل نقلیه در مقطع انتخاب شده بوده است. سرعت بالا و غیرمجاز به عنوان عاملی تأثیرگذار بر کاهش ایمنی و تصادفات شناخته شده است که با کاهش آن مشکلات مربوط به تصادفات رفع خواهد شد، بنابراین می‌توان از بررسی سالیانه نرخ تصادفات در مقطع مورد مطالعه به عنوان ضرورتی بر اجرای این تحقیق چشم پوشید. بر اساس طرح‌های موجود برای آرام‌سازی ادراکی ترافیک، طرح خط‌کشی عرضی محیطی برای اجرا انتخاب شد. از مزیت های این طرح می‌توان به ۱-اجرا و نگهداری آسان ۲-استفاده از مصالح و رنگ کمتر و مقرون به صرفه بودن ۳-باریک سازی مسیر عبور حرکت وسایل نقلیه به صورت بصری ٤-پوشانیده شدن سطح کمتری از راه عبوری وسایل نقلیه و جلوگیری از مشکلات بعدی در روزهای بارانی، اشاره کرد. در این تحقیق از یک مطالعه قبل و بعد برای مقایسه سرعت‌های میانگین وسایل نقلیه استفاده شد که شامل دو دوره برداشت سرعت وسایل نقلیه؛ اولی قبل از اجرای تمهیدات و دومی بلافاصله بعد از اجرای این تمهیدات بوده است. همچنین برداشت‌هایی از سرعت وسایل نقلیه در مسیر برگشت نقطه برداشت داده‌ها به‌عنوان نقطه کنترلی در هر دوره آمار برداری قبل و بعد صورت گرفت تا تغییرات مربوط به محیط و تغییرات فصلی سرعت وسایل نقلیه، مورد نظر قرار گیرد. سرعت وسایل نقلیه به صورت نقطه‌ای اندازه‌گیری شده که در شرایط جریان آزاد ترافیکی (یعنی شرایطی که سرعت مشاهده شده تحت تأثیر حجم یا چگالی قرار ندارد) ثبت شده است.

۲-۱-۱ مقطع مورد مطالعه

مقطعی از ورودی ایزدشهر که از لحاظ هندسی بدون خم و پیچ بوده است، برای اجرای خط کشی ها انتخاب گردید و خط کشی ها در ۴۳۰ متر از ۴۹۵ متر مسیری که حائز این شرایط در ورودی این مقطع بود اجرا شد. (شکل ۱)

شکل ۱. مقطع مورد نظر قبل از اجرای تمهیدات و موقعیت آماربرداری

۲-۱-۲ طرح‌ها

طرح انتخاب شده برای خط کشی سطح راه شامل خطوط عرضی محیطی سفید رنگ به عرض ۳۰ سانتی متر و طول ۴۵ سانتی متر است که عمود بر مسیر حرکت بوده و چیدمانی که طراحی آن بر اساس مطالعات انجام شده و شرایط هندسی و محیطی مسیر بود. در این طرح از دو ردیف خط عرضی پیوسته به عنوان خطوط پیشرو[۳] برای جلب توجه بیشتر رانندگان استفاده شد و تعداد کل ردیف خط‌ها ۹۱ عدد است که در مقطعی از راه به طول ۴۳۰/۲۲ متر اجرا گردید و شامل ۲ ردیف خط پیوسته و ۸۹ ردیف خط حاشیه ای بوده است.

فاصله بین خط کشی‌ها به منظور تأثیر بر ادراک رانندگان و القای این تصور که سرعتشان در حال افزایش است، به صورت تدریجاً کاهنده طراحی شد تا بتواند در کم کردن سرعت وسیله نقلیه مؤثر واقع شود. از مزیت‌های استفاده از خط کشی محیطی نسبت به سایر خط کشی‌های اجرا شده در سایر پروژه‌ها و تحقیقات، اجرا و نگهداری آسان آن است. همچنین از لحاظ اقتصادی به دلیل استفاده از مصالح و رنگ کمتر نسبت به طرح‌هایی مانند خط‌کشی عرضی پیوسته و شورون، این طرح به صرفه تر بوده و در نهایت هزینه‌های اجرا را برای انجام خط کشی کاهش می‌دهد که این نکته برای جوامع و شهرهای کوچک که تمایل به اجرای تمهیداتی به منظور آرام‌سازی ادراکی ترافیک دارند، به دلیل محدودیت بودجه بسیار حائز اهمیت است. علاوه بر این، خط‌کشی‌های محیطی مسیر حرکت وسایل نقلیه را از نظر دیداری محدودتر کرده و مسیر حرکت را باریک تر جلوه می‌دهد که این به معنی هدایت وسیله نقلیه به وسط مسیر عبور و نیاز به تمرکز بیشتر برای حرکت کردن میان خط کشی‌های محیطی است که این فرآیند نیز می‌تواند بر کاهش سرعت وسایل نقلیه مؤثر باشد. از مزیتهای دیگر این خط کشی، اشغال سطح کمتری از مسیر عبوری توسط خط کشی است که در روزهایی که با بارندگی همراه است این مسئله می‌تواند از نظر ایمنی موردتوجه قرار گیرد.

فرمول نزولی فاصله خطوط از تحقیقی که در میلواکی در ویسکونسین در سال ۲۰۰۳ توسط دراکوپولوس و ورگو انجام شده بود، استفاده شد [Drakopoulos and Vergou, 2003] که رابطه مورد نظر به صورت زیر است:

$$S = S_0 . e^{-\lambda . n} \quad (۱)$$

S_0: اولین فاصله بین دو خط عرضی ابتدایی

S: nامین فاصله بین خطوط

n: شماره خط

λ : مقدار ثابت مشخص

در این طرح، فاصله ابتدایی ۷/۷ متر (فاصله اجرایی ابتدایی ۷/۶۱) و فاصله نهایی بین خطوط ۲/۷۵ متر فرض شد. طبق فرمول مقدار ثابت λ برابر ۰/۰۱۱۴۴ محاسبه گردید و سپس فواصل سایر خطوط بین خط ابتدایی و نهایی، طبق رابطه ۱ تعیین شد. در شکل ۲ خط کشی‌های اجرا شده با طرح و چیدمان مورد نظر مشاهده می‌شود. فاصله بین خط کشی‌ها با این فرض تعیین شده است که سرعت وسایل نقلیه عبور کرده از آن، به میزان ۲۵ الی ۳۰ درصد کاهش یابند.

شکل ۲. خط کشی‌های اجرا شده با چیدمان مورد نظر

برای بالا بردن سطح آگاهی رانندگان با توجه به انواع تابلوهای اطلاع‌دهنده–اخباری، تابلوهای خطر– هشدار دهنده و تابلوهای باز دارنده انتظامی دو تابلو طراحی شده است. همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، هر دو تابلو دارای علامت محدودیت سرعت هستند که سرعت مجاز در محدوده مورد مطالعه را به اطلاع رانندگان می‌رساند. برای تأثیرگذاری بیشتر تابلوها پیامهایی به صورت متمم زیر علامت محدودیت سرعت اضافه شده است. تابلو بر اساس آیین‌نامه ایمنی راه‌ها، نشریه ۲٦۷–۳ (علائم ایمنی راه) طراحی شده است، در واقع ابعاد، رنگ، شکل و طرز قرارگیری حروف و اعداد در تابلو متناسب با آیین نامه ذکر شده است که ٤ عدد از این تابلوها در دو قسمت از مقطع مورد مطالعه جایگذاری شد که ردیف اول تابلوها در ۱۵۰ متر ابتدایی مقطع و ردیف بعدی ۱۰۰ متر بعد از ردیف اول نصب شد. تابلوهای اول با ابعاد تقریبی عرض ۱/۸۰ متر در ارتفاع ۳ متر و تابلوهای دوم با عرض ۱/۸۰ و ارتفاع ۲/۳۰ طراحی شده است.

شکل ۳. تابلوهای طراحی شده

۲-۱-۳ جمع آوری داده‌های سرعت

اندازه‌گیری سرعت نقطه‌ای با استفاده از دستگاه‌های راداری دستی یا قابل جابجایی صورت پذیرفت که در این تحقیق کلیه کارکنان آمارگیری، خود و وسایل ثبت سرعت را تا حد ممکن مخفی کردند. در بهترین شرایط هم، اندازه‌گیری سرعت تمامی خودروهای عبوری از محل مورد مطالعه، غیرممکن است، همچنین ضروری است نمونه انتخاب شده واقعاً نشانگر کل جریان ترافیک باشد. حتی در ترافیک سبک هم امکان تشکیل دسته‌های خودرویی وجود دارد و در جریان دسته‌ای، فقط اولین خودرو در هر دسته قادر به حرکت با سرعت دلخواه خودش است و سایر خودروها مجبور به پذیرش سرعت وی هستند [Mcshane et al. 2004]. در حالت کلی مطالعات سرعت در صورتی که حجم تردد آزادراه از ۷۵۰ الی ۱۰۰۰ veh/h/ln و در سایرمعابر با جریان غیرمنقطع از ۵۰۰veh/h/ln تجاوز نکند، انجام خواهد شد. به منظور بررسی سرعت وسایل نقلیه در شرایط جریان آزاد ترافیکی داده‌هایی که شامل فاصله بین وسایل نقلیه کمتر از ۵ ثانیه (سر فاصله بحرانی ۵ ثانیه) بود حذف گردید، زیرا جریان آزاد ترافیکی[4] درحالت ایده‌آل زمانی رخ می‌دهد که جریان و چگالی ترافیک صفر باشد. برداشت سرعت وسایل نقلیه در همه دوره‌ها در ساعات روز ، شرایط آب و هوایی خشک و روز غیر تعطیل صورت پذیرفت که برای هر دوره آمار برداری انحراف استاندارد، سرعت میانگین و ۸۵ درصد محاسبه شد.

بررسی میزان اثرگذاری این تمهیدات با مقایسه میانگین سرعت‌های برداشت شده (توزیع سرعت‌ها) به صورت مطالعه قبل و بعد انجام می‌شود. ورودی این شهر شامل تابلوهای اعلان سرعت مجاز ٦۰ کیلومتر بر ساعت بوده است، اما طبق برداشت‌های انجام شده در مطالعات قبل، سرعت متوسط و سرعت ۸۵ درصد در این مقطع به ترتیب ۸۳/۷۳ و ۹۷ کیلومتر بر ساعت بوده است. زمان برداشت سرعت‌ها در دوره قبل از اجرای تمهیدات در ابتدای فصل تابستان ۱۳۹۲ و به تعداد ۸۱۰ برداشت درست و برداشت سرعت‌ها بعد از اجرای تمهیدات در ابتدای فصل پاییز ۱۳۹۲ و به تعداد ٦۱۲ برداشت صورت گرفت. همچنین از نرم افزار

تحلیل آماری IBM SPSS Statistics 21.0 به منظور محاسبه پارامترهای مورد نیاز آماری و آزمون نرمال بودن داده‌ها، استفاده شد.

۲-۲ مطالعات دستگاه شبیه ساز رانندگی

در این تحقیق از دستگاه شبیه ساز رانندگی پایه متحرک با کابین خودرو پراید که شامل صندلی، فرمان، گاز، کلاچ و کل داشبورد و همچنین آمپرهای سرعت سنج نیز بوده که از سه تلویزیون LCD برای نمایش تصویر که یک LCD ٤٢ اینچ در مقابل برای نمایش تصویر اصلی و دو LCD ٣٢ اینچ برای نمایش تصاویر کناری استفاده شد. دستگاه شبیه‌ساز در شهر تبریز و متعلق به یک شرکت ایرانی است که برای اهداف آموزشی برای کسانی که نیاز به آموزش رانندگی برای گرفتن گواهینامه دارند، استفاده می شود. این دستگاه توسط پمپ های تعبیه شده، به دستگاه شبیه ساز پایه متحرک تبدیل می شود که در آن، حرکتهای رو به جلو قابل شبیه سازی است، مثلا با شتاب گیری یا ترمز زدن خودرو حرکت می کند. مجموعاً ١٢٠ درجه زاویه دید را برای شرکت کنندگان فراهم می‌آورد که در تصویر روبرو آینه وسط و در دو تلویزیون کناری آینه های بغل نیز تعبیه شده که تصویر پشت سر نیز در آن قابل مشاهده است (شکل ٤).

شکل ٤. نمای کلی از دستگاه شبیه ساز رانندگی یک شرکت ایرانی

۲-۲-۱ سناریو های شبیه سازی شده

هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر علائم افقی و عمودی سطح راه بر عملکرد راننده در دستگاه شبیه ساز رانندگی است که برای این کار دو نمونه تابلو و یک نمونه خط کشی طراحی شد. مسیر طراحی شده بخشی از یک مسیر اصلی در کمربند شمالی کشور در ورودی شهر ایزد شهر واقع در استان مازندران است. طول این بخش از مسیر ٤٩٥ متر است که به طور کامل در دستگاه شبیه ساز رانندگی شبیه سازی شد (شکل ٥).

شکل ٥. تصویر شبیه سازی شده از ورودی شهر ایزدشهر قبل از اعمال تمهیدات

شرکت کنندگان ابتدا ٣٤ دور این مسیر تکراری را رانندگی کردند تا به اندازه کافی با طرز کار دستگاه شبیه ساز رانندگی آشنا شوند و به کنترل وسیله نقلیه و همچنین کار با فرمان و گاز و کلاچ و ... تسلط کافی پیدا کنند. پس از آن در دور پانزدهم طرح خط کشی عرضی حاشیه ای به همراه تابلو ها به شکل زیر در تصویر ظاهر گشت. مجموع طول این خط کشی ٤٣١ متر بوده و به‌صورت خط های عرضی به عرض ٣٠ سانتی متر با فواصل کم شونده است. دو نوع تابلو استفاده شده همان تابلوهای دنیای واقعی هستند (شکل ٦).

شکل ٦. تصویر شبیه سازی شده از ورودی شهر ایزدشهر بعد از اعمال تمهیدات

مجموعاً ۳۵ دور مسیر برای هر شرکت کننده تکرار شده که طول هر قسمت ٤٩٥ متر بوده که مجموعا نزدیک به ۱۷ کیلومتر راه طراحی شده بود. مسیر به صورت حلقه ای بود، یعنی هر دور که تمام می شد، دوباره از اول دور بعدی شروع می شد که برای اتصال حلقه ها از یک قوس افقی با شعاع نسبتاً بزرگ استفاده گردید. علاوه براین، مسیر بدون ترافیک در نظر گرفته شده بود تا راننده آزاد باشد تا با سرعت دلخواه رانندگی کند.

۲-۲-۲ داده های دریافتی

تمامی داده ها بصورت فایل EXCEL به عنوان خروجی دستگاه است که در آن ستون اول مربوط به زمان بر حسب میلی ثانیه و سه ستون دیگر مختصات x,y,z وسیله نقلیه نسبت به یک مبدا مختصات در جهان مجازی است.

پس از تبدیل اعداد مربوط به مختصات به واحد متریک، با فرمول ساده فیزیک $V=\Delta X/\Delta T$ می‌توان سرعت متوسط وسیله نقلیه را در هر بازده زمانی نزدیک به ٦۰ میلی ثانیه به دست آورد و از آنجا که بازه زمانی خیلی کوچک است، می توان تخمین خوبی از سرعت لحظه ای وسیله نقلیه به دست آورد. سپس با رسم نمودار مربوط به طول مسیر و سرعت لحظه ای متناظر با آن می‌توان پروفیل سرعت را برای هر سناریو ترسیم کرد.

۲-۲-۳ شرکت کنندگان

در این تحقیق از ٤٥ شرکت کننده با میانگین سنی ۲۸سال شامل ۳۲ مرد و ۱۳ زن استفاده شد و میزان تحصیلات شرکت کنندگان از زیر دیپلم شروع و تا مقطع دکتری پایان می‌افت که در هر سطح تحصیلات، شرکت کننده حضور داشت. شرایط شغلی متعدد نیز اعم از معلم، مهندس، پزشک، استاد دانشگاه، راننده آژانس، راننده کامیون، مغازه دار، آشپز و... رعایت شده بود. همه رانندگان دارای گواهینامه‌ای بودند که حداقل ۵ سال از آن می گذشت و هر کدام از آنها بین ۸۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ کیلومتر در سال رانندگی می‌کردند. قبل از آزمایش هیچ گونه توضیحی در مورد سناریوها و علائم ادراکی موجود در آنها به شرکت کنندگان داده نشد. فقط از آنها خواسته شد تا همان گونه که در دنیای واقعی رانندگی می کنند، در دستگاه شبیه ساز هم رانندگی کنند. پس از اتمام آزمایش از هر راننده پرسش نامه ای تکمیل شد تا ارزیابی شود که رانندگان تا چه میزان به تابلوها و خط کشی ها توجه می کنند و آن دسته که توجه می کنند تا چه میزان رعایت خواهند کرد؟ همچنین از تفاوتهای رفتاری رانندگان در دنیای واقعی و مجازی نیز سوال شد که تا چه میزان رفتار و عکس العمل آنها در دنیای مجازی و دنیای واقعی شبیه به هم است. آیا به همان اندازه که در شبیه ساز به تابلوها و خط کشی ها توجه کرده اند و عکس العمل نشان داده‌اند، در دنیای واقعی نیز همین طور خواهد بود یا خیر؟ و در پایان از میزان واقعیت گرایی دستگاه شبیه ساز پرسیده شد تا بررسی شود چه مقدار به واقعیت نزدیک است و آن دسته از داده هایی که رانندگان، دستگاه شبیه ساز را به دنیای واقعی شبیه نمی‌بینند، یا حذف شوند یا تأثیر کمتری در مطالعات و بررسیها نسبت به بقیه داشته باشند.

۳. تحلیل داده‌ها و نتایج

۳-۱ مطالعات میدانی

در مطالعات قبل و بعد بهتر است با استفاده از آزمون t، مشخص شود که آیا میانگین سرعت‌های یک نمونه آماری سرعت‌های اندازه گیری شده، با دیگری اختلاف قابل توجهی دارد یا خیر. فرض صفر ($H_0: \mu_1=\mu_2$) برابری دو میانگین از دو جامعه مستقل (خلاف فرض متناوب $H_1: \mu_1\neq\mu_2$) بیانگر ارتباط نمونه ۱ و ۲ در یک جامعه آماری است، که پذیرفتن فرض صفر (H_0)، به معنی اثربخش نبودن ادوات آرام‌سازی ترافیک در سطح معناداری مورد نظر است. همچنین در این تحقیق از آزمون تقریب نرمال نیز به منظور بررسی معنادار بودن اختلاف بین سرعت‌های میانگین در دو دوره مطالعاتی قبل و بعد استفاده شد.

آزمون F می‌تواند به منظور بررسی صحت و سقم فرض‌های برابری بین واریانس‌های دو جامعه مستقل مورد استفاده قرار گیرد. فرض $H_0: \sigma_1^2\leq\sigma_2^2$ بیانگر این است که تفاوت مشاهده شده بین توزیع‌ها می‌تواند تحت شرایط متفاوت باشد، برخلاف

فرض متناوب $H_1: \sigma_1^2>\sigma_2^2$ که بیانگر احتمال وجود خط کشی است. رد کردن فرض H_0 به معنی تأثیر مثبت ادوات آرام‌سازی ترافیک در سطح معناداری، مورد نظر هستند.

آزمون های کولموگروف–اسمیرنوف[5] و یا شاپیرو–ویک[6] آزمون غیر پارامتری است که مشخص می‌کند که آیا دو نمونه مستقل، از یک توزیع نرمال به دست آمده اند یا خیر. و در ادامه به بررسی و تحلیل آماری نتایج حاصل شده از برداشت‌های میدانی با استفاده از آزمون‌های آماری معتبر در هر قسمت پرداخته می‌شود.

۳–۱–۱ بررسی نرمال بودن داده‌ها، محاسبه چولگی و کشیدگی

ابتدا چولگی و کشیدگی داده‌ها آزمون می شود. چولگی معیاری از تقارن یا عدم تقارن تابع توزیع است و در حالت کلی چنان که چولگی و کشیدگی در بازه (۲ ، –۲) نباشند، داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نیستند. در جدول ۱ مقادیر مربوط به کشیدگی نمودار داده‌ها در حالت‌های مختلف آورده شده است. در ستون آخر √ نشان‌دهنده این است که مقدار کشیدگی نمودار داده‌های مربوط در بازه مورد نظر و نرمال بودن نمودار داده‌ها است.

جدول ۱. نتایج کشیدگی نمودارهای توزیع در شرایط مختلف

وضعیت	کشیدگی (Kurtosis)	سرعت
√	–۰/۱۹۵	کل وسایل نقلیه قبل
√	–۰/۳۱۳	کل وسایل نقلیه بعد
√	–۰/۱۱۰	وسایل نقلیه قبل سبک
√	–۰/۱۹۲	وسایل نقلیه بعد سبک
√	۰/۳۲۷	وسایل نقلیه قبل سنگین
√	–۰/۱۵٦	وسایل نقلیه بعد سنگین

مشاهده شد که مقدار کشیدگی در همه نمودارها در بازه مورد نظر قرار داشته است.

۳–۱–۲ آزمون نرمال بودن داده‌ها

پس از بررسی عادی یا نرمال بودن کشیدگی و یا چولگی توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیرو– ویک یا آزمون کولموگروف–اسمیرنوف استفاده شد تا از نرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل گردد.

هنگام بررسی نرمال بودن داده‌ها ما فرض صفر مبتنی بر اینکه توزیع داده‌ها نرمال است را در سطح خطای ٪۵ آزمایش می‌کنیم. بنابراین اگر آماره آزمون بزرگ تر مساوی ۰/۰۵ به دست آید، در این صورت دلیلی برای رد فرض صفر مبتنی بر اینکه داده نرمال است، وجود نخواهد داشت. به عبارت دیگر توزیع داده‌ها نرمال خواهد بود. برای آزمون نرمالیته فرض‌های آماری به صورت زیر تنظیم می‌شود:

H_0: توزیع داده‌های مربوط به هر یک از متغیرها نرمال است؛

H_1: توزیع داده‌های مربوط به هر یک از متغیرها نرمال نیست.

که برای بررسی دقیق تر باید به منابع علم آمار و احتمال مراجعه نمود.

۳–۱–۳ آزمون نرمال بودن داده‌ها با نرم افزار SPSS

خروجی شامل جدولی تحت عنوان Tests of Normality است که دو مقدار سطح معناداری را برای هر کدام از متغیرها به طور مجزا می دهد. در جدول ۲ نتایج حاصل از نرم افزار SPSS برای نرمال بودن داده‌ها را مشاهده می‌شود.

با توجه به نتایج آزمون‌های شاپیرو–ویک و کلموگروف–اسمیرنف، نمودارهای تقریب توزیع نرمال نشان داده شده در همه حالات نرمال و یا نزدیک به نرمال هستند که برای انجام این مطالعه این تقریب کافی است.

۳–۱–٤ استفاده از آزمون روش تقریب نرمال

آزمون آماری مورد استفاده در ارزیابی کافی بودن کاهش در میانگین سرعت‌های برداشت شده، روش آزمون تقریب نرمال است. از این آزمون می‌توان در مطالعات قبل و بعد با شرط اینکه اندازه نمونه از ۳۰ بیشتر باشد، استفاده کرد که در همه شرایط داده‌ها شامل ۱– همه وسایل نقلیه ۲– به تفکیک وسایل نقلیه، این آزمون مورد استفاده قرار داده شد. سرعت متوسط قبل از اجرای تمهیدات در حالت کل وسایل نقلیه ۸۳/۷ کیلومتر بر

جدول ۲. نتایج حاصل از نرم افزار Spss برای نرمال بودن داده‌ها

سرعت‌ها	تعداد	میانگین (km/h)	واریانس	کلموگروف-اسمیرنف، sig.	شاپیرو-ویک، sig.
کل قبل	۸۱۰	۸۳/۷۳	۱۶۱/۰۶	۰/۰۵۳	۰/۴۸
کل بعد	۶۱۲	۱۴/۱۸	۲۰۱/۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
وسایل نقلیه سبک قبل	۷۱۴	۸۴/۸۸	۱۵۸/۹۱	۰/۰۲۱	۰/۲۳۵
وسایل نقلیه سبک بعد	۵۲۵	۱۴/۴۰	۲۰۷/۴۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
وسایل نقلیه سنگین قبل	۹۴	۷۴/۹۸	۹۴/۶۲	۰/۲۰۰	۰/۲۲۵
وسایل نقلیه سنگین بعد	۸۷	۷۳/۰۵	۹۷/۸۶	۰/۲۰۰	۰/۹۴۲

ساعت بوده که بعد از اجرا میزان کاهش سرعت میانگین با ۳/۱۵ کیلومتر بر ساعت کاهش به ۸۰/۵۸ کیلومتر بر ساعت رسیده که ۲۳/۷ کیلومتر بر ساعت از سرعت مجاز اعلام شده (۶۰ کیلوتر بر ساعت) بیشتر بوده است.

در حالت های مختلف نیز آزمون تقریب نرمال انجام گرفت که در جدول ۳ نتایج این آزمون آورده شده است. √ نشان دهنده معناداری اختلاف بین میانگین حالت قبل نسبت به بعد است.

۳-۱-۵ استفاده از آزمون t

در حالت های مختلف آزمون t انجام گرفت که در جدول ٤ نتایج این آزمون آورده شده است. √ نشان دهنده تایید احتمال وقوع اینکه t محاسبه شده در ۵ درصد ناحیه دنباله قرار گرفته است.

در حالتهای مختلف، بجز در حالت میانگین سرعت وسایل نقلیه سنگین، میزان کاهش میانگین سرعت‌ها از لحاظ آماری قابل قبول هستند. به منظور بررسی صحیح بودن استفاده آزمون t برای

جدول ۳. نتایج آزمون تقریب نرمال داده‌ها

بررسی $P(Z_d)>95\%$	$P(Z_d)$ (٪)	Z_d	میزان کاهش سرعت مورد انتظار نسبت به سرعت مجاز ۶۰ km/h (km/h)	کاهش سرعت (km/h)	واریانس	میانگین (km/h)	تعداد	دوره آماربرداری	برداشت سرعت‌ها
√	۱۰۰	۵/۰۲	۲۳/۷	۳/۱۵	۱۶۱/۰۶	۸۳/۷۳	۸۱۰	قبل	تمامی وسایل نقلیه
					۱۹۰/۳۱	۸۰/۵۸	۶۱۲	بعد	
√	۱۰۰	٤/۹	۲٤/۸۸	۳/۰۵	۱۵۸/۹۱	۸٤/۸۸	۷۱٤	قبل	وسایل نقلیه سبک
					۱۹٤/۰٤	۸۱/۸۳	۵۲۵	بعد	
×	۸۰/۲۳	۰/۸۵	۱٤/۹۷	۱/۹۳	۹٤/۶۲	۷٤/۹۸	۹٤	قبل	وسایل نقلیه سنگین
					۱۱۳/۶۶	۷۳/۰۵	۸۷	بعد	

جدول ٤. نتایج آزمون t داده‌ها

اهمیت‌دار بودن اختلاف میانگین	t	S_p	کاهش سرعت (km/h)	واریانس	میانگین (km/h)	تعداد	دوره آماربرداری	برداشت سرعت‌ها
√	٤/٤۲	۱۳/۳۶	۳/۱۵	۱۶۱/۰۶	۸۳/۸۳	۸۱۰	قبل	تمامی وسایل نقلیه
				۲۰۱/۰۹	۸۰/۵۸	۶۱۲	بعد	
√	۳/۹۵	۱۳/٤	۳/۰۵	۱۵۸/۹۱	۸٤/۸۸	۷۱٤	قبل	وسایل نقلیه سبک
				۱۹۶/۷۲	۸۱/۸۳	۵۲۵	بعد	
×	۱۷/۷	۰/۸۳	۱/۹۳	۹٤/۶۲	۷٤/۹۸	۹٤	قبل	وسایل نقلیه سنگین
				۹۷/۸۶	۷۳/۰۵	۸۷	بعد	

حالت‌های مختلف، آزمون F نیز می بایست انجام پذیرد که به بررسی انحراف‌های معیار در حالات‌های مختلف در مطالعات قبل و بعد می‌پردازد.

۳-۱-٦ استفاده از آزمون F

آزمون F درحالتهای مختلف انجام گرفت که در جدول ۵ نتایج این آزمون آورده شده است. √ نشان دهنده معناداری اختلاف بین میانگین حالت قبل نسبت به بعد است. √ نشان دهنده این است که اختلاف در انحراف‌های معیار اهمیت ندارد. بنابراین فرض اینکه انحراف‌های استاندارد با هم برابرند معتبر است.

همان طور که مشاهده می‌شود تنها در حالت سرعت وسایل نقلیه سنگین در مطالعات قبل و بعد استفاده از آزمون t به دلیل اختلاف زیاد انحراف‌های معیار بین مطالعات قبل و بعد، توجیه‌پذیر نیست.

۳-۱-۷ بررسی سرعت در نقطه کنترلی

به منظور بررسی تغییرات فصلی سرعت در دوره‌های آماربرداری، برداشت سرعت‌ها در نقطه ای کنترلی نیز انجام شد تا دقت آماربرداریها افزایش یافته و تهدیدات وارده به اعتبار مطالعه به حداقل برسد. نتایج برداشت‌ها در نقطه کنترلی به صورت جدول ٦ به دست آمده است.

میزان تغییرات سرعت میانگین در نقطه کنترلی در زمان بعد نسبت به زمان قبل از اجرا ۸/۸ کیلومتر برساعت افزایش داشته است. سرعت متوسط قبل از اجرا ٦۵ کیلومتر بر ساعت و سرعت متوسط در زمان بعد ۷۳/۸۰ کیلومتر بر ساعت بوده است. به منظور بررسی صحت و سقم آماری، آزمون‌های مربوط به نرمال بودن و سایر آزمون‌ها را بر روی داده‌های به دست آمده در نقطه کنترلی صورت می‌پذیرد.

همان طور که مشاهده می‌شود، میانگین سرعت‌ها در برداشت بعد به میزان ۸ کیلومتر بر ساعت افزایش نشان داده اند که می‌توان چنین افزایش سرعتی را نشان دهنده تأثیر بیشتر تمهیدات بکار برده شده برای آرام‌سازی ترافیک با توجه به آمارهای برداشت شده دانست.

۳-۲ مطالعات در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی

پس از تحلیل و بررسی داده های دریافتی از دستگاه شبیه ساز رانندگی سرعتهای وسیله نقلیه برای تمامی شرکت کنندگان در هر

جدول ۵. نتایج آزمون F داده‌ها

برداشت سرعت‌ها	دوره آماربرداری	تعداد	میانگین (km/h)	واریانس	کاهش سرعت (km/h)	F	P(F)	بررسی P(F)>95%
تمامی وسایل نقلیه	قبل	۸۱۰	۸۳/۷۳	۱٦۱/۰٦	۳/۱۵	۰/۸	۰/۹۹۸۵	√
	بعد	٦۱۲	۸۰/۵۸	۲۰۱/۰۹				
وسایل نقلیه سبک	قبل	۷۱٤	۸٤/۸۸	۱۵۸/۹۱	۳/۰۵	۰/۷۷	۰/۹۹۹٤	√
	بعد	۵۲۵	۸۱/۸۳	۱۹٦/۷۲				
وسایل نقلیه سنگین	قبل	۹٤	۷٤/۹۸	۹٤/٦۲	۱/۹۳	۰/۹۷	۰/۵۵۸۲	×
	بعد	۸۷	۷۳/۰۵	۹۷/۸٦				

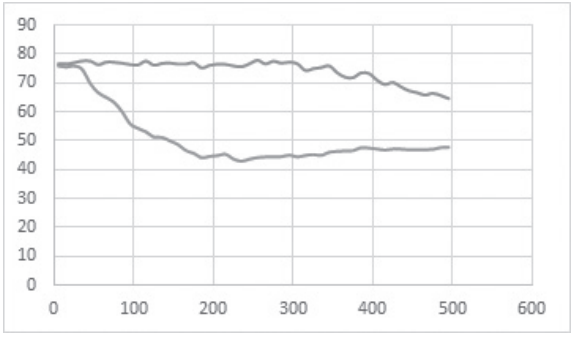
جدول ٦. نتایج آماربرداری نقطه کنترلی

نقاط کنترلی در هر دوره	تعداد	میانگین Km/hr	انحراف استاندارد Km/hr	واریانس	سرعت ۸۵ درصد Km/hr
قبل	۲٦۳	٦۵	۱۳/۵۵	۱۸۳/۵۹	۷۹
بعد	۲۸۱	۷۳	۱۳/٦۷	۱۸٦/۹۹	۸۸

جدول ٦. نتایج آماربرداری نقطه کنترلی

کشیدگی نمودارهای توزیع نرمال								
وضعیت	کشیدگی(Kurtosis)							سرعت نقاط کنترلی در هر دوره
√	-۰/۵۰۵							قبل
√	-۰/٤۰٦							بعد
آزمون نرمال بودن داده‌ها								
شاپیرو-ویک، sig.	کلموگروف-اسمیرنف، sig.		واریانس		میانگین (km/h)		تعداد	سرعت‌ها در نقطه کنترلی
۰/۰۳۰	۰/۰۰۷		۱۸۳/۵۹		٦۵/۰۰		۲٦۳	قبل
۰/۰٤۰	۰/۰۰۵		۱۸۷		۷۳/۸۰		۲۸۱	بعد
استفاده از آزمون روش تقریب نرمال								
بررسی P(Zd)>95%	P(Zd) (٪)	Zd	کاهش سرعت (km/h)	واریانس	میانگین (km/h)	تعداد	دوره آماربرداری	برداشت سرعت‌ها
√	۱۰۰	۷/۵۲	-۸/۸	۱۸۳/۵۹	٦۵	۲٦۳	قبل	تمامی وسایل نقلیه
				۱۸٦/۹۹	۷۳	۲۸۱	بعد	
استفاده از آزمون t								
اهمیت‌دار بودن اختلاف میانگین	t	Sp	کاهش سرعت (km/h)	واریانس	میانگین (km/h)	تعداد	دوره آماربرداری	برداشت سرعت‌ها
√	۷/۵۳	۱۳/٦۱	-۸/۸	۱۸۳/۵۹	٦۵	۲٦۳	قبل	تمامی وسایل نقلیه
				۱۸٦/۹۹	۷۳	۲۸۱	بعد	
استفاده از آزمون F								
بررسی P(F)>95%	P(F)	F	کاهش سرعت (km/h)	واریانس	میانگین (km/h)	تعداد	دوره آماربرداری	برداشت سرعت‌ها
×	۰/۵٦۵	۰/۹۸	-۸/۸	۱۸۳/۵۹	٦۵	۲٦۳	قبل	تمامی وسایل نقلیه
				۱۸٦/۹۹	۷۳	۲۸۱	بعد	

۱۰ متر محاسبه شد و نمودار میانگین سرعتها متناسب با مکان به صورت شکل ۷ رسم شد.



شکل ۷. نمودار میانگین سرعت-مکان

همان طور که مشاهده می شود، سرعتها قبل از اعمال تمهیدات آرام سازی ترافیک نزدیک به ۷۵ کیلومتر بر ساعت بوده و پس از اعمال آنها به ٤۵ کیلومتر بر ساعت رسیده است. در سناریوی اول که مربوط به مطالعات قبل بوده، در پایان مسیر، کاهش سرعت دیده می شود که این کاهش سرعت به دلیل رسیدن به قوس اتصال به حلقه بعدی است. در سناریوی دوم همان طور که مشاهده می شود، رانندگان ابتدا با همان سرعت قبل رانندگی کرده که پس از طی کردن ۳۰ متر از مسیر تحت تأثیر خط کشی قرار گرفته و شروع به کاهش سرعت خود کردند که این کاهش سرعت با دیدن تابلوی اول که در فاصله ۱۵۰ متری بود بیشتر

شده و ادامه پیدا کرد و در نزدیکی تابلوی ردیف دوم، به بیشترین مقدار خود رسید، اما پس از پشت سرگذاشتن تابلوها، سرعتها افزایش پیدا کرد. افزایش سرعت پس از عبور از تابلوها نشان می دهد که رانندگان پس از طی بخشی از مسیر به خط کشی عادت کرده و تأثیرپذیری کمتری نسبت به حالت حضور تابلو وخط کشی تواماً دارند.

طبق نظرسنجی های انجام شده از شرکت کنندگان پس از انجام آزمایش، اغلب آنها تأثیرمحدود کنندگی خط کشی ها را ملموس می دانستند. همچنین متن تابلوها که هشداری برای رسیدن به ناحیه شهری بود، برای اغلب آنها جلب توجه کننده بود که سعی داشتند سرعت خود را کاهش دهند و با عدد محدودیت سرعت روی تابلو تطبیق دهند. علاوه بر این رانندگان بر این تصور بودند که این خط کشی ها علامت هشداری برای اعلام وجود مانعی بلافاصله پس از خط کشی هستند.

٤. نتیجه گیری و پیشنهادات

به دنبال یافتن اقدامی چاره جویانه برای کاهش سرعت در ورودی شهرها، طرحی از خط کشی‌های عرضی و تابلوهای مربوط به آرام‌سازی ادراکی ترافیک انتخاب و در ورودی شهر ایزدشهر اجرا گردید. همچنین این طرح‌ها در محیط شبیه‌ساز رانندگی نیز مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی تأثیر گذاری این تمهیدات مطالعه ای به صورت قبل و بعد بر میانگین سرعت وسایل نقلیه عبوری از این مقطع انجام شد. در نقطه ای از مسیر برگشت در همین مقطع آماربرداری متناظر با برداشت قبل و بعد، به عنوان نقطه کنترلی نیز انجام گرفت تا تأثیر تغییرات فصلی سرعت نیز زیرنظر قرارگیرد.

میانگین سرعت‌ها در حالت سرعت کل وسایل نقلیه در مطالعه بعد نسبت به مطالعه قبل ۳/۸ 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 ۲۰/۵۸ کیلومتر بر ساعت بیشتر بوده است.

بعد از اتمام برداشت‌ها، آزمون‌های آماری مورد نظر مانند آزمون نرمال بودن داده‌ها، آزمون تقریب نرمال، آزمون t و آزمون F، در هر مرحله به منظور بررسی آماری کافی بودن کاهش سرعت‌های میانگین، انجام گرفت. آزمون‌های آماری نشان داد که صحت و سقم نتایج آماربرداری‌ها بجز در حالت بررسی سرعت‌های وسایل نقلیه سنگین، مورد تایید بوده است، میزان کاهش سرعت میانگین در حالت بررسی سرعت تمامی وسایل نقلیه بعد از اجرای تمهیدات نسبت به قبل ۳/۱۵ کیلومتر بر ساعت به دست آمده است. در حالت بررسی سرعت وسایل نقلیه سنگین در مطالعات قبل و بعد با توجه به اینکه سرعت‌ها نسبت به وسایل نقلیه سبک پایین‌تر بوده‌اند، اما مشاهده شد که تغییرات سرعت میانگین در وسایل نقلیه سنگین ناچیز است که حرفه‌ای بودن رانندگان وسایل نقلیه سنگین می‌تواند یکی از دلایل مهم تأثیرپذیری کم این دسته از رانندگان باشد.

در دستگاه شبیه‌ساز، سرعتها قبل از اعمال تمهیدات آرام سازی ترافیک، نزدیک به ۷۵ کیلومتر بر ساعت بوده و پس از اعمال آنها به ٤٥ کیلومتر بر ساعت رسیده است. پس از اعمال تمهیدات در سناریوی دوم، رانندگان ابتدا با همان سرعت قبل رانندگی کرده که پس از طی کردن ۳۰ متر از مسیر تحت تأثیر خط کشی قرارگرفته و شروع به کاهش سرعت خود کردند که این کاهش سرعت با دیدن تابلوی اول که در فاصله ۱۵۰ متری بود بیشتر شد و ادامه پیدا کرد و در نزدیکی تابلوی ردیف دوم به بیشترین مقدار خود رسید، اما پس از پشت سرگذاشتن تابلوها، سرعت افزایش پیدا کرد. افزایش سرعت پس از عبوراز تابلوها نشان می‌دهد که رانندگان پس از طی بخشی از مسیر به خط کشی عادت کرده و تأثیرپذیری کمتری نسبت به حالت حضور تابلو و خط کشی تواماً دارد.

در این دستگاه راننده تا حدودی از رخ دادن یک اتفاق آگاه است، زیرا می داند که با هدفی خاص مورد آزمایش قرار گرفته است، بنابراین با دیدن علائم متوجه آنها و هدف تحقیق شده و تصمیم به کاهش سرعت گرفته ولی در دنیای واقعی ممکن است راننده و حتی رانندگان قانونمند اصلاً متوجه علائم نشوند و تأثیری بر رفتار آنها نداشته باشد. در دستگاه شبیه ساز رانندگی نیز رانندگانی حضور داشتند که با دیدن و متوجه شدن علائم، اقدام به کاهش

سرعت نکردند، اما آن دسته از رانندگان قانونمند هنگام مواجهه با این علائم احتمالا به هدف تحقیق پی برده‌اند و اقدام به کاهش سرعت نمودند. بنابراین اگر فرهنگ سازی شود و به رانندگان آموزش داده شود که هر کدام از علائم، هدف خاصی را به دنبال خواهند داشت، می توان لااقل سرعت رانندگان قانون‌مند را کاهش داد.

با توجه به اینکه این مطالعات تنها بر روی نوع خاصی از خط‌کشیها و تابلوها انجام شده و مقطع استفاده از این تمهیدات تنها ورودی شهر ایزدشهر بوده، اعتبار سنجی بر روی دستگاه شبیه‌ساز تنها ملاک اعتبار، علاوه بر تجربه در دنیای واقعی است. برای اعتبار سنجی بیشتر نیاز به مطالعه انواع دیگر خط کشی‌ها و در موقعیت‌های مکانی دیگر است.

این تحقیق با این هدف که تمهیدات بکاررفته، به چه میزان بر کاهش سرعت وسایل نقلیه عبوری از مقطع مورد نظر تأثیرگذار بوده‌اند، صورت پذیرفت و میزان این تغییرات تابع رفتار رانندگان و پاسخ آنها به این تمهیدات نیز بوده است. یکی از دلایل مؤثر بر تأثیرکم این تمهیدات برکاهش میانگین سرعتها، رفتار رانندگان ایرانی است که میزان توجه آنها به تابلو و خط کشی‌ها در سطح بسیار پایینی قرار دارد. نکته قابل توجه اینکه در مطالعه‌ای که به صورت پرسشنامه‌ای بر روی میزان توجه رانندگان به تابلوها انجام شد، تنها ۲۱ درصد از رانندگان مورد پرسش به طور دقیق متوجه تابلوها و پیام آن شده‌اند که این موضوع یکی از دلایل پایین بودن کاهش سرعت‌های میانگین بوده است.

در آینده می‌توان از طرح‌هایی استفاده کرد که تأثیرگذاری بیشتری در کاهش سرعت وسایل نقلیه داشته باشند. پروژه انجام شده، اولین تحقیق علمی در زمینه آرام‌سازی ادراکی ترافیک در ورودی شهرها در ایران بوده است. همان طور که اشاره شد، شرایط مشابه زیادی از این نقاط که دارای معضل سرعت بالای وسایل نقلیه هستند، وجود دارد. در نقاطی از راه که هندسه و فیزیک محیط تسهیلات ارتباطی تغییری نکرده است و در مقابل آن نقش اجتماعی راه بالا رفته است، عبور وسایل نقلیه ای که با سرعت زیاد وارد شهرهایی می‌شوند که به صورت خطی در کناره مسیرهای اصلی رشد کرده، برای ایمنی سایر کاربران راه ایجاد خطر می‌نمایند. در آینده می‌توان با استفاده از این طرح و طرح‌هایی که از لحاظ عملی و علمی تأثیر گذاری آنها به اثبات رسیده است، استفاده کرد تا بتوان با کاهش سرعت، ایمنی مقطعی از راه را که علاوه بر کاربران خودرویی، کاربران دیگری چون عابرین پیاده، دوچرخه سواران و ... استفاده می‌کنند را فراهم نمود.

۵. پی‌نوشت‌ها

1- World Health Organization (W.H.O)
2- Peripheral
3- Leading lines
4- Speeds in free-flow condition
5- Kolmogorov-Smirnov
6- Shapiro-Wilk

٦. منابع

– خبیری، محمدمهدی و احمدی نژاد، محمود (۱۳۸۲) "بررسی علل تصادفات محدوده ورودی شهرهای کشور"، دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی عمران، دانشگاه امیرکبیر، تهران

– وهاب زاده، الف. (۱۳۸۷) "تأثیر عامل انسانی بر وقوع تصادفات رانندگی آزادراه کرج– قزوین در سال ۸٤ و راه های کنترل و کاهش آن"، فصلنامه مدیریت ترافیک، سال سوم، شماره ۸ .

- Abate, D., Dell'Acqua, G., Lamberti, R. and Coraggio, G. (2009) "Use of traffic calming devices along major roads thru small rural communities in Italy", Transportation Research Record, paper 08-067.

- Balde, A.D. and Dissanayake, S. (2011) "Effectiveness of optical speed bars in reducing approach speeds to rural communities", Transportation Research Record, paper 11-2000.

- Calvi, A., Benedetto, A. and De Blasiis, M.R. (2010) " A driving simulator study of driver performance on deceleration lanes", accident analysis & prevention,

volume 45, pp. 195-203.

- Drakopoulos, A. and Vergou, G. (2003) “Evaluation of the converging chevron pavement marking pattern at one Wisconsin location”, AAA Foundation for Traffic Safety.

- Godley, S. (1999) “A Driving simulator investigation of perceptual countermeasures to speeding”, Ph.D. Dissertation, Department of Psychology, Monash University.

- Katz, B. J. and Rakha, H. A. (2008) “Determination of effective design of perceptual transverse bars to reduce vehicle speeds on a controlled roadway”, Transportation Research Record, Paper 08-1253

- Mcshane, William R., Roess, Roger P. and Prassas, Elena S. (2004) "Traffic engineering", Chapter 9, Speed, Travel Time and Delay Studies, Polytechnic University. Third Edition

- Ruschman, P. A., Joscelyn, K. and Treat, J. R. (1981) “Managing the speed crash risk”, Michigan: University of Michigan Highway Safety Research Institute.