

مقایسه رفتار رانندگان در برابر ادوات آرام سازی ترافیک در دنیای واقعی و مجازی

فرشیدرضا حقیقی^۱، علی اکبری^۲

از صفحه ۱۰۷ تا ۱۲۲

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۲۸

چکیده

بررسی عکس العمل رانندگان در برابر اقدامات آرام سازی ترافیک می تواند کمک بزرگی در جهت انتخاب و اجرای طرح مناسب برای آرام سازی ترافیک کند؛ لذا در این تحقیق دو پارامتر سرعت و جابجایی جانبی به عنوان معیاری برای بررسی رفتار رانندگان در برابر نوع خاصی از تمهیدات آرام سازی ادراکی ترافیک در نظر گرفته شده است. این مطالعه به روش توصیفی از نوع پس رویدادی انجام شده است و جامعه آماری آن را دو گروه در فضای واقعی (خودروهای ورودی شهر ایزدشهر) و ۳۹ نفر راننده با میانگین سنی ۲۸ سال و حداقل ۳ سال سابقه برای دنیای مجازی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابزار مورد استفاده در این مطالعه تابلوهای محدودیت سرعت مجاز و دستگاه شبیه ساز رانندگی بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین سرعت رانندگان در دنیای واقعی به هنگام مواجهه با تابلو محدودیت سرعت مجاز ۳/۹ کیلومتر بر ساعت کاهش یافت اما در دستگاه شبیه ساز رانندگی این کاهش سرعت ۱۳/۱ کیلومتر بر ساعت بوده است. جابه جایی جانبی رانندگان نیز در دستگاه شبیه ساز رانندگی پس از نصب تابلو بیشتر شده که می توان آن را به دنیای واقعی نیز تعمیم داد و نتیجه گرفت که تابلوهای حاشیه راه تاثیر منفی بر جابه جایی جانبی رانندگان دارند.

کلید واژه‌ها

دستگاه شبیه ساز رانندگی، آرام سازی ترافیک، سرعت، جابجایی جانبی، تابلو محدودیت سرعت مجاز.

۱. استادیار مهندسی حمل و نقل دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، ۰۹۱۲۳۳۴۳۴۸۳، Haghghi@nit.ac.ir
۲. کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، ۰۹۳۵۶۵۸۵۱۹۱، alii.akbari@yahoo.com

هدف از بررسی رفتار رانندگان در برابر ادوات آرام سازی ترافیک، یافتن راهکار مناسب برای آرام سازی ترافیک خصوصاً کاهش سرعت و افزایش ایمنی و کاهش مرگ و میر است؛ زیرا تصادفات جاده‌ای یکی از عوامل تاثیرگذار بر مرگ و میر در دنیا به شمار می‌رود. بنا بر گزارش سازمان بهداشت جهانی^۱ سالانه حدود یک میلیون و دویست هزار نفر جان خود را در اثر تصادفات جاده‌ای از دست می‌دهند و حدود پنجاه میلیون نفر نیز در اثر این حوادث آسیب می‌بینند (وهاب زاده، ۱۳۸۷). با فرض چهار عامل اصلی خطای انسانی، عیب وسیله نقلیه، عیب مسیر و راه و عوامل محیطی بعنوان نقشه‌ای اساسی در تعداد و خصوصاً شدت تصادفات، کاهش سرعت می‌تواند تاثیر مطلوبی در کاهش تصادفات داشته باشد؛ به طوری که برخی از محققان عامل سرعت را در بیش از ۳۷ درصد تصادفات منجر به مرگ موثر دانسته‌اند (روچمن و همکاران^۲، ۱۹۸۱). امروزه مدیریت سرعت مشکل اساسی برای بیشتر کشورهای دنیا محسوب می‌شود. هر چند اقدامات پلیس مهم‌ترین سلاح برای کنترل سرعت غیر مجاز و مقابله با رانندگان متخلف است ولی این اقدامات اغلب پر هزینه بوده و نارضایتی افراد جامعه را به دنبال خواهند داشت. در میان انواع روش‌های مدیریت سرعت، آرام‌سازی ترافیک^۳ یکی از روش‌های کاربردی در این زمینه است که به صورت گسترده در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. موسسه مهندسان حمل و نقل آمریکا^۴ آرام‌سازی ترافیک را مجموعه‌ای از اقدامات فیزیکی و ادراکی می‌داند که باعث کاهش اثرات منفی وسایل نقلیه موتوری، تغییر رفتار رانندگان و بهبود وضعیت کاربران غیر موتوری راه‌ها می‌شود. این مطالعه تاثیر نصب تابلوهای محدودیت سرعت در کنار خیابان بعنوان یکی از اقدامات ادراکی آرام‌سازی ترافیک را در دو دنیای واقعی و مجازی مورد بحث قرار داده است. در واقع با توجه به این که ۶۰ درصد تصادفات جاده‌ای ایران در ورودی شهرها رخ می‌دهد (خبیری و احمدی نژاد، ۱۳۸۲) و با توجه به نقش تاثیرگذار سرعت در تصادفات، این مطالعه سعی کرده است تا با طراحی تابلوها مطابق استانداردهای آیین‌نامه‌ای و جانمایی مناسب آن‌ها در ورودی یکی از شهرهای استان

-
1. World health organization (W.H.O)
 2. Ruschman, Joscely and Trea
 3. Traffic calming
 4. Institute of Transportation Engineers (ITE)

مازندران و همچنین شبیه سازی قطعه مورد آزمایش در یک دستگاه شبیه ساز رانندگی، تاثیر تابلوها بر رفتار سرعت رانندگان را در دو دنیای واقعی و مجازی مورد ارزیابی قرار دهد. از طرفی دیگر باید ذکر شود که امروزه در علم مهندسی ترافیک و خصوصاً ایمنی، از ابزار های شبیه ساز به منظور کاهش هزینه و افزایش ایمنی استفاده می شود؛ به طوری که گستره وسیعی از مقالات مرتبط با رفتار رانندگان در سال های اخیر کاملاً محدود و مرتبط با شبیه ساز های ترافیکی یا مشخصاً شبیه ساز های رانندگی است. استفاده از دستگاه های شبیه ساز رانندگی به منظور پژوهش، از دهه ی ۱۹۵۰ میلادی آغاز شده و مطابق با پیشرفت فناوری های رایانه ای در قرن بیست و یکم به بیشترین حد خود رسیده است؛ به طوری که در حال حاضر به یکی از موضوعات پر طرفدار در علم مهندسی حمل و نقل تبدیل شده است. باید ذکر شود اگر چه هزینه اولیه دستگاه شبیه ساز نسبتاً بالاست ولی به دلیل هزینه های جانبی و بعدی بسیار پایین آن، صرفه اقتصادی این دستگاه ها قابل توجه است. علاوه بر آن چون تمامی مراحل انجام مطالعات در آزمایشگاه انجام می شود، ایمنی کافی را برای کاربران فراهم می آورد و به خصوص در شرایط مربوط به تصادفات حین رانندگی هیچ آسیبی به کاربران نمی رسد. این مهم ترین عاملی است که مهندسان حمل و نقل برای انجام مطالعات رفتاری رانندگان از دنیای حقیقی به دنیای مجازی و دستگاه های شبیه ساز رانندگی روی آوردند. هدف اصلی این تحقیق بررسی تطبیقی رفتار رانندگان در برابر ادوات آرام سازی ترافیک در دنیای واقعی و مجازی است. بنابراین این مطالعه به دنبال پاسخ به این سوال اساسی است که رفتار رانندگان در برابر ادوات آرام سازی ترافیک در دنیای مجازی و واقعی با تاکید بر محدودیت سرعت مجاز چه تفاوتی دارد؟

پیشینه و چارچوب نظری

تحقیقات زیادی در زمینه سرعت و مدیریت سرعت انجام گرفته است، اما تحقیقات در زمینه کنترل سرعت در ورودی شهرها چندان زیاد نیست و حتی مطالعاتی که در زمینه آرام سازی ترافیک انجام شده بیشتر شامل روش های فیزیکی آرام سازی ترافیک است که در داخل محلات و شهرها به کار گرفته می شوند. در زمینه آرام سازی ترافیک به روش ادراکی مطالعاتی از سال ۱۹۸۷ تا کنون صورت گرفته است که می توان به تحقیق بارکر و هلیار-

مقایسه رفتار رانندگان در برابر ادوات آرام سازی ترافیک در دنیای واقعی و مجازی

سیمونز^۱ (۱۹۹۷) اشاره کرد که دو روش کم هزینه برای آرام سازی ترافیک را در بریتانیا مورد بررسی قرار دادند. تمهیدات آرام سازی ترافیک در این تحقیق شامل علامت گذاری بر سطح راه و تابلو گذاری در کنار جاده بود که از تابلوهای استاندارد محدودیت سرعت ۶۵ کیلومتر بر ساعت استفاده شد. علاوه بر این، تابلوهایی با زمینه سفید رنگ که حاوی تعداد ۳، ۲ و ۱ میله سیاه رنگ مورب بودند نیز در زیر تابلوهای محدودیت سرعت به ترتیب در فاصله های ۳۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ متری از شروع مکان آزمایش نصب شده بود و از یک هفته تا ۱۲ ماه پس از نصب تابلوها و علامت های سطح راه، در ۵ روستا مطالعات اثرسنجی بعد انجام گرفت. نتایج نشان داد که بر خلاف خط کشی ها، تابلوهای محدودیت سرعت تاثیر قابل توجهی در کاهش میانگین سرعت ها نداشتند. ران و هوتن و فابین ون هوتن^۲ (۱۹۸۷) تاثیر یک تابلو نصب شده در کنار خیابان را بر سرعت وسایل نقلیه در جایی که یک راه چهار خطه با سرعت مجاز ۸۰ کیلومتر بر ساعت به یک راه دو خطه شهری با سرعت مجاز ۵۰ کیلومتر بر ساعت انتقال می یافت بررسی کردند. تابلوی استفاده شده در این آزمایش، مستطیل شکل با زمینه سفید رنگ که روی آن با حروف سیاه رنگ متن "سرعت خود را از این نقطه کاهش دهید" نوشته شده بود. علاوه برحروف، یک پیکان سیاه رنگ نیز تحت زاویه ۴۵ درجه در تابلو طراحی شده بود که به سمت پایین و به طرف جاده اشاره می کرد. علاوه بر تابلوی نصب شده، یک تابلو محدودیت سرعت استاندارد که رانندگان را از سرعت مجاز آگاه می کرد در بالا دست تابلو اصلی آزمایش موجود بود. درصد وسایل نقلیه با سرعت بیش از ۶۰ کیلومتر بر ساعت پس از نصب تابلو از ۴۵/۸ به ۳۷/۴ رسید که پس از برداشتن تابلو دوباره به عدد اولیه برگشت و پس از نصب مجدد تابلو به رقم ۳۳/۸ رسید. نتایج نشان داد تابلویی که جهت را برای رانندگان مشخص می کرد در مقایسه با تابلوی استاندارد محدودیت سرعت تاثیر بیشتری بر کاهش سرعت داشت. در سال ۱۹۹۸ مطالعه ای بر روی تابلوهای اعلام سرعت هوشمند در ورودی ۶ روستا در انگلستان انجام گرفت و سرعت ۸۵ درصد و میانگین سرعت ها در ۱، ۶ و ۱۲ ماه پس از نصب تابلوها جمع آوری شد. نتایج نشان داد که هم سرعت ۸۵ درصد و هم میانگین سرعت ها در همه مکان های آزمایش به طور مداوم کاهش یافته است و متوسط کاهش

1. Barker and Helliard-Symons
 2. Yan Houte and Van Houten

سرعت در همه مکان‌ها ۶/۹ کیلومتر بر ساعت گزارش شده است (فارمر، بارکر و مایهی^۱، ۱۹۹۸) دونل و کروزادو^۲ (۲۰۰۸) تاثیر تابلوهای هوشمند اعلام سرعت بر مدیریت سرعت در خیابان‌های محلی ایالت پنسیلوانیا آمریکا را مورد بررسی قرار دادند. در ۱۳ مکان تابلوها به مدت یک هفته و در ۴ مکان دیگر تابلوها به مدت ۲ هفته نصب شده بودند. میانگین سرعت‌ها در ۱۳ مکان آزمایش و در پایین دست تابلوها به میزان ۱۰ کیلومتر بر ساعت کاهش پیدا کرد. همچنین پس از برداشتن تابلوها تغییرات به وجود آمده در میانگین سرعت‌ها از بین رفت و سرعت وسایل نقلیه به سطح قبل از نصب تابلوها بازگشت. دنیلز و همکارانش^۳ (۲۰۱۰) تاثیر علائم سطح راه و تابلوها را در جاده‌های بین شهری در بلژیک بر کاهش سرعت مورد بررسی قرار دادند که در این تحقیق تاثیر این ادوات در دو دنیای واقعی و مجازی مورد بررسی قرار گرفت. قرار بر این بود تا در جاده‌های مورد نظر سرعت از ۹۰ به ۷۰ برسد که متوسط سرعت ۷۵ و سرعت ۸۵ درصد به ۸۶ رسید. در مطالعه دیگری توسط مونتلا و همکاران^۴ (۲۰۱۱) به ارزیابی سرعت، شتاب کاهنده و جابجایی رانندگان در راه‌های برون شهری در برابر تمهیدات آرام سازی ترافیک پرداخته شد. در این مطالعه از ۲۳ شرکت کننده استفاده شد و راه دوخطه با عرض خط ۵/۳ متر و ۱/۲۵ متر شانه در نظر گرفته شد که کاهش سرعت ۱۳ الی ۲۳ کیلومتر بر ساعت از ۲۵۰ متر قبل از تقاطع به دست آمد. در این مطالعه، رفتار رانندگان در برابر تابلوهای حاشیه راه به عنوان ادوات تامین ایمنی و آرام سازی جریان ترافیک در راه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است که از پارامتر سرعت و جابه‌جایی جانبی به عنوان پارامتر ارزیابی استفاده شد. از آنجایی که بررسی جابه‌جایی جانبی در دنیای واقعی کار بسیار دشواری است، از نتایج دستگاه شبیه ساز مشروط بر میزان واقعیت‌گرایی بالای آن می‌توان بهره برد. علاوه بر این، طی جستجوهای صورت گرفته، در ایران مطالعاتی در رابطه با میزان اثرگذاری انواع تابلوها برای کاهش سرعت انجام نشده است، بنابراین ابزار مناسبی برای مقایسه و بررسی تاثیر هر کدام از این عوامل در آرام سازی ترافیک وجود ندارد و از آنجا که برای بررسی این موضوع نیاز به انجام مطالعات میدانی است و با توجه به اینکه این امر بسیار

1. Farmer, Barker & Mayhe

2. Donnell and Cruzad

3. Daniels & et al

4. Montella & et al

مقایسه رفتار رانندگان در برابر ادوات آرام سازی ترافیک در دنیای واقعی و مجازی

زمان بر و هزینه بر می باشد؛ بنابراین براساس الگو گیری از مقالات خارجی، این مطالعه با استفاده از تکنیک های شبیه سازی ضمن کاهش هزینه و اتلاف وقت با یک تقریب نسبتاً مناسب، میزان تاثیر هر کدام از این عوامل کاهنده سرعت را بررسی کرده است. دستگاه شبیه ساز رانندگی مورد استفاده در این تحقیق شامل یک اتاقک خودرو پراید با تجهیزات داخلی نسبتاً کامل و سه عدد تلویزیون برای ایجاد تصویر سه بعدی است.

روش شناسی تحقیق

هدف اصلی این تحقیق بررسی رفتار رانندگان در مقابل ادوات آرام سازی ترافیک بوده که خود به دو دسته آرام سازی ادراکی و آرام سازی فیزیکی تقسیم می شود. آرام سازی ادراکی نیز شامل دو دسته، علائم افقی و عمودی سطح راه بوده که تابلوهای محدودیت سرعت مجاز جزء علائم قائم راه بوده که می تواند در نقاط مختلف راه نظیر حاشیه کناری و یا بالای مسیر عبوری نصب شود. در این مطالعه از تابلوهای محدودیت سرعت مجاز به عنوان یکی از ادوات آرام سازی ادراکی ترافیک استفاده شد و پارامترهای سرعت و جابه جایی جانبی رانندگان به عنوان معیارهایی برای بررسی رفتار رانندگان مورد استفاده قرار گرفت. علاوه بر این، مقطع راه مورد نظر در دستگاه شبیه ساز رانندگی نیز شبیه سازی شد. تکنیک کار براساس مطالعات علی - مقایسه ای (پیش آزمون - پس آزمون) است که از پارامترهای سنجش سرعت و جابه جایی جانبی به عنوان معیار اثربخشی اصلاحات صورت گرفته استفاده شده است.

۱- مطالعات دنیای واقعی: محدوده مطالعه ورودی غربی شهر ایزدشهر به طول ۴۸۰ متر شامل دو خط عبوری در دو طرف با میانه ۲ متری بدون هرگونه تمهیدات خاص برای مدیریت سرعت و آرام سازی ترافیک بوده است و با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه طراحی تابلوها، سعی شده است تابلویی متناسب با جاده و شرایط محیطی ورودی شهر ایزدشهر طراحی شود. از این رو، دو تابلو مطابق با آیین نامه ایمنی راه های ایران، نشریه ۳-۲۶۷ (علائم ایمنی راه) ارائه شده در شکل (۱) طراحی شد که تابلوی اول شامل محدودیت سرعت مجاز ۶۰ کیلومتر بر ساعت و پیام های "آهسته برانید" و اطلاع رسانی از ورودی شهر ایزدشهر و تابلوی دوم فقط شامل محدودیت سرعت و پیام "آهسته برانید" بوده است.



ب



الف

شکل ۱: تابلوهای طراحی شده (الف) تابلوی اول با پیام ورودی شهر (ب) تابلوی دوم بدون پیام ورودی شهر

تابلوها در دو طرف مسیر عبوری به فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر به ترتیب نصب شدند. به این ترتیب سعی شد تا یک دروازه در ورودی شهر ایزد شهر به وجود آید تا با اطلاع رسانی به رانندگان در ادراک آنها تاثیر گذاشته و رانندگان را مجاب به کاهش سرعت کند. تابلوهای سمت راست جاده در فاصله ۷۵ سانتی متری از شانه آسفالتی و تابلوهای سمت چپ در ریفوژ میانی نصب شدند که برای دید بهتر تابلوهای نصب شده در ریفوژ میانی، درختچه‌ها و بوته‌های موجود در میانه بریده شدند. جانمایی تابلوها در مکان آزمایش مطابق شکل (۲) و براساس آیین نامه ایمنی راه‌های ایران نشریه ۳-۲۶۷ (علائم ایمنی راه) صورت گرفت.



شکل ۲: ورودی شهر ایزد شهر پس از نصب تابلوها

۲- مطالعات دنیای مجازی

۲-۱- دستگاه شبیه ساز رانندگی: برای تحقیق در دنیای مجازی از دستگاه شبیه ساز رانندگی پایه ثابت با کابین خودرو پرآید که شامل صندلی، فرمان، گاز، کلاچ و کل داشتبور و همچنین آمپرهای سرعت سنج نیز است، استفاده شده است. در این دستگاه از سه تلویزیون LCD برای نمایش تصویر شامل یک تلویزیون ۴۲ اینچ در روبرو برای نمایش تصویر اصلی و دو تلویزیون ۳۲ اینچ برای نمایش تصاویر کناری استفاده می‌شد که مجموعاً ۱۲۰ درجه زاویه دید را مطابق شکل (۳) برای شرکت کنندگان فراهم می‌آورد. این دستگاه شبیه ساز رانندگی در شهر تبریز و متعلق به شرکت فن افروز تبریز بوده که برای اهداف آموزشی برای کسانی که نیاز به آموزش رانندگی برای گرفتن گواهینامه داشتند، در آموزشگاه‌های رانندگی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۳: نمای کلی از دستگاه شبیه‌ساز رانندگی شرکت فن افروز تبریز

۲-۲- سناریو شبیه سازی شده: ورودی شهر ایزد شهر به طول ۴۸۰ متر در دستگاه شبیه ساز مانند شکل (۴) به گونه ای طراحی شده بود که تمامی عوارض فیزیکی راه، درختان، منازل مسکونی و رفیوژ میانی تا حد امکان شبیه به دنیای واقعی شبیه سازی شود. دو سناریو طراحی شد که سناریو اول بدون هیچ گونه علائم و ادوات آرام‌سازی ترافیک بوده و سناریو دوم شامل تابلوهای محدودیت سرعت مجاز بوده است. تابلوهای استفاده شده در این سناریو، همان تابلوهایی بودند که برای مطالعات دنیای واقعی طراحی شده و حاوی علائم و پیام‌های کاهش سرعت برای رانندگان بوده اند.



شکل ۴: سناریو شبیه سازی شده بدون تابلو در دستگاه شبیه ساز رانندگی

شرکت کنندگان ابتدا نزدیک به ۱۳ کیلومتر از مسیر را در غالب ۲۶ دور کامل بدون هیچ گونه علائمی رانندگی طی کردند. هدف از این کار این بود تا به اندازه کافی با طرز کار دستگاه شبیه ساز آشنا شده و به کنترل وسیله نقلیه و همچنین کار با فرمان و گاز و کلاچ و ... تسلط کافی پیدا کنند. علاوه بر این، داده های مربوط به این سناریو بدون علائم به عنوان داده های مطالعات قبل در نظر گرفته شد و پس از آن در ۲۷ دور، مطابق شکل (۵) تابلوها در تصویر ظاهر شد.



(ب)



(الف)

شکل ۵: سناریو شبیه سازی شده (الف) تابلو محدودیت سرعت (ب) تابلو محدودیت سرعت به همراه اطلاع رسانی ورودی شهر

۳-۲- شرکت کنندگان: از ۴۰ شرکت کننده استفاده شد که به دلیل نقص موجود در دستگاه شبیه ساز رانندگی اطلاعات مربوط به یک شرکت کننده حذف و داده های ۳۹ شرکت کننده شامل ۳۲ مرد و ۷ زن با میانگین سنی ۲۸ سال و انحراف استاندارد ۷ سال و حداقل ۳ سال سابقه رانندگی و تجربه رانندگی به میزان بیش از ۵۰۰۰ کیلومتر در سال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شرکت کنندگان با سطح تحصیلات متفاوت از زیر دیپلم تا دکتری و شرایط شغلی متفاوت نظیر معلم، مهندس، پزشک، استاد دانشگاه، راننده، مغازه دار و آشپز بوده اند.

مقایسه رفتار رانندگان در برابر ادوات آرام سازی ترافیک در دنیای واقعی و مجازی

قبل از آزمایش هیچ گونه توضیحی راجع به سناریوها و علائم ادراکی موجود در آنها به شرکت کنندگان داده نشد و فقط از آنها خواسته شد تا همان گونه که در دنیای واقعی رانندگی می کنند در دستگاه شبیه ساز نیز رانندگی کنند.

۴. ابزار و روش های جمع آوری داده ها: برای بررسی رفتار رانندگان از پارامتر میانگین سرعت وسایل نقلیه استفاده کننده از راه استفاده شد که برای این کار سرعت نقطه ای وسایل نقلیه در دنیای واقعی با استفاده از دوربین های سرعت سنج پلیس راهی اندازه گیری شد. در دستگاه شبیه ساز رانندگی نیز به دلیل آنکه سرعت هر لحظه متحرک در دسترس بوده است، از پارامتر سرعت میانگین متحرک در کل مقطع مورد مطالعه استفاده شد. در هر دو آمار برداری تلاش شده است تا شرایط جریان آزاد ترافیک فراهم شود. علت تاکید بر جریان آزاد ترافیکی جلوگیری از تاثیر وسایل نقلیه جلویی بر وسایل نقلیه پشت سری و حرکت های گروهی بوده است. جریان آزاد ترافیکی زمانی رخ می دهد که جریان و چگالی صفر باشند که در دنیای واقعی برای این که شرایط جریان آزاد فراهم شود داده های سرعت وسایل نقلیه ای که کمتر از ۵ ثانیه (سرفاصله بحرانی ۵ ثانیه) با وسیله نقلیه جلویی فاصله داشتند، حذف شد و در دستگاه شبیه ساز رانندگی نیز اصلاً ترافیکی اعمال نشد و راننده به تنهایی در مسیر رانندگی کرده است. آمار برداری دنیای واقعی در دو دوره زمانی قبل و بعد از نصب تابلوها و در شرایطی که حجم تردد بین 1000veh/h/ln - 750 بود (رعایت شرط عدم تاثیر حرکت های گروهی بر سرعت) انجام گرفت، آمار برداری قبل در فصل تابستان و آمار برداری بعد در فصل پاییز انجام شد. به طور کل در فصل تابستان تعداد ۸۱۰ نمونه و در فصل پاییز تعداد ۷۶۲ نمونه جمع آوری شد. برای جمع آوری سرعت وسایل نقلیه، دستگاه رادار دستی پلیس راهی نشان داده شده در شکل (۶) (دوربین سرعت سنج متحرک) مورد استفاده قرار گرفت این دستگاه از یک تفنگ لیزری و یک صفحه نمایش هوشمند برخوردار است که قابلیت نمایش فاصله، سرعت وسایل نقلیه و همچنین امکان تفکیک وسایل نقلیه را دارا می باشد. شایان ذکر است برای اینکه آمار برداری بر روی سرعت وسایل نقلیه تاثیر نگذارد و رانندگان با دیدن دستگاه آمار برداری سرعت وسایل نقلیه خود را کم نکنند، دستگاه آمار برداری و کارکنان آمار گیری از دید رانندگان مخفی شدند.



شکل ۶: دوربین سرعت سنج متحرک

در دستگاه شبیه ساز رانندگی نیز داده های مربوط به مختصات سه بعدی وسیله نقلیه در بازه‌ی زمانی ۶۰ میلی ثانیه نسبت به یک مبدأ مختصات در جهان مجازی برای ۳۹ شرکت کننده به صورت فایل اکسل به عنوان خروجی دستگاه دریافت شد. پس از تبدیل این مختصات به واحد متریک، سرعت متوسط وسیله نقلیه در کل مقطع محاسبه شده و برای تحلیل مورد استفاده قرار گرفت. البته با توجه به اینکه مختصات در بازه زمانی کوچک و نزدیک به ۶۰ میلی ثانیه داده شده است، سرعت متوسط در این بازه نیز می تواند تخمین خوبی از سرعت لحظه ای وسیله نقلیه باشد که برای ترسیم پروفیل سرعت استفاده شود. علاوه براین، از مختصات عرضی وسیله نقلیه در هر بازه زمانی نیز برای محاسبه جابه جایی های جانبی وسایل نقلیه در هر لحظه استفاده شد.

یافته های تحقیق

پس از تحلیل و بررسی داده ها، نتایج مطابق جدول (۱) نشان داد که میانگین سرعت همه وسایل نقلیه در دنیای واقعی پس از نصب تابلوها ۳/۹ کیلومتر بر ساعت نسبت به دوره قبل از نصب تابلوها کاهش داشته است، البته میانگین سرعت های وسایل نقلیه عبوری از مکان آزمایش، پس از نصب تابلوها کاهش یافته ولی هنوز خیلی بیشتر از سرعت مجاز ۶۰ کیلومتر بر ساعت بوده است. از طرفی دیگر سرعت ۸۵ درصد کل وسایل نقلیه عبوری از مکان آزمایش در دوره زمانی قبل، ۹۷ کیلومتر بر ساعت بوده و پس از نصب تابلوها به ۹۴ کیلومتر

مقایسه رفتار رانندگان در برابر ادوات آرام سازی ترافیک در دنیای واقعی و مجازی

بر ساعت رسیده است. قبل از نصب تابلوها ۹۶/۸ درصد وسایل نقلیه عبوری از مسیر، سرعتی بیش از ۶۰ کیلومتر بر ساعت داشتند، در حالی که پس از نصب تابلوها این مقدار به ۹۲/۱ درصد کاهش یافت ولی هنوز درصد زیادی از وسایل نقلیه با سرعت بیش از ۶۰ کیلومتر بر ساعت سفر می‌کردند.

در مقایسه با دنیای مجازی نیز میانگین سرعت‌ها از ۸۲/۹ به ۶۹/۸ کیلومتر بر ساعت رسیده که کاهش ۱۳/۱ کیلومتر بر ساعتی مشاهده شد. همچنین سرعت ۸۵ درصد از ۱۱۲ به ۹۵/۸ کیلومتر بر ساعت رسیده و درصد رانندگانی که با سرعت بیش از ۶۰ کیلومتر بر ساعت رانندگی می‌کردند از ۸۹/۷ به ۶۶/۷ درصد رسیده است. بنابراین، مشاهده می‌شود که جمعیت کثیری به حرکت با سرعت غیر مجاز ادامه داده‌اند.

جدول ۱: نتایج مطالعات قبل و بعد در دنیای واقعی و مجازی

	مطالعات قبل				مطالعات بعد			
	تعداد نمونه	میانگین سرعت (km/hr)	انحراف استاندارد (km/hr)	V_{85} درصد سرعت بیش از ۶۰	تعداد نمونه	میانگین سرعت (km/hr)	انحراف استاندارد (km/hr)	V_{85} درصد سرعت بیش از ۶۰
دنیای واقعی	۸۱۰	۸۳/۷	۱۲/۶	۹۷	۷۶۲	۷۹/۸	۱۲/۶	۹۴
دنیای مجازی	۳۹	۸۲/۹	۲۰/۷	۱۱۲	۳۹	۶۹/۸	۲۲/۸	۶۶/۷

۱- اعتبار سنجی دستگاه شبیه ساز رانندگی: از آنجایی که سناریو شبیه سازی شده در دستگاه شبیه ساز رانندگی از لحاظ مشخصات هندسی و گرافیکی و شرایط ترافیکی تا حدود زیادی شبیه به دنیای واقعی بوده است، با مقایسه آمار مطالعات قبل در دو دنیای واقعی و مجازی می‌توان این دستگاه شبیه ساز رانندگی را اعتبار سنجی کرد و میزان شباهت نتایج آن را با دنیای واقعی سنجد. با استفاده از آزمون تی (t) در سطح اطمینان ۹۵ درصد با به دست آمدن احتمال بیش از ۵ درصد براساس نتایج جدول (۲) می‌توان به این نتیجه رسید که دستگاه شبیه ساز رانندگی با احتمال بیش از ۹۵ درصد نتیجه‌ای مشابه با دنیای واقعی دارد.

جدول ۲: نتایج آزمون تی برای اعتبار سنجی دستگاه شبیه ساز رانندگی

آماره آزمون t	اختلاف انحراف استاندارد (km/hr)	اختلاف سرعت (km/hr)	انحراف استاندارد (km/hr)	میانگین سرعت (km/hr)	تعداد
۰/۵	۸/۱	۰/۸	۱۲/۶	۸۳/۷	۸۱۰
			۲۰/۷	۸۲/۹	۳۹

۲- مقایسه نتایج دنیای واقعی و مجازی: از آنجایی که فاصله زمانی بین دو آمارگیری مطالعات قبل و بعد در دنیای واقعی زیاد بوده، ممکن است عوامل محیطی نظیر تغییر شرایط آب و هوایی و ترافیک منطقه به دلیل مسافران فصلی و... بر رفتار رانندگان تاثیر بگذارد و باعث

افزایش یا کاهش سرعت رانندگان شود و کاهش سرعت ناشی از اقدامات آرام سازی ترافیک به وضوح مشخص نباشد. بنابراین از یک نقطه کنترلی با همان شرایط هندسی و محیطی استفاده شد که در آن هیچ گونه اقدامات آرام سازی ترافیک صورت نگرفته است و آمار برداری در هر دو زمان مطالعات قبل و بعد در این نقطه نیز انجام شد. نتایج نشان داد شرایط محیطی بر رفتار رانندگان تاثیرگذار بوده و میانگین سرعت ها را در زمان مطالعات بعد به میزان ۹ کیلومتر بر ساعت افزایش داده است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که سرعت ها در مطالعات بعد، ناشی از اقدامات آرام سازی ترافیک ۱۲/۹ کیلومتر بر ساعت کاهش پیدا کرده که به دلیل تاثیر شرایط محیطی در زمان آمار برداری مطالعات بعد، این کاهش سرعت به میزان ۹ کیلومتر بر ساعت کمتر مشاهده شده و به رقم ۳/۹ کیلومتر بر ساعت رسیده است. از طرفی دیگر با توجه به میزان بالای شباهت نتایج دستگاه شبیه ساز رانندگی با دنیای واقعی، در مطالعات قبل، کاهش سرعت ۱۲/۹ کیلومتر بر ساعت دنیای واقعی با میزان کاهش سرعت ۱۳/۱ کیلومتر بر ساعت دنیای مجازی بیشتر قابل توجیه بوده است.

از دیگر قابلیت های دستگاه شبیه ساز رانندگی محاسبه جابه جایی جانبی وسیله نقلیه در هر لحظه است که با بررسی جابه جایی های جانبی شرکت کنندگان، قبل و بعد از نصب تابلوها مطابق جدول (۳)، نتایج نشان می دهد که میزان انحرافات جانبی رانندگان پس از نصب تابلوها بیشتر شده و از ۴۲ سانتی متر به ۴۹ سانتی متر افزایش یافته که می توان دلیل آن را بر هم خوردن تمرکز راننده هنگام توجه به تابلوها دانست.

جدول ۳ : نتایج جابه جایی جانبی رانندگان در دستگاه شبیه ساز رانندگی

تغییرات جابه جایی (cm)	نرمال بودن داده ها	انحراف معیار	میانگین جابه جایی (cm)	زمان
-۰/۰۶	x	۰/۲	۰/۴۲	قبل
	√	۰/۲	۰/۴۹	بعد

نتیجه گیری

هدف اصلی این تحقیق بررسی رفتار رانندگان در برابر اقدامات آرام سازی ترافیک بوده که از تابلوهای محدودیت سرعت مجاز به عنوان یکی از اقدامات آرام سازی ترافیک استفاده شد و پارامتر سرعت میانگین به عنوان ابزاری برای این بررسی در دو زمان مطالعات قبل و بعد مورد استفاده قرار گرفت. علاوه بر این، تلاش شد تا با بهره گیری از دستگاه شبیه ساز رانندگی پس

مقایسه رفتار رانندگان در برابر ادوات آرام سازی ترافیک در دنیای واقعی و مجازی

از اعتبار سنجی آن، از آن به عنوان وسیله‌ای برای سنجش بهره گرفت. نتایج، میزان شباهت بالایی بین دنیای واقعی و مجازی را قبل از اجرای تابلوها نشان داد که می‌تواند نوید بخش استفاده بیشتر از آنها و صرفه جویی در هزینه باشد. همچنین حتی مدلی ارائه کرد برای مواردی که قبل از اجرای این ادوات بتوان راجع به تاثیر آن اظهار نظر کرد.

نتایج نشان داد که تابلوهای استفاده شده، در کاهش سرعت رانندگان در دستگاه شبیه ساز رانندگی به میزان $13/1$ کیلومتر بر ساعت و دنیای واقعی $3/9$ کیلومتر بر ساعت تاثیر گذار بوده است. البته نتایج در نقطه کنترلی نشان داد که سرعت در زمان آمار برداری پس از اجرای تابلوها در نقطه کنترلی نزدیک به 9 کیلومتر بر ساعت افزایش یافت. بنابراین با احتمال خوبی می‌توان با این نتیجه رسید که تابلوها تا $12/9$ کیلومتر بر ساعت تاثیر گذار بوده است. علاوه بر آن، از آنجایی که دستگاه شبیه ساز رانندگی نیز کاهش سرعت $13/1$ کیلومتر بر ساعت را گزارش داده است، عدد $12/9$ قابل توجیه است. جابه‌جایی جانبی رانندگان نیز در دستگاه شبیه ساز رانندگی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که تابلوهای محدودیت سرعت بر جابه‌جایی جانبی رانندگان تاثیر منفی داشته و موجب بر هم خوردن تمرکز راننده بر مسیر می‌شود. با توجه به میزان بالای شباهت دستگاه شبیه ساز رانندگی می‌توان این نتیجه را به دنیای واقعی نیز تعمیم داد.

پروژه انجام شده، اولین تحقیق علمی در زمینه آرام‌سازی ادراکی ترافیک ورودی شهرها به وسیله دستگاه شبیه‌ساز در ایران بوده است که در آینده می‌توان از طرح‌های دیگر و همچنین در نقاطی با شرایط دیگر و با مشکلات گوناگون استفاده کرد. همچنین می‌توان با مقایسه نتایج دنیای واقعی و مجازی برای یک یا چند طرح آرام سازی ترافیک به یک مدل و رابطه‌ای برای میزان تاثیرگذاری هر نوع ادوات دست یافت که با اجرای هر طرح در دنیای مجازی میزان اثرگذاری آن در دنیای واقعی را قبل از اجرا پیش بینی کرد و نیز از هزینه‌های هدرد رفت در آزمودن ادوات مختلف برای رسیدن به بهترین طرح کاست.

منابع

- خبیری، م.، احمدی نژاد، م.، (۱۳۸۲)، بررسی علل تصادفات محدوده ورودی شهرهای کشور، دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی عمران، ترابری و ترافیک تهران.
- وهاب زاده، ابراهیم.، (۱۳۸۷). تاثیر عامل انسانی بر وقوع تصادفات رانندگی آزادراه کرج - قزوین در سال ۸۴ و راه های کنترل و کاهش آن، فصلنامه مدیریت ترافیک، سال سوم، شماره ۸، صص ۸۴-۵۷.
- Barker, J. & Helliari-Symons, R.D., (1997), Countdown Signs and Roundel Markings Trails, TRL Report 201, Transport Research Laboratory, Crow Thorne, U.K.
- Daniels S., Vanrie J., Dreesen, A., & Brijs T., (2010), Additional road markings as an indication of speed limits: Results of a field experiment and a driving simulator study; Accident Analysis and Prevention, 42 (3), p. 953-960.
- Donnell, E.T., & Cruzado, I., (2008), Effectiveness of Speed Minders in Reducing Driving Speeds on Rural Highways in Pennsylvania, Final Report, The Thomas D. Larson Pennsylvania Transportation Institute, Pennsylvania State University, State College.
- Farmer, S.A., Barker, J.K., & Mayhew, N., (1998), A Trial in Norfolk of Interactive Speed Limit Signs, Traffic Engineering & Control, Vol. 39, No. 5, 1998, pp. 287-293.
- Montella A, Aria M, D'Ambrosio A, Galante F, Mauriello F, Perneti M. (2011) "Simulator evaluation of drivers' speed, deceleration and lateral position at rural intersections in relation to different perceptual cues" Accident Analysis and Prevention 43(6): 2072-2084 .
- Ruschman, P.A., Joscelyn, K. & Treat, J.R. (1981). Managing the speed crash risk. University of Michigan Highway Safety Research Institute.
- Van Houten, R., & Van Houten, F., (1987), The Effects of a Specific Prompting Sign on Speed Reduction, Accident Analysis and Prevention, Vol. 19, No. 2, , pp. 115-117.

