

ارزیابی اثربخشی نوشتار افقی سطح راه بر روی کاهش سرعت رانندگان وسایل نقلیه

عباس شیخ فرد*، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران

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

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Sheykhfard@gmail.com

دریافت: ۹۷/۰۴/۱۷ - پذیرش: ۹۷/۰۸/۰۵

صفحه ۱۱۱-۱۲۲

چکیده

بررسی رفتاری عملکرد رانندگان وسایل نقلیه در این تحقیق مدنظر قرار گرفته است؛ با توجه به اینکه در مراجع عامل سرعت بالا بعنوان یکی از دلایل وقوع تصادفات عنوان می شود و یا بر شدت تصادفات می افزاید، پژوهشگران حمل و نقل همواره در جستجوی ارائه ی طرح های موثر در خصوص کاهش سرعت وسایل نقلیه می باشند. در این پژوهش تاثیر اجرای نوعی از خط کشی سطح (اعلام محدودیت سرعت بر سطح روسازی) بر رفتار عملکردی رانندگان در جهت آرام سازی جریان ترافیک در دنیای واقعی و نیز در مقایسه با دنیای مجازی (دستگاه شبیه ساز رانندگی) مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج شبیه سازی رفتار عملکردی ۶۰ شرکت کننده (۳۹ مرد و ۲۱ زن با میانگین سنی ۲۷/۲ سال و انحراف استاندارد ۵/۷ و حداقل ۳ سال سابقه رانندگی) در دستگاه شبیه ساز رانندگی، نشان داد که رانندگان پس از اجرای طرح، رفتار ایمن تری را (با سرعت کمتری را) به هنگام رانندگی از خود به نمایش گذاشتند. بر اساس این نتایج، میانگین سرعت رانندگان از ۹۱/۸۷ به ۷۷/۲۱ کیلومتر بر ساعت و دیگر پارامتر ارزیابی ایمنی (جابجایی جانبی) آنها در مسیر حرکت خود از ۴۴ به ۳۱ سانتی متر رسیده است. همچنین، تحلیل داده های دنیای واقعی در مورد ۱۲۲۷ وسیله نقلیه در مطالعات قبل و ۱۰۷۳ وسیله نقلیه در مطالعات بعد نشان داد که میانگین سرعت وسیله نقلیه عبوری از مقطع مورد نظر پس از اجرای خط کشی از ۸۶/۳۸ به ۷۹/۱۲ کیلومتر بر ساعت رسیده است. از آماره آزمون t برای اعتبارسنجی داده های خروجی از دستگاه شبیه ساز استفاده شده است که نشان دهنده میزان شباهت بالای نتایج مطالعات میدانی و دستگاه شبیه ساز رانندگی بود.

واژه های کلیدی: آرام سازی جریان ترافیک، شبیه سازی رانندگی، رفتار رانندگان وسیله نقلیه، خط کشی_ سطح راه، سرعت

۱- مقدمه

در کشورهای در حال توسعه مانند ایران تصادفات رانندگی یکی از عوامل مرگ و میر و صدمات مالی و جانی مهم به شمار می رود به نحوی که ضرر و زیان ناشی از تصادفات، سالانه ۳/۱٪ تولید ناخالص ملی کشورهای در حال رشد را به هدر می دهد [فلاح زاده ۱۳۸۵]. امروزه با توجه به کثرت وسایل نقلیه و افزایش روز افزون تولید و فروش خودرو و همچنین افزایش سرعت در حمل و نقل و عدم رشد ایمنی با همان سرعت، تصادفات رانندگی در حال افزایش است. میزان خسارتهای ناشی از حوادث رانندگی سالانه ۵۰۰ هزار

میلیون دلار برآورده شده است که این خسارتهای شامل هزینه های بیمارستانی و از کار افتادگی و خسارتهای مالی است [وهاب زاده ۱۳۸۷]. بنابر گزارش منتشر شده توسط سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۸ میلادی، در جهان هر ساله بیش از ۱/۲ میلیون نفر بر اثر تصادفات رانندگی می میرند و بین ۲۰ تا ۵۰ میلیون نفر هم دچار صدمه می شوند. در سال ۲۰۰۴ تصادفات رانندگی نهمین عامل مرگ و میر جهانی شناخته شده بود و سازمان جهانی بهداشت پیش بینی کرده است تا سال ۲۰۳۰ به پنجمین عامل ارتقاء

های شبیه سازی ضمن کاهش هزینه و اتلاف وقت با یک تقریب نسبتاً مناسب میزان تاثیر هرکدام از این عوامل بر توجه رانندگان را بررسی کند؛ البته بمنظور اعتبار سنجی نتایج از روشهای میدانی در دنیای واقعی نیز استفاده شده است تا نتایج دنیای شبیه سازی و واقعی با یکدیگر قابل مقایسه و میزان همخوانی و استناد به نتایج دنیای مجازی ارزیابی گردد.

۲- پیشینه تحقیق

مطالعات متعددی در خصوص تاثیر ادوات آرام سازی جریان ترافیک بر روی رفتار رانندگان در دنیای واقعی و در دنیای مجازی (دستگاه شبیه ساز رانندگی) صورت پذیرفته است. مایر در سال ۲۰۰۰ به ارزیابی سرعت وسایل نقلیه پس از اجرای خط کشی های عرضی با چیدمان متفاوت از لحاظ عرض و فاصله در کانزاس پرداخته است. اولین دسته از خط کشی ها به صورت خطوط عرضی با اندازه و فاصله برابر به منظور هشدار رانندگان و دسته بعدی به صورت خطوط عرضی با اندازه و فواصل متفاوت به منظور تاثیر بر ادراک رانندگان و کاهش سرعت وسایل نقلیه مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که هر دو نمونه خط کشی، باعث کاهش سرعت وسایل نقلیه تا حدود ۷ مایل بر ساعت داشتند [Meyer, 2000]. آرنولد و لانتز در سال ۲۰۰۷ به بررسی خط کشی های عرضی میله ای با هدف آرام سازی ترافیک و کاهش سرعت در مسیرهای عبوری وسط و کناری در هر دو جهت راه پرداختند. مقایسه بین سرعت های جمع آوری شده در دوره های مختلف زمانی نشان داد که این علائم در کاهش سرعت در نواحی مختلف به میزان ۱ تا ۳ مایل بر ساعت تاثیرگذار است [Arnold and Lantz, 2007]. لاتوسکی در سال ۲۰۰۹ به بررسی تاثیر خط کشی های عرضی میله ای بر کاهش سرعت در رویکرد پیچ یک بزرگراه ۲ خطه در بخش ماهاوی آریزونا پرداخته است. علائم استفاده شده جفت خط کشی عرضی در لبه خط میانی با چیدمانی شامل سه قسمت اصلی شامل فاصله ثابت در بالادست و پایین دست جریان و فاصله متغیر در منطقه انتقالی بوده است. مقایسه بین سرعت ها در ۳ دوره زمانی قبل، بلافاصله بعد و ۳ ماه بعد از اجرای تمهیدات کاهش تا ۱۰ مایل بر ساعت در این ناحیه را نشان داد [Latoski, 2007]. هانتز و همکارانش در سال

یابد. در جهان میزان ۹۰٪ از مرگ و میر ناشی از تصادفات رانندگی در کشورهای با درآمد کم و متوسط رخ می دهد در صورتیکه این کشورها تنها ۴۸٪ از خودروهایی جهان را در اختیار دارند [وزارت راه و شهرسازی، ۱۳۸۵]. در خصوص آمار داخل کشور بر طبق آخرین گزارش سازمان پزشکی قانونی کشور در سال ۹۴ بیش از ۱۷۰۰۰ نفر جان خود را در تصادفات رانندگی از دست دادند [سازمان پزشکی قانونی، ۱۳۹۳].

امروزه، نرم افزارهای شبیه ساز جایگاه ویژه ای در علوم مهندسی پیدا کردند و این شرایط را برای مهندسان ایمنی و حمل و نقل به وجود می آورد تا بدون بکارگیری از روش سعی و خطا یا اجراهای هزینه بر و طولانی و بعضاً غیر ممکن نتیجه را آنالیز کرده و پیامدهای مرتبط را مشاهده نمایند. در زمینه ترافیک از چنین ابزارهایی برای برقراری ایمنی بیشتر راه ها استفاده می شود، به طوری که گستره وسیعی از مقالات مرتبط با رفتار رانندگان در سالهای اخیر کاملاً محدود و مرتبط با شبیه سازهای رانندگی می باشد. به جرات می توان گفت در زمینه های کاربردی این مبحث، در دنیا سعی می شود بدون استفاده از شبیه سازها و صرفاً با انجام مطالعات میدانی اجرای پروژه ای صورت نگیرد. در این تحقیق از دستگاه شبیه ساز رانندگی استفاده شده است که به منظور بررسی میزان توجه رانندگان به خط کشی های سطح راه در جاده ها انجام خواهد شد. طرح های مختلف، رنگ، موقعیت مکانی طولی و عرضی خط کشی ها، فاصله های آنها از یکدیگر می تواند از جمله پارامترهایی باشد که در میزان توجه رانندگان به خط کشی ها تاثیر گذار باشد. پارامترهایی نظیر سرعت میانگین، سرعت لحظه ای، جابجایی جانبی، پرسش نامه کتبی می تواند در بررسی میزان تاثیر هر یک از موارد فوق کمک نمایند. در ایران مطالعات کمی در رابطه با میزان اثرگذاری هرکدام از این عوامل بر توجه رانندگان به خط کشی انجام شده است، از آنجا که جهت بررسی این موضوع نیاز به انجام مطالعات میدانی می باشد و باتوجه به اینکه این امر بسیار زمان بر و هزینه بر می باشد، بنابراین این تحقیق در پی آن است تا با استفاده از تکنیک

تابلوی نشان دهندهی سرعت مجاز رانندگی به فاصله‌ی ۱۵۰ متری از هم در محیط واقعی و محیط مجازی (دستگاه شبیه ساز رانندگی) طراحی شدند.

بر اساس نتایج پژوهش، اجرای تابلوهای آرام ساز ترافیک باعث کاهش سرعت به میزان ۴ کیلومتر بر ساعت در دنیای واقعی و حدود ۱۳ کیلومتر بر ساعت در دنیای مجازی گردید [حقیقی و اکبری ۱۳۹۳]. گائو و همکاران (۲۰۱۶) تاثیر آرام سازی جریان ترافیک را با استفاده از خط کشی های متوازی الاضلاعی شکل، در محل دارای خط عبور عابرین و محل فاقد خط عبور مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش بیانگر کاهش سرعت وسایل نقلیه به میزان ۱،۸۹ کیلومتر بر ساعت در محل های نزدیک خط عبوری عابر و کاهش ۴،۴۱ کیلومتر بر ساعت در محل های فاقد خط کشی عبور عابرین بودند [Guo (et al), 2016].

۳- نحوه انجام پژوهش

۳-۱- مقطع مورد مطالعه

ورودی غربی شهر ساحلی ایزدشهر، ساخته شده در حاشیه بزرگراه شماره ۲۲ شمال کشور در استان مازندران واقع در شهرستان نور با سرعت مجاز ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت در مناطق غیر مسکونی و ۶۰ کیلومتر بر ساعت در مناطق مسکونی در جهت اجرای پژوهش حاضر انتخاب گردید. بخشی از ورودی مذکور به مسافت ۴۸۰ متر به عنوان مقطع اصلی پژوهش در نظر گرفته شد. مسیر مورد نظر بخشی از بزرگراه دو خطه دو طرفه جدا شده می باشد که شامل عرض خط ۳/۶ متر و شانه راه نیز ۲ متر است. یکی دیگر از دلایل انتخاب این محل، انجام تعدادی مطالعات گذشته به منظور مقایسه دسته‌ای از اجراییات روشهای آرام سازی جریان ترافیک در ورودی شهرها می باشد.

از جنبه دیگر اینکه این قسمت بمانند بسیاری دیگر از ورودی شهرهای استان مازندران و نیز کشور دارای شرایط مشابه از منظر ورود وسایل نقلیه عبوری با سرعت بالا به شهر بدون هرگونه تمهیدات شهرسازی یا کاهش سرعت می باشد و نیز بدلیل اینکه شهر فاقد کمربندی می باشد عملاً مسیر جایگزین دیگری برای وسایل نقلیه عبوری وجود ندارد.

در ۲۰۱۰ پژوهشی با عنوان "بررسی تاثیر علائم شورون در یک شبیره آزادراهی" به بررسی تاثیر این علائم در یک شبیره آزادراهی به آزادراهی دو خطه در جورجیای آتلانتا پرداختند. آماربرداری ها بصورت قبل و بعد در منطقه انجام شده و تحلیل ها بر روی سرعت ها در درصدهای مختلف و سرعت میانگین به منظور بررسی تاثیر این علائم در کاهش سرعت انجام شد. نتایج نشان داد که علائم شورون تا حدود ۲ مایل بر ساعت در کاهش سرعت وسایل نقلیه تاثیر داشت [Hunter (et al), 2010]. فرانسسکو بلا در سال ۲۰۱۳ با استفاده از دستگاه شبیه ساز رانندگی به بررسی رفتار راننده در مقابل ساختارهای حاشیه‌ای مختلف از راه روستایی دو خطه با تاثیرات بر سرعت و جابجایی جانبی پرداخت. سه ساختار مختلف حاشیه راه در یک راه دو خطه روستایی پوشیده شده با درختان و همچنین تاثیر شروع گاردریل بر روی رفتار راننده در قوس چپگرد، قوس راستگرد و مسیر مستقیم با شبیه سازی در دستگاه شبیه ساز رانندگی مورد بررسی قرار گرفت. تحلیل های آماری داده های مربوط به مقادیر سرعت و جابجایی جانبی ۳۳ شرکت کننده نشان داد که رفتار راننده فقط تحت تاثیر مقطع عرضی و المان های هندسی راه قرار دارد، در حالی که ساختار حاشیه راه تاثیری چندانی بر عملکرد راننده ندارد یعنی گاردریل استاندارد یا سفید قرمز فرق چندانی در سرعت و جابجایی جانبی ندارند اما حضور درختان در طول جاده، یک فاکتور افزایش دهنده شدت تصادفات خروج از مسیر می باشد و رانندگان در حالت عدم حضور گارد مانع و حفاظ درختان رفتارشان را تغییر نمی دهند [Bella, 2013]. حقیقی و همکاران در سال ۱۳۹۳ به اثر اجرای دو نوع خط کشی آرام سازی جریان ترافیک (خط کشی دندان اژدهایی و خط کشی عرضی محیطی) در دنیای واقعی بر روی سرعت وسایل نقلیه پرداختند.

نتایج پژوهش نشان داد که میزان سرعت پس از اجرای خط کشی دندان اژدهایی تا ۷/۷ کیلومتر بر ساعت و برای خط کشی عرضی محیطی به میزان ۲/۳ کیلومتر بر ساعت کاهش یافت [حقیقی، پور وطن و یوسفی ۱۳۹۳]. حقیقی و اکبری در پژوهشی دیگر در همان سال، اثر اجرای تابلوهای آرام سازی جریان ترافیک بر تغییرات سرعت رانندگان را در دنیای واقعی و مجازی مورد ارزیابی قرار دادند. دو نوع

۳-۲- پژوهش در دنیای مجازی

در این تحقیق به منظور بررسی رفتار رانندگان تحت اثر اجرای خطوط آرام سازی، از دستگاه شبیه ساز رانندگی استفاده شد. برای طراحی و ساخت سناریوی مربوط به راه واقعی، با استفاده از عکس های موجود از دنیای واقعی، دنیایی مجازی در عین مطابقت با شرایط دنیای واقعی در دستگاه شبیه ساز رانندگی ساخته شد. از دستگاه شبیه ساز رانندگی پایه متحرک شرکت فن افروز تبریز که در شکل ۱ نشان داده شده است برای انجام این پژوهش استفاده شده است. این دستگاه از کابین اتومبیل پرآید شامل صندلی، فرمان، گاز، کلاچ و کل داشبورد و همچنین آمپرهای سرعت سنج و ... تشکیل شده که سه تلویزیون LCD برای نمایش تصویر شامل یک تلویزیون ۴۲ اینچ در مقابل برای نمایش تصویر اصلی و دو تلویزیون ۳۲ اینچ برای نمایش تصاویر کناری سیستم بصری آن را تشکیل می‌دادند. این سه تلویزیون مجموعاً ۱۲۰ درجه زاویه دید را برای شرکت کنندگان فراهم می‌آورد، البته این قابلیت نیز وجود داشت که از سیستم ویدئو پروژکتور و پرده نیز استفاده شود تا

تصویر ۳۶۰ درجه به رانندگان دهد اما بدلیل محدودیت های مالی این پژوهش از این کار صرف نظر شد.

۳-۲-۱- شرکت کنندگان

از ۶۰ نفر شرکت کننده خواسته شد که در دستگاه شبیه ساز رانندگی همانند شرایط واقعی خود اقدام به رانندگی کنند. شرکت کنندگان شامل ۳۹ مرد و ۲۱ زن با سطح تحصیلات و شرایط شغلی گوناگون به گونه‌ای انتخاب شدند که بتوان شرایط این پژوهش را به کل افراد جامعه تعمیم داد. به منظور کاهش خطا به دلیل عدم آشنایی و تسلط شرکت کنندگان به شرایط و دستگاه شبیه‌سازی، هرکدام از افراد به میزان ۱۰ کیلومتر (۲۰ دور) از مسیر را رانندگی کردند.

۳-۲-۲- سناریوی اول

شکل ۲ سناریوی اول (عدم خط کشی مربوط به اعلام محدودیت سرعت بر سطح روسازی) را نشان می‌دهد که بر اساس راه موجود در ایزدشهر طراحی شده است. در این شبیه سازی تلاش شد تا تمامی عوارض فیزیکی راه، درختان، منازل مسکونی و رفیوژ میانی تا حد امکان شبیه به دنیای واقعی شبیه سازی شود.



شکل ۱. نمای کلی از دستگاه شبیه ساز رانندگی شرکت فن افروز تبریز



شکل ۲. تصویر شبیه‌سازی شده از ورودی شهر ایزدشهر

۳-۲-۳- سناریوی دوم

سرعت بصورت جفت و در هر دو خط عبوری اجرا شده است. این جفت دایره محدودیت سرعت مجموعاً در دو نقطه از مسیر، یکی در ابتدای مسیر و دیگری ۱۵۰ متر پس از آن اجرا شد.

سناریو دوم نیز کاملاً مشابه با سناریو اول بوده و فقط با خط کشی آرام سازی ترافیک ترمیم یافته است. این اقدامات همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است شامل خط کشی سطح راه با اعمال محدودیت سرعت ۶۰ کیلومتر بر ساعت می‌باشد. این طرح خط کشی دایره ای محدودیت



شکل ۳. سناریو طراحی شده بعد از اعمال خط کشی

۳-۳- پژوهش در دنیای واقعی

است. در پایان، خط کشی مورد نظر طبق طراحی انجام شده در هر دو خط عبوری بصورت جفت و در دو نقطه به فاصله ۱۵۰ متر از یکدیگر همانطور که در شکل ۴ مشخص می‌باشد اجرا شد.

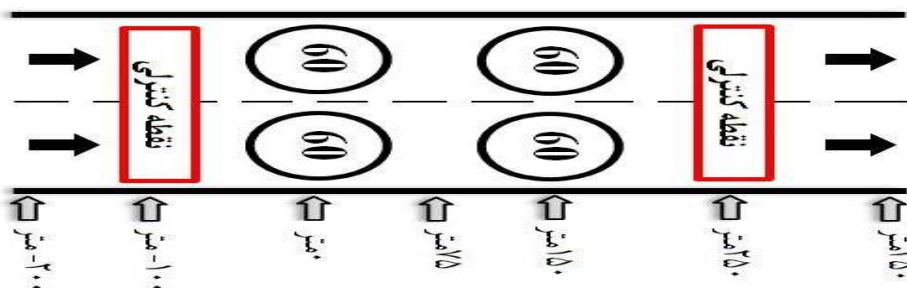
برای اجرای خط کشی در مطالعات میدانی از شابلون‌هایی که بصورت عدد ۶۰ طراحی شده‌اند استفاده شد. این شابلون‌ها شامل دو عدد ۶ و ۰ بوده که بصورت جداگانه ساخته شده و با کنار هم قرار دادن آنها عدد ۶۰ ساخته شده

۴- جمع آوری و تحلیل داده‌ها

مطابق با شکل ۵، سرعت‌ها و جابجایی‌های نسبی به فواصل مختلف در طول مقطع مورد نظر برداشت شدند.



شکل ۴. تصویر نهایی از خط کشی مورد نظر



شکل ۵. تصویر شماتیک مقطع مورد نظر

۴-۱- آمارهای دستگاه شبیه ساز رانندگی

داده‌های مربوط به مختصات وسیله نقلیه برای هر شرکت کننده بصورت جداگانه در یک فایل اکسل ذخیره شد و پس از تعدیل آنها به مختصات متریک و اعمال روابط مطرح شده، میانگین سرعت، سرعت ۸۵٪، جابجایی جانبی، واریانس و انحراف معیار استاندارد هر کدام از این ۶۰ شرکت کننده محاسبه شده است. نتایج بصورت مطالعات قبل و بعد و به تفکیک دو پارامتر سرعت و جابجایی جانبی بیان می‌شود. رانندگی برای پارامتر سرعت در جدول ۱ نشان داده شده است. تعداد نمونه، میانگین سرعت، واریانس، انحراف معیار استاندارد و سرعت ۸۵٪ برای همه شرکت کنندگان و

همچنین به تفکیک جنسیت محاسبه شد. در مطالعات قبل میانگین سرعت همه شرکت کنندگان ۹۱/۸۷ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار ۲۱/۷۹ کیلومتر بر ساعت بوده که سرعت ۸۵٪ آنها ۱۱۱/۳۷ کیلومتر بر ساعت بوده است. از این میان ۳۹ نمونه مربوط به شرکت کنندگان مرد بوده است که با میانگین سرعت ۱۰۵/۲۵ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار استاندارد ۱۳/۴۸ کیلومتر بر ساعت حرکت کرده اند و سرعت ۸۵٪ آنها نیز همان ۱۱۲/۴۲ کیلومتر بر ساعت بوده است. مابقی آنها شامل ۲۱ نمونه متعلق به شرکت کنندگان زن بوده که با میانگین سرعت ۶۷/۰۲ کیلومتر بر ساعت و با

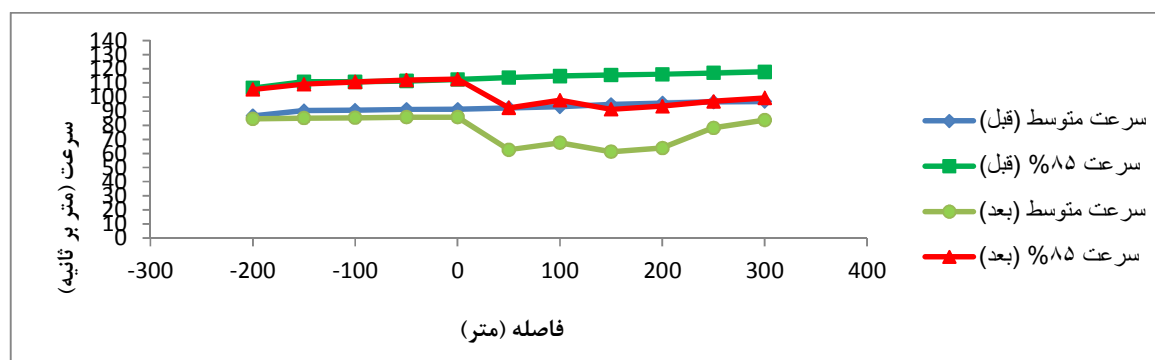
انحراف استاندارد ۷/۶۳ کیلومتر بر ساعت حرکت کرده‌اند. سرعت پایین‌تری اتخاذ می‌کردند. همانطور که انتظار می‌رفت رانندگان زن میانگین سرعت ۸۵٪ رانندگان زن نیز ۷۶/۶۵ کیلومتر بر ساعت بوده

جدول ۱. نتایج پارامتر سرعت در سناریوی اول دستگاه شبیه ساز رانندگی

سناریو	شرکت کنندگان	تعداد	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)	واریانس	انحراف معیار استاندارد	سرعت ۸۵٪ (کیلومتر بر ساعت)
اول	همه	۶۰	۹۱/۸۷	۴۷۵/۰۱	۲۱/۷۹	۱۱۱/۳۷
	مرد	۳۹	۱۰۵/۲۵	۱۸۱/۹۰	۱۳/۴۸	۱۱۲/۴۲
	زن	۲۱	۶۷/۰۲	۵۸/۲۴	۷/۶۳	۷۶/۶۵
دوم	همه	۶۰	۷۷/۲۱	۴۰۷/۲۴	۲۰/۱۸	۱۰۲
	مرد	۳۹	۸۷/۵۶	۳۴۴/۴۸	۱۸/۵۶	۱۰۴
	زن	۲۱	۵۹/۳۲	۸۷/۲۴	۹/۳۴	۷۰

نتایج آمار برداری در مطالعات بعد نیز نشان می‌دهد میانگین سرعت ۶۰ همه شرکت‌کنندگان پس از اجرای خط کشی ۷۷/۲۱ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار استاندارد ۲۰/۱۸ کیلومتر بر ساعت بوده است. سرعت ۸۵٪ همه شرکت کنندگان در مطالعات بعد ۱۰۲ کیلومتر بر ساعت بوده است. شرکت کنندگان مرد نیز با میانگین سرعت ۸۷/۵۶ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار استاندارد ۱۸/۵۶ کیلومتر بر ساعت در حرکت بوده‌اند و سرعت ۸۵٪ آنها ۱۰۴ کیلومتر بر ساعت بوده است. شرکت کنندگان زن نیز در مطالعات بعد با میانگین سرعت ۶۷/۰۲ کیلومتر بر ساعت و انحراف معیار استاندارد ۷/۶۳ کیلومتر بر ساعت بوده است. پروفیل سرعت همه شرکت کنندگان نیز در شکل ۶ نشان داده شده است که بیانگر کاهش سرعت شرکت کنندگان در برابر این خط کشی ها می‌باشد. این کاهش سرعت تا انتهای مقطع مورد نظر نیز ادامه داشته است.

نتایج آمار برداری در مطالعات بعد نیز نشان می‌دهد میانگین سرعت ۶۰ همه شرکت‌کنندگان پس از اجرای خط کشی ۷۷/۲۱ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار استاندارد ۲۰/۱۸ کیلومتر بر ساعت بوده است. سرعت ۸۵٪ همه شرکت کنندگان در مطالعات بعد ۱۰۲ کیلومتر بر ساعت بوده است. شرکت کنندگان مرد نیز با میانگین سرعت ۸۷/۵۶ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار استاندارد ۱۸/۵۶ کیلومتر بر ساعت در حرکت بوده‌اند و سرعت ۸۵٪ آنها ۱۰۴ کیلومتر بر ساعت بوده است.



شکل ۶. مقایسه سرعت ها در طول مقطع مورد نظر طی مطالعات قبل و بعد

۴-۱-۲- جابجایی جانبی

نتایج مطالعات سناریوی اول و دوم در دستگاه شبیه ساز رانندگی برای پارامتر جابجایی در جدول ۲ نشان داده شده است. تعداد نمونه، میانگین جابجایی جانبی، واریانس و انحراف معیار استاندارد برای همه شرکت کنندگان و همچنین

نتایج مطالعات سناریوی اول و دوم در دستگاه شبیه ساز رانندگی برای پارامتر جابجایی در جدول ۲ نشان داده شده است. تعداد نمونه، میانگین جابجایی جانبی، واریانس و انحراف معیار استاندارد برای همه شرکت کنندگان و همچنین

به تفکیک جنسیت محاسبه شد. در مطالعات قبل میانگین جابجایی جانبی همه شرکت کنندگان ۴۴ سانتی متر با انحراف معیار ۱۰/۳۳ سانتی متر بوده است. از این میان ۳۹ نمونه مربوط به شرکت کنندگان مرد بوده است که با میانگین جابجایی جانبی ۵۳ سانتی متر با انحراف معیار استاندارد ۵/۵۸ سانتی متر حرکت کرده‌اند. همانطور که انتظار می‌رفت رانندگان زن میانگین جابجایی جانبی پایین‌تری اتخاذ می‌کردند.

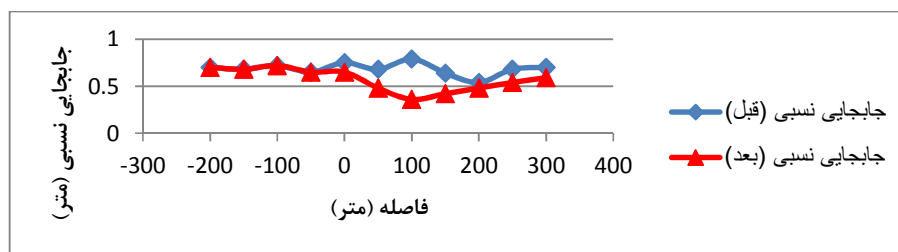
۹/۵۲ سانتی متر حرکت کرده‌اند. مابقی آنها شامل ۲۱ نمونه متعلق به شرکت کنندگان زن بوده که با میانگین جابجایی جانبی ۳۲ سانتی متر و با انحراف استاندارد ۵/۵۸ سانتی متر حرکت کرده‌اند. همانطور که انتظار می‌رفت رانندگان زن میانگین جابجایی جانبی پایین‌تری اتخاذ می‌کردند.

جدول ۲. نتایج مطالعات پارامتر جابجایی جانبی در سناریوی اول دستگاه شبیه ساز رانندگی

سناریو	شرکت کنندگان	تعداد	میانگین جابجایی جانبی (سانتی متر)	واریانس	انحراف معیار استاندارد (سانتی متر)
اول	همه	۶۰	۴۴	۱۰۶/۷	۱۰/۳۳
	مرد	۳۹	۵۳	۹۰/۷۲	۹/۵۲
	زن	۲۱	۳۲	۳۱/۳۲	۵/۵۸
دوم	همه	۶۰	۳۱	۱۰۵/۷۲	۱۰/۲۸
	مرد	۳۹	۳۳	۷۶/۵۲	۸/۷۳
	زن	۲۱	۲۹	۲۸/۳۲	۵/۳۰

نتایج آمار برداری در مطالعات سناریوی دوم نیز نشان می‌دهد که جابجایی جانبی همه شرکت کنندگان پس از اجرای خط کشی ۳۱ سانتی متر با انحراف معیار استاندارد ۱۰/۲۸ سانتی متر بوده است. شرکت کنندگان مرد نیز با میانگین جابجایی جانبی ۳۳ سانتی متر با انحراف معیار استاندارد ۸/۷۳ سانتی متر در حرکت بوده‌اند. شرکت کنندگان زن نیز در مطالعات بعد با میانگین جابجایی جانبی ۲۹ سانتی متر و انحراف معیار استاندارد ۵/۳۰ سانتی متر حرکت کرده‌اند. نمودار تغییرات جابجایی جانبی همه شرکت کنندگان نیز در شکل ۷ نشان داده شده است که بیانگر کاهش جابجایی‌های جانبی شرکت کنندگان بوده اما نه بطور کامل، زیرا در قسمت‌هایی از مسیر نه تنها کاهش نیافته بلکه افزایش نیز داشته است. نکته مهمی که در این نمودار باید یادآوری شود این است که در ۵۰ متر پایانی مسیر بدلیل شکست در تصویر جابجایی جانبی شرکت کنندگان افزایش یافته است.

نتایج آمار برداری در مطالعات سناریوی دوم نیز نشان می‌دهد که جابجایی جانبی همه شرکت کنندگان پس از اجرای خط کشی ۳۱ سانتی متر با انحراف معیار استاندارد ۱۰/۲۸ سانتی متر بوده است. شرکت کنندگان مرد نیز با میانگین جابجایی جانبی ۳۳ سانتی متر با انحراف معیار استاندارد ۸/۷۳ سانتی متر در حرکت بوده‌اند. شرکت کنندگان زن نیز در مطالعات بعد با میانگین جابجایی جانبی ۲۹ سانتی متر و انحراف معیار استاندارد ۵/۳۰ سانتی متر حرکت کرده‌اند. نمودار تغییرات جابجایی جانبی همه شرکت کنندگان نیز در شکل ۷ نشان داده شده است که بیانگر کاهش جابجایی‌های جانبی شرکت کنندگان بوده اما نه بطور کامل، زیرا در قسمت‌هایی از مسیر نه تنها کاهش نیافته بلکه افزایش نیز داشته است. نکته مهمی که در این نمودار باید یادآوری شود این است که در ۵۰ متر پایانی مسیر بدلیل شکست در تصویر جابجایی جانبی شرکت کنندگان افزایش یافته است.



شکل ۷. مقایسه جابجایی‌های نسبی در طول مقطع مورد نظر طی مطالعات قبل و بعد

۴-۲- آمار برداری در مطالعات میدانی

در دنیای واقعی نیز آمار برداری‌ها در دو دوره قبل و بعد از اجرای خط کشتی انجام شد که در مطالعات قبل در شش دوره آمار برداری نیم ساعته مجموعاً ۱۲۲۷ نمونه آماری برداشت شد که این آمار به تفکیک وسایل نقلیه سبک و سنگین به ترتیب ۱۰۵۸ و ۱۶۹ بوده است. در مطالعات بعد نیز در شش دوره نیم ساعته که دقیقاً همان ساعات بوده است، مجموعاً ۱۰۷۳ نمونه در قالب ۹۱۶ وسیله نقلیه سبک و ۱۵۷ وسیله نقلیه سنگین برداشت شد. تعداد نمونه، میانگین سرعت، واریانس، انحراف معیار استاندارد و سرعت ۸۵٪ برای همه شرکت کنندگان و همچنین به تفکیک وسایل نقلیه سبک و سنگین محاسبه شد. همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است در مطالعات قبل میانگین سرعت ۱۲۲۷ و وسیله نقلیه ۸۶۳۸ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار ۱۲/۹۳ کیلومتر بر ساعت بوده که سرعت ۸۵٪ آنها ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت بوده است. از این میان ۱۰۵۸ نمونه مربوط به وسایل نقلیه سبک بوده است که با میانگین سرعت ۸۸/۱۰ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار استاندارد ۱۲/۵۹ کیلومتر بر ساعت حرکت کرده‌اند و سرعت ۸۵٪ آنها نیز همان ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت بوده است. مابقی آنها شامل ۱۶۹ نمونه متعلق به وسایل نقلیه سنگین بوده که با میانگین سرعت ۷۵/۶۶ کیلومتر بر ساعت و با انحراف استاندارد ۹/۴۰ کیلومتر بر ساعت حرکت کرده‌اند. سرعت ۸۵٪ وسایل نقلیه سنگین ۸۵ کیلومتر بر ساعت بوده است.

نتایج آمار برداری در مطالعات بعد بیان می‌کند که سرعت ۱۰۷۳ وسیله نقلیه پس از اجرای خط کشتی ۷۹/۱۲ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار استاندارد ۱۱/۸۳ کیلومتر بر ساعت بوده است. سرعت ۸۵٪ همه وسایل نقلیه در مطالعات بعد ۹۱ کیلومتر بر ساعت بوده است. سهم وسایل نقلیه سبک از این تعداد ۹۱۶ نمونه بوده که با میانگین سرعت ۸۱/۳۳ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار استاندارد ۱۰/۹۸ کیلومتر بر ساعت در حرکت بوده‌اند و سرعت ۸۵٪ آنها ۹۳ کیلومتر بر ساعت بوده است. ۱۵۷ وسیله نقلیه سنگین نیز در مطالعات بعد با میانگین سرعت ۷۰/۲۵ کیلومتر بر ساعت و

انحراف معیار استاندارد ۸/۳۶ کیلومتر بر ساعت حرکت کرده‌اند که سرعت ۸۵٪ آنها ۸۰ کیلومتر بر ساعت بوده است.

۵- بحث در خصوص نتایج مطالعات در

دنیای واقعی و مجازی

یکی از اهداف این تحقیق توسعه علم شبیه سازی برای مطالعات حمل و نقلی در ایران بوده است که برای این کار مقطع مورد مطالعه برای انجام این پروژه عیناً در دستگاه شبیه ساز رانندگی شبیه سازی شده و اقدامات آرام سازی مورد نظر نیز در آن اجرا شده است. برای استناد به نتایج دستگاه شبیه ساز رانندگی باید نتایج آن را با دنیای واقعی مقایسه کرده و میزان شباهت آن را با دنیای واقعی بررسی کرد. جدول ۷ نتایج حاصل از آزمون t و f را برای مطالعات قبل و بعد از اجرای خط کشتی در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی و مطالعات میدانی نشان داده می‌دهد. قبل از اجرای اقدامات آرام سازی ترافیک، میانگین سرعت ۶۰ شرکت‌کننده در دستگاه شبیه ساز رانندگی ۹۱/۸۷ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار استاندارد ۲۱/۷۹ کیلومتر بر ساعت بوده است. این در حالیکه آمار برداری میدانی میانگین سرعت‌ها را ۸۶/۳۸ کیلومتر بر ساعت با انحراف معیار استاندارد ۱۲/۹۳ کیلومتر بر ساعت نشان داده که ۵/۴۸ کیلومتر بر ساعت کمتر از دستگاه شبیه ساز رانندگی می‌باشد. با انجام آزمون f بر این دو گروه داده، آماره آزمون f کمتر از ۰/۰۰۱ بدست آمده است که بیانگر برابری واریانس‌های این دو گروه می‌باشد و متناسب با این فرض، آماره آزمون (t)، ۰/۰۵۸ بدست آمد که نشان می‌دهد میانگین‌های این دو گروه با هم مشابه می‌باشند. آماره آزمون t در مطالعات بعد نیز همین موضوع را نشان می‌دهد که در مجموع می‌توان نتیجه گرفت مطالعات سرعت در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی تا حدود زیادی به دنیای واقعی مشابه می‌باشد.

جدول ۳. نتایج آمار برداری در دنیای واقعی

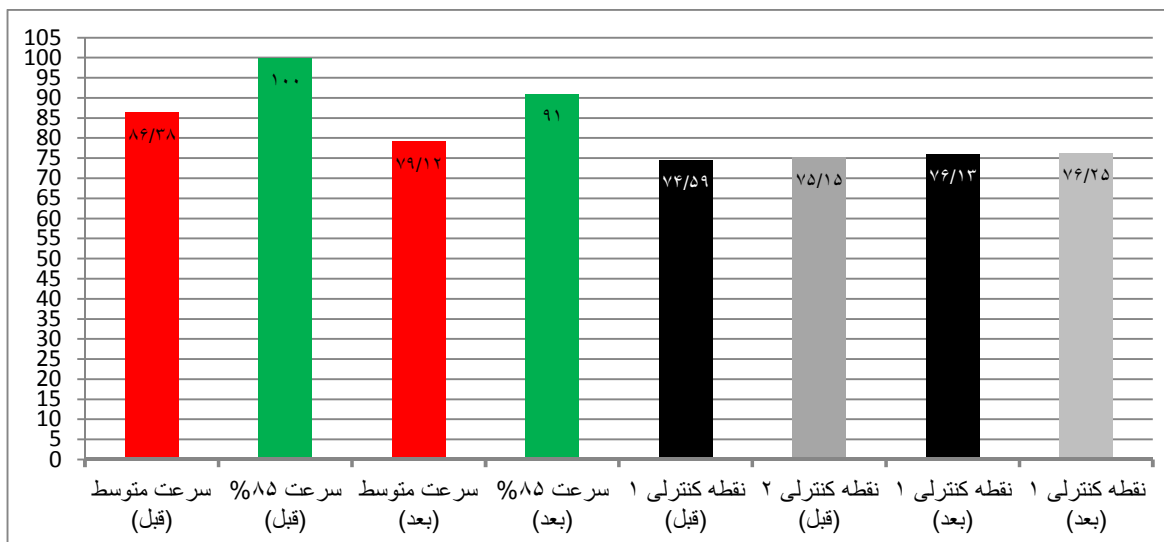
زمان	وسایل نقلیه	تعداد	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)	واریانس	انحراف معیار استاندارد	سرعت ۸۵٪ (کیلومتر بر ساعت)
مطالعات قبل	همه	۱۲۲۷	۸۶/۳۸	۱۶۷/۲۴	۱۲/۹۳	۱۰۰
	سبک	۱۰۵۸	۸۸/۱۰	۱۵۸/۶۰	۱۲/۵۹	۱۰۰
	سنگین	۱۶۹	۷۵/۶۶	۸۸/۳۶	۹/۴۰	۸۵
مطالعات بعد	همه	۱۰۷۳	۷۹/۱۲	۱۳۹/۸۳	۱۱/۸۳	۹۱
	سبک	۹۱۶	۸۱/۳۳	۱۲۰/۵۶	۱۰/۹۸	۹۳
	سنگین	۱۵۷	۷۰/۲۵	۶۹/۸۹	۸/۳۶	۸۰

جدول ۴. نتایج مقایسه سرعت در دنیای واقعی و مجازی

زمان	محیط	تعداد	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)	انحراف معیار استاندارد (کیلومتر بر ساعت)	آماره f	آماره t	تفاوت سرعت (کیلومتر بر ساعت)
مطالعات قبل	دنیای واقعی	۱۲۲۷	۸۶/۳۸	۱۲/۹۳	<۰/۰۰۱	۰/۰۵۸	۵/۴۸
	دنیای مجازی	۶۰	۹۱/۸۷	۲۱/۷۹			
مطالعات بعد	دنیای واقعی	۱۰۷۳	۷۹/۱۲	۱۱/۸۳	۰/۰۰۱	۰/۲۲	۱/۹۷
	دنیای مجازی	۶۰	۷۷/۲۱	۲۰/۱۸			

جدول ۵. نتایج برداشت نقاط کنترلی

زمان	نقطه	وسایل نقلیه	تعداد	میانگین سرعت (کیلومتر بر ساعت)	انحراف معیار استاندارد	سرعت ۸۵٪ (کیلومتر بر ساعت)
مطالعات قبل	۱	همه	۳۵۴	۷۴/۵۹	۱۰/۲۵	۹۸
		سبک	۲۲۷	۷۶/۱۰	۱۰/۴۸	۱۰۷
		سنگین	۸۹	۶۹/۳۴	۸/۶۴	۷۹
	۲	همه	۳۵۴	۷۵/۱۵	۹/۷۸	۹۸/۸۱
		سبک	۲۲۷	۷۸/۱۸	۹/۴۲	۱۰۷/۵۴
		سنگین	۸۹	۷۱/۴۸	۸/۹۵	۸۱/۵۸
مطالعات بعد	۱	همه	۱۰۷۳	۷۶/۱۳	۹/۸۲	۱۰۰
		سبک	۹۱۶	۸۰/۷۳	۸/۶۵	۱۰۹
		سنگین	۱۵۷	۷۲/۵۵	۶/۸۴	۸۳
	۲	همه	۱۰۷۳	۷۶/۲۵	۹/۸۲	۱۰۱/۲۵
		سبک	۹۱۶	۸۱/۵۹	۸/۹۶	۱۱۰/۱
		سنگین	۱۵۷	۷۳/۶۸	۷/۸۷	۸۳/۸۵



شکل ۸. مقایسه سرعت‌ها در دنیای واقعی طی مطالعات قبل و بعد

۶- نقطه کنترلی

به منظور بررسی تاثیر احتمالی عوامل محیطی، فصلی بر روی رفتار رانندگان، دو نقطه از راه به عنوان نقطه کنترلی در نظر گرفته می‌شود. مقایسه‌ی نتایج این بررسی‌ها با آماربرداری‌های دوره‌ای می‌تواند در اندازه‌گیری دقت آماربرداری و همچنین اعتبارسنجی مطالعه حاضر موثر باشد. در مطالعه‌ی حاضر، دو نقطه از مسیر خروجی شهر به دلیل شرایطی مشابه با مقطعی که تمهیدات در آن به اجرا در آمده است، بعنوان نقطه کنترلی انتخاب شد. در جدول ۵ نتایج آماربرداری در نقاط کنترلی آورده شده است. در مقایسه سرعت‌های برداشت شده وسایل نقلیه در نقطه کنترلی بین مطالعه قبل و مطالعات بعد افزایش سرعت مشاهده شده است، این موضوع به این معنی می‌باشد که با افزایش سرعت میانگین در نقطه کنترلی، تاثیر کاهشی بر سرعت میانگین وسایل نقلیه به وسیله تمهیدات اجرا شده در نقطه مطالعاتی بیشتر از آنچه که در مطالعات بعد مشاهده شده است، می‌باشد.

۷- نتیجه‌گیری

این تحقیق به دنبال بررسی رفتار رانندگان تحت اثر اجرای خط کشی در ورودی شهر ایزدشهر که در حاشیه بزرگراه شمال کشور در مازندران قرار دارد، صورت پذیرفت. از این رو هم در دنیای واقعی و هم در دستگاه شبیه ساز رانندگی شرایط اجرای خطوط کاهش سرعت مشابه با یکدیگر اجرا

شد. هدف از انجام پژوهش حاضر، تاثیر مثبت خط‌کشی در آرام‌سازی ترافیک بود که نتایج پژوهش بیانگر تاثیر مثبت خط‌کشی‌ها در کاهش سرعت وسایل نقلیه در مقطع مورد نظر است. بر اساس تحلیل داده‌ها، همه وسایل نقلیه در اثر اجرای خط‌کشی‌ها بطور میانگین به اندازه ۷/۲۶ کیلومتر بر ساعت سرعت خود را کاهش دادند که از آن میان سهم وسایل نقلیه سبک ۶/۷۷ کیلومتر بر ساعت و وسایل نقلیه سنگین ۵/۴۱ کیلومتر بر ساعت بوده است. از دیگر فرضیات این تحقیق شباهت دستگاه شبیه‌ساز رانندگی با دنیای واقعی بوده است که با شبیه‌سازی مقطع مورد نظر در دستگاه شبیه ساز رانندگی و تحلیل نتایج حاصل از آن مشخص شد که رانندگی در این دستگاه با سطح اطمینان قابل قبولی به رانندگی در دنیای واقعی شبیه است. البته نتایج مطالعات بعد در دنیای مجازی با دنیای واقعی کمی تفاوت داشت و بطور کامل شبیه نبوده، اما با تقریبی مناسب می‌توان نتایج را شبیه دانست. میانگین سرعت‌ها در دستگاه شبیه ساز رانندگی ۹۱/۸۷ کیلومتر بر ساعت و در دنیای واقعی ۸۶/۳۸ کیلومتر بر ساعت بوده است. این تفاوت ناچیز با آزمون t کم اهمیت نشان داده شد. با مقایسه‌ی پژوهش حاضر و پژوهش قبلی حقیقی و همکاران (۲۰۱۵) در خصوص استفاده از خط‌کشی‌های دندان اژدهایی و عرضی محیطی در این مقطع، می‌توان نتیجه گرفت که خط‌کشی اعلام محدودیت سرعت رانندگی بر سطح روسازی همانند با خط‌کشی دندان اژدهایی تاثیر بیشتر در کاهش سرعت توسط رانندگان نسبت به نوع خط‌کشی عرضی محیطی دارند.

کنترل و کاهش آن"، فصلنامه مدیریت ترافیک، سال سوم، شماره ۸

-Arnold, E. D. and K. E. Lantz. "Evaluation of Best Practices in Traffic Operations and Safety: Phase I: Flashing LED Stop Sign and Optical Speed Bars". Final Report VTRC 07-R34. Virginia Transportation Research Council.

-Bella, F., (2013), "Driver perception of roadside configurations on two-lane rural roads: Effects on speed and lateral placement". Accident Analysis and Prevention 50, pp. 251–262.

-Guo, Y., Liu, P., Liang, Q. and Wang, W. (2016), "Effects of parallelogram-shaped pavement markings on vehicle speed and safety of pedestrian crosswalks on urban roads in China". Accident Analysis and Prevention, in press.

-Latoski, S. Optical Speed Zone for Rural Two-Lane Highways (2009), "Institute of Transportation Engineers". ITE Journal. <http://www.allbusiness.com/government/government-bodies-offices-regionallocal/12267899-1.html>. Accessed August.

-Meyer, E. (2000), "A Literature Review of Perceptual Countermeasures to Speeding, University of Kansas, Lawrence, KS.

-Michael Hunter, Saroch Boonsiripant, Angshuman Guin, Michael O. Rodgers and David Jared. Evaluation of the Effectiveness of Converging Chevron Pavement Markings in Reducing Speed on Freeway Ramps. Paper 10-2432. TRB 2010 Annual Meeting CD-ROM.

لازم به ذکر است که همانگونه که در بخش دوم عنوان شد، خط کشی‌های حاشیه‌ای کنار مسیر با هدف آرام سازی ترافیک در مطالعات دیگری در همین مقطع انجام شده اما طرح پژوهش حاضر مبنی بر استفاده از خط کشی اعلام سرعت مجاز در وسط مسیر از مزایای بیشتری برخوردار است. مزیت اول اینکه هدف طراح را نشان داده و سرعت مجاز را به رانندگان اعلام می‌کند و ذهن رانندگان را چندان درگیر نخواهد کرد و رانندگان بدون پرت شدن حواسشان به خواسته طراح پی می‌برند و دوم اینکه از لحاظ هزینه بسیار مقرون به صرفه بوده و فقط در دو نقطه اجرا شده است.

۸- مراجع

-حقیقی، ف.ر.، پوروطن، م.، یوسفی، ح.، (۱۳۹۳)، "آرامسازی ورودی شهرهای خطی با استفاده از دو نوع خط کشی سطح راه: مطالعه موردی ورودی شهر ایزدشهر"، چهاردهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.

- حقیقی، ف.ر.، جعفری، ر.، اکبری، ع.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی تاثیر تابلوهای محدودیت سرعت بر کاهش سرعت رانندگان در دنیای واقعی و دنیای مجازی". چهاردهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.

- سازمان پزشکی قانونی ایران، (۱۳۹۳)، گروه آمار سازمان پزشکی قانونی کشور، www.lmo.ir.

- فلاح زاده، ح. (۱۳۸۵)، "اپیدمیولوژی توصیفی تصادفات در استان یزد"، مجله علمی پزشکی قانونی، سال ۱۲، شماره ۱۵۸.

- وزارت راه و شهرسازی (۱۳۸۵)، "مدیریت ایمنی راه"، تألیف: بانک توسعه آسیایی، ترجمه: معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پاییز.

- وهابزاده، الف، (۱۳۸۷)، "تاثیر عامل انسانی بر وقوع تصادفات رانندگی آزادراه کرج- قزوین در سال ۸۴ و راه‌های