بررسی عوامل انتخاب سرعت در نواحی انتقالی ورودی شهرها با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی

علمی - پژوهشی

عاطفه حسینی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران- حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران

*حمیدرضا بهنود (نویسنده مسئول)، دانشیار، گروه مهندسی عمران- حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران

بتول صداقتی شکری، دانش آموخته دکتری، گروه مهندسی عمران- حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: hr.behnood@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱- پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۰۱

صفحه ۲۸۰-۲۷۱

چکیده

مناطق گذار یا انتقالی که معمولاً در ورودی یک منطقه شهری وجود دارد، مناطقی هستند که نواحی با سرعت بالاتر را به سرعت‌های کمتر متصل می‌کنند. با توجه به ضرورت کاهش سرعت در ورودی شهرها هدف اصلی این تحقیق بررسی عواملی است که بر روی انتخاب سرعت رانندگان در نواحی انتقال ورودی شهرها تاثیر می‌گذارند. سناریوی شبیه‌سازی شده در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی پیاده‌سازی شده و در هشت مرحله تکرار می‌شود و در هر مرحله اقدامات مهندسی شامل تابلو سرعت مجاز، نوع میانه، خط کندرو و پارک حاشیه ای تغییر می‌کند. در این تحقیق با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه میزان تاثیرگذاری هر کدام از متغیرهای پیش‌بینی (۸ متغیر مورد استفاده شامل تابلو سرعت مجاز، نوع میانه، خط کندرو، پارک حاشیه ای، سن راننده، جنسیت راننده، سطح تحصیلات راننده و تجربه رانندگی) بر متغیر هدف (سرعت متوسط وسیله نقلیه) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج ورود داده‌ها به مدل رگرسیون خطی چندگانه نشان می‌دهد که روش گام به گام دارای بیشترین ضریب همبستگی (۰/۹۰۴) می‌باشد. نتایج نشان داد همه متغیرها به جز متغیرهای خط کندرو و تحصیلات دیپلم/ زیر دیپلم در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند. همچنین، به ازای یک واحد تغییر در متغیرهای جنسیت مرد و سن ۲۰-۲۸، به ترتیب ۲/۷۵۹ و ۳/۸۳۲ واحد تغییر در سرعت متوسط ایجاد می‌گردد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تابلو سرعت مجاز، پارک حاشیه ای، میانه با بشکه ایمنی زرد، تحصیلات دکتری و تجربه رانندگی ۲۶ تا ۳۳ سال تاثیر منفی در سرعت متوسط دارند و آن را کاهش می‌دهند؛ به گونه ای که به ازای یک واحد تغییر در این متغیرها به ترتیب ۵/۳۲۷-، ۱/۳۵۱-، ۳/۴۱۵-، ۰/۸۹۴- و ۱/۱۸۲- واحد تغییر در سرعت متوسط ایجاد می‌گردد. لذا وجود اقدامات مهندسی تابلوی سرعت مجاز و میانه با بشکه ایمنی زرد سبب کاهش تمایل رانندگان به افزایش سرعت شده و سرعت متوسط آنها را کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب سرعت، نواحی انتقالی ورودی شهر، شبیه‌ساز رانندگی، رگرسیون گام به گام

۱-مقدمه

یکی از عوامل انسانی موثر بر وقوع تصادفات، سرعت بالا و غیرمجاز رانندگی می‌باشد. بعضی پژوهشگران، تاثیر عامل سرعت بر تصادفات فوتی را بیش از ۳۷ درصد دانسته‌اند. سرعت وسایل نقلیه موجود در مسیر علاوه بر توانایی‌های رانندگان (مهارت راننده و میزان آشنایی با راه) و وسایل نقلیه آنها (کشش وسیله نقلیه) به پنج شرط عمومی دیگر وابسته است که شامل

ویژگی‌های فیزیکی مسیر (مسافت دید سبقت، مسافت دید توقف، نوع مسیر و توپوگرافی منطقه، شعاع و تعداد قوس‌های مسیر، طرح هندسی مسیر مانند نوع، میزان دسترسی به مسیر و کاربری اراضی)، وجود دیگر وسایل نقلیه (درصد و ترکیب ترافیک وسایل نقلیه سنگین در آن و تنوع ناوگان موجود)، آب و هوا (شرایط جوی)، مقدار تداخل با مانع‌های موجود در حریم راه (فاصله موانع جانبی) و محدودیت‌های سرعت (میزان کنترل و نظارت بر ترافیک عبوری، اعمال قانون توسط پلیس یا از طریق وسایل کنترل ترافیک) (Garber & Gadiraju, ۱۹۸۹؛ Liang et al. ، ۱۹۹۸). مناطق گذار یا انتقالی[1] که معمولاً در ورودی یک منطقه شهری وجود دارد، مناطقی هستند که نواحی با سرعت بالاتر را به سرعت‌های کمتر متصل می‌کنند، بنابراین انتظار می‌رود رانندگان سرعت عملیاتی خود را در این منطقه کاهش دهند. هنگامی که رانندگان وارد منطقه انتقالی می‌شوند، به دلیل طولانی بودن رانندگی با سرعت زیاد، محدودیت سرعت را دست‌کم می‌گیرند و سرعت خود را کاهش نمی‌دهند. بنابراین، هنوز در رانندگی با سرعت بالا قرار دارند که تراکم ترافیک، عابر پیاده، دوچرخه سوار و غیره افزایش می‌یابد و منجر به تصادف شدیدتر در مناطق گذار می‌شود. لذا باید اقداماتی در این مناطق صورت گیرد که شامل طرح هندسی، دستگاه‌های کنترل ترافیک، اقدامات سطحی و ویژگی‌های کنار راه است. اقدامات مؤثر در طرح هندسی عمدتا شامل جزایر مرکزی، باریک شدن راه، محدویت‌های جاده‌ای و غیره است. دستگاه‌های کنترل ترافیک شامل علائم سرعت‌شمار معکوس، علائم بازخورد سرعت و غیره است (Coelho et al.، ۲۰۱۱؛ Xu et al.، ۲۰۱۰). مدیریت سرعت و انتخاب سرعت مجاز در راه‌ها به منظور افزایش ایمنی، برای تمام کاربران راه اهمیت دارد. یکی از عوامل انسانی و موثر در تصادفات ترافیکی سرعت بالا و غیرمجاز است و اغلب زمانی اتفاق می‌افتد که در محدوده سرعت جهش وجود دارد، مانند نواحی انتقال که راه‌های پرسرعت و کم‌تراکم برون‌شهری را به راه‌های درون‌شهری که در خدمت چند کاربر راه از جمله عابرین پیاده قرار دارد و دارای تراکم بالا و سرعت کم می‌باشد، وصل می‌کنند. بسیاری از رانندگان خطری را که با آن مواجه هستند تشخیص نمی‌دهند (Caliendo & De Guglielmo، ۲۰۱۳).

با توجه به ضرورت کاهش سرعت در ورودی شهرها و مشکلاتی که ناشی از عدم رعایت سرعت مجاز و مناسب در این مناطق می‌باشد، اهداف این تحقیق بدین ترتیب است.

-بررسی عواملی که بر روی انتخاب سرعت رانندگان در نواحی انتقال ورودی شهرها تاثیر می‌گذارند؛

-تحلیل فراوانی عوامل موثر بر انتخاب سرعت رانندگان در نواحی انتقال ورودی شهرها؛ و

-پیش‌بینی سرعت رانندگان در نواحی انتقال ورودی شهرها؛

سرعت زیاد اغلب در مناطقی اتفاق می‌افتد که جهش در محدودیت سرعت وجود دارد. یکی از این مناطق، بخشی از راه را با محدودیت سرعت بالاتر به راهی با محدودیت سرعت کمتر متصل می‌کند. انتظار می‌رود رانندگان سرعت خود را در این منطقه کاهش دهند. این بخش‌های جاده‌ای، نواحی انتقالی نامیده می‌شوند که معمولاً در ورودی یک منطقه شهری وجود دارند (Forbes، ۲۰۱۱؛ Lantieri et al. ، ۲۰۱۵). هنگامی که رانندگان وارد ناحیه انتقال می‌شوند، به دلیل دوره‌های طولانی رانندگی با سرعت بالا، تمایل دارند که سرعت خود را کم کنند که به آن تطبیق سرعت می گویند (Denton, 1976؛ Matthews، ۱۹۷۸؛ Schmidt, & Tiffin، ۱۹۶۹). بنابراین، رانندگان هنوز در رانندگی با سرعت بالا هستند که در آن تراکم ترافیک، عابران پیاده، دوچرخه‌سواران و پیچیدگی بصری افزایش می‌یابد که منجر به نرخ تصادف بالاتر در مناطق انتقالی می‌شود (Leaflet، ۲۰۰۰؛ Hallmark et al.، ۲۰۰۷). داده‌های تصادف در ویکتوریای استرالیا نشان داد که میزان مرگ و میر (۴۵ کشته در هر ۱۰۰ میلیون وسیله نقلیه- مایل در سال) در مناطق انتقال به طور قابل توجهی بالاتر از میزان مرگ و میر (۲۷ کشته در هر ۱۰۰ میلیون وسیله نقلیه- مایل در سال) در مناطق روستایی بوده است (Tziotis، ۱۹۹۲).

در طول سی سال گذشته، تعدادی از مطالعات برای بهبود ایمنی در مناطق انتقال انجام شده است. به طور معمول، چهار نوع تدابیری که در مناطق انتقالی اجرا شده‌اند شامل طرح هندسی، دستگاه‌های کنترل ترافیک، اقدامات سطحی و ویژگی‌های کنار جاده می‌شوند (Forbes، ۲۰۱۱). اقدامات مؤثر طرح هندسی عمدتاً شامل جزایر مرکزی (Charlton & Baas، ۲۰۰۶)، جاده‌های باریک (.□□ □□ □□□□□، ۲۰۰۸)، کاهش خط (Stamatiadis et al.، ۲۰۱۳؛ Rosales، ۲۰۰۶؛ Knapp & Rosales، ۲۰۰۷؛ Gates et al. ، ۲۰۰۷) و غیره است. چارلتون و باس دریافتند که جزایر میانی و قوس‌های اتصال به ترتیب سرعت را در حدود ۹ درصد و ۲۶ درصد کاهش می‌دهند (Charlton & Baas، ۲۰۰۶). بر اساس یک مطالعه شبیه‌ساز رانندگی، مشخص شد که پس از اجرای اقدامات باریک‌سازی خطوط با استفاده از جزایر رنگ‌شده مرکزی و خط‌کشی لبه‌ها، سرعت صدک ۸۵ به میزان ۵/۵ کیلومتر در

ساعت کاهش یافت (Dixon et al.، ۲۰۰۸). نپ و روسالس گزارش کردند که کاهش خط می‌تواند منجر به کاهش سرعت ۸ کیلومتر در ساعت یا کمتر شود، اما تا ۷۰ درصد سرعت اضافی را کاهش دهد (Knapp & Rosales، ۲۰۰۷). به‌علاوه، کاهش خط می‌تواند تا ٤٤ درصد تصادفات را کاهش دهد (Gates et al.، ۲۰۰۷). دستگاه‌های کنترل ترافیک شامل تابلوهای سرعت‌شمار معکوس (Jamson et al.، ۲۰۰۸)، تابلوهای بازخورد سرعت (Donnell & Cruzado، ۲۰۰۸)، حذف خطوط روسازی (Quimby & Castle، ۲۰۰٦) و غیره است. نتایج شبیه‌سازی رانندگی نشان داده است که تابلوهای شمارش معکوس باعث کاهش سرعت ۹ درصدی در سناریوی نزدیک شدن به یک روستا می‌شود (□□ □□ □□□□□□، ۲۰۰۸). دانل و کروزادو تحقیقی را در مورد استفاده از علائم بازخورد سرعت در پنسیلوانیا انجام دادند که نشان دهنده کاهش میانگین سرعت تقریباً ۱۰ کیلومتر در ساعت است. با این حال، این تاثیر تنها زمانی معنادار بود که تابلو در جای خود قرار داشت، اما پس از حذف تابلو، میانگین سرعت به سطوح قبلی برگشت (□□□□□□□ □ □□□□□□□، ۲۰۰۸). حذف خطوط جداکننده می‌تواند به کاهش سرعت ۱۱ کیلومتر در ساعت و کاهش ۵ درصدی سرعت سفر کمک کند (Quimby & Castle، ۲۰۰٦). اقدامات سطح جاده شامل انحرافات عمودی (به عنوان مثال، سرعت‌گیرها و تقاطع‌های برجسته) (Charlton & Baas، ۲۰۰٦) و سطوح موجی لرزاننده (□□□ Department Transport، ۲۰۰۵) است. با این حال، انحرافات عمودی در انتقال سرعت بالا به کم در عمل به طور گسترده مورد استفاده قرار نگرفته‌اند، زیرا ممکن است پتانسیل آسیب رساندن به خودرو را داشته باشند.

حتی بدتر از آن، ممکن است وسیله نقلیه به دلیل انحراف عمودی، کنترل را از دست بدهد (Forbes، ۲۰۱۱). با این وجود، چارلتون و باس گزارش دادند که سرعت‌گیرها در مناطق انتقالی می‌توانند سرعت را به ترتیب ۹ و ۲۱ درصد کاهش دهند (Charlton & Baas، ۲۰۰٦).

اصلاح ویژگی‌های کنار جاده عبارت است از قرار دادن اقدامات یا عناصر در آستانه شهری/برون‌شهری و ارائه یک نشانه بصری به رانندگان که نشان می‌دهد این نقطه تغییر در ویژگی جاده است (Forbes، ۲۰۱۱). اندرسون و همکاران عملکرد ایمنی ۲۵۱ ورودی شهر را در مناطق انتقالی در دانمارک تحلیل کردند. داده های سه تا پنج سال قبل و بعد از تصادف برای تخمین عملکرد ایمنی جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که ورودی‌های شهر تأثیر مثبتی در کاهش تصادفات در مناطق انتقالی داشته است. علاوه بر این، همچنین مشخص شد که ترکیب اصلاح‌های فیزیکی و بصری بهترین عملکرد ایمنی را ارائه می‌دهد (Yan et al.، ۲۰۱٦). ونزیانو و همکاران داده‌های تصادف جمع‌آوری شده قبل و بعد از ساخت‌وسازهای ورودی شهر در کالیفرنیا را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که ساخت‌وسازهای ورودی شهر در تصادفات ترافیکی نقشی نداشته است (Veneziano et al.، ۲۰۰۹).

۲-روش تحقیق

۲-۱-شرکت کنندگان

در این مطالعه از ۵۲ نفر برای انجام تست رانندگی با دستگاه شبیه‌ساز رانندگی استفاده شد که از بین آنها ۳۸ نفر با جنسیت مرد و ١٤ نفر با جنسیت زن بوده‌اند. افراد شرکت کننده در مطالعه بر اساس رده‌های مختلف سنی انتخاب شده‌اند به گونه‌ای که ۱۳ نفر در گروه سنی ۲۰-۲۸ سال، ۱۵ نفر در گروه سنی ۲۹-۳۷ سال، ۱۰ نفر در گروه سنی ۳۸-٤٦ سال، ۱۱ نفر در گروه سنی ٤٧-۵۵ سال و ۳ نفر در گروه سنی ۵٦-٦٤ سال می‌باشند. در پژوهش حاضر جامعه دارای بازه سنی ۲۰-٦٤ سال می‌باشد. لازم به ذکر است که در کشور ایران انتهای ۱۸ سالگی سن دریافت گواهینامه می‌باشد اما به دلیل نوع تحقیق و سناریوهای مشخص شده در دستگاه شبیه‌ساز که مسیر انتقالی پس از راه برون‌شهری است، با توجه به قوانین راهنمایی و رانندگی باید اشخاصی که گواهی نامه دارند، تجربه رانندگی در راه‌های برونشهری را نیز داشته باشند. بنابراین سن ۲۰ سال عددی بوده که برای این مساله لحاظ شده است. افراد حاضر در آزمایش از اقشار مختلف جامعه بودند که در مشخصاتی مانند شغل، تحصیلات، جنسیت و دیگر خصوصیات فردی باهم متفاوت بودند. نمونه در نظر گرفته شده از اشخاص به گونه‌ای است که کل جامعه را شامل شود و این اطمینان وجود دارد که می‌توان یافته‌های آزمایش را به کل افراد جامعه تعمیم داد. در این مطالعه با استفاده از رویکرد رابطه کوکران، اندازه نمونه و تعداد افراد مورد نیاز برای این تحقیق محاسبه شد. با توجه به محدودیت زمان، هزینه و شرایط پاندمیک و حذف نمونه‌هایی با تست نادرست، در نهایت از ۵۲ نمونه استفاده شد. در این مطالعه ۷۳ درصد از شرکت کنندگان مرد و مابقی زن بودند.

بیشتر از ۵۰ درصد افراد شرکت کننده دارای تحصیلات دیپلم و زیر دیپلم بودند. همچنین بیشتر از ۵۰ درصد افراد شرکت کننده دارای تجربه رانندگی کمتر از ۱۰ سال بوده‌اند.

۲-۲- سناریو

در این مطالعه به منظور انجام آزمایش و دریافت تست از رانندگان، سناریوهایی در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی پیاده شد. در این سناریوها تمامی شرایط راه که قرار است رانندگان در آن

حرکت کنند، نشان داده شده است. سناریوی شبیه‌سازی شده در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی پیاده‌سازی شده و در هشت مرحله تکرار می‌شود و در هر مرحله اقدامات مهندسی شامل تابلو سرعت مجاز، نوع میانه، خط کندرو و پارک حاشیه‌ای تغییر می‌کند. این سناریوها به منظور برنامه‌نویسی و پیاده‌سازی در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی، در اختیار برنامه‌نویس دستگاه قرار گرفت و مبنای کار برنامه‌نویس بود.

شرح این سناریوها به صورت زیر است.

در سناریوی اصلی مورد مطالعه، ابتدا یک مسیر دوخطه دوطرفه برون‌شهری برای انجام شبیه‌سازی در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی انتخاب شده است که به ناحیه انتقالی می‌رسد. در این مسیر راننده از نقطه شروع سناریو در مسیر برون‌شهری تا ورود به ناحیه انتقال ۱۷۶۰ متر و سپس در ناحیه انتقالی ورودی شهر ۱۰۰۰متر را رانندگی می کند که متغیرهای مورد نظر این مطالعه در ۴۰۰ متر انتهایی پیاده‌سازی شده است. سناریوی پیاده شده در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی دارای هشت حالت نشان داده شده در شکل ۱ است: حالت اول که با عنوان شرایط پایه شناخته می‌شود، هیچ اقدام مهندسی در آن به کار نرفته است (شکل ۱–a). حالت دوم، سناریویی تنها با تابلوی سرعت مجاز است و مابقی اقدامات در آن وجود ندارد (شکل ۱–b). حالت سوم، سناریو با پارک حاشیه‌ای و میانه جدول‌کشی شده است (شکل ۱–c). حالت چهارم، سناریو با میانه با بشکه ایمنی زرد و خط کندرو است (شکل ۱–d). حالت پنجم، سناریو با پارک حاشیه‌ای و خط کندرو است (شکل ۱–e). حالت ششم، سناریو با تابلو سرعت مجاز، میانه جدول‌کشی شده و خط کندرو است (شکل ۱–f). حالت هفتم، سناریو با تابلو سرعت مجاز، پارک حاشیه‌ای و خط کندرو است (شکل ۱–g). حالت هشتم، سناریو با تابلوی سرعت مجاز، پارک حاشیه‌ای و میانه با بشکه ایمنی زرد می‌باشد (شکل ۱–h). این چهار اقدام مهندسی در شبیه‌ساز رانندگی ساخته شده است تا تاثیر آنها در انتخاب سرعت رانندگان در نواحی انتقالی ورودی شهرها ارزیابی شود. در این مطالعه به منظور عدم تاثیرگذاری رانندگان سایر وسایل نقلیه موجود در مسیر روی انتخاب سرعت رانندگان به جز در خط کندرو، از ترافیک عبوری صرف نظر شده و هیچ وسیله در حال حرکتی در مسیر به جز خودرو مورد آزمایش وجود نداشت. در هر دو جهت عبوری از مسیر، ترافیک وسایل نقلیه جریان ندارد. در طول مسیر از تجهیزات ایمنی کنار راه نظیر گاردریل استفاده شده است. مسیر شبیه‌سازی شده مسیری دارای چشم‌اندازهای طبیعی است.

در ابتدا به منظور آشنایی راننده با محیط دستگاه شبیه‌ساز و نحوه کار با آن، یک سناریو با عنوان سناریوی قلق‌گیری به ۸ سناریوی اصلی اضافه شد و در مرحله اول، راننده در سناریوی قلق‌گیری در مسیری به طول ۲٫۵ کیلومتر که از مسیر برون‌شهری آغاز و به یک رمپ خروجی منتهی می‌شد رانندگی کرده و با نحوه کار دستگاه آشنا شد. درکیلومتراژ صفر، وسیله نقلیه موردنظر از مسیر برون‌شهری شروع به حرکت می‌کند که این مسیر یک مسیر مستقیم و فاقد هرگونه کاربری در اطراف مسیر است و از شروع این مسیر و تا انتهای آن هیچ ترافیکی در جهت حرکتی در مسیر وجود نخواهد داشت. در کیلومتراژ ۱+۷۶۰ از مسیر برون‌شهری وارد ناحیه انتقال شده و در ادامه مسیر در صورت وجود در هر سناریو تابلوی کیلومتراژ آن ۲+۳۶۰ می‌باشد. سپس در کیلومتراژ ۲+۴۸۰ خط کندرو و در کیلومتراژ ۲+۴۹۵ پارک حاشیه‌ای و در کیلومتراژ ۲+۵۱۰ میانه آغاز می‌شود و در کیلومتراژ ۲+۷۶۰ مسیر به انتها می‌رسد.

۳–۲– فرایند

در انجام این مطالعه از دستگاه شبیه‌ساز رانندگی پایه ثابت استفاده شده که از نظر ظاهری و سیستم عملکردی، تفاوت چندانی با خودروهای معمول ندارد. اتاقک دستگاه شبیه‌ساز رانندگی شامل صندلی قابل تنظیم، فرمان، گاز، کلاچ و کل داشبورد و همچنین نمایشگرهای سرعت‌سنج می‌شود. برای انجام آزمایش از سه تلویزیون LCD ۴۲ اینچ برای نمایش سناریوی شبیه‌سازی شده استفاده شد. این سه صفحه نمایش درمجموع یک زاویه دید ۳۲۷ درجه را برای شرکت کنندگان فراهم می‌کردند. در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی از بلندگوهایی برای پخش صدای خود وسیله نقلیه که شخص با آن رانندگی می‌کند و همچنین پخش صدای وسایل نقلیه دیگر که در جاده حرکت می‌کنند استفاده شده است. پس از بررسی سناریوها و اجرای مکرر آزمایشی آنها در دستگاه شبیه‌ساز رانندگی، لازم بود تا اصلاحاتی بر روی سناریوها اعمال شود که این اصلاحات به مدت یک ماه به طول انجامید. در پایان این مدت، برای اطمینان از صحت ثبت اطلاعات مد نظر در دستگاه سه بار از هر سناریو تست آزمایشی گرفته شده و داده‌های آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به اینکه این آزمایش در شرایط پاندمی کرونا صورت گرفت و همچنین می‌بایست از رده‌های مختلف سنی برای انجام مطالعه استفاده می‌شد، در پیدا کردن افراد واجد شرایط مشکل اساسی وجود داشت. مشکل دیگر در روند آزمایش، جنسیت زن بود که تعداد رانندگان زن که تمایل به شرکت در آزمایش داشتند نسبت به مردان با توجه به عدم اطمینان و نبود آشنایی با چنین آزمایشی کمتر بود. برای انجام این مطالعه از حدود ۳۲۰ نفر برای شرکت در این تست دعوت به عمل آمد که از این تعداد درنهایت ۵۲ نفر برای شرکت در این مطالعه اعلام آمادگی کردند. این دعوت از طریق تماس‌های تلفنی، دعوت حضوری و یا استفاده از شبکه‌های مجازی بود.

برای هر تست به طور متوسط ۴۰ دقیقه زمان لازم بود و طی ۱۲ روز از ۵۰ نفر تست رانندگی گرفته شد و در پایان هر تست جنسیت، سن، میزان تحصیلات و تجربه رانندگی هر فرد یادداشت گردید.

۲-۴- تحلیل آماری

تحلیل رگرسیونی وسیله‌ای است که توسط آن می‌توانیم بین دو یا چند متغیر کمی رابطه‌ای برقرار نماییم. بطوریکه این متغیر را بتوان توسط متغیرهای دیگر به کار رفته در رابطه رگرسیون پیش‌بینی کرد. مدلهای رگرسیونی ممکن است شامل بیش از یک متغیر مستقل باشند که در این صورت به آن رگرسیون چندگانه می‌گویند (Nguyen et al.، ۲۰۲۱).

در رگرسیون خطی چندگانه، روش‌های متعددی برای انتخاب و ورود متغیر به مدل وجود دارد تا مشخص کنیم چگونه متغیرهای مستقل وارد تحلیل شوند و نیز بتوانیم مدل‌های رگرسیونی مختلفی را بر روی یک مجموعه متغیر یکسان ایجاد کنیم (Oda & Yanagihara، ۲۰۲۱).

-روش هم‌زمان[۲]: رویکردی در انتخاب متغیرهاست که در آن کلیه متغیرهای وارد شده در یک مرحله در تعیین رگرسیون به کار می‌روند.

-روش گام به گام[۳]: در این روش، متغیرهای مستقل یکی یکی به معادله رگرسیون اضافه شده و اگر نقش معناداری در رگرسیون نداشته باشند (با توجه به معناداری آزمون خطی بودن رابطه متغیرها) از آن حذف می‌شوند.

-روش حذف[۴]: رویکردی در انتخاب متغیرهاست که در آن کلیه متغیرهای وارد شده در یک مرحله حذف می‌شوند.

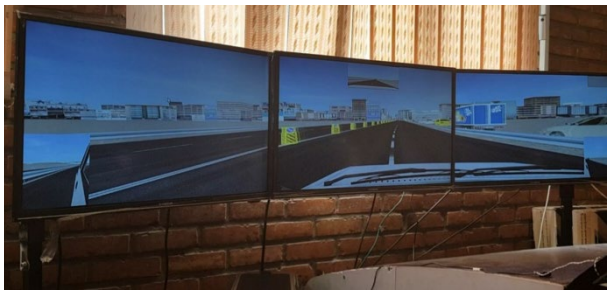
-روش حذف رو به عقب[۵] متغیرهای مستقل: روشی در انتخاب متغیرها که در آن ابتدا تمامی متغیرهای مستقل به معادله رگرسیون وارد می‌شوند و سپس در صورتی که معیارهای لازم برای باقی ماندن در مدل (متغیرهایی که ضریب همبستگی پایین‌تری با متغیر وابسته دارند اولین گزینه حذف از معادله هستند) را نداشته باشند، تک‌تک حذف می‌شوند.

-روش انتخاب رو به جلوی متغیرهای مستقل: روشی در انتخاب متغیرهای مستقل که در آن تنها متغیرهایی که از معیارهای لازم برای ورود به معادله گرسیون برخوردارند (متغیرهای مستقل با ضریب همبستگی مثبت یا منفی بالاتر اولین گزینه ورود به معادله) وارد مدل می‌شوند.

شکل ۱-

شکل ۱-

شکل ۱-



شکل ۱-

شکل ۱-□

شکل ۱-□

شکل ۱-g

شکل ۱-□

شکل ۱. سناریوهای شبیه‌سازی رانندگی در ناحیه انتقالی ورودی شهر

۳- نتایج

در این تحقیق با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه میزان تاثیرگذاری هر کدام از متغیرهای پیش‌بینی (۸ متغیر مورد استفاده شامل تابلوی سرعت مجاز، نوع میانه، خط کندرو، پارک حاشیه‌ای، سن راننده، جنسیت راننده، سطح تحصیلات راننده و تجربه رانندگی) بر متغیر هدف (سرعت متوسط وسیله نقلیه) مورد بررسی قرار گرفته است.

برای مدل‌سازی رگرسیون خطی چندگانه سرعت متوسط، یک متغیر وابسته و ۲۶ زیرمتغیر مستقل تعریف و سپس مدل‌سازی شده است. لازم به ذکر است که تعداد کل متغیرهای مستقل در این پژوهش ۸ عدد است؛ اما برای ساخت مدل رگرسیون، لازم است تا زیرمتغیرها جداگانه وارد مدل شده به‌گونه‌ای که تأثیر هرکدام از زیرمتغیرها روی متغیر هدف اندازه‌گیری شود؛ بنابراین، تعداد متغیرهای ورودی به مدل ۲۶ عدد می‌باشد. در مدل‌سازی به روش ورودی، ازآنجاکه همه متغیرها در یک زمان وارد معادله می‌شوند، مدل فرصت مناسب پردازش داده‌ها و انتخاب مهم‌ترین متغیرها را ندارد و بنابراین، این روش نمی‌تواند روش مناسبی برای مدل‌سازی باشد. ازاین‌رو از روش گام به گام، حذف، رو به جلو و رو به عقب برای ورود داده‌ها به مدل استفاده شده است. هر روشی که در پیش‌بینی سرعت متوسط مناسب‌تر باشد، به‌عنوان روش برتر شناخته می‌شود. جدول ۱ خلاصه مدل‌ها با استفاده از این چهار روش را نشان می‌دهد که شامل ضریب همبستگی (R)، ضریب تعیین (R^2)، ضریب تعیین تعدیل شده (R^2_{adj}) و خطای معیار تخمین ($S_□$) می‌باشد.

جدول ۱. خلاصه روش‌های ورود داده‌ها به مدل رگرسیون خطی چندگانه

روش رگرسیون	□	□²	تعدیل شده□²	خطای استاندارد
گام به گام	۰/۹۰٤	۰/۸۱۷	۰/۷۹۰	٤/۳٤۸
حذف	۰/۷۸۲	۰/٦۱۲	۰/٥٥٤	٦/۱۹۳
رو به جلو	۰/۸۹۳	۰/۷۹۷	۰/۷٦۸	٤/٦۲٥
رو به عقب	۰/۸۷۱	۰/۷٥۹	۰/۷۲۳	٥/۱۲۷

همانطور که در جدول ۱ دیده می‌شود، نتایج ورود داده‌ها به مدل رگرسیون خطی چندگانه نشان می‌دهد که روش گام به گام دارای بیشترین ضریب همبستگی (۰/۹۰٤) می‌باشد. از این رو، این روش برای ورود متغیرها به مدل استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که تفاوت بین ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده می‌تواند ناشی از حجم نمونه و تعداد متغیرها باشد. در صورتی که نمونه کوچک باشد، ضریب تعیین تعدیل شده برای تفسیر مناسب‌تر است. با بزرگ شدن نمونه این دو ضریب به هم نزدیک می‌شوند. با افزودن تعداد متغیرها به مدل رگرسیون، مقدار ضریب تعیین ممکن است افزایش یابد. برای جلوگیری از این وضعیت و کنترل تورم ضریب تعیین، آماره دیگری به نام ضریب تعیین تعدیل شده مطرح می‌شود که مشکلات ضریب تعیین را برطرف می‌سازد. شاخص خطای معیار میانگین، میزان پراکندگی نقاط را حول خط رگرسیون اندازه‌گیری می‌کند. هرچه این شاخص بیشتر باشد، پراکندگی نقاط حول خط رگرسیون بیشتر خواهد بود. در جدول (۳-٤) ضرایب نشان داده شده است که اطلاعاتی درمورد متغیرهای پیشبین ارائه می‌کند. جدول ضرایب شامل دو دسته ضرایب استاندارد نشده (B) و ضرایب استاندارد شده (Beta) می‌باشد. در ضرایب استاندارد نشده، مقیاس متغیرها با همدیگر یکسان نیستند درصورتی که در ضرایب استاندارد شده مقیاس متغیرها یکسان شده و امکان مقایسه متغیرها وجود دارد. بنابراین، برای مقایسه اثرات چندین متغیر مستقل بر روی متغیر وابسته از ضریب استاندارد شده استفاده می‌شود. سایر ستون های این جدول نیز شامل خطای معیار ضرایب ستون B، آماره و sig است که به منظور آزمون فرض تساوی هر یک از ضرایب ستون B با عدد صفر و معنی داری متغیر پیشبین بکار می‌رود.

جدول ۲. ضرایب مدل و سطح معنی داری آنها در مدل رگرسیون خطی چندگانه

متغیرها	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد	t	sig
	B	Std. Error	Beta		
تابلو سرعت مجاز	-۵/۳۲۷	۲/۱۸۲	-۰/۲۵۱	-۲/۷۵۲	۰/۰۰٦
پارک حاشیه ای	-۱/۳۵۱	۲/٦۱۹	-۰/۰٤۲	-۰/٤۸۳	۰/۰۰۱
میانه با بشکه ایمنی زرد	-۳/٤۱۵	۱/۷٦٤	-۰/۱٦۲	-۱/۳۹۲	۰/۰۱۸
جنسیت مرد	۲/۷۵۹	۲/۵۳۲	۰/۰۷٦	۱/۱۸۵	۰/۰۳۲
سن ۲۰-۲۸	۳/۸۳۲	۱/۵۲۱	۰/۱۹۵	۲/۷۸٤	۰/۰۰٦
تحصیلات دکتری	-۰/۸۹٤	۱/٤۷۲	-۰/۰٤۱	-۰/۵۳۲	۰/۰۰۱
تجربه رانندگی ۲٦ تا ۳۳ سال	-۱/۱۸۲	۳/۰۷۵	-۰/۰۳۱	-۰/۳۹۷	۰/۰۱۲
ثابت	۱۲/۸٤۳	۵/۷۲۹	-	۳/٤۰۷	۰/۰۰۰

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، همه متغیرها به جز متغیرهای خط کندرو و تحصیلات دیپلم/ زیر دیپلم در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند و بر متغیر وابسته تاثیر آماری معنی‌داری دارند و یا به عبارت دیگر متغیرهای مستقل وارد شده در مدل قادر به پیشبینی تغییرات متغیر وابسته (سرعت متوسط) هستند. ازآنجاکه مقدار سطح معناداری کمتر از ۵ درصد بود، فرض صفر (اینکه ضرایب Beta برابر با صفر هستند) رد می‌شود که نشان‌دهنده معنادار بودن مدل رگرسیون است.

وقتی ضریب Beta مثبت است، به ازای یک واحد تغییر در متغیر مستقل X_i متناظر با آن، سرعت متوسط افزایش یافته و به‌طور عکس، اگر ضریب β_i منفی باشد، افزایش متغیر X_i منجر به کاهش سرعت متوسط می‌شود (Young & Liesman، ۲۰۰۷). بنابراین به ازای یک واحد تغییر در متغیرهای جنسیت مرد و سن ۲۰-۲۸، به ترتیب ۲/۷۵۹ و ۳/۸۳۲ واحد تغییر در سرعت متوسط ایجاد می‌گردد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تابلوی سرعت مجاز، پارک حاشیه‌ای، میانه با بشکه ایمنی زرد، تحصیلات دکتری و تجربه رانندگی ۲٦ تا ۳۳ سال تاثیر منفی در سرعت متوسط دارند و آن را کاهش می‌دهند.

به گونه‌ای که به ازای یک واحد تغییر در این متغیرها به ترتیب ۵/۳۲۷-، ۱/۳۵۱-، ۳/٤۱۵-، ۰/۸۹٤- و ۱/۱۸۲- واحد تغییر در سرعت متوسط ایجاد می‌گردد. لذا وجود اقدامات مهندسی تابلوی سرعت مجاز و میانه با بشکه ایمنی زرد سبب کاهش تمایل رانندگان به افزایش سرعت شده و سرعت متوسط آنها را کاهش می‌دهد.

۵-نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از رگرسیون خطی چندگانه مشخص شد که به منظور ساخت مدل برای سرعت متوسط با استفاده از تمام سناریوها و تمام داده‌ها، یک متغیر وابسته و ۲۶ زیرمتغیر مستقل در نرم‌افزار تعریف و ثبت شده است. از روش‌های گام به گام، حذف رو به جلو و حذف رو به عقب در مدلسازی رگرسیون خطی چندگانه برای وارد کردن داده‌ها استفاده شده است. ضریب همبستگی (R)، ضریب تعیین (R^2)، ضریب تعیین تعدیل شده (R^2_{adj}) و خطای معیار تخمین ($S_{\square}$) در این مدل نشان داده است که روش گام به گام دارای بیشترین ضریب همبستگی (۰/۹۰٤) بوده است. از این رو، این روش برای ورود متغیرها به مدل استفاده شده است. نتایج مدل رگرسیون همچنین نشان داده است که همه متغیرها به‌جز متغیرهای خط کندرو و تحصیلات دیپلم/ زیر دیپلم در سطح ۵ درصد معنی دار هستند و به لحاظ آماری به صورت معنی‌داری بر متغیر وابسته، موثر است و یا به عبارت دیگر متغیرهای مستقل وارد شده در مدل قادر به پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته (سرعت متوسط) هستند. نتایج همچنین معنادار بودن مدل رگرسیون را نشان می‌دهند. نتایج نهایی مدل رگرسیون نشان داده است که متغیرهای تابلوی سرعت مجاز، پارک حاشیه‌ای، میانه با بشکه ایمنی زرد، تحصیلات دکتری و تجربه رانندگی ۲۶ تا ۳۳ سال تاثیر منفی در سرعت متوسط دارند و آن را کاهش می‌دهند.

به گونه‌ای که به ازای یک واحد تغییر در این متغیرها به ترتیب ۵/۳۲۷-، ۱/۳۵۱-، ۳/٤۱۵-، ۰/۸۹٤- و ۱/۱۸۲- واحد تغییر در سرعت متوسط ایجاد می‌گردد. از طرف دیگر، به ازای یک واحد تغییر در متغیرهای جنسیت مرد و سن ۲۰-۲۸، به ترتیب ۲/۷۵۹ و ۳/۸۳۲ واحد تغییر در سرعت متوسط ایجاد می‌گردد. بنابراین می‌توان گفت که احداث تابلوی سرعت مجاز و میانه با بشکه ایمنی زرد سبب کاهش تمایل رانندگان به افزایش سرعت شده و سرعت متوسط آنها را کاهش می‌دهد.

٦- مراجع

-Caliendo, C., & De Guglielmo, M. L. (2013). Road transition zones between the rural and urban environment: Evaluation of speed and traffic performance using a microsimulation approach. *Journal of Transportation Engineering,* 139(3), 295-305.

-Charlton, S. G., & Baas, P. H. (2006). Speed change management for New Zealand roads (No. 300). Wellington, New Zealand: *Land Transport New Zealand.*

-Coelho, B., Hölscher, P., Priest, J., Powrie, W., & Barends, F. (2011). An assessment of transition zone performance. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, *225*(2), 129-139.

-Denton, G. G. (1976). The influence of adaptation on subjective velocity for an observer in simulated rectilinear motion. *Ergonomics*, *19*(4), 409-430.

-Department for Transport (2005). Rumblewave Surfacing, Traffic Advisory Leaflet 1/05; Department for Transport: London, UK.

-Dixon, K., Zhu, H., Ogle, J. H., Brooks, J., Hein, C., Aklluir, P., & Crisler, M. (2008). Determining effective roadway design treatments for transitioning from rural areas to urban areas on state highways.

-Donnell, E. T., & Cruzado, I. (2008). *Effectiveness of speed minders in reducing driving speeds on rural highways in Pennsylvania* (No. FHWA-PA-2007-023-510401-12).

-Forbes, G. J. (2011). Speed reduction techniques for rural high-to-low speed transitions (Vol. 412). *Transportation Research Board.*

-Garber, N. J., & Gadiraju, R. (1989). Factors affecting speed variance and its influence on accidents. *Transportation Research Record*, *1213*, 64-71.

-Gates, T. J., Noyce, D. A., Talada, V., & Hill, L. (2007). *The Safety and Operational Effects of" Road Diet" Conversions in Minnesota* (No. 07-1918).

-Hallmark, S. L., Peterson, E., Fitzsimmons, E., Hawkins, N., Resler, J., & Welch, T. (2007). Evaluation of gateway and low-cost traffic-calming techniques for major routes in small communities.

-Jamson, S., Lai, F., Jamson, H., Horrobin, A., & Carsten, O. (2008). Interaction between speed choice and road environment.

-Knapp, K. K., & Rosales, J. A. (2007). Four-lane to three-lane conversions: An update and a case study. In *3rd Urban Street Symposium: Uptown, Downtown, or Small Town: Designing Urban Streets That Work Transportation Research Board Institute of Transportation Engineers (ITE) US Access Board*.

-Rosales, J. (2006). Road diet handbook: Setting trends for livable streets.
-Schmidt, F., & Tiffin, J. (1969). Distortion of drivers' estimates of automobile speed as a function of speed adaptation. *Journal of Applied Psychology*, *53*(6), 536.
-Stamatiadis, N., Kirk, A. J., Cull, A., & Dahlem, A. (2013). Transition Zone Design Final Report.
-Tziotis, M. (1992). *Crashes on the approaches to provincial cities* (No. HS-042 624).
-Veneziano, D. A., Ye, Z. J., Fletcher, J., Ebeling, J., & Shockley, F. (2009). Evaluation of the Gateway Monument Demonstration Program: Safety, *Economic and Social Impact Analysis.*
-Xu, T., Sun, X., Wang, W., & He, Y. (2010). Speed transition zone design based on driving simulator research. In *ICCTP 2010: Integrated Transportation Systems: Green, Intelligent, Reliable*, 414-424.
-Yan, X., Wang, J., & Wu, J. (2016). Effect of in-vehicle audio warning system on driver's speed control performance in transition zones from rural areas to urban areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *13*(7), 634.
-Young, R. K., & Liesman, J. (2007). Estimating the relationship between measured wind speed and overturning truck crashes using a binary logit model. *Accident Analysis & Prevention*, *39*(3), 574-580.
-Lantieri, C., Lamperti, R., Simone, A., Costa, M., Vignali, V., Sangiorgi, C., & Dondi, G. (2015). Gateway design assessment in the transition from high to low speed areas. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *34*, 41-53.
-Leaflet, T. A. (2000). Village traffic calming-reducing accidents.
-Liang, W. L., Kyte, M., Kitchener, F., & Shannon, P. (1998). Effect of environmental factors on driver speed: a case study. *Transportation Research Record*, *1635*(1), 155-161.
-Matthews, M.L., 1978. A field study of the effects of drivers' adaptation to automobile velocity. *Human Factors*, *20*(6), 709-716.
-Nguyen, H. D., Cho, Y. S., Kim, H. S., Han, I. Y., Kim, D. K., Ahn, S., & Shin, J. G. (2021). Comparison of multivariate linear regression and a machine learning algorithm developed for prediction of precision warfarin dosing in a Korean population. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, *19*(7), 1676-1686.
-Oda, R., & Yanagihara, H. (2021, July). A consistent likelihood-based variable selection method in normal multivariate linear regression. *In Intelligent Decision Technologies: Proceedings of the 13th KES-IDT 2021 Conference*, 391-401. Singapore: *Springer Singapore.*
-Quimby, A., & Castle, J. A. (2006). *A review of Simplified Streetscape Schemes*. London: TRL Limited.

Assessing Speed Selection Factors in Urban Entrance Transition Zones Using a Driving Simulator

Atefeh Hoseini, M.Sc.,Grad., Department of Civil Engineering,
Faculty of Technical and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
***Hamid Reza Behnood,** Associate Professor, Department of Civil Engineering,*
Faculty of Technical and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
Batol Sedaghati Shokri, Ph.D., Grad., Department of Civil Engineering,
Faculty of Technical and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

E-mail: hr.behnood@gmail.com

Received: February 2026- Accepted: May 2026

ABSTRACT
Transition zones, which are usually found at the entrance to an urban area, are areas that connect higher speed areas to lower speed areas. The main objective of this study is to investigate the factors that affect the speed choices of drivers in transition areas at the entrance to cities. The simulated scenario was implemented in the driving simulator and repeated in eight stages, and in each stage, the engineering measures including the speed limit sign, the type of median, the shoulder lane, and the marginal parking changed. In this study, using multiple linear regression, the impact of each of the predictor variables (8 variables used to include speed limit sign, median type, frontage road, marginal parking, driver age, driver gender, driver education level, and driving experience) on the target variable (average vehicle speed) has been examined. The results of entering data into the multiple linear regression model show that the stepwise method has the highest correlation coefficient (0.904). The results showed that all variables except frontage road and high-school/under high-school education are significant at the 5% level. Also, for every one unit change in the variables of male gender and age 20-28, there is a 2.759 and 3.832 unit change in average speed, respectively. The results also show that speed limit sign, marginal parking, median with yellow safety barrel, doctoral education, and driving experience of 26 to 33 years have a negative effect on average speed and reduce it; In such a way that for every one unit change in these variables, there is a change in average speed of -5.327, -1.351, -3.415, -0.894 and -1.182 units, respectively. Therefore, the existence of engineering measures for speed limit and median signs with yellow safety barrels reduces the tendency of drivers to increase speed and reduces their average speed.

Keywords: Speed Choice, Urban Entrance Transition Zones, Driving Simulator, Stepwise Regression