

بررسی زمان‌های عکس‌العمل و مانور تغییر خط برای رانندگان خودرو سواری

مبتنی بر خصوصیات رانندگان و راه با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی

پروفسور حسن زیاری (مسئول مکاتبات)، عضو هیئت علمی گروه حمل و نقل دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

محمد حسینی، کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

احسان یحیی‌زاده، مدیر پژوهش و آموزش گروه واقعیت مجازی نصیر، تهران، ایران

E-mail: H.Ziari@iust.ac.ir

چکیده

زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط از مهمترین مولفه‌ها در فاصله دید تصمیم رانندگان است. مانور تغییر خط در آیین نامه آشتو با نام‌های مانورهای C ، D و E معرفی شده است. در این پژوهش سعی بر این است که زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط برای رانندگان خودرو سواری در ایران بر اساس نوع جاده، میزان اطلاعات دریافتی از مسیر و خصوصیات فردی راننده بدست آید. از تعدادی راننده دارای گواهینامه و با شرایط سنی و تحصیلات متفاوت، با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز رانندگی آزمایش به عمل آمده است. نتایج نشان می‌دهند که، مقدار زمان مانور تغییر خط در خیابان شهری به صورت قابل ملاحظه‌ای از زمان مانور تغییر خط در راه برون شهری بیشتر است. همچنین افزایش سرعت، زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط راننده را کاهش داده است. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش سن راننده، زمان عکس‌العمل و مانور راننده افزایش یافته و دیرتر واکنش نشان داده است. همچنین نتایج نشان داده‌اند که بالا بودن میزان تحصیلات راننده و مدت زمان سابقه رانندگی راننده تاثیر چشمگیری در سرعت بخشیدن به عکس‌العمل راننده در مانور تغییر خط داشته است.

واژه‌های کلیدی: طرح هندسی راه، فاصله دید تصمیم، مانور تغییر خط، زمان عکس‌العمل و مانور، شبیه‌ساز رانندگی، رانندگی خودرو سواری

۱. مقدمه

فاصله دید به سه دسته فاصله دید توقف، فاصله دید تصمیم و فاصله دید سبقت تقسیم می‌شود. فاصله دید طولی از مسیر است که برای راننده قابل رویت است. فاصله دید تصمیم، فاصله‌ای است که راننده نیاز دارد تا منبع اطلاعاتی را که غالباً زیاد و غیرمنتظره است یا مشاهده آن مشکل است و یا شرایطی از محیط راه را که دچار شلوغی است تشخیص دهد، شرایط یا خطر بالقوه آن را بشناسد، مسیر و سرعت مناسبی را تصمیم گیرد و در انتها حرکت لازم را به نحو ایمن و موثر آغاز کند و به انجام رساند. نمونه‌هایی از موقعیت‌های بحرانی که احتمال وقوع اینگونه خطاها در آنها وجود دارد و تامین فاصله دید تصمیم‌گیری در آنها مطرح است عبارتند از ورودی و خروجی آزادراه، کاهش خط عبور در آزادراه، تقاطع‌های نزدیک به قوس افقی، تقاطع بزرگراه و خط آهن و همچنین در محل تغییرات نیمرخ عرضی. در آیین نامه آشتو، ۵ مانور مختلف برای فاصله دید تصمیم در نظر گرفته شده است. این مانورها عبارتند از، مانور A، ایست در راه برون‌شهری، مانور B، ایست در راه درون شهری، C، تغییر در سرعت/مسیر/جهت در راه برون‌شهری، مانور E، تغییر در سرعت/مسیر/جهت در راه حومه شهری و مانور D، تغییر در سرعت/مسیر/جهت در راه درون شهری. این پژوهش بر روی دو مانور C و E متمرکز است. فاصله دید تصمیم برای دو مانور C و E از رابطه ۱ بدست می‌آید.

$$d = 0.278 v t \quad (1)$$

در این رابطه، d ، فاصله دید تصمیم به متر، t ، زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط و v ، سرعت طرح به کیلومتر در ساعت است. آیین نامه آشتو، مقدار زمان، t ، را برای مانور C، $10/2$ تا $11/2$ ثانیه و برای مانور E، 14 تا $14/5$ ثانیه در نظر گرفته است. به طور کلی، فاصله دید تصمیم به زمان 6 تا 10 ثانیه برای شناسایی و درک موقعیت و زمان 4 تا $4/5$ ثانیه برای اجرای مانور انتخاب شده نیاز دارد.

رفتار رانندگان در مواجهه با موانع و حوادث در طول مسیر به عوامل گوناگونی بستگی دارد. این عوامل در سه دسته کلی راه،

حمل و نقل به عنوان یک سیستم، زمانی عملکرد مناسب خود را خواهد داشت که تمام اجزای آن به درستی عمل کنند. بطور کلی حمل و نقل از چهار جزء تشکیل می‌شود که عبارت است از راه، وسیله نقلیه، راننده و بار و مسافر. واضح است که نحوه عملکرد و بازدهی سیستم حمل و نقل، تابعی از وضعیت کیفی هر یک از اجزای خود است. بنابراین برای داشتن یک سیستم حمل و نقل کارا، باید طراحی راه و اجرای آن مناسب و مطابق با استانداردهای فنی بوده، وسیله نقلیه از جنبه‌های مختلف تایید شده و هر وسیله به میزان مناسب بار و یا مسافر حمل کند. علاوه بر این راننده نیز باید رانندگی صحیح را آموخته باشد و با کمال دقت و صحت وسیله نقلیه را کنترل نموده و در این راه، قوانین و ضوابط موجود را محترم شمرد.

۲. تعریف مسأله و اهداف تحقیق

در آیین‌نامه طرح هندسی ایران مقادیر فاصله دید تصمیم مشابه با آیین‌نامه آشتو آورده شده است. این مقادیر بر اساس برداشت‌های میدانی سالها قبل در آمریکا و فرضیاتی که با شرایط کنونی متفاوت است، استخراج شده است. از آنجایی که ارزیابی کیفیت و شرایط رانندگی رانندگان با استفاده از خودرو واقعی دشوار و نایمن پیش‌بینی می‌شود، استفاده از دستگاه شبیه‌ساز رانندگی در محیط ایمن و قابل کنترل آزمایشگاه، در مطالعات پژوهشی رو به توسعه است. از این رو در این پژوهش نیز با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی، رفتار رانندگان در شرایط مختلف طی مانور تغییر خط بررسی شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، هنگام کاهش تعداد خط عبوری مسیر، برای رانندگان خودرو سواری است. با بدست آوردن این زمان‌ها می‌توان فاصله مانور تغییر خط، که بخش مهمی از فاصله دید تصمیم به شمار می‌رود، را برای رانندگان خودرو سواری بدست آورد و در طراحی راه و مسیر منظور نمود.

۳. بررسی مطالعات پیشین

شبیه‌ساز رانندگی

کردند. آنها در این مطالعه نشان دادند که با افزایش فاصله محل قرارگیری تابلو انتخاب مسیر تا ۳ کیلومتر می‌توان به راننده فرصت کافی را برای تصمیم‌گیری داد و راننده رفتار خوبی را در این فاصله از خود نشان می‌دهد. فیتزپاتریک در مطالعه‌ای با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی، زمان عکس‌العمل راننده را در مقابل رفتار خودرو جلو بررسی کرده است. او در این مطالعه نشان داد که با افزایش سرعت، مقدار زمان عکس‌العمل راننده کاهش می‌یابد. همچنین افزایش حجم کار راننده، زمان عکس‌العمل راننده را کاهش داده است. زمان عکس‌العمل برای حالتی که خودرو جلو سواری است بیشتر از حالتی است که خودرو جلو کامیون است. کانسیگلیو و همکاران با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی تاثیر استفاده از تلفن همراه و چند اختلال دیگر را در میزان زمان عکس‌العمل ترمز بررسی کردند. آن‌ها در این مطالعه نشان دادند که صحبت کردن با مسافر و یا صحبت کردن با تلفن همراه زمان عکس‌العمل را افزایش می‌دهد.

۴. روش تحقیق

در این مطالعه از ۴۳ راننده، با استفاده از شبیه‌ساز خودرو سواری پراید CI 004 Quarter، ساخته شده توسط گروه واقعیت مجازی نصیر دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی تهران، آزمون به عمل آمد و اطلاعات مربوط به آن‌ها ثبت گردید. این ۴۳ راننده با میزان سن، تحصیلات و سابقه کاری متفاوت، انتخاب شدند. در سناریو طراحی شده، ابتدا خودرو کاربر در شبیه‌ساز از حالت ایست، شروع به حرکت می‌کند. بعد از گذشت چند دقیقه رانندگی، راننده با صف خودروهای متوقف در خط خود مواجه می‌شود. راننده پس از مشاهده این صف اقدام به تغییر خط می‌کند. این سناریو برای چهار حالت مختلف جاده برون شهری با اطلاعات مسیر کم، جاده برون شهری با اطلاعات مسیر زیاد، خیابان شهری با اطلاعات مسیر کم و خیابان شهری با اطلاعات مسیر زیاد، طراحی شده است. پس از انجام آزمون عملی، برای ایجاد بانک اطلاعاتی، تمامی متغیرهای مورد نظر از خروجی رایانه‌ای شبیه‌ساز استخراج

وسیله نقلیه و راننده قرار دارند تا کتون تحقیقات گوناگونی در زمینه بررسی تاثیر عواملی همچون رده عملکردی راه، میزان اطلاعات ارسالی از راه به راننده، نوع وسیله نقلیه و همچنین سن، جنسیت، میزان تحصیلات و مهارت راننده بر رفتار راننده انجام شده است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که عکس‌العمل رانندگان در مواجهه با موانع در راه‌های برون‌شهری سریعتر از خیابان‌های شهری بوده است. همچنین اطلاعاتی که توسط مسیر در طی حرکت به راننده منتقل می‌شود موجب افزایش تحلیل فکری راننده، کاهش تمرکز نسبت به مسیر حرکت و در نتیجه افزایش زمان عکس‌العمل راننده خواهد شد. از دیگر سو رانندگان با سطح تحصیلات و مهارت رانندگی بالاتر، دارای درک بالاتری بوده و رفتار بهتری در برخورد با شرایط در مسیر از خود بروز خواهند داد.

جوهانسون و رومار زمان عکس‌العمل را برای شرایط قابل پیش‌بینی و غیر قابل پیش‌بینی بدست آوردند. این مطالعه بر روی ۳۲۱ نفر انجام شد. آنها به این نتیجه رسیدند که زمان عکس‌العمل در حالت غیر قابل پیش‌بینی نسبت به حالت قابل پیش‌بینی حدود ۰/۳۵ افزایش می‌یابد. میشل لن و همکاران رفتار راننده خودرو سواری را در تقاطع جاده و راه‌آهن بررسی کردند. آنها در این مطالعه با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی خودرو سواری، عکس‌العمل راننده را در سه سناریوی چراغ چشمک زن، چراغ قرمز و تابلو ایست بررسی کردند. نتایج نشان داد که قبل از فاصله ۶۰ متری تقاطع، سرعت متوسط در حالت چراغ چشمک‌زن بیشتر از دو حالت دیگر است. در فاصله ۶۰ متری قبل تقاطع سرعت خودرو برای حالت چراغ قرمز بیشتر از دو حالت دیگر است. همچنین ملاحظه می‌شود که در هر سه حالت چراغ قرمز، چراغ چشمک‌زن و تابلو ایست، راننده در فاصله ۲۰ متری از تقاطع سرعت خودرو را به صفر رسانده و توقف می‌کند. کول و همکاران موقعیت مکانی تابلو انتخاب مسیر را برای خروج ایمن از بزرگراه ارزیابی کردند. آنها برای انجام آزمایش‌های خود از شبیه‌ساز رانندگی ساخته شده در دانشگاه کوکمین کره استفاده

متغیرها در دو نوع راه برون شهری، R و درون شهری، U و دو حالت اطلاعات دریافتی از مسیر کم، L و زیاد، H، تحلیل تک متغیره شده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که مقدار میانگین زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، در جاده برون‌شهری، R، کمتر از خیابان شهری، U و در حالت اطلاعات دریافتی از مسیر زیاد، H، بیشتر از حالت اطلاعات دریافتی از مسیر کم، L، بدست آمده که با نتایج حاصل از مطالعات پیشین همسوست. به عبارت دیگر، افزایش سرعت خودرو و یا افزایش میزان اطلاعات دریافتی راننده از اطراف راه، موجب افزایش زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط شده است. به نظر می‌رسد که این افزایش زمان مانور و عکس‌العمل ناشی از تاخیر در شناسایی موقعیت و انتخاب مانور مناسب در رویارویی با خودروهای متوقف است. سایر نتایج حاصل از تحلیل تک متغیره در جدول ۱ قابل ملاحظه است.

شدند. متغیرها با نام اختصاری انگلیسی نامگذاری و معرفی شده‌اند. برای تشکیل نام اختصاری برای هر متغیر، از علائم اختصاری S، سرعت در لحظه مشاهده صف خودروهای متوقف، AA، شتاب متوسط از لحظه مشاهده صف خودروهای متوقف تا پایان مانور تغییر خط، TT، زمان طی شده از لحظه مشاهده صف خودروهای متوقف تا پایان مانور تغییر خط یا زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TD، مسافت طی شده از لحظه مشاهده صف خودروهای متوقف تا پایان مانور تغییر خط، U، خیابان شهری، R، جاده بین شهری، L، اطلاعات کم در مسیر، H، اطلاعات بالا در مسیر، DA، سن راننده، DB، سابقه راننده و DE، تحصیلات راننده، استفاده شده است.

۵. تحلیل رفتار تغییر خط راننده

جدول ۱ نتایج حاصل از تحلیل تک متغیره بانک اطلاعاتی را نشان می‌دهد. همانگونه که در جدول ۱ قابل مشاهده است، تمام

جدول ۱. تحلیل تک متغیره بانک اطلاعاتی

حالت مورد بررسی	پارامتر	واحد	تعداد نمونه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
راه برون شهری، اطلاعات کم مسیر، RL	SRL	کیلومتر در ساعت	۴۳	۶۴،۲۳	۹۴،۷۸	۷۶،۲۵	۹،۶۸	۰،۱۳
	AARL	متر بر مجذور ثانیه	۴۳	۰،۴۶	۱،۷۶	۰،۹۴	۰،۲۴	۰،۲۶
	TTRL	ثانیه	۴۳	۸،۲۸	۱۵،۱۸	۱۰،۹۹	۱،۴۹	۰،۱۴
	TDRL	متر	۴۳	۱۲۴،۷۱	۲۹۸،۷۰	۱۸۸،۸۰	۳۱،۹۷	۰،۱۷
راه برون شهری، اطلاعات زیاد مسیر، RH	SRH	کیلومتر در ساعت	۴۳	۶۸،۶۹	۱۰۱،۰۱	۸۱،۳۵	۱۳،۵۹	۰،۱۷
	AARH	متر بر مجذور ثانیه	۴۳	۰،۳۹	۲،۰۱	۱،۱۲	۰،۴۶	۰،۴۱
	TTRH	ثانیه	۴۳	۷،۹۹	۱۸،۰۱	۱۱،۳۸	۲،۶۹	۰،۲۴
	TDRH	متر	۴۳	۱۲۹،۶۳	۳۶۰،۸۶	۲۰۶،۲۰	۴۸،۸۹	۰،۲۴
راه درون شهری، اطلاعات کم مسیر، UL	SUL	کیلومتر در ساعت	۴۳	۳۱،۲۴	۷۸،۱۲	۴۷،۷۶	۱۴،۸۹	۰،۳۱
	AAUL	متر بر مجذور ثانیه	۴۳	۰،۳۶	۱،۷۷	۱،۰۹	۰،۳۶	۰،۳۳
	TTUL	ثانیه	۴۳	۸،۸۹	۱۶،۹۷	۱۲،۸۷	۳،۶۹	۰،۲۹
	TDUL	متر	۴۳	۶۳،۶۸	۲۵۸،۷۸	۱۲۶،۷۳	۵۶،۰۰	۰،۴۴
راه درون شهری، اطلاعات زیاد مسیر، UH	SUH	کیلومتر در ساعت	۴۳	۳۰،۲۶	۷۶،۳۸	۵۱،۲۶	۱۹،۶۸	۰،۳۸
	AAUH	متر بر مجذور ثانیه	۴۳	۰،۲۲	۱،۴۹	۱،۰۲	۰،۳۱	۰،۳۰
	TTUH	ثانیه	۴۳	۹،۸۹	۱۶،۶۴	۱۴،۶۹	۲،۲۹	۰،۱۶

بررسی زمان‌های عکس‌العمل و مانور تغییر خط برای رانندگان خودرو سواری مبتنی بر خصوصیات رانندگان و راه با استفاده از

شبیه‌ساز رانندگی

حالت مورد بررسی	پارامتر	واحد	تعداد نمونه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
جدول ۲ نتایج حاصل از تحلیل تک متغیره بانک اطلاعاتی خصوصیات فردی رانندگان انتخاب شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که میزان تحصیلات رانندگان، DE، شرکت کننده در این پژوهش دارای سه سطح زیر لیسانس، لیسانس و فوق لیسانس بوده است. بنابراین به منظور کمی سازی سطح تحصیلات رانندگان، مقدار این متغیر، DE، برای سطح	TDUH	متر	۴۳	۶۹٫۷۲	۲۵۷٫۳۰	۱۵۵٫۳۸	۲۸٫۲۸	۰٫۱۸

تحصیلات زیر لیسانس برابر ۱، لیسانس برابر ۲ و فوق لیسانس برابر ۳ در نظر گرفته شده است. رانندگان انتخاب شده با محدوده سن ۱۹ تا ۴۱ سال، با میانگین سن ۲۷ سال و با ضریب تغییرات ۰/۴۱ هستند. همچنین میزان سابقه رانندگان انتخاب شده از ۱ تا ۲۱ سال بوده به طوری که میانگین سابقه آن‌ها ۷/۲۴ سال بوده است.

جدول ۲. تحلیل تک متغیره بانک اطلاعاتی خصوصیات فردی رانندگان

پارامتر	واحد	تعداد نمونه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
DA	سال	۴۳	۱۹	۴۱	۲۷٫۱۴	۱۱٫۰۰	۰٫۴۱
DB	سال	۴۳	۱	۲۱	۷٫۲۴	۴٫۲۳	۰٫۵۸
DE	بدون واحد	۴۳	۱	۳	۲٫۲۰	۰٫۶۷	۰٫۳۰

به اینکه میزان ارزش احتمال بدست آمده برای هر ۴ مقایسه، کمتر از ۵ درصد است، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت بین مقدار هر متغیر و مقدار معیار متناظرش واقعی بوده و حاصل یک اتفاق نیست. همچنین در جدول ۳، اختلاف میانگین متغیرهای زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT و مقدار معیار متناظرشان در آیین نامه آشتو قابل ملاحظه است. با توجه به ستون سمت راست این جدول، اختلاف میانگین مقادیر زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط در راه برون شهری با اطلاعات کم مسیر، TTRL، با مقدار معیار معرفی شده توسط آیین نامه آشتو ۲۰۰۱، با نام مانور C، با احتمال ۹۵ درصد در بازه ۱/۲۹ تا ۱/۵۶ ثانیه قرار دارند.

جدول شماره ۳، نتایج حاصل از مقایسه زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، حاصل از تحلیل تک متغیره بانک اطلاعاتی و زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، ارائه شده در آیین‌نامه آشتو را نشان می‌دهد. در آیین نامه آشتو ۲۰۰۱ مقدار زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، برای خودروهایی سواری، در راه برون شهری، R، با نام مانور C، ۱۰/۲ تا ۱۱/۲ ثانیه و در راه درون شهری، U، با نام مانور E، ۱۴ تا ۱۴/۵ ثانیه بیان شده است. مقادیر منفی به دست آمده برای دو ستون اختلاف میانگین و بازه اختلاف میانگین با سطح اطمینان ۹۵ درصد به این دلیل است که مقادیر زمان مانور در این پژوهش بیشتر از مقادیر متناظر در آیین نامه آشتو ۲۰۰۱ بدست آمده است. با توجه

جدول ۳. مقایسه زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT. حاصل از تحلیل تک متغیره بانک اطلاعاتی و زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط ارائه شده در آیین‌نامه آشتو

متغیر	واحد	تعداد	میانگین	مقدار معیار	ارزش احتمال، P-Value	اختلاف میانگین	بازه اختلاف میانگین با سطح اطمینان ۹۵ درصد	
							حد بالا	حد پایین
TTRL	ثانیه	۴۳	۸,۷۵	۱۰,۲۰	۰,۰۲	-۱,۴۵	-۱,۲۹	-۱,۵۶
TTRH	ثانیه	۴۳	۱۰,۰۲	۱۱,۲۰	۰,۰۳	-۱,۱۸	-۱,۰۲	-۱,۳۶
TTUL	ثانیه	۴۳	۱۲,۸۷	۱۴,۰۰	۰,۰۴	-۱,۱۳	-۰,۹۹	-۱,۳۲
TTUH	ثانیه	۴۳	۱۴,۶۹	۱۴,۵۰	۰,۰۳	۰,۱۹	۰,۱۴	۰,۲۱

جدول ۴ نتایج حاصل از تحلیل واریانس چند متغیره تاثیر ۵ عامل نوع جاده، Road، میزان اطلاعات دریافتی راننده از مسیر، Info، سن راننده، DA، میزان سابقه راننده، DB، و سطح تحصیلات راننده، DE، بر متغیرهای وابسته سرعت در لحظه مشاهده صف خودروهای متوقف، S، زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، شتاب متوسط در طول کل مانور تغییر خط، AA و مسافت طی شده کل در مانور تغییر خط، TD، را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج بدست آمده، تاثیر نوع جاده، Road، بر زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، واقعی و معنی دار است. به عبارت دیگر نوع و درجه راه بر مقدار زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، موثر است. همچنین ارزش احتمال تاثیر

میزان اطلاعات دریافتی راننده از مسیر، Info، بر روی مقدار زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، نیز کمتر از ۵ درصد بدست آمده است. بنابراین میزان اطلاعات دریافتی از مسیر، Info، بر روی زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، تاثیر داری داشته است. ارزش احتمال حاصل از تحلیل واریانس تاثیر سن راننده، DA، میزان سابقه راننده، DB، و سطح تحصیلات راننده، DE، بر روی مقدار زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، کمتر از ۵ درصد است. بنابراین تاثیر این سه عامل بر زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، معنی دار و واقعی است. نتیجه حاصل از این بررسی برای سایر متغیرها در ستون سمت راست جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول ۴. تاثیر نوع جاده، میزان اطلاعات دریافتی راننده از مسیر، سن راننده، میزان سابقه راننده و سطح تحصیلات راننده بر رفتار تغییر خط راننده

عامل مستقل	متغیر وابسته	واحد متغیر وابسته	ارزش احتمال	نوع تاثیر
نوع جاده، Road	S	کیلومتر در ساعت	۰/۰۰۰	واقعی و معنی دار است.
	TT	ثانیه	۰/۰۰۰	واقعی و معنی دار است.
	AA	متر بر مجذور ثانیه	۰/۰۰۱	واقعی و معنی دار است.
	TD	متر	۰/۰۰۰	واقعی و معنی دار است.
میزان اطلاعات دریافتی راننده از مسیر، Info	SI	کیلومتر در ساعت	۰/۰۳۲	واقعی و معنی دار است.
	TT	ثانیه	۰/۰۱۸	واقعی و معنی دار است.
	AA	متر بر مجذور ثانیه	۰/۰۴۵	واقعی و معنی دار است.
	TD	متر	۰/۰۳۹	واقعی و معنی دار است.
سن راننده، DA	S	کیلومتر در ساعت	۰/۰۸۵	شانسی بوده است.

بررسی زمان‌های عکس‌العمل و مانور تغییر خط برای رانندگان خودرو سواری مبتنی بر خصوصیات رانندگان و راه با استفاده از

شبیه‌ساز رانندگی

عامل مستقل	متغیر وابسته	واحد متغیر وابسته	ارزش احتمال	نوع تاثیر
	TT	ثانیه	۰/۰۰۱	واقعی و معنی دار است.
	AA	متر بر مجذور ثانیه	۰/۰۴۳	واقعی و معنی دار است.
	TD	متر	۰/۰۱۵	واقعی و معنی دار است.
میزان سابقه راننده، DB	SI	کیلومتر در ساعت	۰/۲۹۸	شانسی بوده است.
	TT	ثانیه	۰/۰۰۳	واقعی و معنی دار است.
	AA	متر بر مجذور ثانیه	۰/۰۱۳	واقعی و معنی دار است.
سطح تحصیلات راننده، DE	TD	متر	۰/۰۴۸	واقعی و معنی دار است.
	S	کیلومتر در ساعت	۰/۷۵۲	شانسی بوده است.
	TT	ثانیه	۰/۰۴۸	واقعی و معنی دار است.
	AA	متر بر مجذور ثانیه	۰/۰۱۱	واقعی و معنی دار است.
	TD	متر	۰/۰۷۴	شانسی بوده است.

برای پیش‌بینی مقادیر TT و TD را توسط رانندگان نشان می‌دهد. ضریب هم افزونی، R^2 ، برای این دو مدل به ترتیب، ۰/۵۹ و ۰/۶۶ بدست آمده است.

زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT و مسافت طی شده کل در مانور تغییر خط، TD، دو مولفه مهم در رفتار تغییر خط راننده محسوب می‌شوند. از این رو دقت در پیش‌بینی این دو متغیر حائز اهمیت خواهد بود. رابطه ۲ و ۳، مدل پیشنهادی

$$TT = -0.071 \times S + 0.48 \times Road + 0.6 \times Info + 0.053 \times DA + 0.032 \times DB - 0.21 \times DE + 12.489 \quad (2)$$

$$TD = 1.498 \times S + 10.03 \times TT - 80.23 \times Road + 12.68 \times Info + 1.23 \times DA + 1.29 \times DB - 15.96 \times DE + 70.36 \quad (3)$$

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل انجام شده، نتایج حاصل از این پژوهش به صورت بندهای زیر است.

در این دو مدل، TT، زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط به ثانیه، TD، مسافت طی شده کل در مانور تغییر خط به متر، S، سرعت خودرو به کیلومتر در ساعت، Road، نوع جاده (برای جاده برون شهری، مقدار ۱ و برای خیابان شهری، مقدار ۲)، Info، مقدار اطلاعات دریافتی راننده از مسیر (برای اطلاعات کم، مقدار ۱ و برای اطلاعات زیاد، مقدار ۲)، DA، سن راننده به سال، DB، میزان سابقه راننده به سال و DE سطح تحصیلات راننده (سطح زیر دیپلم مقدار ۱، سطح دیپلم مقدار ۲ و سطح فوق دیپلم مقدار ۳) را نشان می‌دهند.

- مقدار میانگین برای زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، برای رانندگان خودرو سواری در ۴ حالت راه برون شهری با اطلاعات کم مسیر، RL، راه برون شهری با اطلاعات زیاد مسیر، RH، خیابان شهری با اطلاعات کم مسیر، UL و خیابان شهری با اطلاعات زیاد مسیر، UH، به ترتیب، ۸/۷۵، ۱۰/۰۲، ۱۲/۸۷ و ۱۴/۶۹ ثانیه بوده است.
- زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، برای رانندگان شرکت کننده در این پژوهش کمتر از مقادیر زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، رانندگان خودرو سواری ارائه شده در آیین نامه آشتو ۲۰۰۱ بدست آمده است.

۶. نتیجه گیری

۱۳۹۶، هفدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.

- Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, 2000, Published by the National Research Council, Washington DC.

- Transportation Research Institute, 1997, Oregon State University Corvallis, Discussion Paper NO. 8.A.

- AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Transportation Officials, 2001, Washington DC.

- Johansson, G., and K. Rumar, 1971, Drivers' brake reaction times, Human Factors, Vol. 13, No. 1.

- Michael, G., Christina, M., Jordan, N., Jessica, E., Margaret, T. and Nebojsa, T., 2011, Driver behaviour at rail level crossings: Responses to flashing lights, traffic signals and stop signs in simulated rural driving, Applied Ergonomics, p. 548-554.

- Cheol Oh, Taehyung Kim, Jaejoon Lee and Saerona Choi., 2012, A Method for Determining Variable Message Sign (VMS) Locations for Safe Exiting at Freeway Off-Ramp based on Driving Simulation Experiments. Transportation Research Board.

- Kay Fitzpatrick, Susan T. Chrysler, Eun S. P., Vichika I. and Alicia A. N., 2012, Driver performance at high speeds using a simulator. Transportation Research Board.

- William, C., Peter, D., Matthew, W. and William, P., 2003, Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking response. Accident Analysis and Prevention, p.p. 495-500.

۳. در خیابان شهری، U، مقدار زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، رانندگان، بیشتر از راه برون شهری، R، بدست آمده است.

۴. با افزایش اطلاعات دریافتی راننده از مسیر، زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، رانندگان افزایش یافته است.

۵. افزایش سن راننده، DA، زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، راننده را افزایش می‌دهد. همچنین راننده با سابقه رانندگی، DB، بیشتر، مانور بهتر و سریعتری از خود نشان داده است. راننده با تحصیلات، DE، بیشتر، درک بهتری از محیط اطراف خود نشان داده و سریعتر تصمیم‌گیری کرده است.

۶. با توجه به ضریب منفی متغیر سرعت، S، در مدل ارائه شده در رابطه ۲، راننده در سرعت بالا سریعتر عکس‌العمل نشان داده است.

۷. مراجع

- یحیی‌زاده، ا.، وزیری، م.، صادقی، س. و رضایی، و.، بررسی زمان‌های عکس‌العمل و مانور تغییر خط برای رانندگان اتوبوس مبتنی بر خصوصیات رانندگان و راه با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی، ۱۳۹۴، چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.

- یحیی‌زاده، ا.، وزیری، م.، صادقی، س. و رضایی، و.، بررسی زمان‌های عکس‌العمل ترمز برای رانندگان اتوبوس مبتنی بر خصوصیات رانندگان و راه با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی، ۱۳۹۴، چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.

- یحیی‌زاده، ا.، وزیری، م.، حقیقو، ک. و جمعه‌پور، ج.، بررسی زمان‌های عکس‌العمل و مانور ایست برای رانندگان اتوبوس مبتنی بر خصوصیات راننده و راه با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی،