بررسی زمان های عکس العمل و مانور تغییر خط برای رانندگان اتوبوس مبتنی بر خصوصیات رانندگان و راه با استفاده از شبیه ساز رانندگی

احسان یحیی زاده[1]، پروفسور منوچهر وزیری[2]، سالار صادقی[3]، وحید رضایی[4]
۱- دانشجو کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشگاه صنعتی شریف تهران
۲- عضو هیئت علمی گروه حمل و نقل دانشگاه صنعتی شریف تهران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی تهران
۴- دانشجو کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشگاه صنعتی شریف تهران

چکیده

امروزه شهرک های صنعتی جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد کشور ایران دارند و یکی از اساسی‌ترین محورهای توسعه اقتصادی محسوب می‌شوند، به طوری‌که سهم به سزایی در ایجاد اشتغال مولد و سالم، کاهش نرخ بیکاری، استفاده بهتر و مناسب‌تر از منابع تولید، توسعه فن‌آوری و پژوهش های علمی، توسعه صادرات و در مجموع نیازهای معیشتی جامعه ایفا می‌کنند. مدیران و تصمیم گیران صنعتی با توجه به دیدگاه های آمایش و استراتژی توسعه صنعتی مکان هایی را برای تجمع واحدهای صنعتی به صورت شهرک صنعتی انتخاب و سازماندهی می کنند. عوامل متعددی چون عوامل اجتماعی، عوامل اقتصادی، عوامل طبیعی، عوامل زیست محیطی و ... عوامل تاثیرگذار در مکانیابی شهرک های صنعتی می باشند و از میان عوامل فوق معیارهای حمل ونقلی نقشی اساسی دارند که در این تحقیق ضمن بررسی معیارهای حمل ونقلی موثر در مکانیابی شهرک های صنعتی، با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه ای ANP و سیستم اطلاعات جغرافیاییGIS، اقدام به انتخاب مکان بهینه جهت استقرار شهرک صنعتی در شهرستان بابل و ارزیابی شهرک های صنعتی موجود شد. نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب می باشد که از میان معیارهای حمل ونقلی، دسترسی شهری با وزن نرمال ۰/۱۸۰۴ از بیشترین اولویت و دسترسی به حمل‌ونقل عمومی نیز از کمترین اهمیت برخوردار است. همچنین با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای حمل ونقلی مناسب ترین مکان جهت استقرار شهرک جدید شمال‌شرقی شهرستان بابل در مجاورت روستای منصورکنده می‌باشد.

کلید واژه: طرح هندسی راه، فاصله دید تصمیم، مانور تغییر خط، زمان عکس العمل و مانور، شبیه ساز رانندگی، رانندگی اتوبوس.

۱- مقدمه

حمل‌ونقل به عنوان یک سیستم، زمانی عملکرد مناسب خود را خواهد داشت که تمام اجزای آن به درستی عمل کنند. بطور کلی حمل‌ونقل از چهار جزء تشکیل می شود که عبارت است از راه، وسیله نقلیه، راننده و بار و مسافر[۱ و ۲]. 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].

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 [۳]. همچنین این فواصل غالبا مربوط به خودروهای سواری است. از آنجایی که اتوبوس‌ها از وسایل مهم حمل‌ونقل بشمار می‌آیند و همچنین تفاوت استاتیکی و دینامیکی قابل توجهی با خودروهای سواری دارند، این نیاز احساس می‌شود که برای این گروه از وسایل نقلیه نیز زمان عکس‌العمل و فاصله دید خصوصاً برای رانندگان ایران بررسی شود. استفاده از دستگاه شبیه‌ساز رانندگی در مطالعات پژوهشی رو به توسعه است. از این رو در این پژوهش نیز با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی اتوبوس، رفتار رانندگان در شرایط مختلف بررسی شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، هنگام کاهش تعداد خط عبوری مسیر، برای رانندگان اتوبوس‌ها است.

1-ehsan.yahyazadeh@yahoo.com
2-vaziri@sharif.edu
3- ss.sdeghi90@gmail.com
4-rezaee_vagid@mehr.sharif.edu

با بدست آوردن این زمان‌ها می‌توان فاصله مانور تغییر خط، که بخش مهمی از فاصله دید تصمیم به شمار می‌رود، را برای رانندگان اتوبوس بدست آورد و در طراحی راه و مسیر منظور نمود.

۳- بررسی مطالعات پیشین

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 [۳]. فاصله‌ی 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 [۳]. 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، مانورB، 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. تمرکز این پژوهش بر روی دو مانور C و E است. فاصله دید تصمیم برای دو مانور C و E از رابطه ۱ بدست می‌آید.

$$d = 0.278\ v\ t \qquad (۱)$$

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 مانورC، ۱۰/۲ تا ۱۱/۲ ثانیه و برای مانور E، ۱۴ تا ۱۴/۵ ثانیه در نظر گرفته است [۳]. به طور کلی، فاصله دید تصمیم به زمان ۶ تا ۱۰ ثانیه برای شناسایی و درک موقعیت و زمان ۴ تا ۴/۵ ثانیه برای اجرای مانور انتخاب شده نیاز دارد]۲[. جوهانسون و رومار زمان عکس‌العمل را برای شرایط قابل پیش‌بینی و غیر قابل پیش‌بینی بدست آوردند [۴]. این مطالعه روی ۱۲۳ 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 می-یابد. در مطالعه‌ای دیگر، کیوان آقابیک زمان مورد نیاز را برای مانور تغییر خط خودروهای سبک و سنگین بدست آورد [۵]. نتایج نشان داد که زمان مورد نیاز برای تغییر خط با افزایش طول وسیله نقلیه افزایش می‌یابد. همچنین نتایج راه شریانی و آزادراه روند یکسانی را نشان داد. این روند در راه شریانی بیشتر آشکار است. کول اوه و همکارانش موقعیت مکانی تابلو انتخاب مسیر را برای خروج ایمن از بزرگراه ارزیابی کردند [۶]. آنها در این مطالعه با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی رفتار ۹۲ راننده را برای خروج ایمن از بزرگراه بررسی کردند. آنها برای انجام آزمایش‌های خود از شبیه ساز رانندگی ساخته شده در دانشگاه کوکمین کره استفاده کردند. جدول ۱ نتایج حاصل از فاصله‌هایی که رانندگان برای خروج از بزرگراه اختیار کردند را نشان می‌دهد. مطابق نتایج ارائه شده در این جدول، با قرارگیری تابلو انتخاب مسیر در فاصله ۳ کیلومتری از خروجی بزرگراه، رانندگان فرصت کافی برای تصمیم گیری داشته و رفتار تغییر خط بهتری را از خود نشان دادند.

فاصله تابلو از خروجی بزرگراه	۳ کیلومتر	۲/۵ کیلومتر	۲ کیلومتر	۱/۵ کیلومتر	۱ کیلومتر
تعداد خروج موفق	۲۵	۲۰	۱۰	۲۰	۶
درصد خروج موفق	۸۶/۲	۶۹	۶۵/۶	۶۹	۲۰/۷

جدول ۱: نتایج رفتار رانندگان در خروج از بزرگراه، مطالعه کول اوه

فیتزپاتریک درمطالعه‌ای زمان عکس‌العمل راننده را در مقابل رفتار خودرو جلویی بررسی کرده است [۷]. داده‌های این مطالعه با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی جمع‌آوری شده است. او این مطالعه را برای شرایط مختلف از قبیل سرعت، حجم کار، میزان شتاب و نوع خودرو جلویی انجام داد. منظور از حجم کار، سطح سوالات ریاضی که در طول تست از راننده پرسیده شد است که به سه سطح هیچ، پایین و بالا تقسیم می‌شود. نتایج 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. ویلیام کانسیگلیو و همکارانش تاثیر استفاده از تلفن همراه و چند اختلال دیگر را در میزان زمان عکس‌العمل ترمز بررسی کردند [۸]. این مطالعه با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی بر روی ۲۲ راننده انجام شد. متوسط زمان عکس‌العمل در ۵ حالت بدون اختلال، گوش دادن به رادیو، صحبت کردن با فرد دیگر، صحبت کردن با تلفن همراه و صحبت کردن با تلفن همراه از طریق هندزفری بدست آمد. مشاهدات نشان داد که صحبت کردن با مسافر و یا صحبت کردن با تلفن همراه زمان عکس‌العمل را افزایش می‌دهد.

۳- روش تحقیق

در این مطالعه از ۴۰ راننده اتوبوس، با استفاده از شبیه‌ساز رایانه‌ای رانندگی اتوبوس آکیا BI ۱۰۳ FULL، ساخته شده توسط دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی تهران، آزمون به عمل آمد و اطلاعات مربوط به آنها ثبت گردید. این ۴۰ راننده با میزان سن، تحصیلات و سابقه کاری متفاوت، انتخاب شدند.

در سناریو طراحی شده، ابتدا اتوبوس 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 رایانه-ای شبیه‌ساز استخراج 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 خوردوهای 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 اتوبوس

جدول ۲ نتایج حاصل از تحلیل تک متغیره بانک اطلاعاتی را نشان می‌دهد. همانگونه که در جدول ۲ قابل مشاهده است، تمام 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.

حالت مورد بررسی	پارامتر	واحد	تعداد نمونه	مینیمم	ماکسیمم	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
راه برون شهری، اطلاعات کم مسیر، RL	SRL	کیلومتر در ساعت	۳۸	۴۸/۹	۸۶/۴۲	۶۵/۶۰	۱۱/۶۰	۰/۱۸
	AARL	متر بر مجذور ثانیه	۳۸	-۱/۴۸	۰/۵۸	-۰/۳۴	۰/۴۳	-۱/۲۶
	TTRL	ثانیه	۳۸	۱۲/۴۰	۲۱/۶۰	۱۴/۵۶	۱/۷۶	۰/۱۲
	TDRL	متر	۳۸	۱۷۰/۰۳	۳۴۰/۸۰	۲۴۳/۰۷	۴۲/۲۰	۰/۱۷
راه برون شهری، اطلاعات زیاد مسیر، RH	SRH	کیلومتر در ساعت	۳۸	۳۴/۸۱	۸۸/۵۵	۶۹/۶۱	۱۲/۵۵	۰/۱۸
	AARH	متر بر مجذور ثانیه	۳۸	-۴/۶۹	۰/۳۳	-۰/۵۵	۰/۸۱	-۱/۴۷
	TTRH	ثانیه	۳۸	۱۳/۱۶	۲۳/۸۶	۱۵/۴۰	۲/۰۵	۰/۱۳
	TDRH	متر	۳۸	۵۶/۶۴	۳۷۹/۲۷	۲۶۲/۲۷	۷۷/۶۴	۰/۳۰
راه درون شهری، اطلاعات کم مسیر، UL	SUL	کیلومتر در ساعت	۳۷	۲۰/۶۸	۴۹/۱۳	۳۴/۲۳	۶/۰۱	۰/۱۸
	AAUL	متر بر مجذور ثانیه	۳۷	-۰/۴۶	۰/۰۱	-۰/۰۸	۰/۰۹	-۱/۱۳
	TTUL	ثانیه	۳۷	۱۱/۶۶	۲۱/۵۹	۱۶/۷۶	۲/۰۲	۰/۱۲
	TDUL	متر	۳۷	۸۴/۳۹	۴۷۷/۶۴	۱۵۹/۹۰	۶۲/۷۹	۰/۳۹
راه درون شهری، اطلاعات زیاد مسیر، UH	SUH	کیلومتر در ساعت	۳۶	۲۰/۵۶	۶۰/۱۴	۳۵/۱۴	۷/۶۴	۰/۲۲
	AAUH	متر بر مجذور ثانیه	۳۶	-۰/۴۰	۰/۱۵	-۰/۰۹	۰/۱۲	-۱/۲۴
	TTUH	ثانیه	۳۶	۱۰/۵۳	۲۶/۷۹	۱۷/۵۸	۲/۶۸	۰/۱۵
	TDUH	متر	۳۶	۸۶/۰۶	۲۶۱/۸۸	۱۵۸/۲۳	۳۰/۷۱	۰/۱۹

جدول ۲: تحلیل تک متغیره بانک اطلاعاتی

نتایج نشان می‌دهند که مقدار میانگین زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، در جاده برون-شهری، 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. سایر نتایج حاصل از تحلیل تک متغیره در جدول ۲ قابل ملاحظه است.

جدول ۳ 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 اتوبوس، ED، شرکت کننده در این پژوهش دارای سه سطح زیر دیپلم، دیپلم و فوق دیپلم بوده است. بنابراین به منظور کمی سازی سطح تحصیلات رانندگان، مقدار این متغیر، ED، برای سطح تحصیلات زیر دیپلم برابر ۱، دیپلم برابر ۲ و فوق دیپلم برابر ۳ در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهند که رانندگان انتخاب شده با محدوده سن ۲۸ تا ۶۲ سال، با میانگین سن تقریبا ۴۳ سال و با ضریب تغییرات ۰/۲۵ انتخاب شده‌اند. همچنین میزان سابقه رانندگان انتخاب شده از ۲ تا ۳۴ سال بوده به طوری که میانگین سابقه آنها ۱۳/۵۵ سال بوده است.

پارامتر	واحد	تعداد نمونه	مینیمم	ماکسیمم	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
DA	سال	۴۰	۲۸	۶۲	۴۲/۷۰	۱۰/۸۱	۰/۲۵
DB	سال	۴۰	۲	۳۴	۱۳/۵۵	۹/۳۳	۰/۶۹
DE	بدون واحد	۴۰	۱	۳	۱/۸۳	۰/۶۸	۰/۳۷

جدول ۳: تحلیل تک متغیره بانک اطلاعاتی خصوصیات فردی رانندگان

جدول شماره ۴، 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 خودورهای 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. با توجه 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 همچنین در جدول ۴، 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، TT، 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 ۳/۷۸ تا ۴/۹۴ ثانیه قرار دارند.

متغیر	واحد	تعداد	میانگین	مقدار معیار	ارزش احتمال، P-Value	اختلاف میانگین	بازه اختلاف میانگین با سطح اطمینان ۹۵ درصد	
							حد پایین	حد بالا
TTRL	ثانیه	۳۸	۱۴/۵۶	۱۰/۲۰	۰/۰۰	۴/۳۶	۳/۷۸	۴/۹۴
TTRH	ثانیه	۳۸	۱۵/۴۰	۱۱/۲۰	۰/۰۰	۴/۲۰	۳/۵۳	۴/۸۷
TTUL	ثانیه	۳۷	۱۶/۷۶	۱۴/۰۰	۰/۰۰	۲/۷۶	۲/۰۸	۳/۴۳
TTUH	ثانیه	۳۶	۱۷/۵۸	۱۴/۵۰	۰/۰۰	۳/۰۸	۲/۱۵	۴/۰۲

جدول ۴: 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

جدول ۵ 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. ارزش احتمال تاثیر میزان اطلاعات دریافتی راننده از مسیر، Info، بر روی مقدار زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، بیشتر از ۵ درصد بدست آمده است. بنابراین میزان اطلاعات دریافتی از مسیر، Info، بر روی زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، تاثیر معنی داری نداشته است. ارزش احتمال حاصل از تحلیل واریانس تاثیر سن راننده، DA، میزان سابقه راننده، DB، و سطح تحصیلات راننده، DE، بر روی مقدار زمان عکس العمل 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 ۵ قابل مشاهده است.

نوع تاثیر	ارزش احتمال	واحد متغیر وابسته	متغیر وابسته	عامل مستقل
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۰۰	کیلومتر در ساعت	S	نوع جاده، Road
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۰۰	ثانیه	TT	
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۰۱	متر بر مجذور ثانیه	AA	
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۰۰	متر	TD	
شانسی بوده است.	۰/۵۳۳	کیلومتر در ساعت	SI	میزان اطلاعات دریافتی راننده از مسیر، Info
شانسی بوده است.	۰/۱۶۳	ثانیه	TT	
شانسی بوده است.	۰/۲۷۲	متر بر مجذور ثانیه	AA	
شانسی بوده است.	۰/۹۵۷	متر	TD	
شانسی بوده است.	۰/۱۸۵	کیلومتر در ساعت	S	سن راننده، DA
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۰۱	ثانیه	TT	
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۴۳	متر بر مجذور ثانیه	AA	
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۱۵	متر	TD	
شانسی بوده است.	۰/۱۲۲	کیلومتر در ساعت	SI	میزان سابقه راننده، DB
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۰۰	ثانیه	TT	
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۱۳	متر بر مجذور ثانیه	AA	
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۴۸	متر	TD	
شانسی بوده است.	۰/۷۵۲	کیلومتر در ساعت	S	سطح تحصیلات راننده، DE
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۴۸	ثانیه	TT	
واقعی و معنی دار است.	۰/۰۱۱	متر بر مجذور ثانیه	AA	
شانسی بوده است.	۰/۰۷۴	متر	TD	

جدول ۵: تاثیر نوع جاده، میزان اطلاعات دریافتی راننده از مسیر، سن راننده، میزان سابقه راننده و سطح تحصیلات راننده بر رفتار تغییر خط راننده

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 برای پیش‌بینی مقادیر TT و TD را توسط راننده اتوبوس نشان می‌دهد. ضریب هم افزونی، R^2، برای این دو مدل به ترتیب، ۰/۶۵ و ۰/۷۲ بدست آمده 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 اتوبوس 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.

$$TT = -0.066 \times S + 0.402 \times Road + 0.526 \times Info + 0.033 \times DA + 0.028 \times DB - 0.179 \times DE + 15.567 \quad (۲)$$

$$TD = 1.786 \times S + 9.917 \times TT - 56.44 \times Road + 0.881 \times Info + 1.341 \times DA + 1.563 \times DB - 12.614 \times DE + 96.057 \quad (۳)$$

۵- نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل و مدل‌های پیشنهاد شده، نتایج حاصل از این پژوهش به صورت بندهای زیر ارائه می‌گردد:

۱. مقدار میانگین برای زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، برای رانندگان اتوبوس 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، ۱۴/۵۶، ۱۵/۴۰، ۱۶/۷۶ و ۱۷/۵۸ ثانیه بوده است.

۲. زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، برای رانندگان اتوبوس شرکت کننده در این پژوهش بیشتر از مقادیر زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، رانندگان خودرو سواری ارائه شده در آیین نامه آشتو ۲۰۰۱ بدست آمده است.

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

۴. با افزایش اطلاعات دریافتی راننده از مسیر، زمان عکس‌لعمل و مانور تغییر خط، TT، راننده اتوبوس افزایش یافته است. ولی با توجه به اینکه ارزش احتمال بدست آمده بیش از ۵ درصد بوده است، با احتمال زیاد این تاثیر ناشی از شانس بوده و واقعی نیست.

۵. افزایش سن راننده، DA، زمان عکس‌العمل و مانور تغییر خط، TT، راننده را افزایش می-دهد. 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 تصمیم گیری کرده است.

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

۶- مراجع

1- TRB, National Research Counsil. Highway Capacity Manual, Washigton D.C., 2000.

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

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

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

5- Kayvan Aghabayk, Sara M., William Y., Yi-Bing W. and Majid S. Investigating heavy vehicle lane changing manoeuvers. Transportation Research Board, 2010.

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

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

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