فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۲، شماره ٤، تابستان ۱٤۰۰، ص. ۱۰۵۵-۱۰٤۱
مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی رفتار رانندگان در تونل‌های دو طرفه برون شهری

آرش جهانتابی، دانش‌پژوه دکتری راه و ترابری، گروه عمران، دانشگاه پیام نور، تهران
محمودرضا کی‌منش (مسئول مکاتبات)، استادیار، گروه عمران، دانشگاه پیام نور، تهران
Email: mrkeymanesh@pnu.ac.ir
سید علی رضویان امریی، استادیار، گروه عمران، دانشگاه پیام نور، تهران

دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۹ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٦/۲۳

چکیده

تونل‌ها از مهمترین تسهیلات شبکه‌ی راه‌ها هستند که باعث ایجاد استرس در رانندگان می‌شوند و این استرس بر روی نحوه رانندگی افراد تأثیرگذار است. هدف اصلی این تحقیق مدلسازی جابجایی عرضی خودروها در تونل‌های برون شهری بر اساس جنسیت و سن آن‌ها، است. در این تحقیق از شبکه‌ی عصبی – فازی برای مدل‌سازی و پیش‌بینی جابجایی عرضی خودروها در تونل‌ها، استفاده شده است. نتایج این مدل بر اساس معیارهای جنسیت و سن افراد، مورد مقایسه قرار گرفته است. سپس جهت اعتبارسنجی مدل طراحی شده از داده‌های ثبت شده تغییرات سرعت ۳۰ راننده مختلف (از جمله ١٤ نفر زن و ١۶ نفر مرد، در سه رده سنی جوان، میانسال و مسن) که در شرایط مشابه، به وسیله یک دستگاه خودروی رنو لوگان دارای سیستم انتقال قدرت دنده‌ای مسیر را طی می‌کنند، استفاده شده است. با استفاده از روش تحلیل واریانس چند متغیره، سرعت لحظه‌ای عبوری از تونل، تغییرات سرعت قبل از تونل خودروها و جابجایی عرضی خودروها بررسی شده است. بررسی نمودارها و نتایج تحقیق نشان می‌دهد مردان جوان، سرعت خود را حدود ۸/۹۷ کیلومتر بر ساعت، مردان میانسال حدود ۱۵/۱ کیلومتر بر ساعت و مردان مسن حدود ۲۰/۷۶ کیلومتر بر ساعت کاهش می‌دهند. زنان جوان سرعت خود را حدود ۱۹/۲۵ کیلومتر بر ساعت، زنان میانسال حدود ۱۷/۹۳ کیلومتر بر ساعت و زنان مسن حدود ١٤/۰۷ کیلومتر بر ساعت کاهش می‌دهند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که روش شبکه‌ی عصبی – فازی با دقت بالایی توانایی پیش‌بینی سرعت ورودی رانندگان به تونل را دارد. از نتایج این تحقیق جهت تحلیل و بررسی رفتار رانندگان در تونل‌های برون شهری استفاده می‌شود. با توجه اهمیت تغییرات ناگهانی سرعت و جابجایی عرضی خودروها به صورت نامتعارف علی الخصوص در مسیرهای دو طرفه می توان، با کم کردن عوامل استرس زا در رانندگان ایمنی تونل ها را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی، تحلیل واریانس چند متغیره، تونل، شبکه‌ی عصبی – فازی و جابجایی عرضی

۱. مقدمه

از مهمترین بخش‌های راه‌ها، تونل‌ها هستند، که به دلایلی از جمله هزینه‌های زیاد تملک زمین‌های شهری، حداقل تخریب محیط زیست و رشد تکنولوژی‌های ساخت، استفاده از آن‌ها رشد زیادی داشته است. آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران مواردی را جهت افزایش ایمنی در تونل‌ها بیان نموده است، از جمله سرعت طرح کمتر نسبت به راهی که تونل در آن قرار گرفته، فراهم نمودن طول مناسب روشنایی در ابتدا و انتهای تونل، اجتناب از پیش‌بینی تقاطع یا دسترسی بلافاصله در نزدیکی دهانه‌های تونل و ... . حوادث و آتش‌سوزی در تونل‌های راه‌ها به تراکم ترافیک بستگی دارد و با افزایش ترافیک خطرات مربوط به حوادث ممکن است، افزایش یابد. تونل‌ها در مقایسه با مسیرهای روباز تصادفات کمتری دارند. تنها ۱ درصد از تصادفات جدی کشور هلند در تونل‌ها اتفاق افتاده است [SWOV Fact Sheet, 2009]. در کشور ایتالیا ٤ درصد از تصادفات جدی آن‌ها در تونل‌ها به وقوع پیوسته است. اگر فقط تصادفات تونل‌ها در نظر گرفته شود، خطر کشته شدن در مسیرهای روباز دو برابر کشته شدن در تونل‌ها است [Nussbaumer, 2007]. درصد تصادفاتی که منجر به صدمات جدی و فوت می‌شوند در تونل رودخانه شانگهای چین ۲/٤ است اما در مسیرهای روباز ۱/۲ است [Lu et al, 2014]. آماندسن و رینز (۲۰۰۰) به این نتیجه رسیدند که فراوانی تصادفات در ورودی تونل‌ها بیشتر و در امتداد داخل تونل که راننده‌ها به مسیر ادامه می‌دهند، کمتر است. نتایج نشان می‌دهد که ۸۳٪ تصادفات در تونل‌ها با صدمات ناچیز خاتمه می‌یابد، ۱۱٪ با صدمات جدی و ٦٪ تصادفات منجر به فوت هستند. تغییرات ناگهانی محیط باعث ایجاد استرس در راننده می‌شود و این استرس می‌تواند بر روی نحوه رانندگی فرد تأثیر گذار باشد [Amundsen and Ranes, 2000]. طبق جدول ۱ متوسط تصادفات فوتی و تصادفات جدی در تونل‌ها بیشتر از راه‌ها است [Lemke, 2000] و [Nussbaumer, 2007]. به طور کلی شدت تصادفاتی که در تونل‌ها اتفاق می‌افتد از تصادفات مسیرهای روباز بیشتر است [Lu et al, 2014].

جدول ۱. خلاصه آماری درصد تصادفات تونل‌ها بر اساس میزان شدت آن‌ها [Engebresten and Amundsen, 2009]

محقق		فوتی	صدمات جدی	صدمات ناچیز	کل	برخورد بدون صدمه
آماندسن	تعداد مصدومان	۲۰	۷۷	٤٦٥	٥٦٢	–
	درصد	٪ ۳/٦	٪ ۱۳/۷	٪ ۸۲/۷	٪ ۱۰۰/۰	–
		(٪ ۲/۸)	(٪ ۱۱/۷)	(٪ ۸۵/۵)		
آماندسن	تعداد برخوردها	٤۰	۸۵	۱۰۰۵	۱۱۳۰	–
	درصد	٪ ۳/۵	٪ ۷/۵	٪ ۸۸/۹	٪ ۱۰۰/۰	–
ما و همکاران	تعداد برخوردها	۵	٦ (۱)	۲٤ (۱)	۳۵	۸۱
	درصد	٪ ۱٤/۳	٪ ۱۷/۱	٪ ٦۸/٦		–
نوسباومر	درصد	٪ ۸/۰	٪ ۱۵/۰	٪ ۷۷/۰ (۲)	٪ ۱۰۰/۰	–
		(٪ ۳)	٪ ۱۵	(٪ ۸۲)		
منگ کو (۳)	تعداد برخوردها	۰	٤۵	٤۵۸	۵۰۳	–
	درصد	٪ ۰/۰	٪ ۸/۹	٪ ۹۱/۱	٪ ۱۰۰/۰	–
لو و همکاران	تعداد مصدومان	٪ ۰/۵ (٤ ٪)	٪ ۱/۹ (٤)	٪ ۹۷/٦	٪ ۱۰۰/۰	–
		(٪ ۰/۲٤)	(٪ ۰/۹٦)	(٪ ۹۸/۸)		
میانگین		٪ ۵/۹	٪ ۱۱/۲	٪ ۸۲/۹	٪ ۱۰۰/۰	

درصد مربوط به سواره‌روها در داخل پرانتز ارائه شده است. فرضیات:

(۱) ۲۰ ٪ درصد از تصادفات جدی و ۸۰ درصد تصادفات ناچیز هستند.

(۲) صدمات ناچیز شامل صدمات متوسط نیز هستند.

(۳) فقط تصادفات عقب – جلو در نظر گرفته شده است.

(٤) ۲۰ درصد از کل تصادفات فوتی و با صدمات جدی، تصادفات فوتی هستند و ۸۰ درصد تصادفات با صدمات جدی هستند.

به صورت کلی تصادفات کمتری در تونل‌ها نسبت به مسیرهای روباز اتفاق می‌افتد. اما اگر تصادفی در تونل اتفاق بیافتد عواقب آن خیلی بیشتر از مسیر روباز است. پیآمد تصادف در تونل بسیار مخرب‌تر و خطرناک‌تر است. مخصوصاً در صورت وقوع آتش‌سوزی و با توجه به بسته بودن محیط که حرارت و دود خارج نمی‌شود. همچنین محدودیت‌های مبارزه با آتش و سختی امکان خارج شدن استفاده‌کنندگان از تونل زیاد است.

آتش‌سوزی در تونل‌ها نه تنها برای استفاده‌کنندگان خطرناک است بلکه ممکن است سازه تونل را نیز دچار تخریب کرده و عواقب جبران ناپذیری به دنبال داشته باشد. از این رو برای جلوگیری از وقوع تصادفات در تونل‌ها و فراهم آوردن تشکیلات مناسب جهت خروج ایمن استفاده‌کنندگان در موقعیت‌های حادثه بسیار ضروری است. در نتیجه افزایش سطح ایمنی تونل‌ها و کاهش آمار تصادفات در شهرها که درصد طول تونل‌ها به شدت در حال افزایش است، امری بسیار ضروری است.

در این پژوهش مدلی جهت تعیین فاصله عرضی خودرو تا دیواره تونل با استفاده از روش شبکه عصبی – فازی بر مبنای جنسیت و سن رانندگان تهیه شده است. سپس جهت اعتبارسنجی مدل تهیه شده، نتایج آن با برداشت‌های میدانی انجام شده در تونل‌های محورهای برون‌شهری سنندج – همدان مقایسه شده است. در مقایسه با پژوهش اریکا و همکاران که در آن سرعت رانندگان در تونل‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است در این تحقیق تونل مورد بررسی در راه برون شهری دو خطه دو طرفه واقع شده که شانه عرضی آن عرض مناسبی ندارد. هم‌چنین نتایج آن به تفکیک جنسیت و سن رانندگان تحلیل شده و در انتها مدل سرعت رانندگان نیز تهیه و تحلیل شده است.

۲. پیشینه تحقیق

حسن‌پور و شیرگیر (۱۳۹۸) در تحقیقی با نام تحلیل عوامل ترافیکی موثر بر وقوع تصادفات در نواحی ورودی تونل‌های شهری با استفاده از مدل جمعی تعمیم یافته به شناسایی عوامل ترافیکی موثر بر فراوانی تصادفات در نواحی دسترسی و ورودی تونل‌های شهری و مقایسه نتایج حاصل از آن با مدل خطی تعمیم یافته (GLM) پرداخته‌اند. بر اساس نتایج این تحقیق مدل خطی تعمیم یافته، اثر خطی متغیرهای لگاریتم حجم روزانه، فراوانی وسایل نقلیه سنگین و اختلاف میانگین سرعت روزانه وسایل نقلیه عبوری از تونل نسبت به محدودیت سرعت بزرگ‌راه در فراوانی تصادفات نواحی دسترسی و ورودی تونل معنی‌دار به دست آمده است [حسن پور & شیرگیر, ۱۳۹۸]. هو و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی با موضوع تجزیه و تحلیل فراوانی تصادفات در تونل‌های آزادراهی به بررسی اثرات عوامل مختلف تأثیرگذار بر روی ایمنی تونل‌های آزادراهی با استفاده از داده‌های برداشت شده از تصادفات در طی یک دوره ٤ ساله پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که هرچه درصد کامیون، خرابی شیارشدگی، حجم ترافیک و طول تونل یشتر باشد، تعداد تصادفات نیز بیشتر است [Hou, Tarko, & Meng, 2018]. ما و همکاران (۲۰۱٦) در پژوهشی به بررسی عوامل تأثیرگذار بر شدت تصادفات در تونل‌های آزادراه‌ها پرداخته‌اند. بر اساس نتایجی که از گزارشات پلیس چین از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰٤ به دست آمده، شدت تصادفات در سه دسته کلی طبقه بندی شده است: تصادفات منجر به مرگ، تصادفات همراه با صدمه و تصادفات بدون صدمه. در این پژوهش مدلی جهت بررسی ارتباط و ارزیابی عوامل ۱۳ گانه تأثیرگذار بر تصادفات از جمله تاریخ، فصل، ساعت، موقعیت، طول تونل، نوع برخورد، تعداد خودروهای

تصادف، ارتباط با وسایل نقلیه سنگین، سرعت، هوای نامساعد، حاشیه راه، حجم ترافیک و درصد خودروهای سنگین تهیه شده است. پس از بررسی‌های انجام شده بر روی ضرایب در ارتباط با متغیرهای مستقل محققان به این نتیجه رسیده‌اند که در فصل تابستان احتمال وقوع تصادفات منجر به مرگ را کاهش داده و اثر ناچیزی بر وقوع دیگر تصادفات دارد. اما به نظر می‌رسد که در ساعات شب احتمال وقوع تصادف بسیار کاهش می‌یابد. هم‌چنین از لحاظ مکانی بیشتر تصادفات در ورودی و خروجی‌های تونل اتفاق می‌افتد. به علاوه طول تونل می‌تواند بر روی شدت تصادفات تأثیرگذار باشد. در مواقعی که هوا نامساعد است رانندگان هشیاری خود را افزایش می‌دهند، در نتیجه در این مواقع تصادفات کاهش می‌یابد [Ma, Shao and Zhang 2009]. مایکلا و دوکاس (۲۰۱۶) در پژوهشی به معرفی و نحوه استفاده از یک روش ریسک خودآگاهی در ایمنی تونل‌های راه‌ها پرداخته‌اند. مقادیر به دست آمده نشان می‌دهد که تا چه حد هر تونل قادر به تشخیص تهدیدات و آسیب‌ها بر اساس عناصر آن است [and Chatzimichailidou, 2016 Dokas]. شی باسان (۲۰۱۵) در مقاله‌ای به بررسی ابعاد و جنبه‌های مسافت دید و قوس‌های افقی در طراحی تونل‌ها در مقایسه با راه–ها پرداخته است. بر مبنای یافته‌های این تحقیق به دلیل افزایش استرس رانندگان در داخل تونل‌ها، طبق شرایط هیجانی بیان شده در آیین‌نامه مسافت دید توقف کاهش می‌یابد. در نتیجه در داخل تونل‌ها قوس‌های افقی کوچکتری نیاز است [Bassan, 2015]. میلر و بویل (۲۰۱۵) در تحقیقی به ارزیابی میزان استرس رانندگان در محیط تونل‌ها و شرایط مشابه از قبیل ۷۵ متر قبل از ورود به تونل پرداخته‌اند. اطلاعات استفاده شده بر مبنای رفتار ۵۰ راننده، شامل تغییرات ضربان قلب و انحراف استاندارد فواصل است. هم‌چنین سرعت خودرو و ترمزگیری نیز ثبت شده است. ارزیابی نمودارهای تغییرات سرعت خودرو نشان می‌دهد که رانندگان قبل از ورود به تونل تمایل به کاهش سرعت دارند و به محض خروج از آن سرعت خود را افزایش می‌دهند. هم‌چنین میزان استرس راننده در قسمت‌هایی که انتقال از محیط روباز به محیط بسته انجام می‌گیرد، افزایش می‌یابد [Boyle and Miller, 2015]. در تعدادی از پژوهش‌ها عوامل تأثیرگذار بر تصادفات در تونل‌ها بررسی شده است. یونگ و وونگ (۲۰۱۳) به مطالعه تصادفات تونل‌های بزرگراهی کشور سنگاپور پرداخته‌اند. در این تحقیق ۶۰۸ تصادف که در سه تونل بزرگراهی کشور سنگاپور بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ رخ داده، بررسی شده است. هر تونل به سه ناحیه تقسیم شده و مشخصات مورد نظر برای آن مطالعه شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در نواحی انتقالی تصادفات بیشتری نسبت به نواحی داخلی رخ می‌دهد و تصادفاتی که در مرحله ورود به تونل رخ می‌دهد از تصادفاتی که در مرحله خروج از تونل رخ می‌دهد، بیشتر است. اگرچه بیشتر مطالعات نشان می‌دهند که نرخ RTA در تونل‌ها کمتر از مسیرهای روباز است، اما محققان معتقدند که تا زمانی که طول تونل‌ها بخش کوچکی از طول کل شبکه راه‌ها را تشکیل می‌دهند، راننده‌ها تمایل دارند که در عبور از آن‌ها دقت بیشتری به خرج دهند [Yeung and Wong 2013].کالوی و همکاران (۲۰۱۲) اثرات تونل‌های راه را بر عملکرد رانندگان مطالعه نموده‌اند. این تحقیق بر روی نحوه رانندگی در تونل‌های راه‌ها تمرکز دارد و هدف آن تعیین نحوه رانندگی در ورود و خروج از تونل است. در این مقاله تأثیر تونل بر نحوه عملکرد رانندگان با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی تجزیه و تحلیل شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که راننده‌ها در تونل از دیواره سمت راست فاصله گرفته و سرعت خود را کم می–کنند. علاوه بر این در تونل به علت نبود اطلاعات توسط راننده باعث توجه بیشتر به رانندگی و راه می‌شود [Calvi, De Blasiis and Guattari, 2012]. شیموجو و همکاران (۱۹۹۵) در پژوهشی به وسیله روش شبیه‌سازی مشابه با تحقیق قبلی به مطالعه عملکرد رانندگان در تونل‌های طولانی پرداخته‌اند. در این مقاله با توجه به نهایی شدن ساخت تونل اچیورا (با طول تقریبی ۲۷ کیلومتر)، رفتار رانندگان بر اساس مدل مقطع عرضی تونل، بررسی شده است. بر اساس مطالعات انجام شده ارتباط واضحی بین میانگین سرعت رانندگان در تونل و میانگین فاصله عرضی وجود ندارد. اما وقتی شانه سمت راست باریک باشد (عرض ۰/۷ متر) بیشتر از ۷۰ درصد آزمایشات نشان

می‌دهد که از لحاظ روان‌شناسی راننده تصمیم به فاصله گرفتن از دیوار می‌کند. هم‌چنین مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که در تونل‌های طولانی علائم و تابلوهای هوشمند و هشدار دهنده چند کیلومتر یکبار باید جایگذاری شوند [Shimojo and Takagi, 1995]. از معایب این تحقیق عدم مقایسه نتایج شبیه‌سازی با واقعیت است. اما تحقیقات نشان می‌دهد به دلیل درصد کمتر طول تونل‌ها نسبت به راه‌های روباز این شرایط ایجاد شده و در صورتی که در سال‌های آتی درصد طول تونل‌ها افزایش پیدا کند دیگر اغلب رانندگان در تونل‌ها احساس هیجان نخواهند کرد و مسافت دید توقف کاهش نخواهد یافت. پژوهش ایمنی راه‌ها در تونل‌های ماشین‌رو در رابطه با ایمنی تونل‌ها در کشور هلند است. در این تحقیق نیز اشاره شده که به صورت کلی نمی‌توان گفت که تصادفات در تونل‌ها از مسیرهای روباز بیشتر است. اما بزرگترین اختلاف تونل‌ها با مسیرهای روباز در روشنایی آن‌ها در قسمت‌های ورودی و خروجی است. ایمنی جاده‌ها با استفاده از ایجاد خطوط اضطراری که باعث ایجاد فاصله با دیواره تونل می‌شود، با کاهش شیب طولی مسیر در نتیجه کاهش اختلاف سرعت و ایجاد خطوط عریض‌تر در قوس‌های افقی افزایش می‌یابد. به علاوه ورودی و خروجی تونل‌ها باید با استفاده از بهترین مصالح از لحاظ نفوذ آب، آب‌بندی شود. بر اساس آخرین اطلاعات تصادفات در سال گذشته تعداد تصادفات در تونل‌ها بر حسب طول آن بیشتر از قسمت‌های دیگر شبکه راه‌ها است. تونل‌ها کمتر از ۰/۵ درصد از طول راه‌ها را تشکیل می‌دهند اما ۱ درصد از تصادفات جدی در تونل‌ها رخ می‌دهد. ایمنی در تونل‌ها با اضافه کردن لین‌های اضطرار که فاصله با دیوار تونل را افزایش می‌دهد، شیب‌های نرم‌تر (یا جدا کردن ترافیک ماشین‌های سنگین) که باعث کاهش اختلافات سرعت می‌شود و ایجاد قوس‌های با شعاع بالاتر افزایش می‌یابد [SWOV Fact Sheet, 2009].

۳. روش تحقیق

۳-۱ کلیات

این آزمایش با استفاده از ۳٤ شرکت کننده، که ۳۰ نفر آن‌ها به صورت کامل مراحل را به اتمام رسانده‌اند، انجام شده است. جهت تعیین تعداد افراد شرکت کننده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای استفاده شده است. در صورتی که فهرست کامل افراد جامعه مورد مطالعه در دسترس نباشد می‌توان افراد جامعه را در دسته‌هایی خوشه‌بندی کرد. سپس از میان خوشه‌ها به تصادف نمونه‌گیری به عمل آورده و تمام حجم خوشه را سرشماری می‌کنیم. به همین جهت در این پژوهش از میان زنان و مردان و سه گروه سنی تعیین شده به تفکیک در تحقیق استفاده شده است. ١٦ نفر از شرکت کننده‌ها مرد و ١٤ نفر زن بوده‌اند. کلیه این شرکت‌کنندگان دارای گواهینامه رانندگی هستند. سن افراد شرکت‌کننده در سه گروه جوان (۳۰ سال و کمتر)، میانسال (بین ۳۰ تا ٦۰ سال) و مسن (٦۰ سال و بیشتر) قرار دارند. آزمایش از روستای صلوات‌آباد شروع شده و به همان نقطه، منتهی می‌گردد. کلیه آزمایشات در ماه مهر سال ۱۳۹۷ و مابین ساعت ۱۰/۵ صبح الی ۱۷ بعد از ظهر انجام شده است. در شکل ۱ نمایی از محور مورد بررسی و موقعیت قرارگیری تونل‌های پنج‌گانه آن بر روی نقشه‌های هوایی نشان داده شده است. جهت جلوگیری از تأثیر شرایط آزمایش بر نحوه رانندگی شرکت‌کنندگان، هیچ اطلاعی از نحوه برداشت و انجام آزمایش به رانندگان در طی آزمایش داده نشده است. در شکل‌های ۲ و ۳ نمایی از ورودی تونل‌های سوم و پنجم نشان داده شده است. بر مبنای مطالعات میدانی صورت گرفته عرض سواره‌رو این محور حدود ۷/۰ متر است. مقطع عرضی تونل‌ها کاملاً مشابه و در سال ١٣٦١ افتتاح شده‌اند. با عنایت به عرض کم این معبر شانه آسفالتی برای آن در نظر گرفته نشده است.

۳-۲ تجهیزات

این مطالعه با استفاده از یک دستگاه خودروی رنو لوگان مدل ۱۳۹۷ با سیستم انتقال قدرت دنده‌ای انجام شده است. سرعت خودروها با استفاده از موقعیت GPS و اپلیکیشن MyTracks

ورژن ۱/۰ ذخیره و نمودارهای آن تهیه شده است. فاصله خودروها با دیواره تونل با استفاده از یک متر لیزری رونیکس مدل RH-9180 اندازه‌گیری شده است.

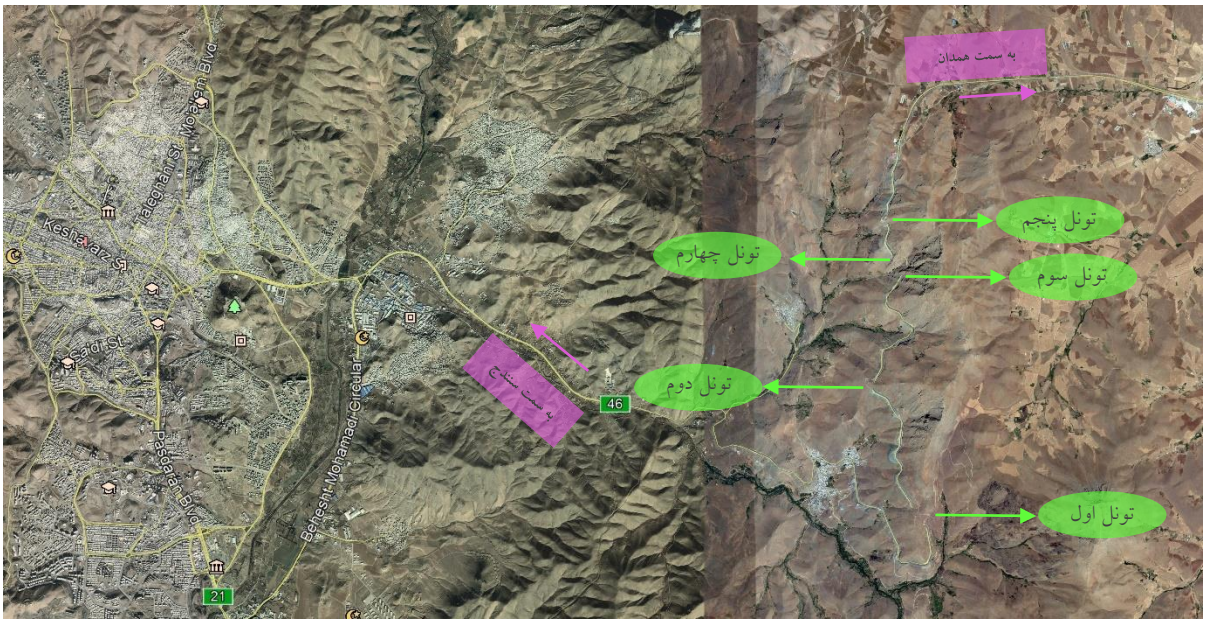
۳-۳ روند انجام تحقیق

شرکت کنندگان در پژوهش، در روستای صلوات‌آباد پژوهشگر را ملاقات نموده و با شروع به حرکت، اطلاعات آن‌ها ذخیره می‌شود. شروع و انتهای مسیر برای هر راننده روستای صلوات‌آباد است. مسیر رفت و برگشت در مجموع حدود ۲۱ کیلومتر است. در داخل تونل‌ها همراه با ثبت سرعت خودروها، فاصله دقیق آن‌ها نسبت به دیواره تونل نیز محاسبه و ذخیره می‌شود.

۳-٤ متغیرهای مستقل

در این مطالعات از ۷ راننده جوان (شامل ۲ مرد و ۵ زن)، ۱۸ راننده میانسال (شامل ۱۱ مرد و ۷ زن) و ۵ راننده مسن (شامل ۳ مرد و ۲ زن) استفاده شده است. تمامی شرکت‌کنندگان به صورت کامل در کل مسیر به صورت رفت و برگشت رانندگی کرده‌اند. متغیرهای مستقل این تحقیق عبارتند از جنسیت (مرد یا زن) و گروه سنی (جوان، میانسال و مسن).

.



شکل ۱. نمایی از محور مورد مطالعه [Google Earth, 2019]

شکل ۲. نمایی از ورودی تونل سوم

شکل ۳. نمایی از ورودی تونل پنجم

۳-۵ متغیرهای وابسته

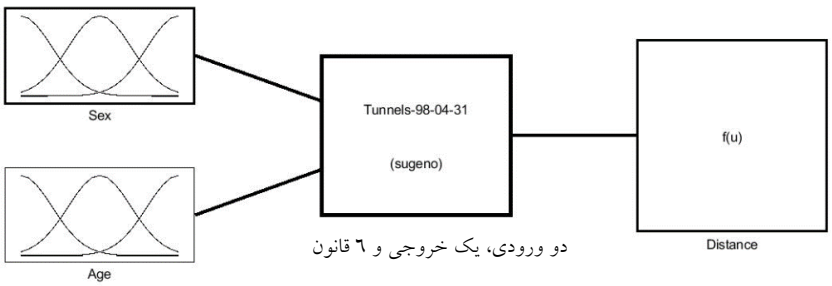
متغیرهای وابسته این تحقیق، سرعت حرکت و جابجایی عرضی خودروها است. سرعت خودرو شامل معیارها و انحرافات استاندارد افزایش و کاهش سرعت و جابجایی عرضی خودروها برای هر شرکت کننده در بخش‌های مختلف جاده، محاسبه شده است. تغییرات سرعت به عنوان یک تغییر در فشار بر روی پدال ترمز یا استفاده از پدال گاز اندازه گیری شده است.

۳-٦ روش تحلیل داده‌ها

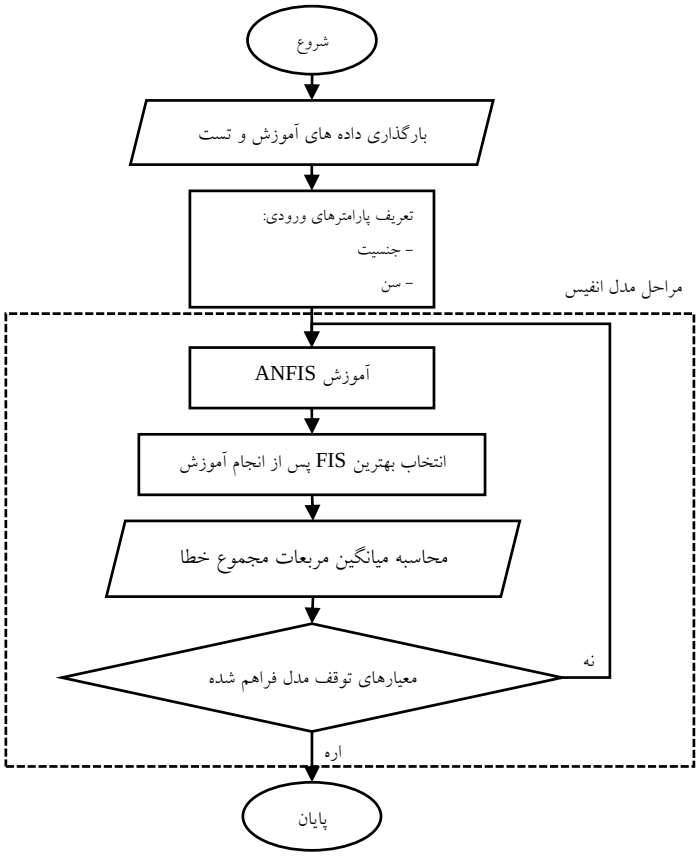
در این تحقیق، متغیرهای اصلی سن (سه گروه جوان، میانسال و مسن) و جنسیت (زن و مرد) رانندگان به عنوان متغیرهای مستقل و سرعت خودرو و جایجایی عرضی به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده، که به منظور بررسی ارتباط بین متغیرها از آزمون تحلیل واریانس چند متغیره MANOVA استفاده شده است. یعنی در حقیقت این آزمون تعمیم یافته آزمون ANOVA است. آزمون ANOVA یا تحلیل واریانس یک طرفه برای آزمون مقایسه میانگین یک متغیر کمی در بین بیش از دو گروه مستقل استفاده می‌شود. در حقیقت این آزمون تعمیم یافته همان آزمون T دو نمونه مستقل است و دارای همان پیش فرض‌ها می‌باشد و تنها تفاوت این است که میانگین متغیرهای کمی در بیش از دو گروه مستقل با هم مقایسه می‌شوند. آزمون‌های استفاده شده در این پژوهش آزمون اثر پیلای، آزمون لاندای ویلک، آزمون اثر هتلینگ و آزمون بزرگترین ریشه روی هستند. در این بین آزمون لاندای ویلک از بقیه رایج‌تر و پر کاربردتر است. اما آزمون اثر پیلای از بقیه بسیار قدرتمندتر است. نهایتاً داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شده‌اند.

۳-۷ روش مدل‌سازی انفیس

در سال ۱۹٦۵ تئوری منطق فازی توسط پروفسور عسگرزاده به منظور توصیف سیستم‌های پیچیده پیشنهاد شده است که می‌توان آن را یک ابزار توانمند و انعطاف‌پذیر برای مدل‌سازی عدم قطعیت‌های موجود در دنیای واقعی و بیان عبارت‌های زبانی برگرفته از تجربه و دانش بشر در قالب روابط ریاضی به شمار آورد. جهت مدلسازی انفیس، دو متغیر به عنوان ورودی استفاده شده است. این متغیرها عبارتند از جنسیت و گروه‌های سنی تعیین شده. متغیر جنسیت در دو دسته مرد و زن و گروه سنی در دسته‌های جوان، میانسال و مسن در محیط جعبه‌ابزار[1] انفیس[2] متلب تعریف شده است. مدل ANFIS براساس ساختار سیستم استنتاج فازی از نوع Sugeno با استفاده از خوشه بندی‌های تفریق کننده است که با استفاده از جعبه ابزار ANFIS در نرم افزار MATLAB آنالیز شده است. نمایی شماتیک مدل ANFIS طراحی شده در شکل ٤ نشان داده شده است. نتیجه مدل انفیس عبارت است از فاصله عرضی از دیواره تونل که در نرم‌افزار با اسم فاصله[3] ذخیره شده است. پس از بررسی توابع عضویت مختلفی همچون مثلثی، ذوزنقه‌ای، گوسی ساده، گوسی دوطرفه مرکب، زنگی شکل، سیگموئیدی، سیگموئیدی تفاضلی، S شکل و Z شکل بهترین تابع عضویت شناسایی شد.



شکل ٤. نمایی شماتیک از مدل انفیس تهیه شده



شکل ۵. نمایی شماتیک از مدل روش تحقیق

جدول ۲. نمونه هایی از ورودی های مدل انفیس

ردیف	جنسیت	گروه سنی	فاصله از دیواره تونل (متر)
۱	۱	۱	۲/۸٤
۲	۱	۲	۳/۳٤
۳	۱	۳	۳/۵۸
⋮	⋮	⋮	⋮

٤. نتایج

٤-۱ نتایج آماری

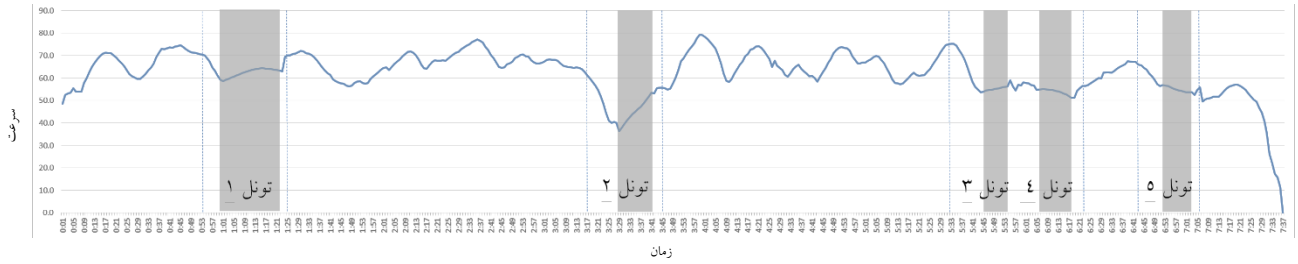
در این بخش نتایج آماری پژوهش ارائه خواهد شد. در این تحقیق از کل تعداد شرکت‌کنندگان ١٤ نفر معادل ٤٦٪ زن و ١٦ نفر معادل ٥٤٪ مرد بودند. هم‌چنین از لحاظ سن، ۷ نفر معادل ۲۳٪ جوان، ۱۸ نفر معادل ٦٠٪ میانسال و ۵ نفر معادل ۱۷٪ مسن هستند. در شکل ٦ و شکل ۷ نمودار میانگین تغییرات سرعت رانندگان در مسیر رفت و برگشت بر حسب زمان نشان داده شده است. محور افقی نشان‌دهنده زمان و محور عمودی نشان-دهنده سرعت حرکت خودرو است. در این نمودارها بخش‌های انتقالی قبل و بعد از تونل‌ها به صورت خط‌چین مشخص شده است. ابتدای شروع محدوده انتقال بر اساس نقطه شروع کاهش سرعت خودرو و انتهای بخش انتقالی بعد از تونل نقطه‌ای که خودرو به بالاترین حد سرعت بعد از تونل رسیده، تعیین شده است. هم‌چنین بخش‌های تونل به صورت هاشور طوسی رنگ نشان داده شده است. که در این محدوده‌ها راننده بر اساس مشخصات هندسی تونل سرعت را کاهش یا افزایش داده است. در هر دو

جهت، سرعت خودروها به طور قابل ملاحظه‌ای از بخش‌های دیگر مسیر کمتر است. سرعت خودروها پس از عبور از تونل مجدداً به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.

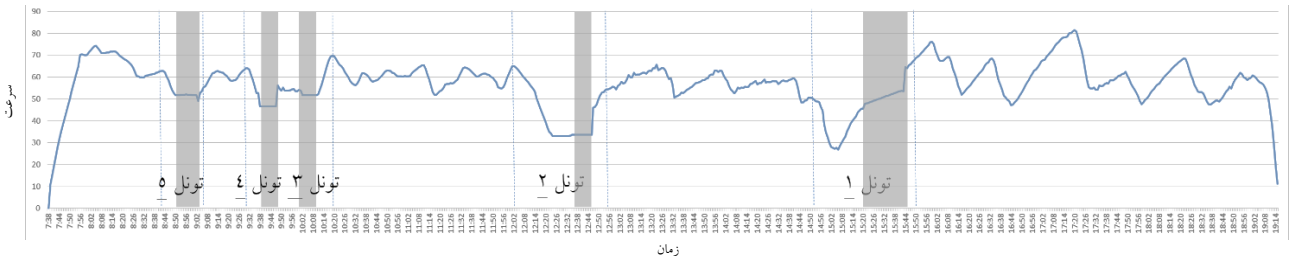
٤-٢ تشریح نتایج نرم افزار SPSS

نتایج نشان می‌دهد مسافتی که رانندگان با مشاهده تونل شروع به کم کردن سرعت می‌کنند از مسافتی که پس از طی تونل در طی آن سرعت خود را افزایش می‌دهند، بسیار بیشتر است. هم‌چنین مقدار سرعتی که رانندگان قبل از ورود به تونل کاهش می‌دهند از مقدار سرعتی که افزایش می‌دهند، بیشتر است. این در حالی است که در مسیر حرکت رانندگان هیچ‌گونه علامت اخطار دهنده‌ای در رابطه با کاهش سرعت در داخل تونل‌ها وجود ندارد. در نتیجه از دلایل کاهش قابل توجه سرعت رانندگان، وارد شدن به محیطی جدید، عدم وجود شانه و کاهش ناگهانی عرض معبر در تونل‌ها است.

جدول ۲ نتایج آزمون چند متغیره را در نرم‌افزار SPSS نشان می‌دهد. مقادیر Sig مربوط به اثر جنسیت نشان می‌دهد که میانگین سرعت و تغییرات سرعت در بین جنسیت‌های مختلف تفاوت معناداری دارد. اما در بین گروهای سنی مختلف تفاوت معناداری ندارد. اما مهمترین نتیجه مربوط به تفاوت میانگین‌ها در بین اثر متقابل گرو-ه‌های سنی و جنسیت‌های مختلف است. در این اثر، Sig -های آن‌ها همگی از ۰/۰۵ کمتر است. در نتیجه در هر ٤ آزمون با سطح اطمینان ۹۵ درصد تغییرات سن و جنسیت، بر روی سرعت حرکت رانندگان و تغییرات سرعت آن‌ها، در محدوده تونل‌ها، تأثیر می‌گذارد.



شکل ٦. نمودار میانگین تغییرات سرعت رانندگان در مسیر رفت حرکت از گردنه صلوات‌آباد به سمت همدان



شکل ۷. نمودار میانگین تغییرات سرعت رانندگان در مسیر برگشت حرکت از گردنه صلوات‌آباد به سمت سنندج

جدول ۳. نتایج آزمون چند متغیره

اثر	آزمون	ارزش	F	Hypothesis df	Error df	Sig	Partial Eta Squared
رهگیری	اثر پیلای[٤]	۰/۹۷۵	۱۵۷۳/۱۰۸	۲/۰۰۰	۸۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۷۵
	لاندای ویلک[٥]	۰/۰۲۵	۱۵۷۳/۱۰۸	۲/۰۰۰	۸۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۷۵
	اثر هتلینگ[٦]	۳۸/۸٤۲	۱۵۷۳/۱۰۸	۲/۰۰۰	۸۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۷۵
	بزرگترین ریشه روی[۷]	۳۸/۸٤۲	۱۵۷۳/۱۰۸	۲/۰۰۰	۸۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۷۵
جنسیت	اثر پیلای	۰/۱۱۰	٤/۹۹٦	۲/۰۰۰	۸۱/۰۰۰	۰/۰۰۹	۰/۱۱۰

اثر	آزمون	ارزش	F	Hypothesis df	Error df	Sig	Partial Eta Squared
	لاندای ویلک	۰/۸۹۰	٤/۹۹٦	۲/۰۰۰	۸۱/۰۰۰	۰/۰۰۹	۰/۱۱۰
	اثر هتلینگ	۰/۱۲۳	٤/۹۹٦	۲/۰۰۰	۸۱/۰۰۰	۰/۰۰۹	۰/۱۱۰
	بزرگترین ریشه روی	۰/۱۲۳	٤/۹۹٦	۲/۰۰۰	۸۱/۰۰۰	۰/۰۰۹	۰/۱۱۰
سن	اثر پیلای	۰/۰٤٤	۰/۹۲۱	٤/۰۰۰	۱٦٤/۰۰۰	۰/٤٥۳	۰/۰۲۲
	لاندای ویلک	۰/۹٥٦	۰/۹۱٦	٤/۰۰۰	۱٦۲/۰۰۰	۰/٤٥٦	۰/۰۲۲
	اثر هتلینگ	۰/۰٤٦	۰/۹۱۱	٤/۰۰۰	۱٦۰/۰۰۰	۰/٤٥۹	۰/۰۲۲
	بزرگترین ریشه روی	۰/۰٤۰	۱/٦٤۸	۲/۰۰۰	۸۲/۰۰۰	۰/۱۹۹	۰/۰۳۹
جنسیت*سن	اثر پیلای	۰/۱۷٤	۳/۸۹٥	٤/۰۰۰	۱٦٤/۰۰۰	۰/۰۰٥	۰/۰۸۷
	لاندای ویلک	۰/۸۲۷	٤/۰۳۷	٤/۰۰۰	۱٦۲/۰۰۰	۰/۰۰٤	۰/۰۹۱
	اثر هتلینگ	۰/۲۰۹	٤/۱۷٦	٤/۰۰۰	۱٦۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۹٥
	بزرگترین ریشه روی	۰/۲۰٦	۸/٤٥۷	۲/۰۰۰	۸۲/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۷۱

جدول ٤. نتایج آزمون اثرات هر یک از متغیرها به صورت جداگانه

منبع	آزمون	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig	Partial Eta Squared
مدل اصلاح	نغییرات سرعت	۱۱۲٦/۸۰۷	٥	۲۲٥/۳٦۱	٥/٤٥۸	۰/۰۰۰	۰/۲٥۰
شده	سرعت	۱۸۱۹/٤٥۷	٥	۳٦۳/۸۹۱	٤/۹٥۳	۰/۰۰۱	۰/۲۳۲
رهگیر	نغییرات سرعت	۱۷۳۸٤/۸۲۹	۱	۱۷۳۸٤/۸۲۹	٤۲۱/۰٤۹	۰/۰۰۰	۰/۸۳۷
	سرعت	۱۳٥٥۳۹/٤۸۱	۱	۱۳٥٥۳۹/٤۸۱	۱۸٤٤/۸۱۳	۰/۰۰۰	۰/۹٥۷
جنسیت	نغییرات سرعت	۷۷/۲۸۲	۱	۷۷/۲۸۲	۱/۸۷۲	۰/۱۷٥	۰/۰۲۲
	سرعت	۷۳٤/۰۰۳	۱	۷۳٤/۰۰۳	۹/۹۹۰	۰/۰۰۲	۰/۱۰۹
سن	نغییرات سرعت	۱۱۹/۱۰٥	۲	٥۹/٥٥۳	۱/٤٤۲	۰/۲٤۲	۰/۰۳٤
	سرعت	۱۲۳/۹۹٤	۲	٦۱/۹۹۷	۰/۸٤٤	۰/٤۳٤	۰/۰۲۰
سن *	نغییرات سرعت	٦٥۷/۸۲٥	۲	۳۲۸/۹۱۲	۷/۹٦٦	۰/۰۰۱	۰/۱٦۳
جنسیت	سرعت	۳۸۲/۲۱٤	۲	۱۹۱/۱۰۷	۲/٦۰۱	۰/۰۸۰	۰/۰٦۰
خطا	نغییرات سرعت	۳۳۸٥/۷۲۸	۸۲	٤۱/۲۸۹			
	سرعت	٦۰۲٤/٥۸۸	۸۲	۷۳/٤۷۱			
مجموع	نغییرات سرعت	۲٥۱۱۷/۰٤٥	۸۸				
	سرعت	۱۹٥٥۷۳/۹٦٦	۸۸				
مجموع	نغییرات سرعت	٤٥۱۲/٥۳٥	۸۷				
اصلاح شده	سرعت	۷۸٤٤/۰٤٥	۸۷				

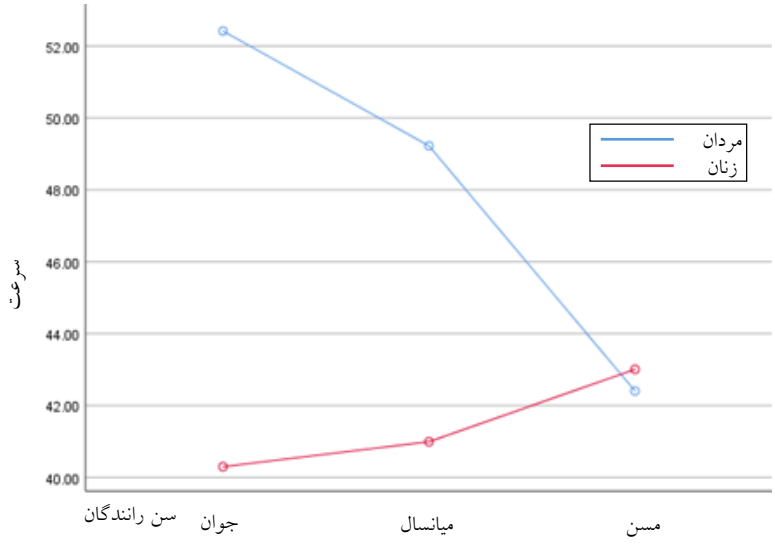
در جدول ۳ اثرات هر یک از متغیرهای کمی به صورت جداگانه در گروه‌های متغیرهای کیفی و نیز اثر تعاملی آن دو متغیر بررسی شده است. در این جدول ردیف‌های جنسیت، سن و حاصلضرب آن‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است. با توجه به مقدار Sig در هر سه بخش میانگین سرعت خودروها از نظر جنسیت و میانگین تغییرات سرعت خودروها از نظر اثر متقابل

سن و جنسیت معنادار است. در انتها نمودارهای گرافیکی روش تحلیل آزمون چند متغیره ارائه شده است. هر چه خطوط نمودارها موازی‌تر باشند، تعامل کمتری بین عامل‌ها وجود دارد. شکل ۹ نمودار تغییرات سرعت بر حسب سن رانندگان را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود رانندگان مرد با افزایش سن، در زمان عبور از تونل‌ها سرعت خود را بیشتر کاهش می‌دهند. اما در میان زن‌ها این رویه برعکس است. با افزایش سن خانم‌ها میزان کاهش سرعت آن‌ها کم می‌شود. کمترین مقدار کاهش سرعت در محدوده عبور از تونل‌ها مربوط به گروه مردان جوان است. شکل ۱۰ نمودار سرعت بر حسب سن رانندگان را نشان می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد که در میان آقایان با افزایش سن به مرور میانگین سرعت حرکت آن‌ها کاهش می‌یابد، اما در میان خانم‌ها این قضیه برعکس است با افزایش سن سرعت آن‌ها افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که کمترین میانگین سرعت حرکت در میان آقایان با بیشترین میانگین سرعت در میان خانم‌ها با هم برابر است. شکل ۱۱ نمودار فاصله جانبی از دیواره تونل بر حسب زمان را نشان می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد که در میان آقایان با افزایش سن به مرور فاصله جانبی آن‌ها با دیواره تونل افزایش می‌یابد، اما در میان خانم‌ها این قضیه برعکس است با افزایش سن فاصله جانبی آن‌ها با دیواره تونل کاهش می‌یابد.

٤-٣ نتایج مدل انفیس

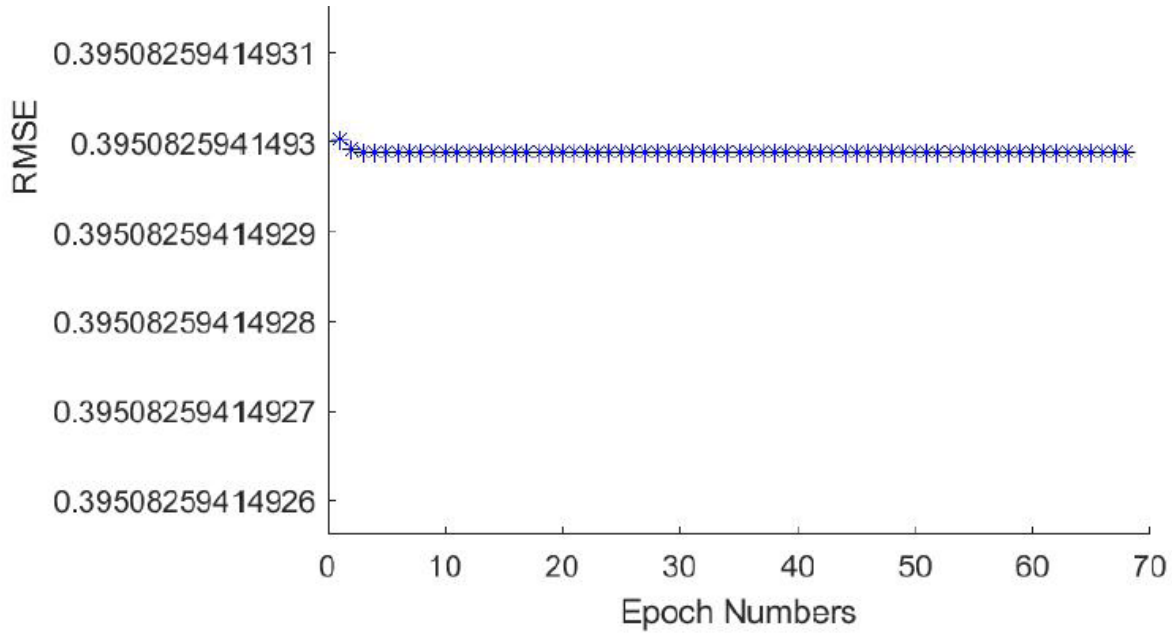
بررسی عملکرد مولدهای سیستم استنتاج فازی در ANFIS برای پیش‌بینی فاصله عرضی تا دیواره تونل با توجه به میانگین مربعات خطای ارائه شده (RMSE=۰/۳۹۵) برای متغیر خروجی موردنظر، نوع و تعداد توابع عضویت بهینه برای متغیرهای ورودی تعیین گردید. بدین ترتیب تابع مثلثی با ۳-۲ تابع عضویت برای متغیر خروجی فاصله جانبی تا دیواره تونل به عنوان مدل بهینه انتخاب گردید. جهت ارزیابی و مقایسه بهتر وضعیت عملکرد مدل پیش‌بینی فاصله تا دیواره تونل نمودار خروجی بهترین حالت به دست آمده میانگین مربعات خطای محاسبه شده در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

شکل۸. نمودار تغییرات سرعت بر حسب زمان



شکل ۹. نمودار سرعت بر حسب زمان

شکل ۱۰. نمودار مقدار فاصله جانبی با دیواره تونل بر حسب زمان جانبی با دیواره تونل بر حسب زمان



شکل ۱۱. نمودار خروجی بهترین حالت به دست آمده میانگین مربعات خطای محاسبه شده

۵. نتایج

هدف از این مطالعه بررسی عملکرد رانندگی در محدوده تونل‌ها است. برای انجام مطالعه از ۲۰ کیلومتری ابتدای محور سنندج به همدان که دارای ۵ تونل دو خطه رفت و برگشت است، استفاده شده است. سرعت و فاصله جانبی خودروها از دیواره تونل در محدوده مذکور به طور کامل ذخیره شده است. بر اساس نمودارهای ترسیم شده رانندگان با مشاهده تونل در مسیر حرکت خود، به مرور سرعت خود را کاهش و با عبور از تونل مجدداً در طول مشخصی سرعت خود را افزایش می‌دهند. کمترین سرعت حرکت در محدوده تونل‌ها اتفاق می‌افتد. به طور کلی عرض معبر در تونل‌ها از مسیرهای روباز کمتر است. در نتیجه از جمله دلایل تغییر سرعت ناگهانی رانندگان در محدوده ورودی تونل‌ها نبود شانه در تونل‌ها و عرض معبر کمتر نسبت به مسیرهای روباز است. هم‌چنین در ورودی و خروجی تونل‌ها رانندگان به دلیل وارد شدن به یک محیط جدید فاصله جانبی خود را با لبه خط‌کشی افزایش می‌دهند و در بعضی موارد حفظ فاصله زیاد تا ۳ متر با دیواره تونل باعث می‌شود که خودرو به لاین مخالف وارد شود و ایمنی مسیر بسیار کاهش یابد. در نتیجه می‌بایست با فراهم نمودن شرایط مناسب از جمله ایجاد شانه آسفالتی و افزایش عرض سواره‌رو از احتمال وارد شدن ترافیک عبوری به لاین مخالف جلوگیری نمود. در این پژوهش حرکتی خودروها با در نظر گرفتن فاصله جانبی تا دیواره تونل در جعبه ابزار انفیس نرم افزار متلب مدل شده است. بر مبنای نتایج به دست آمده مدل طراحی شده با میانگین مربعات خطای ارائه شده (RMSE=۰/۳۹۵) قابل قبول است. در مقایسه با تحقیقات مشابه انجام شده از جمله شیموجو و همکاران در این تحقیق رفتار حرکتی رانندگان در محیطی واقعی مورد ارزیابی قرار گرفته است. هم‌چنین تا بحال در دنیا فاصله جانبی خودروها با دیواره تونل در حالت واقعی محاسبه و ارزیابی نشده است. پیشنهاد می‌شود در آینده مطالعه انجام شده بر روی مسیرهای با داشتن شانه کافی انجام و نتایج آن با تحقیق پیش رو مقایسه شود.

٦. پی نوشت‌ها

1- Toolbox
2- Anfis
3- Distance
4- Pillai's Trace
5- Wilks' Lambda
6- Hotelling's Trace
7- Roy's Largest Root

۷. مراجع

- Amundsen, F. & Engebresten, A. (2009). “Studies on Norwegian Road Tunnels II”. In An Analysis in Road Tunnels 2001-2006. Oslo, Norway: Road and Traffic Depart.

- Amundsen, F, & Ranes, G. (2000). Studies on traffic accidentin norwegian road tunnels. Tunn. Undergr. Space Technol, 3-11.

- Bassan, Shy. (2015). “Sight distance and horizental curve aspects in the design of road tunnels”. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol 45, pp 214-226.

- Calvi, A. De Blasiis, M. R. & Guattari, C. (2012). “An Empirical Study of the effects of Road Tunnel on Driving Performance”. Sustainability of Road Infrastructures. Rome, Italy, Vol 53, pp 1098-1108.

- Chatzimichailidou, M. M. and Dokas, I. M. (2016). “RiskOAP: Introducing and applying a methodology of risk self-awareness in road tunnel safety”. Accident Analysis and Preventation, Vol 90, pp 118-127.

- Google Earth. (2019). Retrieved from https://www.google.com/maps

- Hou, Q, Tarko, A. P & Meng, X. (2018). “Analyzing crash frequently in freeway tunnels: A correlated random parameters approach”. Accident Analysis and Prevention, 94-100.

- Lemke, K. (2000). “SWOV Fact Sheet”. Institute for Road Safety Research. Rec. 1940, pp 170-174.

- Lu, L. Lu, J. Xing, Y. Wang, C. and Pan, F. (2014). “Statistical analysis of traffic accidents in Shanghai River Crossing Tunnels and Safety Countermeasures”. Hindawi Publishing Corporation, Vol 2014, pp 1-7.

- Ma, Z. Shao, C. & Zhang, S. (2009). “Characteristics of Traffic Accidents in Chinese freeway tunnels”. Vol 24, pp 350-355.

- Mashimo, H. (2002) “State of the road tunnel safety technology in Japan”, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 17, No. 2, pp.145-152

- Miller, E. E. and Boyle, L. N. (2015). “Driver Behavior in Road Tunnels”. Transportation Research Record, Vol. 2518, pp 60-67.

- Nussbaumer, C. (2007). “Comparative analysis of safety in tunnels”. Brno: Young Reaserchers Seminar.

- SHIMOJO, A. and TAKAGI, H. (1995). “A simulation Study of Driving Performance in Long Tunnel”. pp 96-103.

- Tunnels, T. R. (2009). Institute for Road Safety Research. “SWOV Fact Sheet”. The Road Safety of motorway Tunnels”. pp 1-7.

- Yeung, J. and Wong, Y. (2013). “Road Traffic Accidents in Singapore expressways tunnels”. Tunnelling and Underground. Vol 38, pp 534-541.

– حسن پور، ح و شیرگیر، ب. (۱۳۹۸). تحلیل عوامل ترافیکی موثر بر وقوع تصادفات در نواحی ورودی تونل های شهری. مجله علمی – پژوهشی مهندسی عمران مدرس، ۱۰۵–۱۱۶.

.

آرش جهانتابی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران – عمران را در سال ۱۳۸۹ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران – راه و ترابری را در سال ۱۳۹۱ از دانشگاه شهید چمران اهواز اخذ نمود. هم اکنون دانش پژوه دوره دکتری در رشته مهندسی عمران – راه و ترابری دانشگاه پیام نور مرکز تهران شمال است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان طراحی هندسی تقاطعات و مسیر راه و راه آهن، مهندسی روسازی آسفالتی و بتنی و ایمنی راه ها است.

محمودرضا کی‌منش، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۶۳ از دانشگاه سیستان و بلوچستان و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران–راه و ترابری در سال ۱۳۷۰ را از دانشگاه علم و صنعت ایران اخذ نمود. دارای درجه دکتری در رشته مهندسی عمران–راه و ترابری از دانشگاه انستیتو تکنولوژی اینسا فرانسه (دانشگاه دولتی) که زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان مهندسی روسازی، تعمیر و نگهداری روسازی و ایمنی راه بوده و هم اکنون عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه پیام نور است.

سیدعلی رضویان امرئی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران–عمران را در سال ۱۳۸۰ از دانشگاه علم و صنعت ایران، درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران–مهندسی زلزله در سال ۱۳۸۲ را از پژوهشکده ساختمان و مسکن اخذ نمود. در سال ۱۳۸۸ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران–مهندسی زلزله از دانشگاه علم و صنعت ایران گردید. زمینه های مورد علاقه ایشان بهسازی و طراحی لرزه ای سازه ها و تعمیر و نگهداری پل و تونل بوده و در حال حاضر عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور با مرتبه استادیار است.